

# RAPORT KOŃCOWY Z REALIZACJI PROJEKTU

GreenBox - Opracowanie i wdrożenie innowacji związanych z mobilnym systemem do hydroponicznej produkcji pasz dla zwierząt gospodarskich.

Numer umowy:  
00033.DDD.6509.00136.2022.07

## **Wprowadzenie**

Pasze hydroponiczne mają duży potencjał w poprawie efektywności żywienia zwierząt oraz ograniczaniu wpływu hodowli na środowisko. Dzięki ich wartości odżywczej i możliwościom produkcji w różnych warunkach, mogą stanowić ważny element strategii żywieniowej, szczególnie w obliczu wyzwań związanych z zapewnieniem zrównoważonego rozwoju rolnictwa. W przyszłości ich znaczenie prawdopodobnie będzie rosło wraz z postępem technologicznym i większą dostępnością systemów hydroponicznych.

Wypracowane w projekcie doświadczenia mają bezpośrednie odniesienie do problemów na poziomie konkretnych gospodarstw. Na problem można zatem spojrzeć z różnych punktów widzenia.

Globalnie nie uciekniemy od problemu głodu pomimo zmian klimatycznych populacja ludzka w 2050r przekroczy poziom 10 mld ludzi. Jednym z głównych wyzwań będzie popyt na żywność i bezpieczeństwo żywnościowe. Z biegiem czasu grunty rolne są tracone, zwłaszcza z powodu zmian środowiskowych i działalności antropogenicznej. Istnieje ogromna konkurencja w zakresie wykorzystania gruntów rolnych do produkcji żywności dla ludzi, produkcji pasz dla zwierząt, produkcji energii i innych sektorów, które wykorzystują grunty rolne. Aby zminimalizować konkurencję między produkcją żywności dla ludzi a produkcją pasz dla zwierząt, pod względem użytkowania gruntów, alternatywne systemy uprawy, takie jak zastosowane w projekcie systemy, mogą służyć rozwiązaniu tego problemu.

Możliwość produkcji w systemie bez glebowym nie obciąża globalnej powierzchni wyżywieniowej konkretnych jednostek produkcyjnych i pozwala zachować racjonalne wartości gospodarki paszowej w odniesieniu do konkretnych gospodarstw. Kolejną kluczową kwestią pozostaje gospodarka nawozowa i wodna. W obecnych warunkach obsada zwierząt pozostaje w prosty sposób związana z gospodarką nawozową, niebagatelną pozostaje również kwestia wykorzystania wody w gospodarstwie. Produkcja zielonki z wykorzystaniem systemów hydroponicznych jest procesem wysoce wydajnym pod względem oszczędności wody, ponieważ taki system wymaga tylko około 2–3% wody zużywanej w warunkach polowych do wyprodukowania takiej samej ilości paszy (2–3 litry wody w porównaniu z 55–75 litrami wody do

wytworzenia jednego kilograma zielonki. Ponadto woda jest często poddawana recyklingowi i wielokrotnie wykorzystywana. Ten aspekt jest szczególnie ważny na obszarach cierpiących na chroniczne niedobory wody lub tam, gdzie nie ma infrastruktury nawadniającej.

Jednym z podstawowych czynników produkcji warunkujących sukces lub klęskę w współczesnych gospodarstwach rolnych pozostają zasoby ziemi. To właśnie ziemia jest fundamentalnym zasobem w rolnictwie, decydującym o możliwościach produkcji żywności, wpływającym na dobrostan środowiska i będącym kluczowym elementem ekonomii gospodarstw rolnych. W opinii wielu rolników współcześnie decydujących się na utrzymanie zwierząt gospodarskich z punktu widzenia organizacji gospodarstw zasoby ziemi pozostają niewystarczające a podstawową inwestycją pozostaje kwestia zakupu kolejnych hektarów nawet za rekordowe kwoty. Zaletą testowanych w projekcie rozwiązań jest to, że produkcja hydroponiczna wymaga tylko 10 × 5 m, aby wyprodukować 600–650 kg paszy dziennie, podczas gdy w tradycyjnym systemie uprawy do wytworzenia tej samej ilości potrzebny byłby jeden hektar ziemi. Warto jednocześnie podkreślić, iż a podstawie zadeklarowanych we wnioskach płatnościowych powierzchni średnia powierzchnia gospodarstwa rolnego w Polsce w 2024 roku wynosi 11,59 hektara. Oczywiście na niską wartość składają się dane z gospodarstw będących własnością rolników którzy zawodowo nie zajmują się produkcją roślinną bądź zwierzęcą nie zmienia to jednak faktu, że największe gospodarstwa znajdują się w województwie zachodniopomorskim, gdzie średnia powierzchnia wynosi 33,50 ha, natomiast najmniejsze w małopolskim – 4,36 ha. Te różnice wynikają również z lokalnych uwarunkowań historycznych, geograficznych oraz struktury własnościowej ziemi. W ramach realizowanego projektu oceniano jednostkę praktyczną nie posiadającą zasobów ziemi oprócz padoków. Proponowane rozwiązanie może pozostawać atrakcyjne dla hodowców koni jako cenne źródło cennej świeżej paszy. Niezwykle istotnym pozostaje tutaj również tempo procesu produkcyjnego pozwalające na uzyskanie gotowej do podania paszy w ciągu 7–10 dni. Taka efektywność produkcji umożliwia szybkie uzupełnienie zapasów w gospodarstwie. Kielki roślin, co bardzo istotne są lepiej strawne niż tradycyjne

pasze, co zwiększa efektywność ich wykorzystania przez zwierzęta. Wysoka strawność oznacza również mniejsze obciążenie dla układu pokarmowego zwierząt i poprawę dobrostanu utrzymywanych zwierząt. Dzięki procesowi kiełkowania zwiększa się dostępność składników odżywczych w porównaniu do suchych nasion. Oczywiście jest że efekty konkretnych rozwiązań pozostają zróżnicowane w stosunku do różnych gatunków zwierząt stanowiąc uzupełnienie naturalnej diety.

### **Ogólna charakterystyka miejsc testowania opracowanych rozwiązań.**

Ocena wpływu zastosowanych wariantów rozwiązań na wyniki uzyskiwane w hodowli bydła, owiec, kóz oraz koni była możliwa dzięki współpracy z indywidualnym gospodarstwem rolnym wyspecjalizowanym w produkcji mleka i materiału hodowlanego złote Jabłko w Pokanewie. Gospodarstwo specjalizuje się w hodowli bydła rasy holsztyno-fryzyjskiej oraz produkcji mleka typu A2, które jest łatwiej przyswajalne i polecane osobom z nietolerancją laktozy oraz alergiami. Produkcja odbywa się na około 300 hektarów ziemi, z czego 150 ha to własność, a pozostałe 150 ha jest dzierżawione. Stado liczy 450 sztuk bydła tak więc ok 1,5 sztuki fizycznej przypada na 1 ha użytkowanych gruntów. Nowoczesne gospodarstwo odstawia ponad 5000 l mleka wysokiej jakości dziennie. Kolejnym miejscem realizacji badań pozostaje Doświadczalna Ferma Owiec i Kóz im. prof. Adama Skoczylasa w Żelaznej Obecnie ferma utrzymuje: 120 matek owcy żelaźnieńskiej, 145 matek rasy wrzosówka polska, 35 matek owcy olkuskiej, 15 kóz rasy burskiej.

Wszystkie te rasy są objęte Programem Ochrony Zasobów Genetycznych Zwierząt Gospodarskich. Bazę paszową są grunty należące do Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Żelaznej. Ze względu na potencjał i zakres potencjału produkcyjnego RZD i fakt że zakład specjalizuje się w wielkotowarowej produkcji ziemniaków, marchwi, fasoli szparagowej i brokułów, stosując nowoczesne technologie uprawy. Znaczne powierzchnie upraw są sztucznie nawadniane, co pozwala na uzyskiwanie wysokich plonów raczej nie występują problemy z gospodarką paszową jak również zagospodarowaniem powierzchni wyżywieniowej na rzecz pokrycia

zapotrzebowania żywieniowego zwierząt. Trzecią lokalizacją pozostaje stajnia dydaktyczna SGGW. Obiekt zlokalizowany w mieście bazujący głównie na paszach z zewnątrz. Utrzymywane średnio 17 szt koni doskonale odwzorowuje warunki pensjonatu czy ośrodka jeździeckiego praktycznie nie posiadającego własnej bazy paszowej.

Lokalizacje doświadczenia pozostają zatem zróżnicowane zaś problemy które starano się rozwiązać dzięki zestawom produkującym pasze hydroponiczne zróżnicowane.

### **Testowanie prototypów problematyka techniczna**

#### **1. Przygotowanie infrastruktury badawczej.**

Niniejsze działanie obejmuje zabezpieczenie infrastruktury niezbędnej do przygotowania i realizacji doświadczeń w kontekście procesu uruchomienia i serwisu urządzeń. Kontenery o wymiarach 6300x2250x2650 mm razem z jednostką sterującą 1200x1300x1300 mm zdecydowano umieścić w pomieszczeniach zamkniętych w celu ochrony przed czynnikami atmosferycznymi, właściwego wypoziomowania i zabezpieczenia przyłączy wodnych kanalizacyjnych i energetycznych. Masa urządzenia przekracza 2000kg posadowienie następuje na wylewce betonowej C20/26 o grubości od 5 do 15 cm. Wylewka tworzy solidną, odporną na uszkodzenia mechaniczne posadzkę. Wykorzystana zaprawa betonowa charakteryzuje się mrozo i wodoodpornością.

W miejscach docelowych oceniono sprawność instalacji elektrycznej w związku z planowanym obciążeniem. Wymagania techniczne funkcjonującego urządzenia wiążą się z zużyciem 900 kW/h/miesiąc przy napięciu 400 V. System korzystający z sieci trójfazowej musi być uziemiony. Istniała konieczność doprowadzenia tzw „siłowych” złączy do samego urządzenia. Instalacja elektryczna pozostaje całkowicie izolowana wyposażona w puszki i złącza elektryczne. Konieczność zapewnienia pełnej izolacji związana jest z oceną bezpieczeństwa użytkowania i stanu instalacji elektrycznej w miejscu badań i funkcjonowania systemu. Zapotrzebowanie mocy energetycznej urządzenia to łącznie 12 KW.

Lokalizacja urządzeń mobilnych w budynkach inwentarskich o powierzchni pow 150m to również przyłącza kanalizacyjne. Docelowo wykorzystano szczelne istniejące zbiorniki bezodpływowe o pojemności min 10 metrów sześciennych. Do instalacji wykorzystano gwarantującą trwałość rury kanalizacyjne KGEL o przekroju 160 mm. Zasilanie urządzeń wykonano ze względu na obciążenie w technologii pionów zasilających przy wykorzystaniu rur PCV. Przed montażem oceniono również wentylację która przekracza przyjęte normy dla pomieszczeń pomocniczych bezokiennych (wynosi ponad 60 metrów sześciennych na godzinę). Projektowane zestawy produkcyjne mogą pracować w niezadaszonej przestrzeni przy czym zdecydowanie wpłynie to na ekonomiczność wykorzystania proponowanych rozwiązań.

## 2. Mobilne systemy produkcji hydroponicznej pasz – opis techniczny

Proces tworzenia narzędzi do produkcji pasz rozpoczęto od opracowania projektów systemów.

W skład urządzenia wchodzi:

- System chłodzenia i ogrzewania: klimatyzacja w celu utrzymania wymaganej temperatury w zbiorniku.
- System nawadniania: pompa odśrodkowa, rury PVC-U, pojemniki z tworzywa sztucznego, filtry z wkładami do oczyszczania wody, dysze zraszające
- System ozonowania: przemysłowy ozonator do ozonowania wody.
- System oświetleniowy: Fito lampy AKFT zdolne do przyspieszenia procesu fotosyntezy.
- System wentylacji: wentylator kanałowy świeżego powietrza.
- System automatyki: szafka automatyki (sterowanie odbywa się zarówno w trybie ręcznym, jak i automatycznym za pomocą PLC).
- Komora kielkowania: 7-poziomowy system aluminiowych szyn. Szyny wypełnione są tacami z kiełkującymi nasionami na najbliższy tydzień, uzupełniane codziennie o ilość tac paszy wydanej zwierzętom. Razem są 294 tace w procesie produkcyjnym.
- Ochrona zabezpieczenia: IP-54.

Instalacja ma charakter kontenerowy oparty na konstrukcji stalowej. Rama spawana kształtowników zimnogiętych 4mm. Słupy z kształtownika, również grubości 4mm. W celu ułatwienia transportu zastosowano kostki transportowe HDS (Rozstaw ISO). Rozwiązania materiałowe to płyta warstwowa gr. 100 mm i przenikalności termicznej 0,22 W/m<sup>2</sup>K, płyta warstwowa styropianowa o gr. 100 mm i przenikalności termicznej 0,38 W/m<sup>2</sup>K, dach jednospadowy - płyta warstwowa styropianowa o gr. 100 mm i przenikalności termicznej 0,38 W/m<sup>2</sup>K. Podłoga wodoszczelna z kanałem ociekowym. Zastosowano odpływ linowy 9x188 z stali nierdzewnej. Podłoga jak również dach oparta na konstrukcji szkieletowej w celu wzmocnienia i poprawy wytrzymałości komory produkcyjnej. Wzmocnienia szkieletowe pozostają uzasadnione ze względu na zastosowanie drzwi technicznych zewnętrznych z elementami naświetlenia. Drzwi, podłoga jak również, ściany pokryto nierdzewną blachą zaś regały wykonano z kształtowników aluminiowych. W konstrukcji wykorzystano elementy gorącowalcowane w celu poprawy stabilności i trwałości zastosowanych rozwiązań.

W celu utrzymania właściwej temperatury zastosowano klimatyzację. Urządzenie charakteryzuje się mocą chłodniczą ok. 3,5 KW i grzewczą 3,7 KW zapewniając tym samym odpowiednie warunki termiczne produkcji pasz hydroponicznych. Działający w szerokim zakresie temperatur inteligentny system regulacji mikroklimatu kontenera zapewnia idealne warunki termiczne produkcji pasz hydroponicznych. Regulowane z pilota urządzenie posiada czujniki gwarantujące równomierny rozkład temperatur, funkcje osuszania jak również precyzyjną kontrolę przepływu powietrza. Działanie urządzeń grzewczo-chłodzących pozostaje skorelowane z systemem nawadniania ozonowania i wentylacji.

Sprawny, wydajny proces produkcji pasz hydroponicznych wymaga odpowiedniego dawkowania sterowania i obiegu wody. W takich wypadkach zastosowanie standardowych rozwiązań grawitacyjnych, jak również podłączenia urządzenia jedynie do systemu sieciowego okazałby się niewystarczające. Obieg wody pozostaje zatem stabilizowany a zarazem wymuszony zastosowaniem pompy odśrodkowej której zaletą pozostaje duża wydajność, małe wymiary, równomierna praca, niezawodność,

wyeliminowanie przekładni przez bezpośrednie sprzężenie z silnikiem poprawia trwałość zastosowanych rozwiązań. System nawadniania pobudowano w oparciu o rurki PCV-u ze względu na szybki montaż mały współczynnik chropowatości i łatwość instalacji. W systemie nawadniania zastosowano również zraszacze charakteryzujące się wysoką odpornością na zapychanie gwarantujące równomierne nawodnienie tacek z paszą.

Opisywany wcześniej wymuszony pompą odśrodkową obieg wody pozwala na jej absolutne oczyszczenie z zastosowaniem ozonatora. Wybrana metoda pozostaje w pełni ekologiczna i nie pozostawia żadnych substancji ubocznych. Optymalna wydajność ozonatora na poziomie 7 do 15 ppm optymalizuje rozpad ozonu w odniesieniu do pojemności modułu produkcyjnego.

Istotnym elementem efektywności produkcji pasz w opisywanym systemie pozostaje oświetlenie. System oświetleniowy stanowią lampy fito przyspieszające fotosyntezę jednocześnie stymulujące wzrost roślin. W przekształcaniu energii światła w cukry, które są budulcem strukturalnym roślin, skuteczność lamp LED jest nieporównywalnie większa od tradycyjnych źródeł światła a jednocześnie w pełni ekologiczna z punktu widzenia wartości produktu finalnego. Zastosowanie oświetlenia umożliwiło stworzenie układu klimatyzacji na bazie ultrafioletowego przepływu.

W celu zapewnienia świeżego powietrza zastosowano system filtrów wentylacji wymuszonej w układzie kanałowym. Wentylatory wspomagające kanałowe pomagają poprawić cyrkulację powietrza, jak również są istotnym czynnikiem stabilizującym mikroklimat komory produkcyjnej. Wewnątrz komory zastosowano również wentylatory wymuszające wewnętrzny obieg powietrza.

Wytworzenie odpowiednich warunków produkcji pasz gwarantujących uzyskanie maksymalnych poziomów wydajności urządzenia byłoby trudne bez sprawnego systemu automatyki. Procesy regulacji pracy urządzenia odbywają się za pomocą systemu automatyki z zastosowaniem programowalnego sterownika logicznego. PLC jako uniwersalne urządzenie mikroprocesorowe przeznaczone do sterowania pracą maszyny lub urządzenia technologicznego. Sterownik został dopasowany do opisywanych rozwiązań poprzez



wprowadzenie do jego pamięci żadanego algorytmu działania obiektu. W fazie testów nastąpiło doprecyzowanie algorytmu cyklicznego powtarzania określonych ustawień najbardziej optymalnych w produkcji paszy. Zastosowanie PLC nie wyklucza sterowania ręcznego.

Komora kiełkowania to system wcześniej opisywanych aluminiowych prowadnic i 294 tace z tworzyw sztucznych (o rozmiarze 600x375x40) niezbędnych do produkcji paszy.

Stopnie ochrony IP są niezwykle istotną kwestią w przypadku wszystkich urządzeń elektronicznych. W praktyce jednak podczas zakupu tego typu sprzętu zwracamy uwagę na specyfikację techniczną, niekiedy zapominając o aspektach związanych z bezpieczeństwem użytkowania. Powstałe prototypy są urządzeniami funkcjonującymi pod wysokim napięciem. W celu zapewnienia bezpieczeństwa zachowano stopień ochrony IP 54. Klasa IP 54 – jak i inne normy – określa stopień ochrony urządzeń elektronicznych przed dostępem do niebezpiecznych części wewnątrz obudowy, wnikaniem obcych ciał stałych, oraz szkodliwymi skutkami wnikania wody. W praktyce oznacza to, że użytkownik otrzymuje niezbędne informacje na temat wytrzymałości sprzętu – jego odporność na kurz lub jego odporność na wodę.

Uzupełnieniem i integralną częścią niniejszego opisu technicznego pozostaje załączony materiał fotograficzny z kolejnych faz realizacji projektu jak również rysunki techniczne wykorzystywane przy konstruowaniu modeli.

### 3. Testowanie rozwiązań

Etapem poprzedzającym fazę badań na zwierzętach pozostają testy urządzeń przeprowadzane w miejscach realizacji doświadczeń. Zasadność krótkoterminowych testów potwierdza konieczność ustalenia normatywów technicznych wykorzystywanych w doświadczeniach, weryfikacja awaryjności sprzętu, korekcja PLC na etapie próbnej produkcji. Ogólnie można stwierdzić iż przeprowadzone próby potwierdziły zakładane parametry z wykluczeniem wydajności procesowej. Na bazie doświadczeń dopracowano instrukcje systemu hydroponicznego przeznaczonego do przyspieszonego kiełkowania ziarna na paszę dla zwierząt w warunkach przemysłowych bez ograniczeń sezonowych. Dopracowano założenia żywieniowe w odniesieniu do konkretnych grup zwierząt.

W odniesieniu do kwestii technicznych testowane urządzenia okazały się bezawaryjne. Na etapie uruchamiania wykryto nieszczelności instalacji odpływowej. Usterki spowodowane były raczej błędami w samym montażu.

- Pominięcie przez hydraulika uszczelnienia gumowego rury PCV zostało natychmiast usunięte.
- Nieszczelność na przyłączy zasilającym spowodowana przegrzaniem łączenia rur PCV-stabi na etapie mocowania zaworu usunięto mocując nowy zawór kulowy.

Przeprowadzone 7 dniowe testy potwierdziły zużycie energii na poziomie 225 kW energii, 5 metrów sześciennych wody i 325 do 475 kg ziarna jęczmienia. Dzienna wydajność produkcyjna podczas tygodniowego testu to 42 tace paszy hydroponicznej. Zaobserwowana podczas testów wydajność systemu wynosi od 280 do maksymalnie 300 kg kielków z modułu. W założeniach zatem kolejnych etapów doświadczeń należy przyjąć ok 93% wydajność systemu.

Siedmiodniowe testy startowe przeprowadzono na bazie kiełkowania ziarna jęczmienia który z 1 kg ziarna w 7 dniu działania urządzenia wyprodukował 6-7 kg gotowej paszy.

Podczas testu symulowano również sytuacje awaryjne związane z zatrzymaniem dostaw energii czy wody. Sytuacje kryzysowe wpływały na efektywność procesu kiełkowania jak również stan techniczny modułu

Poszczególne fazy w kolejnych dniach działania urządzenia przedstawia materiał fotograficzny:

1-2 dzień testu



3-4 dzień testu



5-6 dzień testu





7 dzień testu



Na podstawie obserwacji w okresie testowym opracowano założenia instrukcji uwzględniającej zasady BHP i pozwalającej na samodzielne przygotowanie pasz w warunkach gospodarskich. Ogólne założenia instrukcji poszczególnych czynności przedstawiają się następująco:

W procesie produkcyjnym należy używać nasion o wysokiej zdolności kiełkowania (ponad 95%). Ziarno musi być całe i pozbawione zanieczyszczeń.

## NAPEŁNIANIE NASION W TACACH I UMIESZCZANIE TAC W SYSTEMIE

- Ziarno wypłukać w wodzie z dodatkiem środka dezynfekującego, następnie wypłukać w czystej wodzie. Podczas płukania usunąć pływające nasiona. Te nasiona nie nadają się do użytku.
- Moczyć ziarno w czystej wodzie przez 2 – 24 godzin. Czas moczenia zależy od rodzaju i jakości nasion. W trakcie pracy zaleca się eksperymentowanie z różnymi czasami moczenia użytego ziarna i określenie dla niego optymalnego czasu przygotowawczego.
- Oplukać i zdezynfekować tace. Tace myje się codziennie ciepłą wodą (maks. 60-70°C) i płynem do mycia naczyń. Nie zaleca się stosowania środka dezynfekującego dodawanego do wody.
- Umieścić ziarno na tacach i równomiernie je rozprowadzić. Na jednej tacy można umieścić 800-1300 g nasion. Tace powinny być napełnione do znaku na wewnętrznej stronie tacy. W celu równomiernego rozprowadzenia nasion czynność tę wykonać szpatułką o szerokości 30-35 cm. Podczas rozprowadzania nasion, ziarno nie powinno dostać się w obszar kanałów odwadniających w tacy.

## ROZMIESZCZENIE TAC W SYSTEMIE

W systemie umieszczane są tace wypełnione: po 2 tace na określonej prowadnicy i na każdym poziomie lub inne opcje w zależności od wyboru programu. Na zewnętrznej stronie tacy znajduje się strzałka wskazująca położenie otworów spustowych. Tace należy ustawić tak, aby strzałka była skierowana w stronę niższej listwy stojaka, dla odpowiedniego nachylenia i odpowiedniego drenażu.

## ZBIERANIE ŚWIEŻEJ ZIELONEJ MASY Z TAC

Gotową zieloną masę należy usunąć niezwłocznie z tac w całości wraz z systemem korzeniowym. Tace pełne można układać jedna na drugiej.

Gotową zieloną masę przenieść do miejsca przeznaczenia. Należy uważać, aby używane tace nie wyschły przed czyszczeniem. Może to bardzo utrudnić proces czyszczenia. Jeśli tac nie można wyczyścić natychmiast po użyciu, należy je lub umieścić w pojemniku z wodą i wyczyścić później.

Przechowywanie tac w bezpośrednim świetle słonecznym lub w temperaturach poniżej 0°C jest niewskazane.

## INSTRUKCJA CZYSZCZENIA/SPRZĄTANIA

- Korytarze i chodniki (w stacjonarnej instalacji) należy codziennie czyścić bieżącą wodą. Posadzki należy dokładnie oczyścić z ziarna lub pozostałości zielonej masy.

- Pomieszczenie robocze do obsługi komory kiełkowania powinno być raz w tygodniu myte wodą i środkami dezynfekującymi, dla ochrony od bakterii, grzybów i wirusów.

- Raz w miesiącu należy przeprowadzić generalne sprzątanie wraz z dezynfekcją i myciem komory roboczej a w pomieszczeniu roboczym podłóg, regałów i ścian.

- Raz w miesiącu lampy do wzrostu roślin należy oczyścić specjalnymi preparatami do usuwania wapna. Preferowane jest stosowanie octu, jako substancji taniej, skutecznej a jednocześnie nieszkodliwej dla środowiska i ludzi.

- Po przeprowadzeniu prac należy upewnić się czy w pomieszczeniu roboczym nie pozostały narzędzia, płyny, pojemniki, odzież robocza itp. mogące wpłynąć na pracę instalacji w sposób niepożądany.

### WAŻNE

- Nie używać nasion pozostałych po ostatnim myciu.
- Upewnić się, że używane jest tylko tyle nasion, ile potrzeba na jeden raz.

- Myć sprzęt, narzędzia i tace raz dziennie.

- Prace porządkowe, mycie i dezynfekcję użytkownik systemu musi przeprowadzać tylko i wyłącznie przy wyłączonym zasilaniu instalacji roboczej.

- Upewnić się, że zasilanie jest stałe i stabilne. W przypadku skokowych zmian napięcia system powinien być wyłączony. Nieplanowana przerwa w dostawie prądu może zakłócić działanie systemu i zmienić mikroklimat, co z kolei może doprowadzić do obniżenia jakości produktu i doprowadzić do

jego całkowitej nieprzydatności. Aby zapobiec takim sytuacjom, zaleca się zapewnienie nieprzerwanego zasilania.

- System musi zostać uziemiony przez użytkownika.

- Nie wolno dopuszczać do spadku ciśnienia lub braku wody. Odcięcie dopływu wody może spowodować niewłaściwe podlewanie roślin. Brak wody w układzie może spowodować uszkodzenie pompy.

- Należy zwrócić szczególną uwagę na stan wody w układzie przy temperaturach poniżej 0°C. Zamarznięta woda w systemie może uszkodzić pompę, opryskiwacze, plastikowe rury i zawory, zbiornik, czujniki temperatury.

- Aby uniknąć zamarznięcia i uszkodzeń użytkownik systemu musi spuścić wodę ze zbiornika, z pompy (odkręcić korek pompy), z kolb i filtrów do wody, ze wszystkich plastikowych rur (należy odkręcić 2-4 opryskiwacze na dole systemu nawadniającego każdego rzędu).

- Ze względu na sposób pracy instalacji kontener powinien być umieszczony w pomieszczeniu lub pod przykryciem z odprowadzeniem wody.

- Należy prowadzić stałą kontrolę jakości otrzymanej zielonej masy, aby uniknąć stosowania produktów zanieczyszczonych pleśnią itp.

#### BHP

- Należy zakazać wstępu do pomieszczenia roboczego osobom niepowołanym.

- W czasie pracy dostęp do pomieszczeń powinni mieć tylko uprawnieni pracownicy.

- Nie wolno pozostawiać przedmiotów obcych w miejscu pracy, w tym detergentów, butów, ubrań, sprzętu do czyszczenia itp.

- Nie wolno używać szafy sterowniczej pomieszczeń komory jako magazynu.

- Powstałą zieloną masę należy usunąć z pomieszczenia roboczego.

- Surowo zabrania się jednoczesnego otwierania drzwi komory roboczej jednocześnie z dwóch stron w czasie uzupełniania ziarnem lub wyjmowania zielonej masy. W czasie prowadzenia produkcji zielonej masy obowiązkowo sprawdzać i utrzymywać temperaturę roboczą w komorze do kiełkowania w przedziale 17 – 19°C

Czas testowania urządzeń umożliwił obserwacje nakładów robocizny. Przeprowadzona fotografia czasu pracy przekonała, iż efektywny czas pracy

dla 1modułu to 4 godziny dziennie. W przypadku 2 modułów koniecznym wydaje się zatrudnienie 1 pracownika do pełnej obsługi systemu.

Obserwacje doświadczenia testowe umożliwiły powstanie programu żywieniowego dla dalszej części doświadczeń prowadzonych bezpośrednio na zwierzętach.

Konkretny dobór grup technologicznych pozostaje warunkowany specyfiką hodowli. Krowy utrzymywane w obiektach produkcyjnych dla których pasza hydroponiczna pozostaje źródłem witamin stanowiąc substytut trawy zamiennik kiszonki z traw czy mieszanki paszowej dla opasów. Konie w przypadku których wytwarzana w kontenerach mieszanka owsa i jęczmienia stanowi element wzbogacający dietę i zamiennik dobrego wartościowego pastwiska. Kozy i owce podobnie jak bydło w zakresie dodatku dla matek karmiących i zwierząt od odsadzenia do uboju.

Zrealizowany program żywienia dla poszczególnych grup zwierząt przedstawia się następująco:

Łączne pobranie paszy to 23,35 kg suchej masy w przypadku krów mlecznych.

#### Zmiany planu żywienia dla krów mlecznych

|                                | Kontrolna |       | Eksperymentalna |       |
|--------------------------------|-----------|-------|-----------------|-------|
|                                | Kg paszy  | Kg sm | Kg paszy        | Kg sm |
| Kiszonka z traw                | 32        | 11,2  | 24              | 8,4   |
| Kiszonka z kukurydzy           | 22        | 6,6   | 22              | 6,6   |
| Pasza hydroponiczna            | -         | -     | 14              | 2,8   |
| Śruta zbożowa                  | 4         | 3,6   | 4               | 3,6   |
| Poekstrakcyjna śruta rzepakowa | 1         | 0,9   | 1               | 0,9   |
| Poekstrakcyjna śruta sojowa    | 0,7       | 0,63  | 0,7             | 0,63  |
| Witaminy                       | 0,15      | 0,135 | 0,15            | 0,135 |
| Sól                            | 0,1       | 0,09  | 0,1             | 0,09  |
| Kreda                          | 0,2       | 0,18  | 0,2             | 0,18  |
| Razem zużycie                  | 60,15     | 23,35 | 66,15           | 23,35 |



### Zmiany planu żywienia dla opasa na sztukę (wartości średnie)

| Pasza                             | Kontrolna |       | Eksperymentalna |       |
|-----------------------------------|-----------|-------|-----------------|-------|
|                                   | Kg paszy  | Kg sm | Kg paszy        | Kg sm |
| Kiszonka z kukurydzy, kg          | 3,00      | 0,9   | 3,00            | 0,9   |
| Siano                             | 1         | 0,9   | 1               | 0,9   |
| Pasza hydroponiczna kg            | -         |       | 10              | 2     |
| Mieszanka paszowa, kg             | 5,5       | 4,95  | 3,5             | 3,15  |
| Słoma kg                          | 0,5       | 0,45  | 0,5             | 0,5   |
| Sól kuchenna, kg                  | 0,11      | 0,05  | 0,11            | 0,05  |
| Razem zużycie                     | 10,11     | 7,25  | 18,11           | 7,45  |
| Wartość pokarmowa dawki           |           |       |                 |       |
| Energia metaboliczna (Mcal/kg sm) | 2,55      |       | 2,60            |       |
| Białko ogólne (g/kg sm)           | 14,4      |       | 14,5            |       |
| NDF (g/kg sm)                     | 34,5      |       | 37,0            |       |
| ADF(g/kg sm)                      | 19,0      |       | 21,0            |       |

W przypadku produkcji mleka i wołowiny różny pozostaje cel zastosowania pasz hydroponicznych. Po zmianach w planie żywieniowym w przypadku zwierząt gospodarskich utrzymywanych w celu pozyskania mleka lub mięsa oczekujemy poprawy wskaźników techniczno-produkcyjnych i efektywności ekonomicznej. Nieco inaczej przedstawia się kwestia konkretnych korzyści w przypadku koni.

Całoroczna suplementacja paszą hydroponiczną niweluje szeroko opisane powyżej błędy hodowców w karmieniu koni i zapobiega w demineralizacji i w chorobach koni. I nie tylko w okresie jesienno- zimowo-wiosennym ale również w okresie letnim, w którym wydawałoby się, że konie mają szeroki dostęp do paszy w postaci świeżych traw, ziół.

Jak się okazuje zapewnienie koniom odpowiedniej jakości paszy ma podstawowe znaczenie w hodowli, a szczególnie jeżeli mamy do czynienia z klaczami ciężarnymi, karmiącymi i źrebakami jak i końmi reprodukcyjnymi oraz końmi sportowymi.

W celu wyeliminowania niedoborów pokarmowych, poprawy żywotności i parametrów biochemicznych krwi zaleca się wprowadzenie do diety paszy hydroponicznej. Konie mają mały żołądek. Jego pojemność wynosi od 12. do 15. litrów. Żołądek konia jest mało rozciągliwy, dlatego karmienie go zbyt dużymi porcjami szkodzi jego zdrowiu. Zaproponowano zatem następujące zmiany planu żywieniowego w badanym gospodarstwie

### Zmiany planu żywienia koni

| Pasze                                               | Kontrolna | Eksperymentalna |
|-----------------------------------------------------|-----------|-----------------|
| Siano łąkowe, kg                                    | 12        | 10              |
| Pasza treściwa , kg                                 | 4         | 3               |
| Mieszanka paszowa, kg                               | 2         | 1               |
| Pasza hydroponiczna z jęczmienia i owsa (50x50), kg | -         | 6               |
| Sól kuchenna, kg                                    | 0,105     | 0,105           |
| Razem                                               | 18,10     | 20,10           |

Zmiany w żywieniu owiec i kóz dostosowano do specyfiki gatunku i celu zastosowanej substytucji. Badano wpływ na odchów jagniąt i wyniki produkcyjne jak również efektywność produkcji w przypadku kóz. Zaproponowano następujące zmiany.

### Zmiany planu żywienia dla owiec i kóz

|                                | Kontrolna | Eksperymentalna |
|--------------------------------|-----------|-----------------|
| Owce w laktacji                | 20        | 20              |
| Czas trwania eksperymentu, dni | 60        | 60              |
| Kiszonka z traw podw. kg       | 2,00      | 1,50            |
| Siano łąkowe p kw. Kg          | 0,50      | 0,50            |
| Słoma zbożowa kg               | 0,45      | 0,45            |
| Śruta rzepakowa , kg           | 0,20      | 0,20            |
| Pasza hydroponiczna            | -         | 0,50            |
| Razem zużycie                  | 3,15      | 3,65            |

|                                | LATO      |                 |
|--------------------------------|-----------|-----------------|
|                                | Kontrolna | Eksperymentalna |
| Kozy szt                       | 20        | 20              |
| Czas trwania eksperymentu, dni | 90        | 90              |
| Pastwisko                      | 2,00      | 1,50            |
| Siano łąkowe Kg                | 1,00      | 1,00            |
| Owies kg                       | 0,20      | 0,20            |
| Otręby kg                      | 0,20      | 0,20            |
| Pasza hydroponiczna kg         | -         | 0,50            |
| Razem zużycie                  | 3,40      | 3,40            |

|                                | Zima      |                 |
|--------------------------------|-----------|-----------------|
|                                | Kontrolna | Eksperymentalna |
| Kozy szt                       | 20        | 20              |
| Czas trwania eksperymentu, dni | 90        | 90              |
| Siano łąkowe Kg                | 1,50      | 2,00            |
| Kiszonka z kukurydzy kg        | 0,30      | 0,20            |
| Kiszonka z traw kg             | 0,40      | -               |
| Marchew kg                     | 0,50      | 0,30            |
| Burak kg                       | 0,40      |                 |
| Otręby kg                      | 0,20      | 0,20            |
| Pasza hydroponiczna kg         | -         | 0,50            |
| Razem zużycie                  | 3,30      | 3,20            |

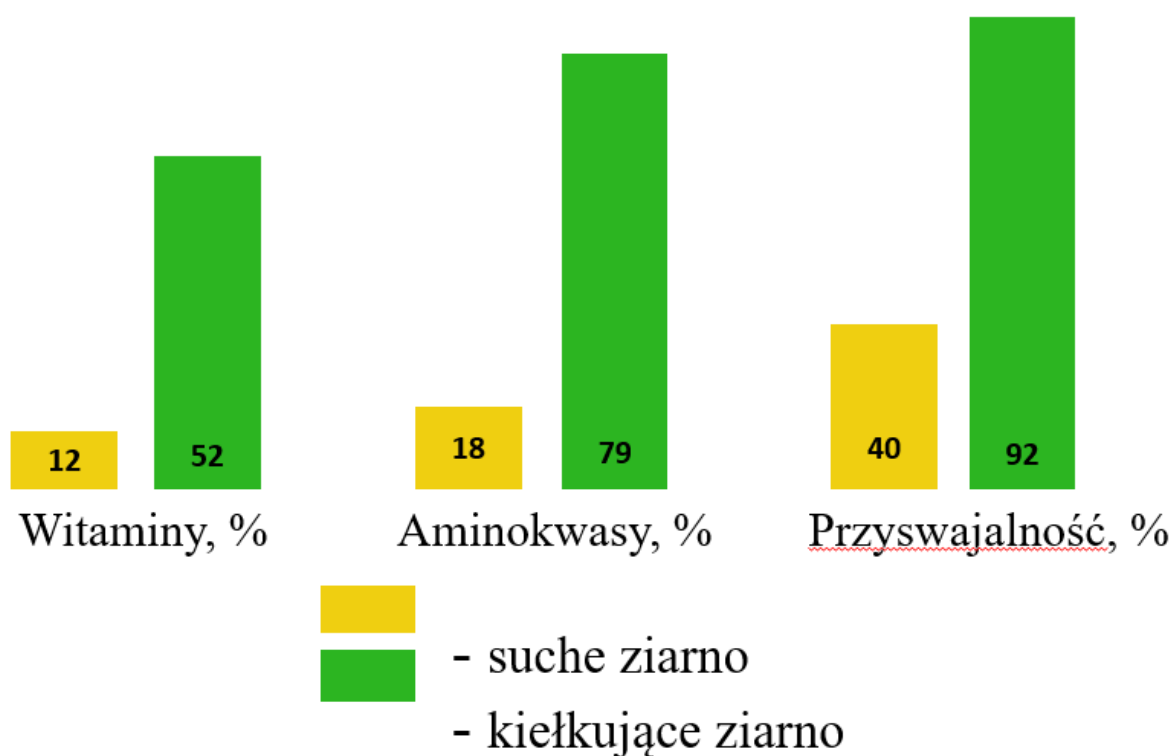
Podsumowując faza testowania rozwiązań umożliwiła opracowanie konkretnych rozwiązań gwarantujących pełną realizację doświadczeń bezpośrednio na poziomie gospodarstwa. Spostrzeżenia zwiększają przystępność i aplikacyjność wykorzystania prototypów w praktyce. Wykorzystanie kontenerowych konstrukcji urządzeń w czasie całej eksploatacji pozwoliło na pewne istotne spostrzeżenia które ogólnie mogą mieć istotny wpływ na funkcjonowanie jak również wydajność produkcyjną zestawów. Hydroponika jest dość ekonomicznym i atrakcyjnym systemem substytucji i uzupełniania dawek pokarmowych zwierząt gospodarskich, konstrukcja prototypów pozostaje dopracowana i sprawdzona lecz konieczne jest utrzymywanie czystości w tym również dysz natryskowych. Niebagatelna pozostaje jakość nasion w celu uzyskania właściwej biomasy. Ziarno powinno być czyste, zdrowe, nienaruszone, niepoddane obróbce i zdolne do życia wkluczona pozostaje jakakolwiek obecność owadów czy zanieczyszczeń. Ziarna zbóż są przechowywane w normalnej wodzie aż do całkowitego nasycenia. Czterogodzinne moczenie jęczmienia spowodowało wykiełkowanie na poziomie ok 90%. Proces musi być zoptymalizowany jeśli przedłużymy okres moczenia ograniczymy kiełkowanie nawet do 50%. Napowietrzenie roztworu nie poprawia szybkości kiełkowania po 4-godzinnym moczeniu. Temperatura wody lub roztworu do namaczania również wpływa na również na szybkość kiełkowania, ponieważ nasiona namoczone w temperaturze ok 24°C kiełkują wyraźnie szybciej. Technologie produkcji należy zatem

optymalizować ze względu na szereg zależności mogących wpłynąć na ostateczną efektywność zachodzących procesów. Uwagę należy zwrócić również na technikę wysiewu. Umieszczane na tacach nasiona powinny być również optymalne co do ilości. Jeśli gęstość nasion jest wysoka, istnieje większe prawdopodobieństwo zanieczyszczenia mikrobiologicznego maty korzeniowej roślin, co wpływa na wzrost paszy hydroponicznej. Zalecana norma wysiewu odpowiednio 4 kg/m<sup>2</sup> do 5 kg/m<sup>2</sup> dla uprawy hydroponicznej paszy jęczmiennej. Pewnym ułatwieniem jest oznakowanie tac nie mniej jednak optymalny wysiew może zależeć od jakości ziarna. Produkcja zielonki w warunkach hydroponicznych jest procesem wysoce wydajnym pod względem oszczędności wody w porównaniu z połową produkcją zielonek. Hydroponiczna technika produkcji zielonki wymaga tylko około 3-5% wody potrzebnej do wyprodukowania takiej samej ilości paszy, jaka została wyprodukowana w warunkach polowych lub 10-20% wody potrzebnej do wyprodukowania tej samej ilości plonów w uprawie glebowej. Jakość wody pozostaje fundamentalna nie tylko dla procesów produkcji ale również samego wyposażenia technicznego. Doświadczenia eksploatacyjne wykluczają praktycznie użycie wody twardej. Bezwzględnie należy przestrzegać technicznych rygorów mycia i konserwacji. W przeciwnym razie drobne cząsteczki brudu blokują mikrozamgławiacze, co niekorzystnie wpływa na wzrost roślin. Szklarnia jest bardzo podatna na skażenie mikrobiologiczne, w szczególności na rozwój pleśni spowodowany wysoką wilgotnością. Z powodu zanieczyszczenia mikrobiologicznego wzrost roślin jest zaburzony, a części korzeniowe ulegają rozpadowi, co prowadzi do mniejszego plonu i nieprzyjemnego zapachu, a rośliny nie są lubiane przez zwierzęta. Dlatego czystość i higiena są bardzo ważne w produkcji wysokiej jakości zielonki dzięki technologii hydroponicznej. Po zbiorach tace należy wyczyścić łagodnym detergentem. Otwory zamgławiaczy należy oczyścić. Rozwój pleśni można również zahamować, mocząc nasiona w roztworze podchlorynu o stężeniu od 0,01 do 0,1%. Kryteria optymalizacji nie są zatem proste. Różnice w plonach hydroponicznych zielonek można przypisać różnicom w rodzaju nasion, jakości, dawce wysiewu i zaprawianiu; jakości wody i pH, częstotliwości nawadniania, pożywkom, światle, temperaturze, wilgotności, czystości i

stanowi higienicznemu modułu. W wyniku przeprowadzonych badań hydroponicznej paszy na bazie jęczmienia dobrze przygotowane kiełkujące ziarno gwarantuje poprawę zawartości witamin, aminokwasów jak również przyswajalności na poziomach ujętych poniższym wykresem.

Wykres 1

Zmienność aminokwasów przyswajalności i witamin w badanym ziarnie kiełkującego jęczmienia (%).



Badania profilu witaminowego przeprowadzone metodą HPLC pokazały wzrost stężeń z 12 do 52%. Podczas kiełkowania ziarna zaobserwowano wzrost zawartości pewnych witamin, zwłaszcza witamin z grupy B (np. B2, B3, B6) oraz witaminy C, co wynika z aktywacji enzymów i biosyntezy związków bioaktywnych w kiełkujących roślinach. Badania zmian zawartości i profilu aminokwasów w kiełkującym ziarnie jęczmienia są szczególnie istotne ze względu na zastosowanie kiełkowanego jęczmienia (słodu) w browarnictwie oraz w przemyśle spożywczym. W trakcie kiełkowania zachodzi intensywna aktywacja enzymów proteolitycznych, które wpływają na dostępność wolnych aminokwasów, a tym samym na wartość odżywczą i technologiczne

właściwości surowca. Dzięki wzrostowi z 18 do 78 procent obserwujemy zwiększenie wartości odżywczej. Wolne aminokwasy są łatwiej przyswajalne przez organizm, co może podnosić wartość odżywczą dawek z wykorzystaniem kiełkującego jęczmienia. Kiełkowanie ziarna jęczmienia prowadzi do szeregu zmian biochemicznych (m.in. aktywacji enzymów, rozkładu skrobi do cukrów prostszych, proteolizy białek, syntezy witamin i wzrostu zawartości wolnych aminokwasów), co może zwiększać biodostępność i przyswajalność składników odżywczych. Wzrost aż do 92 procent potwierdza doskonałą przyswajalność przygotowywanej paszy. W podejmowanych badaniach w zakresie innowacji procesowej należy zwrócić uwagę na specyfikę w odniesieniu do poszczególnych gatunków również w warunkach ograniczeń ilościowych w odniesieniu do żywienia konkretnych grup technologicznych. Dla przykładu dzienne dawkowanie w przypadku krowy mlecznej może wynosić maksymalnie do 8 kg, cieląt 200-800g, konie do 3,5% wagi/dziennie, kozy i owce maksymalnie do 4 kg. Konkretny dobór grup technologicznych pozostaje warunkowany specyfiką hodowli. Krowy utrzymywane w obiektach produkcyjnych dla których pasza hydroponiczna pozostaje źródłem witamin stanowiąc substytut trawy zamiennik pastwiska i w ograniczonej ilości kukurydzy. Konie w przypadku których wytwarzana w kontenerach mieszanka owsa i jęczmienia stanowi element wzbogacający dietę i zamiennik dobrego wartościowego pastwiska. Kozy i owce podobnie jak bydło w zakresie dodatku dla matek karmiących i zwierząt od odsadzenia do uboju.

#### Bydło

W gospodarstwie zainstalowano moduły kontenerowe 2xSHM 300. Gwarantujące pozyskanie max 600 kg kiełków. Doświadczenia przeprowadzano na grupie krów i opasów więc wydzielono 1 kontener dla krów zaś drugi dla opasów.

#### Bydło mleczne

Na potrzeby doświadczenia przyjęto założenie wydajności systemu na poziomie 280kg kiełków czyli zużycie to ok 14 kg mieszanki na sztukę dziennie. Czas trwania eksperymentu 60 dni. Krowy z obu grup są w zbliżonej fazie laktacji (około 2-3 tyg. po wycieleniu). Uzyskana pasza hydroponiczna

(kielecki jęczmienia) dodawane do wozu paszowego i podawany zwierzętom w mieszance PMR. Zawartość tac pozyskiwanych z kontenerów rozdrabniana jest w wozie paszowym. Podczas trwania doświadczenia krowy karmione były 2 razy dziennie. Wczesna faza laktacji to również szybki wzrost produkcji mleka. Zapotrzebowanie energetyczne jest bardzo wysokie, często wyższe niż to, co krowa pobiera z paszy. W efekcie zwierzę mobilizuje rezerwy ciała, co może prowadzić do utraty masy i obniżenia kondycji. W tej fazie kluczowe jest dostarczenie wysokoenergetycznych, zbilansowanych dawek pokarmowych.

Grupa kontrolna żywiona tradycyjnie przez 60 dni łącznie 20 sztuk krów dojnych HF utrzymywanych w tym samym obiekcie produkcyjnym od 1 czerwca do 31 sierpnia. Grupa eksperymentalna (20 krów) otrzymywała 14 kg paszy hydroponicznej i zastąpiła częściowo kiszonkę z traw. W ramach obserwacji oceniano również ilość mieszanki pozostającej na stołach paszowych a więc nie wyjedzonej przez zwierzęta. Wykorzystane w kalkulacji ceny pozostają właściwe dla danych jednostek produkcyjnych w przypadku pasz własnych wykorzystano rachunek kosztów jednostkowych niezbędnych do ich przygotowania. Koszty pracy wg minimalnej stawki godzinowej z lipca 2024r. Ocena efektów ekonomiczno-produkcyjnych przeprowadzona została na podstawie rachunku kosztów żywienia i produkcji mleka. Na końcowy efekt ekonomiczny produkcji mleka wpływają również koszty pośrednie zarówno rzeczywiste jak i szacunkowe. W kontekście konkretnych zmian porównano efekty żywienia zróżnicowanymi dawkami aby wykazać realne różnice.

Koszty całkowite produkcji paszy hydroponicznej-  
bydło dla 1 modułu SM 300 .

|                        |         | Cena | Dziennie | Koszty<br>dziennie | Koszty 60<br>dni |
|------------------------|---------|------|----------|--------------------|------------------|
| Ziarno zużycie         | kg      | 1,2  | 42       | 50,4               | 3024             |
| Zużycie energii        | kWh     | 0,7  | 30       | 21                 | 1260             |
| Zużycie wody           | m       | 3,6  | 0,8      | 2,88               | 172,8            |
| Koszty pracy *         | zł/godz | 28,1 | 2        | 56,2               | 3372             |
| Pasza<br>hydroponiczna | kg      |      | 280      | 130,48             | 7 828,80 zł      |

- koszty pracy zgodne z minimalną stawką godzinową w 2024r.

Łączne koszty jednostkowe wytworzenia paszy hydroponicznej z jęczmienia przy aktualnych cenach dla właściwych warunków doświadczenia wyniosły 0,47 zł/kg. W kalkulacji powyżej uwzględniono koszty zatrudnienia konkretnej osoby. Dwie godziny intensywnej pracy przy kontenerze obciąża kalkulację 56,20 zł dziennie. W przypadku gospodarstwa zajmującego się produkcją rolną, całkowite koszty pracy mogą obejmować zarówno stałe pensje pracowników sezonowych, jak i koszty związane z zatrudnieniem na pełny etat. Kalkulacja kosztów pracy w gospodarstwach rodzinnych bywa jednak dyskusyjna. Praca właściciela gospodarstwa rolnego czy jego rodziny staje się nakładem a nie kosztem. Dlatego w kalkulacjach rolniczych racjonalnym wydaje się pominięcie szacunku kosztów zatrudnienia właściciela. Efekty pracy gospodarza i członków rodziny pozostaną uznane za nakład w omawianym przypadku obniżając rzeczywisty koszt produkcji kilograma paszy o połowę. Można jednak stwierdzić, iż praca pozostaje istotnym elementem kosztów wytworzenia hydroponicznej paszy. Do obliczeń przyjęto zatem kalkulację w której praca jest jedynie nakładem

Dzienne koszty żywienia 20 krów grupy kontrolnej i 20 krów grupy eksperymentalnej.

| Wyszczególnienie na 1 szt/dz   | cena<br>zł/kg | Zużycie             |                           | Wartość         |                       |
|--------------------------------|---------------|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|
|                                |               | Kontrolna<br>kg/szt | Eksperymentalna<br>kg/szt | Kontrolna<br>zł | Eksperymentalna<br>zł |
| Kiszonka z traw                | 0,20          | 32                  | 24                        | 6,40            | 4,80                  |
| Kiszonka z kukurydzy           | 0,13          | 22                  | 22                        | 2,86            | 2,86                  |
| Pasza hydroponiczna            | 0,27          | -                   | 14                        |                 | 3,71                  |
| Śruta zbożowa                  | 1,12          | 4                   | 4                         | 4,48            | 4,48                  |
| Poekstrakcyjna śruta rzepakowa | 0,15          | 1                   | 1                         | 0,15            | 0,15                  |
| Poekstrakcyjna śruta sojowa    | 0,27          | 0,7                 | 0,7                       | 0,19            | 0,19                  |
| Witaminy                       | 7,00          | 0,15                | 0,15                      | 1,05            | 1,05                  |
| Sól                            | 0,13          | 0,1                 | 0,1                       | 0,01            | 0,01                  |
| Kreda                          | 0,05          | 0,2                 | 0,2                       | 0,01            | 0,01                  |
| Razem zużycie                  |               | 60,15               | 66,15                     | 15,15           | 17,27                 |
| Ilość mieszanki niewyjedzonej  |               | 6,5                 | 3                         |                 |                       |

Rzeczywiste zużycie paszy grupy kontrolnej i eksperymentalnej różni się o 6 kg. Zmiana planu żywienia doprowadziła do sytuacji w której dawka zestawiona z paszą hydroponiczną spożywana jest chętniej. Po każdym



karmieniu krowy zostawiały w korytach ok 7 kg standardowej mieszanki w przeliczeniu na stanowisko. Ilość niedojadów u krów (bydła mlecznego) może różnić się w zależności od wielu czynników, takich jak rodzaj paszy, jakość jej przygotowania, stan zdrowia zwierzęcia, a także metody żywienia. Zwykle jednak szacuje się, że poziom niedojadów w dobrze zarządzanym gospodarstwie nie powinien przekraczać 5-10% całkowitej ilości paszy podanej krowie.

Wyniki ekonomiczne zastosowania zmian żywieniowych (krowa/dzień)

|                                            |           | Kontrolna        | Eksperymentalna  |
|--------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
| mleko dziennie ilość l                     | l         | 28,20            | 30,00            |
| Cena zł/l                                  | zł/l      | 2,20             | 2,20             |
| Wartość produkcji                          | zł        | 62,03            | 66,00            |
| Ciele zł/dziennie                          | zł/dz     | 1,88             | 1,88             |
| Wybrak krowa zł/dziennie                   | zł/dz     | 2,40             | 2,40             |
| Płatności zł/dziennie                      | zł/dz     | 1,19             | 1,19             |
| <b>Wartość dziennej produkcji zł</b>       | <b>zł</b> | <b>67,50</b>     | <b>71,47</b>     |
| Pasze                                      | zł        | 15,15            | 17,27            |
| Inseminacja                                | zł        | 0,65             | 0,65             |
| Usługi wet                                 | zł        | 2,82             | 2,00             |
| Środki czystości                           | zł        | 0,75             | 1,30             |
| Pozostałe w tym reprodukcja                | zł        | 6,87             | 6,87             |
| <b>Koszty bezpośrednie razem</b>           | <b>zł</b> | <b>26,25</b>     | <b>28,08</b>     |
| Nadwyżka bezpośrednia zł                   | zł        | 41,25            | 43,39            |
| <b>Nadwyżka bezpośrednia na 1 l mleka</b>  | <b>zł</b> | <b>1,46</b>      | <b>1,45</b>      |
| Przewidywany wzrost wydajności za laktacje | l         | 8600             | 9 150            |
| <b>Wartość produkcji mleka za laktacje</b> | <b>l</b>  | <b>18 920,00</b> | <b>20 130,00</b> |

Grupy krów na bazie których dokonano badań doświadczalnych utworzono na zasadzie par, biorąc pod uwagę rasę, produkcyjność, wagę żywą, wiek i termin wycielenia. We wszystkich eksperymentach zwierzęta były klinicznie zdrowe i trzymane w tych samych warunkach.

Średnia wydajność łącznie 40 zwierząt wynosiła ok 8500 litrów mleka za laktację. Pomimo zdecydowanie mniej opłacalnej ekonomicznie produkcji samej dawki żywieniowej w ujęciu eksperymentalnym (same koszty żywienia to ponad 2 złote różnicy) to zastosowanie produkcyjne pasz hydroponicznych okazuje się być bardziej efektywne. Ilość oddawanego dziennie mleka wzrosła z 28 do 30 litrów. Różnica w udoju dziennym na poziomie prawie 2 l oznacza ok 550 l mleka udojonego w czasie laktacji czyli 1210 zł więcej od krowy

Obliczona na podstawie danych z gospodarstwa nadwyżka bezpośrednia wzrosła z 1,46 zł/l do 1,45 zł/l. Efekty wydają się być obiecujące należy pamiętać, że są to jedynie wyniki z 60 dni doświadczenia które mogą okazać się wyższe podczas całej laktacji. Średnia wydajność w całym okresie może wzrosnąć nawet do 30%. Zastosowanie zmian żywieniowych doprowadziło do spadku kosztów weterynaryjnych na krowę.

### Opasy

Podobne 60 dniowe cykliczne doświadczenie przeprowadzono na opasach. Moduły kontenerowe SHM 300. Gwarantujące pozyskanie max 600 kg kielków. Na potrzeby doświadczenia wydzielono faktycznie produkcję z jednego modułu 280 kg kielków czyli zużycie to ok 5 kg na sztukę dziennie.

Grupa kontrolna (28 szt) żywiona tradycyjnie przez 60 dni i grupa eksperymentalna (28 szt.) łącznie 56 opasów utrzymywanych w tym samym obiekcie produkcyjnym od 1 czerwca do 31 sierpnia.

Skiełkowany jęczmień dodawany był do wozu paszowego i podawany zwierzętom w mieszance. Podczas trwania doświadczenia opasy są karmione raz dziennie. Zawartość tac pozyskiwanych z kontenerów rozdrabniana jest w wozie paszowym. Masa ciała cieląt na początku doświadczenia wyniosła około 190 kg. Sześćdziesięciodniowy eksperyment w przypadku opasu oparto na produkcji paszy na module SM 300 w tym samym gospodarstwie zatem koszty wytworzenia paszy pozostawały takie same (0,27 zł/kg). Produkcja wołowiny charakteryzuje się również specyfiką hodowcy zależy na dobrostanie, lepszym wykorzystaniu paszy ale również przyrostach dziennych. Szybsze tempo wzrostu zwierząt przekłada się na krótszy okres utrzymania, co oznacza mniejsze koszty związane z żywieniem, opieką weterynaryjną i zarządzaniem stadem. Dzięki temu hodowca może osiągnąć docelową masę ubojową w krótszym czasie. Jeśli zwierzęta osiągają optymalną masę rzeźną wcześniej, obniża się koszt paszy, pracy i energii przypadający na kilogram przyrostu. Jest to szczególnie ważne w kontekście wzrastających cen surowców paszowych. Poprawa tempa wzrostu często idzie w parze z efektywniejszym przetwarzaniem paszy na masę ciała. Im lepsze wykorzystanie paszy, tym wyższa opłacalność produkcji. Lepsze przyrosty mogą wpływać na większy

udział mięsa dobrej jakości (np. lepsze umięśnienie, korzystny profil otluszczenia) oraz dostarczać surowca, który spełnia wymogi rynku w zakresie kulinarnej wartości mięsa.

Dzienne koszty żywienia 28 opasów grupy kontrolnej i 28 opasów grupy eksperymentalnej.

| Wyszczególnienie na 1 szt/dz     | cena<br>zł/kg | Kontrolna |          | Eksperymentalna |          |
|----------------------------------|---------------|-----------|----------|-----------------|----------|
|                                  |               | Kg paszy  | zł       | Kg paszy        | zł       |
| Kiszonka z kukurydzy, kg         | 0,13          | 3         | 0,39     | 3               | 0,39     |
| Siano                            | 0,33          | 1         | 0,33     | 1               | 0,33     |
| Pasza hydroponiczna kg           | 0,27          | -         |          | 5               | 1,33     |
| Mieszanka paszowa, kg            | 0,89          | 2,5       | 2,23     | 2               | 1,78     |
| Słoma kg                         | 0,20          | 0,5       | 0,10     | 0,5             | 0,10     |
| Sól , kg                         | 0,13          | 0,11      | 0,01     | 0,11            | 0,01     |
| Razem zużycie                    |               | 7,11      | 2,34     | 11,61           | 3,94     |
| Średnia masa początkowa kg       |               | 190       |          | 190             |          |
| Średnia masa końcowa kg          |               | 235,36    |          | 267,40          |          |
| Przyrosty masy na 1 szt          |               | 45,36     |          | 77,40           |          |
| Ilość mieszanki niewyjedzonej kg |               | 0,50      |          | 0,25            |          |
| Cena zł/kg                       |               |           | 11,00    |                 | 11,00    |
| Wartość produkcji zł             |               |           | 2 588,96 |                 | 2 941,40 |
| Wartość pokarmowa dawki          |               |           |          |                 |          |
| Energia metaboliczna (Mcal/kg sm |               | 2,55      |          | 2,6             |          |
| Białko ogólne (g/kg sm)          |               | 14,4      |          | 14,5            |          |
| NDF (g/kg sm)                    |               | 34,5      |          | 37              |          |
| ADF(g/kg sm)                     |               | 19        |          | 21              |          |

W wyniku obserwacji poprowadzonych na 56 opasach w trakcie 60 dni średnie koszty dziennego żywienia grupy eksperymentalnej pozostawały o 1,6 zł wyższe. Opas z dodatkiem paszy hydroponicznej okazał się jednak bardziej efektywny zważone w 60 dniu zwierzęta osiągnęły przyrosty 77,40 kg. Przyjmując rynkową cenę 11 zł/kg zwierzę o wadze 235,36 kg było warte 2588,69 zł zaś zwierzę grupy kontrolnej 2941,40zł różnica w wartości produkcji to 352,71zł. W przypadku doświadczenia przeprowadzonego na opasach podobnie jak w przypadku mleka udało się zaobserwować

ograniczoną ilość paszy niewyjadanej. Zmieszanie 10 kg paszy hydroponicznej w momencie testowania urządzeń pokazało iż dawkę należy zmodyfikować z racji zbyt dużej ilości paszy niewyjedzonej. Wzrost średnich przyrostów z 760 do 1290g.

## Konie

Konie pozostają dość specyficzną grupą zwierząt z punktu widzenia wykorzystania pasz hydroponicznych jak również problematyki zmian żywieniowych. Wiele zagadnień wymagało zatem doprecyzowania i wyjaśnienia. Różna pozostaje również funkcja celu bo zależy nam w tym przypadku głównie na poprawie dobrostanu i utrzymaniu wysokiego statusu zdrowotnego. Doświadczenie przeprowadzono w jednostce bazującej na paszach dowożonych z zewnątrz. Symuluje to warunki funkcjonowania stajni praktycznie bez powierzchni paszowej. Niewątpliwe zalety stosowania proponowanych rozwiązań to stała, przewidywalna jakość. W przeciwieństwie do siana czy pasz objętościowych, które mogą różnić się wartością odżywczą w zależności od partii i warunków przechowywania, zielonka z systemów hydroponicznych ma stabilny skład i wysoką wartość biologiczną. Wysoka strawność i wartość odżywczą. Kielki zbóż są łatwo przyswajalne i bogate w witaminy (A, E, witaminy z grupy B), minerały (wapń, fosfor, magnez, potas) oraz enzymy ułatwiające trawienie. Białko zawarte w kielkach jest wysokowartościowe, a roślina w fazie kiełkowania przekształca część skrobi w cukry proste, co poprawia smakowość. Świeżość i dostępność przez cały rok. Produkcja w systemach hydroponicznych jest niezależna od warunków klimatycznych. Hodowcy mogą zapewnić koniom zielonkę nawet w okresach, gdy pastwiska są niedostępne (np. zimą), unikając kosztów importu drogiego siana lub koncentratów. Oszczędność przestrzeni i zasobów. Uprawy hydroponiczne cechują się wysoką wydajnością na małej powierzchni. Można je prowadzić w pomieszczeniach, nie zużywając dużych powierzchni gruntu. Dodatkowo, dzięki zamkniętym obiegom wody, zużycie wody jest znacznie mniejsze niż w tradycyjnej uprawie polowej. Zielonka hydroponiczna, mimo wysokiej wartości, nie zawsze może całkowicie zastąpić tradycyjne pasze

objętościowe. W przypadku koni zwykle jest stosowana jako dodatek, uzupełnienie diety, a nie wyłączna pasza.

Ekonomicznie wyższe pozostają koszty wyprodukowania paszy. W zakładanym scenariuszu zaistniała konieczność zatrudnienia pracownika a lokalizacja w Warszawie. Doświadczenie obejmuje 180 dniowy eksperyment. Stado 16 szt koni podzielono na 8 żywionych w tym samym czasie standardowo i 8 z dodatkiem paszy hydroponicznej. Dzielne zapotrzebowanie paszy nie wymagało pełnego wykorzystania modułu. Celowość zastosowania paszy hydroponicznej pozostaje odmienna niż w przypadku bydła. Technologia produkcji paszy jest przystępną cenowo i nowoczesną technologią produkcji hydroponicznej i agrobiologicznej. Możliwość produkcji zielonki przez cały rok, niezależnie od warunków klimatycznych i pogodowych, w wymaganych dla potrzeb gospodarstwa ilościach, po rozsądnych cenach - to realna szansa na jakościowe rozwiązanie problemów żywienia i rehabilitacji zwierząt, zwłaszcza w gospodarstwach ekologicznych oraz podniesienie efektywności produkcji zwierzęcej.

W badaniach zastosowano 1 kontener SHM 300o przewidywanej wydajności 280 kg kielków jęczmienia i owsa po 50% udziału. Przewidywane koszty w tabeli poniżej.

Koszty całkowite produkcji paszy hydroponicznej-konie dla 1 modułu SM 300

|                        |         | Cena | Dziennie | Koszty<br>dziennie | Koszty 180<br>dni |
|------------------------|---------|------|----------|--------------------|-------------------|
| Ziarno zużycie         | kg      | 0,95 | 42       | 39,9               | 7182              |
| Zużycie energii        | kWh     | 0,7  | 30       | 21                 | 3780              |
| Zużycie wody           | m       | 3,6  | 0,8      | 2,88               | 518,4             |
| Kanalizacja            | m       | 5,3  | 0,4      | 2,12               | 381,6             |
| Koszty pracy *         | zł/godz | 28,1 | 2        | 56,2               | 10116             |
| Pasza<br>hydroponiczna | kg      |      | 270      | 122,1              | 21 978,00 zł      |

Średni koszt wyprodukowania paszy hydroponicznej wraz z kosztami pracy wyliczonymi na podstawie minimalnej stawki godzinowej dla 2024r wyniósł 0,45 zł/kg.

Zmiany planu żywienia niezwykle wrażliwych zwierząt jakimi są konie wymusiły doprecyzowanie kolejnych zagadnień. Proponowany plan żywienia zakładał dwukrotne podawanie paszy o następujących parametrach poddanych badaniom w celu określenia zmian stanu podstawowego w zależności od czasu.

#### Analiza składu podstawowego paszy w zależności od fazy żywienia

| Wiek próbki                                                                      | Sucha masa | Białko ogólne | Tłuszcz surowy | Włókno surowe | Popiół ogólny |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| 1 dzień                                                                          | 28.1       | 6.41          | 2.64           | 10.2          | 4.26          |
| 3 dni                                                                            | 20.3       | 6.84          | 3.16           | 13.0          | 3.57          |
| 8 dni                                                                            | 12.4       | 8.30          | 3.81           | 16.6          | 3.68          |
| Wyniki białka, tłuszczu, włókna i popiołu odnoszą się do powietrznie suchej masy |            |               |                |               |               |
| 1 dzień                                                                          | 28.1       | 1.80          | 0.723          | 2.88          | 1.20          |
| 3 dni                                                                            | 20.3       | 1.39          | 0.640          | 2.64          | 0.72          |
| 8 dni                                                                            | 12.4       | 1.03          | 0.473          | 2.06          | 0.46          |
| Wyniki w przeliczeniu na aktualna wilgotność próbek                              |            |               |                |               |               |

Problem racjonalnego żywienia koni pozostaje złożony niezależnie od zastosowania pasz hydroponicznych. Na rynku katalog gotowych mieszanek paszowych, zarówno w formie granulatów jak i musli, oraz suplementów mineralno-witaminowych jest bardzo bogaty. Ich stosowanie w połączeniu ze standardem «siano plus owies» pozwala najczęściej na dostarczenie koniowi zbilansowanej dawki pokarmowej odpowiedniej dla jego stanu fizjologicznego, kondycji i sposobu użytkowania.

Stosowanie gotowych mieszanek jest często uzasadnione nie tylko brakiem doświadczenia w samodzielnym bilansowaniu dawki pokarmowej lub brakiem dostępu do wszystkich cennych surowców paszowych.

W przypadku koni sportowych, dostarczenie im w tradycyjnej paszy wyższego udziału wszystkich niezbędnych składników związanych z ich wysokimi potrzebami pokarmowymi uwarunkowanymi wyczynem, jest niemożliwe. I tu

nie należy pozwalać sobie na eksperymenty i stosowanie niestandardowych dodatków.

W przypadku wyczynowego sportu nie dostarczenie energii, białka, witamin i związków mineralnych w sposób właściwy i zbilansowany może okazać się brzemiennie w skutkach (szybka utrata formy czy osłabienie prowadzące do urazu). Choć dla niektórych hodowców fakty te pozostają trudne do zaakceptowania, w przypadku koni hodowlanych sytuacja ta jest zgoła bardzo podobna. Okres wiosenno-letni, obfitujący w dobrej jakości zielonkę, nie pozwala niestety na całoroczne zbudowanie rezerwuarów mineralno-witaminowych.

Problemu występowania okresowych deficytów i zwiększonego zapotrzebowania na składniki pokarmowe poszczególnych okresów fizjologicznych w hodowli (zwłaszcza III trymestr ciąży i laktacja) nie rozwiąże ani pastwisko, ani okazjonalne stosowanie dodatków paszowych.

Dążenie do optymalizacji kosztowej hodowli, choć w pełni racjonalne, nie może jednak przesłaniać ryzyka i zagrożeń związanych z „gospodarskim” sposobem karmienia, często ubogim w składniki mineralne, nierzadko też potencjalnie słabym co do jakości.

Nie dopuszczalne jest, aby konie hodowlane były karmione jak konie wykorzystywane w pracach polowych lub aby jedynym źródłem ich pokarmu była zielonka pastwiskowa (zwłaszcza w przypadku klaczy wysoko żrebnych, karmiących oraz źrebiąt).

Dobrej jakości siano i owies, wszystkim powszechnie znane jako standardowa pasza objętościowa i treściwa, są chętnie wykorzystywane w codziennym żywieniu i opiece nad koniem hodowlanym. Zawsze powinny one stanowić podstawę dawek pokarmowych.

Dobrej jakości siano to odpowiednia mieszanka traw z dodatkiem roślin motylkowych oraz z nieznacznym udziałem ziół. Pastwisko okresu wiosennego i letniego, wprowadzane powoli i racjonalnie, to doskonałe uzupełnienie całorocznego cyklu żywieniowego.

Sianokiszonka, tak chętnie wykorzystywana w kulturze anglosaskiej, o ile dobrze przygotowana i odpowiednio szybko skarmiana, choć nie stanowi jeszcze standardu żywieniowego w naszym kraju, staje się coraz bardziej

popularna. Standardem w żywieniu koni jest oczywiście owies, ale białko owsa jest niepełnowartościowe i powinno być uzupełniane białkiem innych pasz (zielonka, siano, rośliny motylkowe).

Skrobia i tłuszcz (w tym nienasycone kwasy tłuszczowe) są natomiast w owsie na poziomie dobrym, dodatkowo uzupełnione o substancje śluzowe o właściwościach dietetycznych, a włókno obecne w łusce przeciwdziała pęcznieniu ziarna w żołądku. Podstawowa przewaga owsa nad innymi zbożami to prawie całkowity rozkład skrobi do cukrów prostych już w jelicie cienkim, dzięki czemu energia jest dla organizmu szybciej dostępna.

Standardowo zadajemy owies jako pełne ziarno – jest on wtedy dobrze naśliniony przeżuwany. Jeśli go gnecimy lub śrutujemy, tłuszcz ulega przyspieszonemu utlenieniu, następuje rozkład witaminy E, a nie skarmiona szybko biomasa może ulec procesowi psucia (jęczmień).

Dlatego jeżeli decydujemy się na podawanie owsa gniecionego, należy skarmiać go na bieżąco, w przeciągu 2-3 dni. I tu właśnie pojawia się możliwość zapewnienia paszy hydroponicznej owsa lub mieszanki owsa i jęczmienia. Ale owies to nie jedyne zboże wykorzystywane w żywieniu koni. Przykładowo uprawiany w naszej szerokości geograficznej jęczmień zapewnia więcej energii, nie powinien być podstawą końskiej diety (a jedynie jej str. 23 uzupełnieniem) z uwagi na niekorzystny stosunek wapnia do fosforu oraz skrobię, która z jednej strony jest tutaj źródłem energii, lecz z drugiej jej ziarenka są ciasno upakowane w ziarnie jęczmienia i bez termicznej obróbki tego zboża zawarta w nim skrobia jest trudniej dostępna dla organizmu konia. Z uwagi na twardość łuski odmiany europejskiej (innej od stosowanej w żywieniu koni odmianie ze Środkowego Wschodu) jęczmień powinien być zadawany koniom w formie ześrutowanej lub parowanej. Jeszcze bardziej niekorzystny stosunek wapnia do fosforu, który może zakłócić u młodych koni procesy wzrostu, występuje w pszenicy.

Dodatkowo gluten pszeniczny grozi niebezpieczeństwem tworzenia się brył w przewodzie pokarmowym.

Dlatego przyjmuje się, iż udział ziarna pszenicy w dawce pasz treściwych powinien być niewielki. Zadaje się je gnecione lub grubo śrutowane, zwilżone lub też w całości namoczone. Otręby pszenne stanowią natomiast wartościowy



dodatek w przypadku żywienia klaczy wysoko żrebnych oraz karmiących, przypisuje się im bowiem właściwości korzystne dla procesu mlekotwórczego.

Ze względu jednak na wspomnianą wcześniej dużą zawartość fosforu nie należy skarmiać nimi przez długi okres, gdyż mogą przyczynić się do potencjalnej utraty równowagi mineralnej.

W przypadku źrebiąt młodzieży, ogierów kryjących oraz koni w treningu sportowym, otręby pszenne powinny stanowić jedynie dodatek meszu, zadawanego najczęściej 2-3 razy w tygodniu. Kukurydza, która tak jak jęczmień może być wykorzystana jako energetyczny dodatek w dawkach pokarmowych, posiada stosunkowo niewiele białka i włókna. Jest także uboga w składniki mineralne (szczególnie wapń). Jeśli jest zadawana (z uwagi na jej kaloryczność), należy ją skarmiać grubo ześrutowaną, gdyż drobno zmielone ziarno może przyczynić się do zaburzeń trawiennych. Podobnie jak w innych wypadkach, tak przygotowana śruta musi być skarmiona w ciągu 2-3 dób, ulega bowiem szybkiemu zepsuciu.

Tak jak i w przypadku jęczmienia, energia kukurydzy jest dużo łatwiej dostępna dla organizmu konia po poddaniu jej ziarna obróbce hydrotermicznej. Natomiast w przypadku żyta, które ma bardzo twarde ziarno, dodatkowo wykazując skłonność do pęcznienia i zbrylania się w przewodzie pokarmowym konia, stając się często bezpośrednią przyczyną kolek, stosowanie go w żywieniu koni jest niewskazane. Hodowcy koni wykorzystując surowce paszowe pochodzące z własnego gospodarstwa powinni pamiętać, iż do wykorzystania żywieniowego w długim terminie nadają się wyłącznie surowce odpowiednio magazynowane i bardzo dobrze oczyszczone.

Złe przechowywanie (warunki termiczne, wilgotność, łatwa dostępność dla roznoszących zakażenia gryzoni) może doprowadzić do rozwoju mykotoksyn, które w istotny sposób mogą zaburzyć procesy trawienne w organizmie i doprowadzić do jego zatrucia.

Złe oczyszczenie tych płodów może z kolei doprowadzić do poważnych zatruc patogenami chorobotwórczymi. Niezależnie od powyższego, żywienie paszami gospodarskimi wymaga dodatkowo uzupełnienia substancji mineralnych i witamin, zarówno przy wykorzystaniu gotowych mieszanek mineralno-witaminowych jak i lizawek solnych. Szczególnie istotne jest podejście do

karmienia koni sportowych. Kluczową rolę uzupełniającą wobec podstawowej dawki pokarmowej u koni sportowych odgrywa zapotrzebowanie w elektrolity. Do najważniejszych pierwiastków, wymagających kategorycznego uzupełniania u konia w ciężkim treningu i wyczynie należy zaliczyć głównie sód i chlor, które regulują wodno-elektrolitową gospodarkę organizmu i ciśnienie osmotyczne w komórkach oraz potas, który utrzymuje odpowiednią pobudliwość nerwów i mięśni, m.in. aktywując enzymy biorące udział w glikolizie i fosforylacji oksydacyjnej. Niedobór, głównie sodu, jest u koni sportowych zjawiskiem stosunkowo powszechnym, a sprzyja temu długotrwały wysiłek i wysokie temperatury powietrza. Deficyt potasu jest natomiast rzadko spotykany, jedynie przy długotrwałych biegunkach lub jednostronnym żywieniu ziarnem zbóż.

W suplementacji konia sportowego warto również zwrócić uwagę na stosunek wapnia do fosforu. Zwykle jest on przyjmowany jako 2:1 i choć badania wskazują na tolerancję organizmu na większą ilość fosforu, to dawka nie powinna zawierać go więcej niż wapnia. Fosfor w dużej ilości występuje w ziarnie zbóż, a wapń w zielonkach oraz w sianie, zwłaszcza z koniczyny. Ponieważ dieta koni sportowych oparta jest głównie na paszy treściwej, fosfor jest dostarczany w wystarczającej ilości.

Problemem może być zaopatrzenie w odpowiednią ilość wapnia. Jego niedobór w średnim i długim terminie powoduje przede wszystkim osłabienie układu kostnego, wpływa też na pracę serca i nadmierną pobudliwość układu nerwowego. Jest to bardzo ważny pierwiastek dla organizmu. Znacząca rola wapnia w diecie koni sportowych jest często bagatelizowana.

Kojarzony jest bardziej jako pierwiastek istotny w żywieniu koni hodowlanych, dla których jest to oczywiście jeden z kluczowych makroelementów diety, ale równie ważną funkcję odgrywa on w żywieniu koni wyczynowych i nie można o nim zapominać bilansując dawki dla koni sportowych. W przypadku koni wyczynowych musimy zwracać uwagę na właściwe zaopatrzenie organizmu we wszystkie minerały i witaminy, gdyż wspierają one działanie większości enzymów oraz przebieg wielu procesów i przemian. Są też często „spoiwem” łączącym wiele funkcji organizmu.

Oprócz wyżej wymienionych elektrolitów i wapnia, na szczególną uwagę dla koni wyczynowych zasługuje witamina E i C oraz selen. Są to elementy, na które zapotrzebowanie konia w intensywnym treningu jest wyższe niż w przypadku lżej pracujących koni wierzchowych. Wiąże się to z antyoksydacyjną rolą jaką pełnią te witaminy i ich dużym wpływem na szybszą regenerację mięśni i całego organizmu po intensywnym wysiłku.

W tym obszarze hodowcy popełniają coraz mniej błędów – świadomość potrzeby dodatkowego podania wymienionych elementów jest stosunkowo duża i w zasadzie w diecie prawie każdego konia sportowego znajduje się suplement zawierający witaminę E, C oraz selen. W przypadku pozostałych makro- i mikroelementów oraz witamin ich zapotrzebowanie u konia wyczynowego nie wzrasta aż tak znacząco. Przy doborze dodatkowych suplementów, nie „faszerujemy” koni sportowych nadmiernymi ilościami koncentratów.

Podobnie jak potencjalnie nadmierna suplementacja, częstym problemem żywieniowym jest także przekarmianie koni, które przyczynia się istotnie do mniejszej wydolności organizmu konia. Dochodzi do tego na skutek zadania zbyt dużej dawki paszy treściwej rano, przed konkursami, lub z powodu nie zapewnienia koniowi wystarczającej ilości czasu na jej strawienie.

Prowadzi to do zaburzeń w trawieniu, a w skrajnych przypadkach, oczywiście bardzo rzadkich, do pęknięcia żołądka. Należy pamiętać, że dawka paszy treściwej nie powinna zwykle przekraczać 2-2,5 kg, lecz przed konkursami, treningiem i transportem należy ją ograniczyć do 1,5 kg. Po każdym posiłku zwierzę powinno mieć co najmniej godzinę na trawienie i odpoczynek. W celu dostarczenia odpowiedniej ilości składników pokarmowych, najlepiej jest zadawać koniom często małe porcje paszy (najlepiej 3-4 razy dziennie). W żywieniu koni wszystkie zmiany, które wprowadzamy mamy dobrze zaplanowane. Przewód pokarmowy konia jest ukształtowany w taki sposób, że każde „rozregulowanie” warunków, do których jest przyzwyczajony, może nieść ze sobą nieprzyjemne konsekwencje. Zmiana paszy na inną powinna odbywać się stopniowo i ostrożnie.

Najkorzystniej jest mieszać na początku niewielką ilość nowej paszy z paszą wcześniej skarmianą, w czasie kolejnych dni zwiększać stopniowo ilość nowej,

jednocześnie zmniejszając udział poprzedniej. Pamiętając również o niewielkiej pojemności żołądka konia, zadawana porcja paszy treściwej musi być mała i dobrze zbilansowana. Bardzo istotne pozostaje także przestrzeganie stałych godzin karmienia, co ze względu na konieczność dostosowania się do godzin startów na zawodach, jest często kłopotliwe, a w związku z tym zaniedbywane. Pamiętajmy jednak, że nieregularność karmienia sprzyja powstawaniu chorób metabolicznych, a przede wszystkim wrzodów żołądka.

Wprowadzenie do diety koni hodowlanych w cyklu całorocznym diety opartej na skielkowanych zbożach, głównie owsie i jęczmieniu dostarczy koniom hodowlanym w dużym zakresie witamin, mikro i makroelementów, pierwiastków i związków biochemicznych oraz dobrze przyswajalnych związków metabolicznych wpływających na stan zdrowia konia i jego zdolności reprodukcyjne lub wysiłkowe.

Całoroczna suplementacja paszą hydroponiczną niweluje szeroko opisane powyżej błędy hodowców w karmieniu koni i zapobiega w demineralizacji i w chorobach koni. I nie tylko w okresie jesienno- zimowo- wiosennym ale również w okresie letnim, w którym wydawałoby się, że konie mają szeroki dostęp do paszy w postaci świeżych traw, ziół.

Jak się okazuje zapewnienie koniom odpowiedniej jakości paszy ma podstawowe znaczenie w hodowli, a szczególnie jeżeli mamy do czynienia z klaczami ciężarnymi, karmiącymi i źrebakami jak i końmi reprodukcyjnymi oraz końmi sportowymi.

W celu wyeliminowania niedoborów pokarmowych, poprawy żywotności i parametrów biochemicznych krwi zaleca się wprowadzenie do diety paszy hydroponicznej. Zaleca się stosować od 3,0 do 3,5% paszy w relacji do masy konia. Konie mają mały żołądek. Jego pojemność wynosi od 12. do 15. litrów. Żołądek konia jest mało rozciągliwy, dlatego karmienie go zbyt dużymi porcjami szkodzi jego zdrowiu. W trakcie badań przeprowadzono również kompleksową analizę paszy hydroponicznej. W zależności od rodzaju i wilgotności wewnętrznej ziarna suchą masę określono na poziomie 15 – 18 %.

Analiza paszy hydroponicznej uzyskanej z jęczmienia

| Składniki            | j.m. | Zawartość w kg suchej masy |                   | % / jęczmień |
|----------------------|------|----------------------------|-------------------|--------------|
|                      |      | Pasza hydroponiczna        | Jęczmień browarny |              |
| Białko ogólne        | G    | 136,87                     | 106,15            | 128,93       |
| Arginina             | G    | 7,36                       | 5,89              | 124,91       |
| Walina               | G    | 6,62                       | 4,87              | 135,95       |
| Kwas glutaminowy     | Mg   | 12,51                      | 22,32             | 56,05        |
| Leucyna              | Mg   | 8,83                       | 7,48              | 118,09       |
| Lizyna               | Mg   | 7,36                       | 4,87              | 151,05       |
| Metionina            | Mg   | 2,21                       | 1,59              | 139,18       |
| Seryna               | Mg   | 5,89                       | 0,49              | 1208,41      |
| Treonina             | Mg   | 5,15                       | 3,63              | 142,08       |
| Tryptofan            | Mg   | 1,47                       | 1,36              | 108,25       |
| Fenylalanina         | Mg   | 5,15                       | 4,87              | 105,74       |
| Cystyna              | Mg   | 1,47                       | 1,25              | 118,09       |
| Skrobia              | G    | 72,85                      | 346,66            | 21,01        |
| Cukier               | G    | 206,03                     | 5,61              | 3674,06      |
| Tłuszcz ogólny       | G    | 46,36                      | 23,56             | 196,73       |
| Błonnik ogólny       | G    | 123,62                     | 48,26             | 256,15       |
| Popiół nieorganiczny | G    | 33,11                      | 27,42             | 120,78       |
| Wapń                 | G    | 1,47                       | 0,79              | 185,58       |
| Fosfor               | G    | 4,42                       | 3,85              | 114,62       |
| Magnez               | G    | 1,47                       | 1,05              | 139,68       |
| Sód                  | G    | 0,25                       | 0,11              | 227,44       |
| Siarka               | G    | 2,21                       | 1,93              | 114,62       |
| Potas                | G    | 5,89                       | 6,57              | 89,59        |
| Żelazo               | G    | 89,04                      | 98,00             | 90,85        |
| Jod                  | Mg   | 2,13                       | 1,97              | 108,25       |
| Mangan               | Mg   | 9,86                       | 7,41              | 133,08       |
| Miedź                | Mg   | 5,59                       | 5,09              | 109,94       |
| Cynk                 | Mg   | 54,53                      | 26,25             | 207,72       |
| Selen                | Mg   | 0,29                       | 0,05              | 649,52       |
| Witamina B1          | Mg   | 3,68                       | 0,78              | 470,67       |
| Witamina B2          | Mg   | 8,90                       | 1,25              | 714,47       |
| Witamina BC          | Mg   | 8,09                       | 1,27              | 637,92       |

|            |    |       |       |        |
|------------|----|-------|-------|--------|
| Witamina E | Mg | 25,75 | 13,71 | 187,88 |
| Karoten    | Mg | 21,12 | 3,25  | 649,52 |

Analiza kosztów wytworzenia paszy wskazuje, iż przy aktualnym dla badań układzie cen pasz z zakupu subsydiowanie pozostałych składników diety paszą hydroponiczną pozostaje opłacalne.

Dzienne koszty żywienia 8 koni grupy kontrolnej i 8 koni grupy eksperymentalnej

| Pasze                                               | Ceny zł /kg | Ilość     |                 | Wartość   |                 |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
|                                                     |             | Kontrolna | Eksperymentalna | Kontrolna | Eksperymentalna |
| Siano łąkowe, kg                                    | 0,80        | 12        | 10              | 9,60      | 8,00            |
| Pasza treściwa , kg                                 | 0,90        | 4         | 3               | 3,60      | 2,70            |
| Mieszanka paszowa, kg                               | 0,44        | 2         | 1               | 0,88      | 0,44            |
| Pasza hydroponiczna z jęczmienia i owsa (50x50), kg | 0,45        | -         | 6               |           | 2,70            |
| Sól kuchenna, kg                                    | 0,13        | 0,105     | 0,105           | 0,01      | 0,01            |
| Razem                                               |             | 18,1      | 20,1            | 14,09     | 13,85           |
| Ilość paszy niewyjedzonej dziennie kg               |             | 2,72      |                 | 1,41      |                 |

Na żywieniu z wykorzystaniem kontenerowej technologii SM 300 jesteśmy w stanie zaoszczędzić 24 grosze dziennie. W czasie 180 dniowego eksperymentu innowacyjny plan żywieniowy okazał się o 345,6 zł tańszy w odniesieniu do 8 utrzymywanych sztuk. Istotne pozostają również informacje o paszy niewykorzystanej. Ilość niewyjedzonej paszy u koni jest ważnym wskaźnikiem zarówno efektywności żywienia, jak i dobrostanu zwierzęcia. Monitorowanie i kontrolowanie ilości pozostawionej paszy pomaga zoptymalizować dietę konia, zminimalizować koszty oraz zapobiec marnotrawstwu. Zazwyczaj pozostawienie około 10-15% podanej paszy objętościowej jest uważane za normalne. To pozwala na naturalne uzupełnianie paszy przez konia w ciągu dnia. Jeśli ilość niewyjedzonej paszy przekracza 20%, może to wskazywać na problemy z dietą, jakością paszy lub stanem zdrowia konia. W przypadku mieszanki dzienną ilość niewyjedzonej paszy ograniczono z 15 do 10 %. Konie chętniej pobierały dawki z zastosowaniem składnika hydroponicznego.

## Owce i kozy

Doświadczenie realizowane z wykorzystaniem 1 modułu produkcji pasz hydroponicznych. W przypadku małych przeżuwaczy subwencjonowano kiszonkę z traw i ograniczano pastwisko.

Ogólne założenia eksperymentu przedstawiają się następująco. Odchów systemem tradycyjnym jagnięta z maciorkami do 90-120. dnia życia, po tym okresie następuje odsadzenie jagniąt. Po dwóch tygodniach wprowadza się pasze treściwe i objętościowe m.in: owies, siano lub zielonkę. Grupę kontrolną stanowi 20 zwierząt grupy kontrolnej i 20 zwierząt grupy badawczej. Ze względu na wykoty owiec na przełomie grudnia i stycznia doświadczenie realizowane było od stycznia do końca marca. Przy zakładanej płodności 110% zaproponowano dawkę żywieniową zawierającą 1541g SM i 238 białka ogólnego. Doświadczalnie kiszonkę z traw zamieniono jęczmienną paszą hydroponiczną w ilości 1.5 kg dziennie. Jako wykładnik efektywności przyjęto odchów młodych i czas odsadzenia. Żywienie owiec kielkami z jęczmienia przynosi liczne korzyści, takie jak poprawa wartości odżywczej diety, zwiększenie efektywności produkcyjnej, wsparcie zdrowia zwierząt oraz korzyści ekonomiczne dla gospodarstwa. Jednakże, aby maksymalizować pozytywne efekty, hodowcy muszą zwrócić uwagę na odpowiednie wprowadzanie kielków do diety, optymalizację warunków przechowywania oraz monitorowanie zdrowia owiec. Zastosowanie kielków jęczmienia w żywieniu owiec może znacząco przyczynić się do zwiększenia produktywności i rentowności hodowli, pod warunkiem właściwego zarządzania i dbałości o jakość paszy. Należy pamiętać aby kielki jęczmienia stanowiły nie więcej jak 15 % gwarantowanej zwierzętom diety.

Koszty całkowite produkcji paszy hydroponicznej-

Owce kozy dla 1 modułu SM 300 .

|                        |     | Cena | Dziennie | Koszty<br>dziennie | Koszty 60 dni |
|------------------------|-----|------|----------|--------------------|---------------|
| Ziarno zużycie         | kg  | 1,2  | 42       | 50,4               | 3326,4        |
| Zużycie energii        | kWh | 0,7  | 30       | 21                 | 2160          |
| Zużycie wody           | m   | 3,6  | 0,8      | 2,88               | 288           |
| Pasza<br>hydroponiczna | kg  |      | 280      | 74,28              | 5774,4        |

Odchów jagniąt do odsadzenia to kluczowy etap w zarządzaniu stadem owiec, który wpływa na zdrowie, wydajność oraz rentowność gospodarstwa. Wykorzystanie paszy hydroponicznej w odchowie jagniąt to innowacyjne podejście, które zyskuje na popularności w nowoczesnym rolnictwie. Hydroponika, czyli uprawa roślin bez użycia tradycyjnej gleby, umożliwia produkcję paszy o wysokiej jakości i zrównoważonym składzie odżywczym. Stwarzamy zatem możliwości zgodnie z którymi optymalny bilans białka i energii wspiera szybki i zdrowy rozwój jagniąt. Bogactwo witamin i minerałów zwiększa odporność na choroby. Wyprodukowanie 1 kg paszy hydroponicznej to koszt ok 0,27 zł. Zatrudnienie pracownika uznano za nakład tak jak w gospodarstwie indywidualnym.

Dzienne koszty żywienia 20 owiec i jagniąt

| Wyszczególnienie               | cena  | zużycie kg |                 | wartość zł/ kg |                 |
|--------------------------------|-------|------------|-----------------|----------------|-----------------|
|                                | zł/kg | Kontrolna  | Eksperymentalna | Kontrolna      | Eksperymentalna |
| Owce w laktacji szt            |       | 20         | 20              | 20             | 20              |
| Czas trwania eksperymentu, dni |       | 60         | 60              | 60             | 60              |
| Kiszonka z traw podw. kg       | 0,20  | 2          | 1,5             | 0,40           | 0,30            |
| Siano łąkowe p kw. Kg          | 0,33  | 0,5        | 0,5             | 0,17           | 0,17            |
| Słoma zbożowa kg               | 0,20  | 0,45       | 0,45            | 0,09           | 0,09            |
| Śruta rzepakowa , kg           | 0,15  | 0,2        | 0,2             | 0,03           | 0,03            |
| Pasza hydroponiczna            | 0,27  | -          | 0,5             |                | 0,14            |
| Razem zużycie                  |       | 3,15       | 3,15            | 0,69           | 0,72            |
| Średnia masa w wieku 100 dni   |       | 27,52      | 45,42           |                |                 |
| Ilość dni do 40 kg             |       | 132        | 91              | 90,42          | 65,52           |
| Masa w wieku 60 dni            |       | 13,82      | 23,72           |                |                 |

Sześćdziesięciodniowy eksperyment wykazał że droższe dawki z wykorzystaniem pasz hydroponicznych okazują się być bardziej efektywne. Ważenie jagniąt w 60 dniu eksperymentu potwierdziło wyraźne różnice w przyrostach na poziomie 9,9 kg przyrostu ogólnego. Poprowadzenie



doświadczenia do 100 dnia wykazuje że jagnięta osiągają ponad 45 kg dzięki czemu nadają się do uboju. Średnia masa w grupie kontrolnej to ok 28 kg. Zwierzęta osiągają zatem odpowiednio 40 kg masy ciała w wieku 132 i 91 dni co oznacza możliwość skrócenia opasu aż o 31 dni.

Przyrosty koźląt rzeźnych są kluczowym elementem efektywnej hodowli kóz mięsnych. Optymalny przyrost zależy od wielu czynników, takich jak rasa, żywienie, warunki środowiskowe oraz zarządzanie gospodarstwem. Kluczowe jest zapewnienie zrównoważonej diety, regularnej opieki zdrowotnej oraz odpowiednich warunków środowiskowych, aby koźlęta mogły rozwijać się zdrowo i efektywnie. Średnie przyrosty koźląt w ciągu 90 dni (3 miesiące) są kluczowym wskaźnikiem efektywności hodowli kóz rzeźnych. Przyrosty te zależą od wielu czynników, takich jak rasa, jakość żywienia, warunki środowiskowe, zarządzanie gospodarstwem oraz stan zdrowia zwierząt.

#### Dzienne koszty żywienia kóz

|                               | cena<br>zł/kg | LATO ilość |                 | LATO wartość |                 |
|-------------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|-----------------|
|                               |               | Kontrolna  | Eksperymentalna | Kontrolna    | Eksperymentalna |
| Pastwisko                     | 0,11          | 2          | 1,5             | 0,22         | 0,17            |
| Siano łakowe Kg               | 0,33          | 1          | 1               | 0,33         | 0,33            |
| Owies kg                      | 0,80          | 0,2        | 0,2             | 0,16         | 0,16            |
| Otręby kg                     | 2,00          | 0,2        | 0,2             | 0,40         | 0,40            |
| Pasza hydroponiczna kg        | 0,27          | -          | 0,5             |              | 0,14            |
| Razem zużycie                 |               | 3,4        | 3,4             | 1,11         | 1,19            |
| Zużycie w czasie 90 dni testu |               | 306,00     | 306,00          | 99,90        | 107,10          |
| Średni przyrost masowy 90 dni |               | 18         | 27              |              |                 |
| Średni koszt 1 kg przyrostu   |               |            |                 | 5,55         | 3,97            |
| Dzienna wydajność mleczna l   |               | 1,1        | 2               |              |                 |

|                               | cena<br>zł/kg | ZIMA      |                 | Zima wartość |                 |
|-------------------------------|---------------|-----------|-----------------|--------------|-----------------|
|                               |               | Kontrolna | Eksperymentalna | Kontrolna    | Eksperymentalna |
| Siano łąkowe Kg               | 0,33          | 1,5       | 2               | 0,50         | 0,66            |
| Kiszonka z kukurydzy kg       | 0,13          | 0,3       | 0,2             | 0,04         | 0,03            |
| Kiszonka z traw kg            | 0,20          | 0,4       | -               | 0,08         |                 |
| Marchew kg                    | 1,10          | 0,5       | 0,3             | 0,55         | 0,33            |
| Burak kg                      | 1,5           | 0,4       |                 | 0,60         | -               |
| Otręby kg                     | 2,00          | 0,2       | 0,2             | 0,40         | 0,40            |
| Pasza hydroponiczna kg        | 0,27          | -         | 0,5             |              | 0,14            |
| Razem zużycie                 |               | 3,3       | 3,2             | 2,16         | 1,55            |
| Zużycie w czasie 90 dni testu |               | 297,00    | 288,00          | 194,76       | 139,59          |
| Średni przyrost masowy 90 dni |               | 22        | 30              |              |                 |
| Średni koszt 1 kg przyrostu   |               |           |                 | 8,85         | 4,65            |

Wyniki doświadczenia powtarzają tendencje zaobserwowane w przypadku owiec w odniesieniu do letniej diety. Grupa kontrolna w 90 dni przyrosła do wagi 18 kg zaś eksperymetalna do 27. Dawki z dodatkiem paszy hydroponicznej pozostają bardziej efektywne. Średni koszt przyrostu ograniczono z 5,55 do 3,97 zł W przypadku mleka zaobserwowano wzrost dziennej wydajności z 1,1 l do 2. Zimowe średnie koszty przyrostu można z wykorzystaniem pasz hydroponicznych ograniczyć z 8,85 do 4,65 zł