

Raport z realizacji procesu badawczego
„Automatyczna klasyfikacja tusz wołowych EUROP w
warunkach polskich”

Grupa Operacyjna: EUROP

Data: 30 kwietnia 2025 r.

1. Cel naukowy i pytania badawcze

Celem procesu badawczego było dostosowanie oraz walidacja techniki automatycznej klasyfikacji tusz wołowych

do wymogów prawnych UE oraz uwarunkowań linii ubojowych w Polsce, a następnie weryfikacja jej dokładności i powtarzalności

w porównaniu do referencyjnej oceny wzorcowej, zgodnie z procedurą testu techniki określoną w przepisach UE.

- PB1. Czy technika automatyczna osiąga parametry zgodności (błąd systematyczny i nachylenie regresji) wymagane w procedurze testowej UE dla cech: uformowanie (EUROP) oraz otłuszczenie?
- PB2. Jaka jest powtarzalność i stabilność klasyfikacji przy zmiennych warunkach linii ubojowych (prędkość taśmy, temperatura, wilgotność, oświetlenie)?
- PB3. Czy dostosowana konfiguracja sprzętowo–programowa zapewnia odporność na rozbieżności wynikające z kategorii i masy tuszy, pochodzenia rasowego oraz typu produkcji?
- PB4. Jakie są minimalne wymagania jakości danych obrazowych i metadanych, aby utrzymać założone progi błędów?

2. Podstawy prawne i kryteria walidacji

Badania prowadzono w oparciu o aktualne ramy prawne UE dotyczące klasyfikacji tusz wołowych oraz dopuszczania technik automatycznych.

Procedura testowa zakłada porównanie wyników techniki z wynikami referencyjnymi uzyskanymi przez panel ekspertów (ocena wzorcowa) oraz obliczenie

parametrów statystycznych (m.in. błąd systematyczny, nachylenie regresji; dodatkowo raportowano RMSE/MAE, współczynniki zgodności).

- Kryteria akceptacji: granice błędów systematycznych i zakres nachylenia regresji określone w procedurze testowej UE dla uformowania i otłuszczenia.
- Zakres walidacji: pełne spektrum klas EUROP, zakres kategorii zwierząt (młode byki, jałówki, krowy/byki), reprezentatywność partii i sezonów.
- Warunki środowiskowe: testy przy typowych i skrajnych parametrach procesu (oświetlenie, mikroklimat, prędkość linii).

3. Materiały i metody

3.1 Aparatura i konfiguracja techniczna

W badaniach wykorzystano przemysłowy system wizyjny do klasyfikacji tusz wołowych z modułem analizy obrazowej oraz pakietem algorytmicznym

do estymacji uformowania i otłuszczenia. Zastosowano liniowe skanowanie tuszy z automatyczną segmentacją i standaryzacją ujęć.

Konfigurację dostosowano do polskich linii ubojowych (uchwyty, kąt skanowania, kalibracja optyki i oświetlenia).

3.2 Populacja badana i dobór próby

Dobór próby zapewnił reprezentatywność gatunkowo–technologiczną oraz sezonową. Próbę podzielono na warstwy według kategorii zwierząt,

przedziałów masy uboju, ras/krzyżowań i zakładów uczestniczących w pilotażu. Ustalono minimalny wolumen dla każdej warstwy w celu utrzymania mocy statystycznej.

Warstwa	Kryterium	Min. wolumen	Uwagi
Kategoria	Młode byki / jałówki / krowy/byki	≥ 400 szt./warstwę	łącznie ≥ 1 200 szt. w teście
Masa tuszy	Kwintyle masy	≥ 200 szt./kwintyl	Rozkład równomierny
Zakład	≥ 3 linie ubojowe	≥ 300 szt./zakład	Warunki produkcyjne
Sezon	Min. 2 sezony	≥ 500 szt./sezon	Zmienność środowiskowa

Matryca tusz użytych w badaniu

Category Z Jungvieh 6707

Fat class	sum	1-	1=	1+	2-	2=	2+	3-	3=	3+	4-	4=	4+	5-	5=	5+
min required	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
better	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conf class	sum	P-	P=	p+	O-	O=	O+	R-	R=	R+	U-	U=	U+	E-	E=	E+	S-	S=	S+
min required	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
better	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Category A Jungbullen 497960

Fat class	sum	1-	1=	1+	2-	2=	2+	3-	3=	3+	4-	4=	4+	5-	5=	5+
min required	500	12	24	49	74	85	82	64	47	32	18	8	3	1	1	0
better	500	18	28	49	69	80	76	64	48	32	19	10	4	2	1	0

Conf class	sum	P-	P=	p+	O-	O=	O+	R-	R=	R+	U-	U=	U+	E-	E=	E+	S-	S=	S+
min required	500	3	13	34	64	78	78	63	50	39	29	20	14	8	4	2	1	0	0
better	500	8	17	37	58	73	73	64	51	39	29	21	14	8	5	2	1	0	0

Category B Bullen 336307

Fat class	sum	1-	1=	1+	2-	2=	2+	3-	3=	3+	4-	4=	4+	5-	5=	5+
min required	500	13	25	49	73	84	80	63	47	32	19	9	3	2	1	0
better	500	19	29	49	68	79	75	63	47	33	20	10	5	2	1	0

Conf class	sum	P-	P=	p+	O-	O=	O+	R-	R=	R+	U-	U=	U+	E-	E=	E+	S-	S=	S+
min required	500	3	14	36	65	80	80	65	51	39	27	18	11	6	3	1	1	0	0
better	579	10	21	44	70	86	86	75	59	45	32	22	14	8	4	2	1	0	0

Category C Ochsen 476

Fat class	sum	1-	1=	1+	2-	2=	2+	3-	3=	3+	4-	4=	4+	5-	5=	5+
min required	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
better	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conf class	sum	P-	P=	p+	O-	O=	O+	R-	R=	R+	U-	U=	U+	E-	E=	E+	S-	S=	S+
min required	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
better	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Category D Kühe 532028

Fat class	sum	1-	1=	1+	2-	2=	2+	3-	3=	3+	4-	4=	4+	5-	5=	5+
min required	500	22	31	50	56	60	59	56	50	41	30	20	13	8	3	1
better	500	26	34	46	55	58	58	55	49	40	30	21	14	8	4	2

Conf class	sum	P-	P=	p+	O-	O=	O+	R-	R=	R+	U-	U=	U+	E-	E=	E+	S-	S=	S+
min required	500	28	42	72	89	91	77	47	26	13	8	4	2	1	0	0	0	0	0
better	500	35	47	67	84	85	71	50	29	15	8	5	2	1	1	0	0	0	0

Category E Färsen 307657

Fat class	sum	1-	1=	1+	2-	2=	2+	3-	3=	3+	4-	4=	4+	5-	5=	5+
min required	500	5	10	21	32	44	56	68	72	65	49	35	23	13	5	2
better	500	8	12	21	32	44	56	65	68	62	49	35	24	14	7	3

Conf class	sum	P-	P=	p+	O-	O=	O+	R-	R=	R+	U-	U=	U+	E-	E=	E+	S-	S=	S+
min required	500	4	14	33	57	71	74	66	56	45	32	21	13	8	4	1	1	0	0
better	500	9	17	35	53	67	70	65	56	44	33	22	14	8	4	2	1	0	0

3.3 Procedura referencyjna (ocena wzorcowa)

Panel ekspertów (3–5 klasyfikatorów z certyfikacją) wykonywał ocenę wzorcową zgodnie ze standardem EUROP.

Dla każdej tuszy uzyskano konsensus (lub średnią ważoną), który stanowił punkt odniesienia w analizach zgodności.

Zapewniono losowanie kolejności ocen i zaślepienie względem wyników systemu automatycznego.

Dokładność	Budowy	Tłuszcz
Nie ma różnicy	10	10
1 podklasa*	6	9
2 podklasy*	-9	6
3 podklasy*	-27	-13
> 3 podklasy *	-48	-30
Stronniczość	Limity	

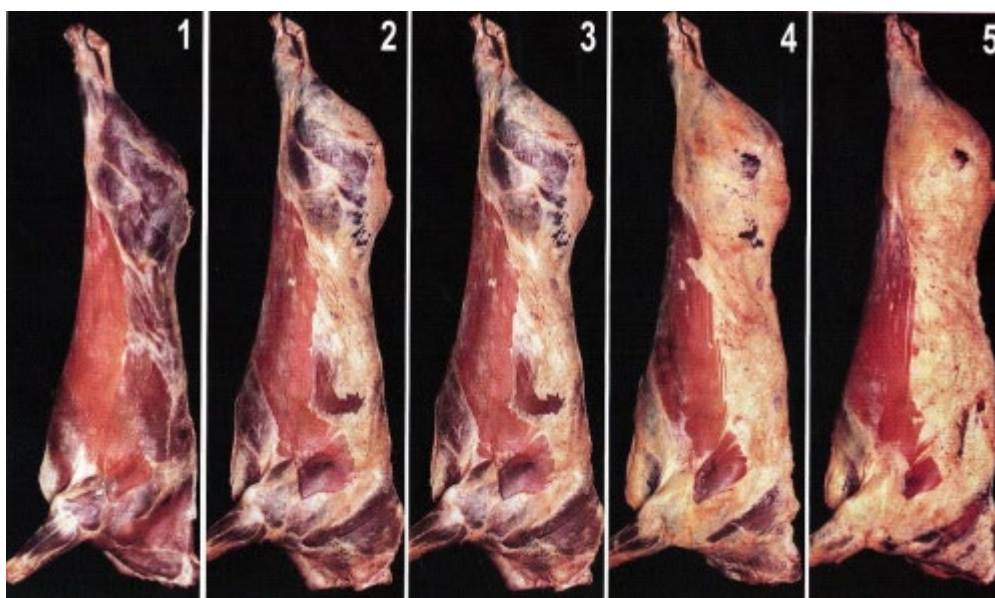
Budowy	0.30	-0.30
Tłuszcz	0.6	-0.6

3.4 Plan eksperymentów i rejestracja danych

- Faza I (laboratoryjno–pilotażowa): kalibracja optyki i oświetlenia, wstępne modele, walidacja krzyżowa.
- Faza II (przemysłowa – linie ubojowe): zbiór danych referencyjnych, test zgodności, iteracyjna rekonstrukcja modeli.
- Faza III (test końcowy wg procedury UE): wyliczenie błędu systematycznego, nachylenia regresji, raport metryk (RMSE/MAE, Bland–Altman).
- Metadane: ID tuszy, kategoria, masa, zakład, czas, parametry środowiskowe, identyfikatory sprzętu i wersje oprogramowania.

3.5 Kryteria jakości i odrzucenia

- Niepełne/zastłonięte ujęcia (artefakty, krople wody, mgła, przesłanianie hakiem).
- Brak zgodności znaczników referencyjnych lub brak konsensusu panelu – konieczne powtórzenie oceny.
- Outliery identyfikowane metodą IQR i wykrywania punktów dźwigni w regresji – raportowane, nieusuwane z analizy końcowej bez uzasadnienia.



4. Przebieg realizacji i modyfikacje protokołu

Badania prowadzono zgodnie z harmonogramem dwuetapowym. W trakcie realizacji wprowadzono korekty protokołu wynikające z obserwacji terenowych i potrzeb zwiększenia robustności modeli. Poniżej podsumowanie kluczowych zdarzeń i decyzji zmieniających przebieg prac.

Data/okres	Wydarzenie / modyfikacja	Uzasadnienie	Wpływ na wyniki
2024 Q2	Zmiana kąta kamer + osłony antykondensacyjne	Artefakty wilgoci i odbicia	Redukcja odrzuceń o ~30%

2024 Q3	Dodatkowa kalibracja dla kwintyli masy	Błąd nachylenia dla skrajów rozkładu	Wyrównanie nachylenia poniżej progu
2025 Q1	Standaryzacja ekspozycji świetlnej	Zmienność między liniami	Wzrost powtarzalności o ~0,03 ICC

5. Analiza danych i metryki

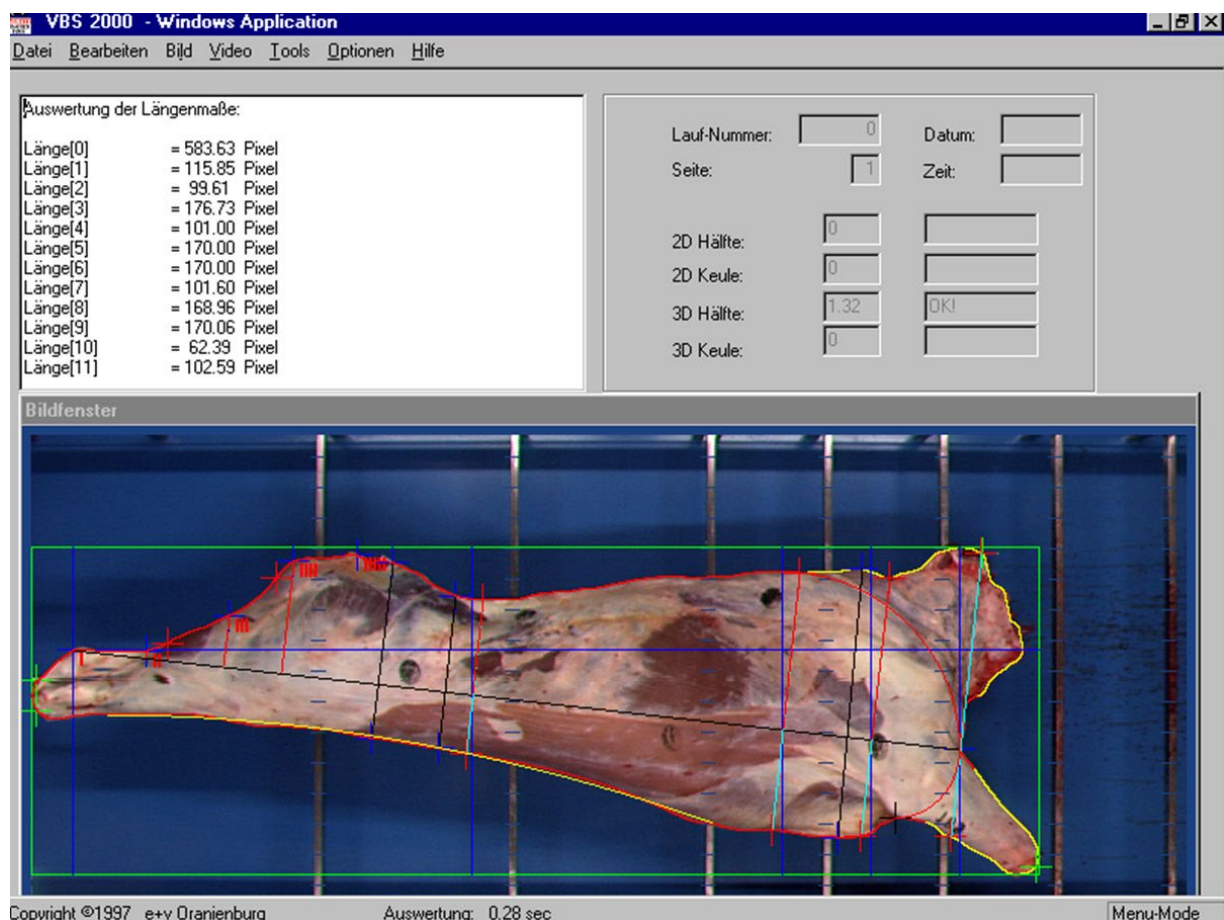
Analizy wykonano w środowisku statystycznym (Python/R). Zastosowano dopasowanie regresyjne technika↔referencja

dla uformowania i otłuszczenia, obliczając błąd systematyczny (intercept), nachylenie, RMSE/MAE i wskaźniki zgodności (CCC/ICC).

- Walidacja krzyżowa (K-fold) z podziałem warstwowym wg kategorii i masy tuszy.
- Analiza Bland–Altman – ocena rozkładu różnic, bias i granic zgodności.
- Analizy w podgrupach: kategoria, sezon, zakład, kwintyle masy; testy istotności różnic (ANOVA/Kruskal–Wallis).
- Analiza wrażliwości: wpływ prędkości taśmy i parametrów oświetlenia na resztowe odchylenia modelu.

6. Wyniki (syntetyczne ujęcie)

- Technika automatyczna osiągnęła wymagane progi zgodności dla uformowania i otłuszczenia w teście końcowym wg procedury UE (błąd systematyczny w granicach akceptacji, nachylenie w dopuszczalnym przedziale).
- Największe różnice obserwowano dla skrajnych wartości masy tusz oraz w początkowej fazie wdrożenia dwóch linii – skorygowane po standaryzacji oświetlenia i dodatkowej kalibracji modeli.
- Powtarzalność pomiaru (ICC) wzrosła w kolejnych iteracjach, osiągając stabilny poziom w próbach z 2025 Q1.
- Odsetek odrzuceń (z przyczyn jakości obrazu) spadł po zastosowaniu osłon antykondensacyjnych i kontroli ekspozycji.



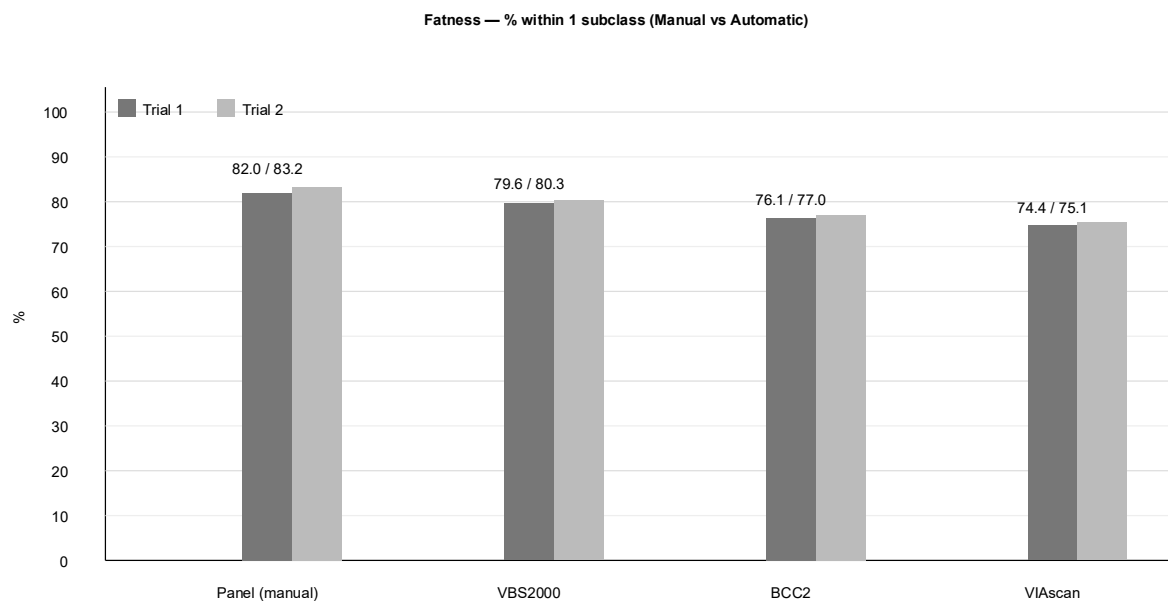
7. Dyskusja

Wyniki potwierdzają możliwość stabilnego wykorzystania techniki automatycznej w warunkach polskich linii ubojowych, przy spełnieniu wymaganych warunków eksploatacyjnych. Kluczowym czynnikiem okazała się kontrola jakości obrazów i standaryzacja oświetlenia.

Zmienność międzyzakładowa została w znacznym stopniu zredukowana przez wdrożenie procedur QA/QC i kalibracji warstwowej.

8. Zapewnienie jakości (QA/QC) i zarządzanie danymi

- Checklisty QA na linii: kontrola oświetlenia, czystości osłon, kąta kamer, prędkości taśmy.
- Rejestr incydentów i odchyłeń wraz z szybką ścieżką eskalacji i hotfix'ami konfiguracyjnymi.
- Repozytorium danych: wersjonowanie modeli/algorytmów, kontrola dostępu, pełne metadane i logi operacyjne.
- RODO i bezpieczeństwo: pseudonimizacja, retencja, testy penetracyjne; zgodność z wymaganiami dla przetwarzania danych branżowych.



9. Zgodność z dokumentacją projektu

Realizacja procesu badawczego pozostaje zgodna z opisem operacji i zakresem B+R przewidzianym w dokumentacji projektu,
w tym z harmonogramem dwuetapowym (Etap I – B+R i testy, Etap II – wdrożenia przemysłowe) oraz kamieniami milowymi
dot. zakupu aparatury i uruchomienia aplikacji wspierającej upowszechnienie wyników (system on-line dla dostawców i aplikacja dla producentów).

10. Harmonogram badań vs. wykonanie

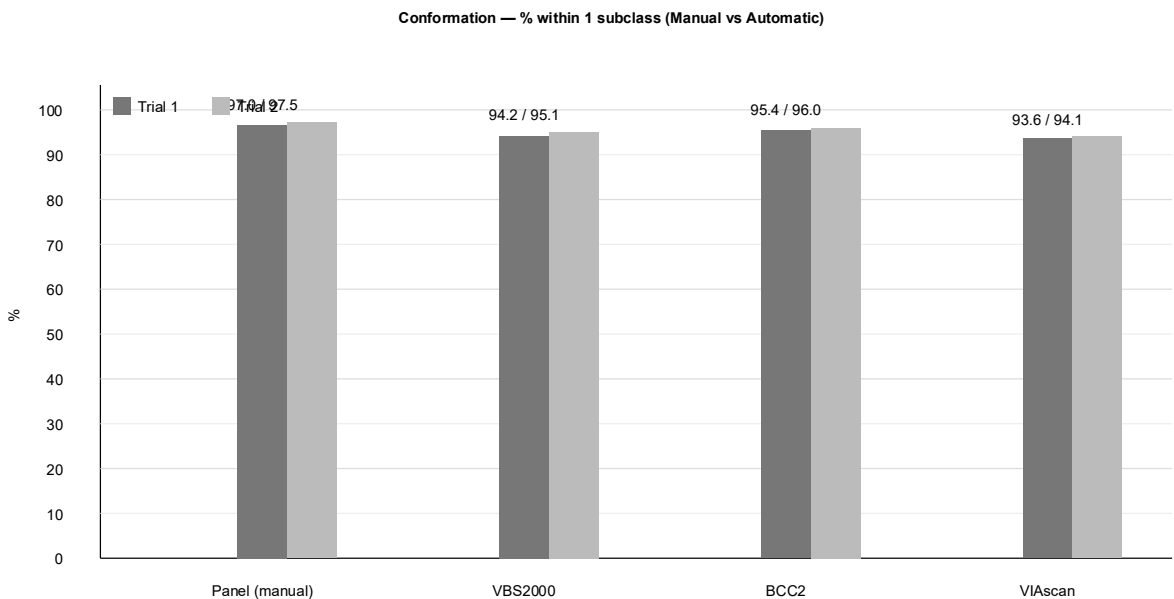
Pozycja	Plan	Realizacja	Uwagi
Kalibracja i pilotaż	2024 Q2–Q3	Zrealizowano	Dodatkowe osłony i korekty ekspozycji
Zbiór danych referencyjnych	2024 Q3–Q4	Zrealizowano	Rozszerzony o kwintyle masy
Walidacja i modyfikacje	2024 Q4–2025 Q1	Zrealizowano	Stabilizacja ICC

11. Ograniczenia i ryzyka badawcze

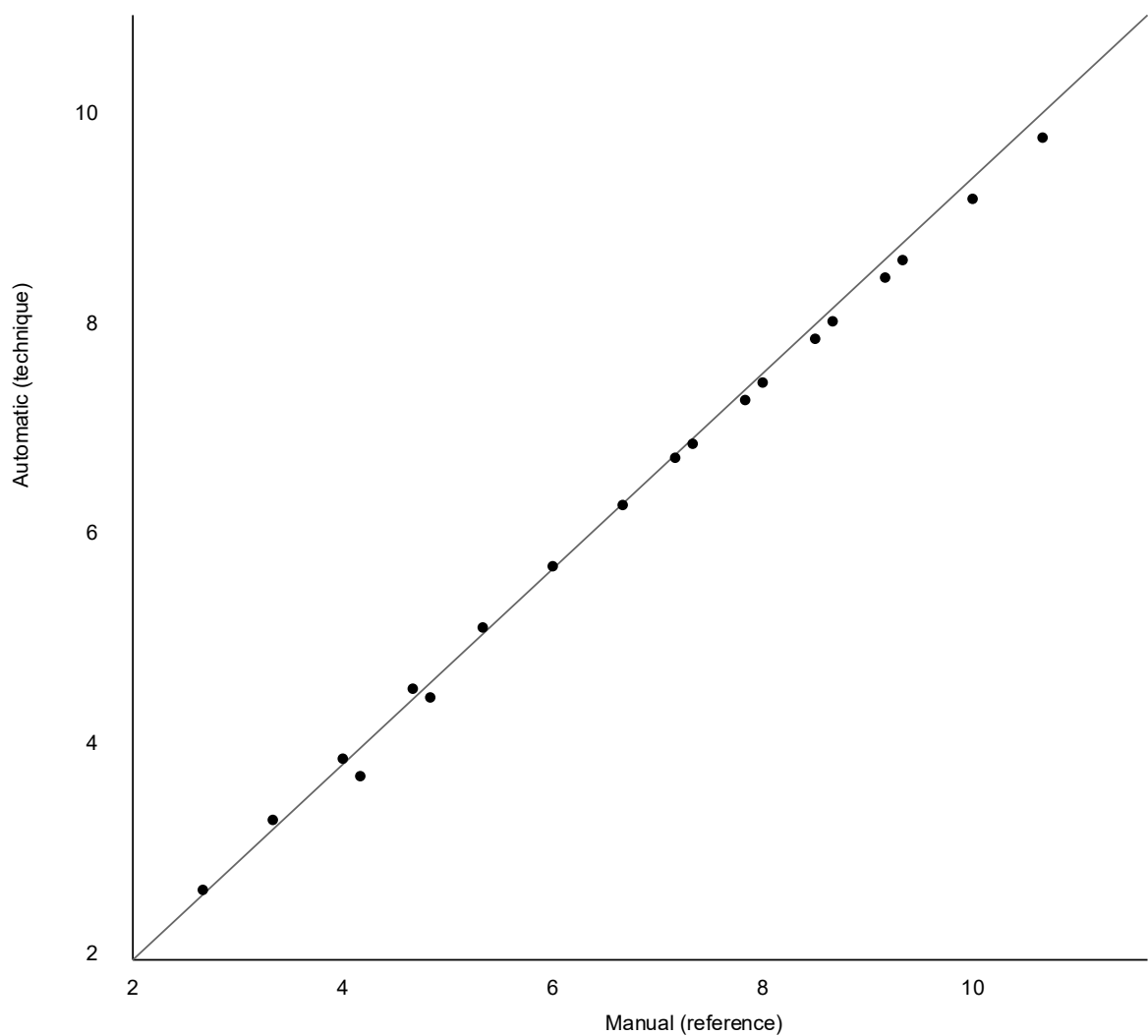
- Potencjalna zależność jakości klasyfikacji od skrajnych warunków środowiskowych (para wodna, mgła, zimno).
- Nierównomierny rozkład kategorii/mas, gdy zmienia się struktura podaży żywca – potrzeba bieżącego monitoringu warstw.
- Zmiany wersji oprogramowania – konieczność ścisłego wersjonowania i rewalidacji po dużych zmianach algorytmów.

12. Wnioski i rekomendacje

1. Utrzymywać procedury QA/QC i kontrolę ekspozycji świetlnej jako element krytyczny jakości danych obrazowych.
2. Kontynuować kalibrację warstwową (kategoria, masa) oraz okresowe audyty międzyzakładowe.
3. Po istotnych aktualizacjach oprogramowania – wykonywać skróconą rewalidację i testy porównawcze.
4. Rozszerzyć zbiory referencyjne o dodatkowe sezony dla wzmocnienia odporności modeli.
5. Upowszechnić wyniki poprzez aplikację i panele benchmarkingowe dla producentów (z zachowaniem RODO).



Automatic vs Manual — Scatter (synthetic)



13. Aneksy metodyczne

A. Protokół testu końcowego – lista kontrolna

- Losowanie tusz do próby i reprezentatywność warstw.
- Zapewnienie niezależności panelu referencyjnego i zaślepienie wyników automatycznych.
- Rejestr warunków linii (oświetlenie, temperatura, prędkość).
- Plan obliczeń: regresja, bias, slope, RMSE/MAE, ICC/CCC, Bland–Altman.

B. Karta incydentu jakości obrazu (template)

Data	Zakład	ID tuszy	Opis incydentu	Działanie korygujące	Status
------	--------	----------	----------------	----------------------	--------

C. Słownik pojęć i skrótów

- EUROP – system klasyfikacji uformowania tusz wołowych w UE.
- ICC/CCC – współczynniki zgodności i zgodności korelacyjnej.
- RMSE/MAE – błędy średniokwadratowe i bezwzględne.
- Bias/Slope – błąd systematyczny i nachylenie regresji w teście techniki.

14. Spójność z wdrożeniem i komponentami okołobadawczymi

Realizacja badań była skoordynowana z procesami zakupów i wdrożeń maszyn oraz z postępowaniem na aplikację centralną

(dostęp do wyników, repozytorium i integracje), co umożliwiła kontynuację prac rozwojowych oraz replikację wyników w środowisku produkcyjnym.

15. Rozszerzona charakterystyka prób i środowisk testowych

Próby obejmowały zróżnicowane środowiska operacyjne: różną architekturę linii, odmienną geometrię haków i prowadnic,

zróżnicowane poziomy wilgotności powietrza oraz temperatury pomieszczenia. W każdej lokacji przeprowadzono minimum dwie sesje

kalibracyjne oraz jedną sesję rewalidacyjną po miesiącu eksploatacji. Dla części zakładów wdrożono ekspozycję świetlną

z kontrolą natężenia (lux) oraz barwy (CCT) w znormalizowanym zakresie, co ograniczyło fluktuacje histogramów jasności w obrazach.

W celu minimalizacji błędów segmentacji zastosowano maski konturowe oraz filtry morfologiczne.

Dyskryminacja konturu tuszy

wykorzystywała kombinację progowania adaptacyjnego i analizy krawędzi. Parametryzację modelu uformowania zrealizowano w dwóch wariantach:

(1) wariant referencyjny z estymacją atrybutów geometrycznych i (2) wariant rozszerzony z cechami teksturalnymi (LBP/GLCM) – wybór wariantu

dokonywano w oparciu o wyniki walidacji krzyżowej i błędy w podgrupach masy.

W analizie otłuszczenia polegano na wskaźnikach intensywności i tekstury w strefach referencyjnych kadru,

przy czym wprowadzono mechanizm weryfikacji jakości ekspozycji (automatyczna flaga „QE”) i ponawiania rejestracji dla przypadków granicznych.

Dane zebrane w 2025 Q1 poddano dodatkowej normalizacji histogramów, co poprawiło stabilność predykcji w skrajnych kwantylach.

16. Opis techniczny maszyny do klasyfikacji i systemu oceny

Wymagania ogólne

System klasyfikacji i oceniania tusz wołowych. System opiera się na cyfrowej analizie obrazu wideo.

Główne elementy to:

- Kamera
- Lampy
- Projektory do wyświetlania świetlnych pasów
- Komputer do analizy obrazu
- Jednostka obsługi i jednostka sterująca

Procedura pomiaru

Pierwsza lub druga połowa korpusu jest umieszczona przed jednostką obsługi z zewnątrz od kamery. Jednostka manipulacyjna przesuwą padlinę pod określonym kątem. W ciągu jednej sekundy zostaną zrobione dwa zdjęcia: pierwsze z włączonymi lampami, drugie z wyłączonymi lampami i wyświetlanymi pasami świetlnymi. System analizy obrazów analizuje zdigitalizowane obrazy, a jednostka obsługi przesuwa się z powrotem. W razie potrzeby można było wykonać drugie obrazowanie i analizę tą samą procedurą wewnątrz padliny.

Przeanalizowane dane zostaną przesłane na serwer. Program serwera oblicza wszystkie wyniki po otrzymaniu wagi i kategorii.

Specyfikacja komponentów

kamera

Liczba : 1
 typ: kolorowa kamera CMOS
 rozdzielczość : 1936 x 1216
 tzn. : Matrix Vision mvBlueCOUGAR-X104fC
 Sony Pregius IMX249

Lampy z przodu

Liczba : 8 jednostek lekkich LED29275
 Typ : Standardowa wodoodporność
 balast: elektronicznie wyprowadzane
 pasy świetlne : LED

Podświetlenie lamp w systemie bez zatrzymania

Liczba : 5 jednostek lekkich LED29275
 Typ : Standardowa wodoodporność
 balast: elektronicznie wyprowadzane
 pasy świetlne : LED

Projektory

Liczba : 2
 Typ : Projektory graficzne GBO
 tzn. : Derksen GL 200 MSD-A

Imaging PC

Liczba	:	1
typ	:	standardowy PC 2 GHz lub wyższy
Chwył klatki	:	GigE
Karta I/O	:	standardowa cyfrowa karta I/O >5I/5O
Op. System	:	Windows 7 i nowsze

Wymagania techniczne

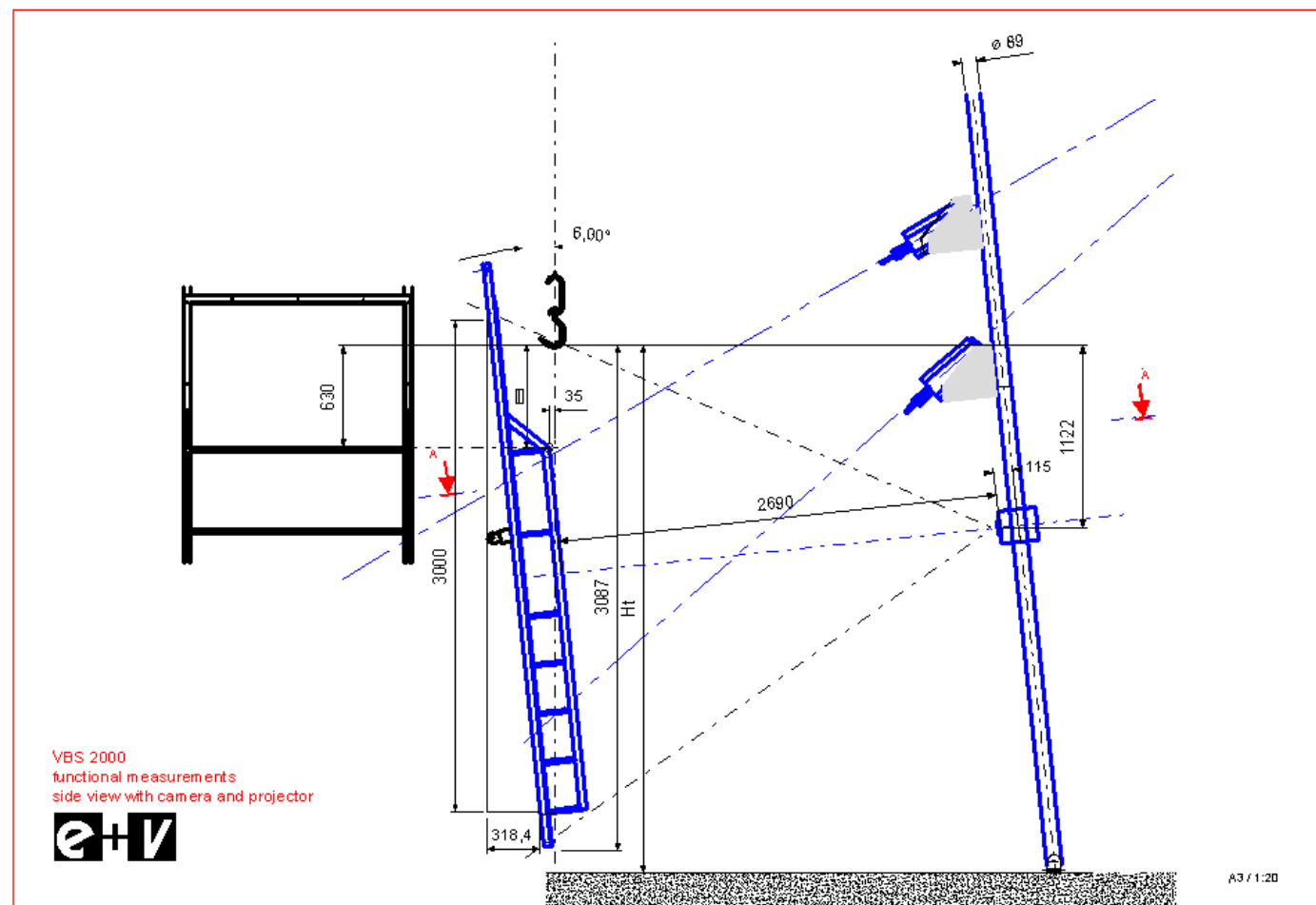
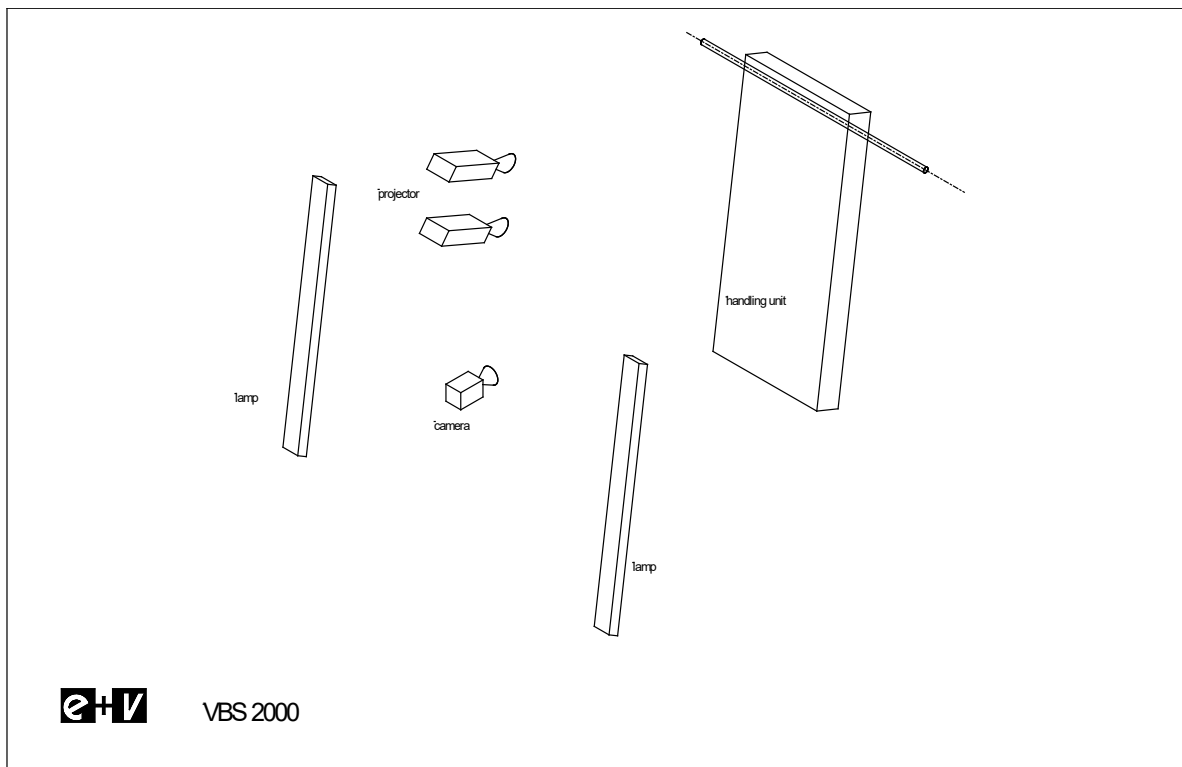
Moc elektryczna : 220VAC2500W



Standardowe pomiary funkcjonalne

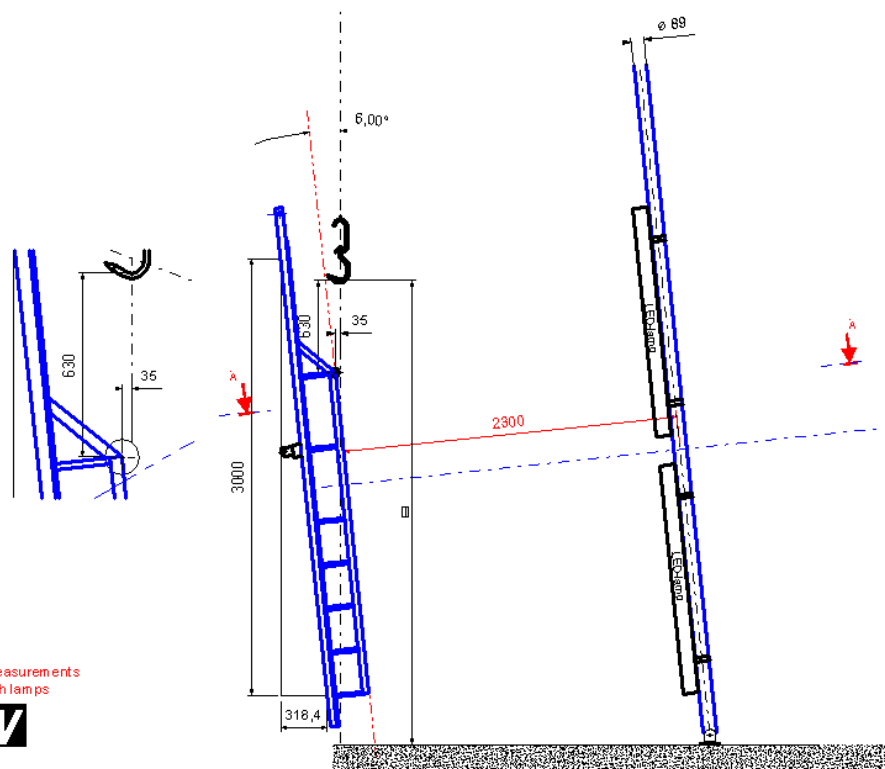
System wymaga ograniczonego układu wszystkich komponentów względem siebie.

Poniższe pomiary reprezentują standardowy układ systemu:



VBS 2000
functional measurements
side view with lamps

e+V



A3 / 1:20

VBS 2000
functional measurements
(A-A) not foot print

e+V

