Łańcuchy wymiarowe — podsumowanie

Wynik: 5 z 7 łańcuchów mieści się w wymaganiu metodą graniczną (wszystkie odchyłki skrajne jednocześnie), 7 z 7 metodą statystyczną (3σ). Wymagania funkcjonalne wynikają z analizy wrażliwości fotometrii (raport R1) i z warunków montażu.

Nr	Łańcuch	Nominał	Wymaganie	Graniczna	Statyst. 3σ	Monte Carlo 99,73 %	Poza [ppm]	Ocena
L1	Odległość osiowa: tylna płaszczyzna soczewki – krawędź przesłony	38,00	±0,30	±0,280	±0,135	±0,131	0	spełnia (obie metody)
L2	Położenie diody (mijania i drogowych) względem ogniska odbłyśnika — kierunek osiowy z i poprzeczny x	0,00	±0,20	±0,300	±0,146	±0,143	22	spełnia statystycznie
L3	Wysokość powierzchni świecącej diody mijania względem płaszczyzny odbłyśnika (kierunek y)	0,00	±0,25	±0,250	±0,120	±0,119	0	spełnia (obie metody)
L4	Wysokość krawędzi przesłony nad powierzchnią języka radiatora (kierunek y; płaszczyzna świecenia diody leży nominalnie na tej samej wysokości 1,93 mm)	1,93	±0,10	±0,050	±0,036	±0,033	0	spełnia (obie metody)
L5	Luz boczny stopki klosza w rowku klejowym obudowy (na stronę)	1,60	±1,10	±1,225	±0,773	±0,732	0	spełnia statystycznie
L6	Luz oprawa soczewki – otwór ramki w najgorszym położeniu skrajnym (regulacja pozioma ±2,0° i korekcja pionowa ±1,9° jednocześnie)	2,17	±1,17	±1,000	±0,566	±0,567	0	spełnia (obie metody)
L7	Błąd pochylenia modułu po montażu (przed nastawą) wyrażony przesunięciem dolnego punktu kulowego	0,00	±2,60	±2,180	±1,149	±1,105	0	spełnia (obie metody)

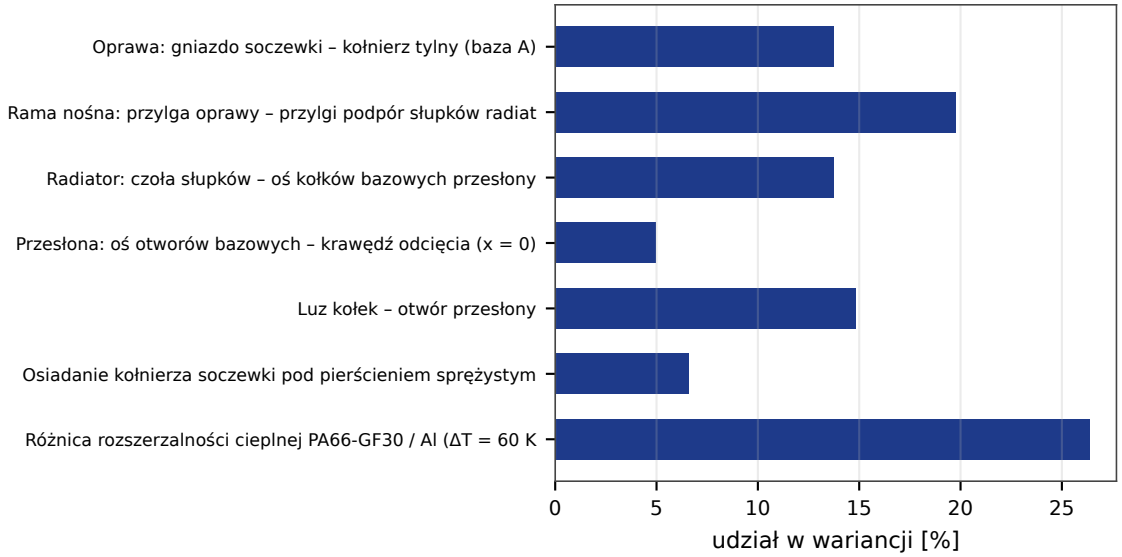
Działania wynikające z analizy

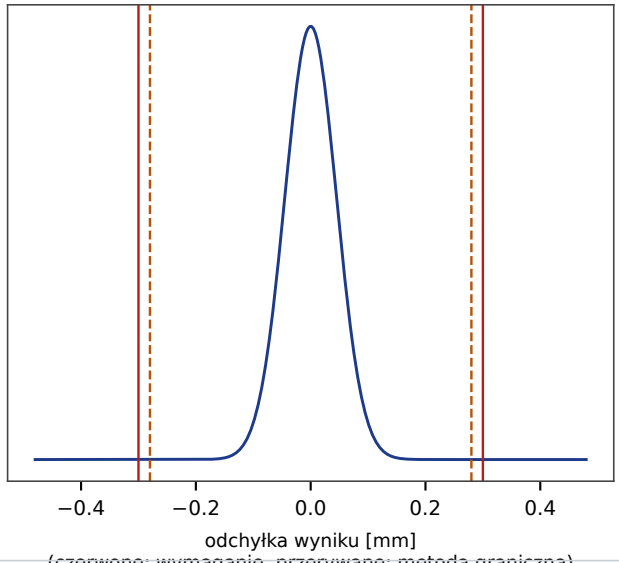
- L2: największy udział ma ogniwo „Dioda na płytce: położenie względem otworów bazowych" (30 % wariancji). Sterowanie statystyczne procesu (Cpk ≥ 1,33) dla ogniw tego łańcucha i kontrola 100 % wyniku na stanowisku końcowym.
- L5: największy udział ma ogniwo „Pozycjonowanie klosza w przyrządzie klejenia" (45 % wariancji). Sterowanie statystyczne procesu (Cpk ≥ 1,33) dla ogniw tego łańcucha i kontrola 100 % wyniku na stanowisku końcowym.
- Charakterystyki wchodzące w łańcuchy L1–L4 oznaczono na rysunkach klasą CC lub SC i wpisano do DFMEA jako środki zapobiegawcze.
- Sprawdzenie metody Monte Carlo: suma dwóch ogniw normalnych ±0,1 i ±0,2 — odchylenie standardowe z próby 0,07445, analitycznie 0,07454.

L1 — Odległość osiowa: tylna płaszczyzna soczewki – krawędź przesłony

Wymaganie: nominał 38,00 mm ± 0,30 mm. Źródło: analiza wrażliwości fotometrii (soczewka z ±0,30 mm: wszystkie punkty R149 spełnione).

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Oprawa: gniazdo soczewki – kołnierz tylny (baza A)	BRL-01-009	44,00	0,050	+	normalny (±3σ)	14 %
Rama nośna: przylga oprawy – przylgi podpór słupków radiatora	BRL-01-004	7,00	0,060	+	normalny (±3σ)	20 %
Radiator: czoła słupków – oś kołków bazowych przesłony	BRL-01-005	10,50	0,050	+	normalny (±3σ)	14 %
Przesłona: oś otworów bazowych – krawędź odcięcia (x = 0)	BRL-01-008	23,50	0,030	−	normalny (±3σ)	5 %
Luz kołek – otwór przesłony	BRL-01-005/008	0,00	0,030	+	równomierny	15 %
Osiadanie kołnierza soczewki pod pierścieniem sprężystym	BRL-01-010/011	0,00	0,020	+	równomierny	7 %
Różnica rozszerzalności cieplnej PA66-GF30 / Al (ΔT = 60 K, baza 44 mm)	—	0,00	0,040	+	równomierny	26 %





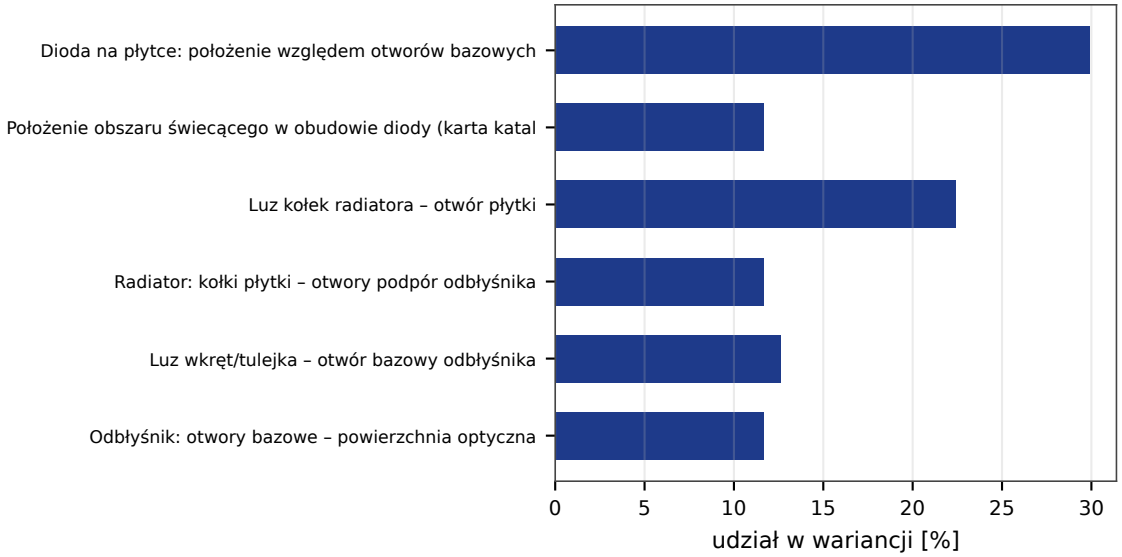
(czerwone: wymaganie, przerywane: metoda graniczna)

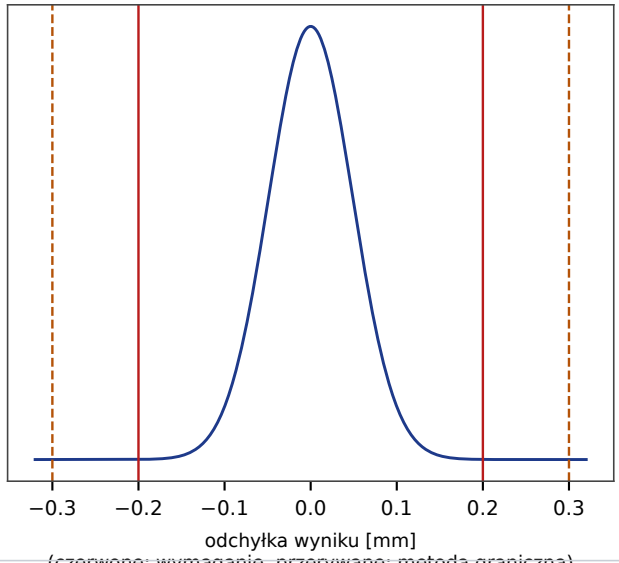
L2 — Położenie diody (mijania i drogowych) względem ogniska odbłyśnika — kierunek osiowy z i popr

Położenie diody (mijania i drogowych) względem ogniska odbłyśnika — kierunek osiowy z i poprzeczny x

Wymaganie: nominał 0,00 mm ± 0,20 mm. Źródło: analiza wrażliwości fotometrii: z ±0,20 mm spełnia komplet punktów R149, z ±0,30 mm nie spełnia (mijania: B1–B6 lub 75R i strefa I; drogowe: HV ≥ 0,8·I_M); x ±0,30 mm spełnia.

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Dioda na płytce: położenie względem otworów bazowych	BRL-01-016	0,00	0,080	+	normalny (±3σ)	30 %
Położenie obszaru świecącego w obudowie diody (karta katalogowa)	KW H4L531.TE	0,00	0,050	+	normalny (±3σ)	12 %
Luz kołek radiatora – otwór płytki	BRL-01-005/016	0,00	0,040	+	równomierny	22 %
Radiator: kołki płytki – otwory podpór odbłyśnika	BRL-01-005	0,00	0,050	+	normalny (±3σ)	12 %
Luz wkręt/tulejka – otwór bazowy odbłyśnika	BRL-01-006	0,00	0,030	+	równomierny	13 %
Odbłyśnik: otwory bazowe – powierzchnia optyczna	BRL-01-006	0,00	0,050	+	normalny (±3σ)	12 %

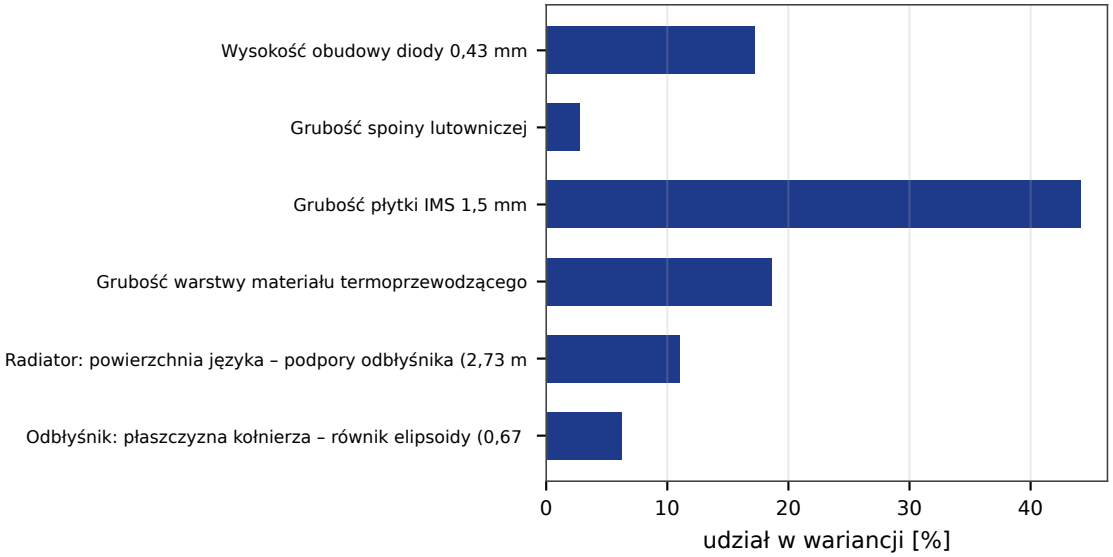


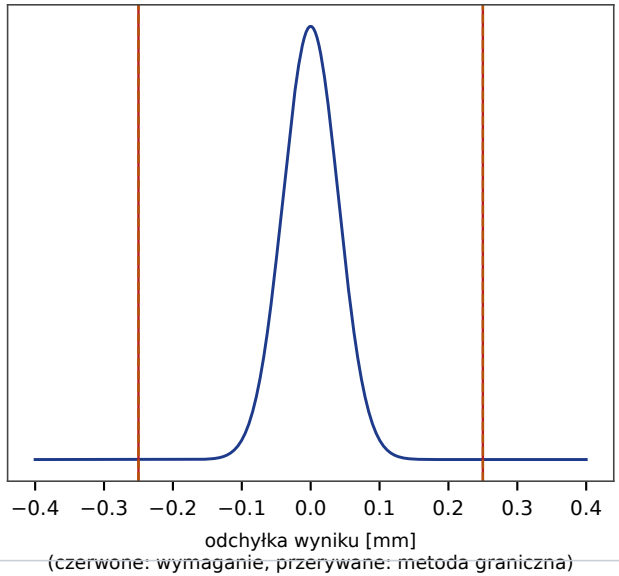


L3 — Wysokość powierzchni świecącej diody mijania względem płaszczyzny odbłyśnika (kierunek y)

Wymaganie: nominał 0,00 mm ± 0,25 mm. Źródło: analiza wrażliwości fotometrii: LED y ±0,25 mm spełnia komplet punktów R149 (mijania i drogowe).

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Wysokość obudowy diody 0,43 mm	KW H4L531.TE	0,43	0,050	+	normalny (±3σ)	17 %
Grubość spoiny lutowniczej	BRL-01-016	0,05	0,020	+	normalny (±3σ)	3 %
Grubość płytki IMS 1,5 mm	BRL-01-016	1,50	0,080	+	normalny (±3σ)	44 %
Grubość warstwy materiału termoprzewodzącego	—	0,08	0,030	+	równomierny	19 %
Radiator: powierzchnia języka – podpory odbłyśnika (2,73 mm)	BRL-01-005	2,73	0,040	–	normalny (±3σ)	11 %
Odbłyśnik: płaszczyzna kołnierza – równik elipsoidy (0,67 mm)	BRL-01-006	0,67	0,030	+	normalny (±3σ)	6 %



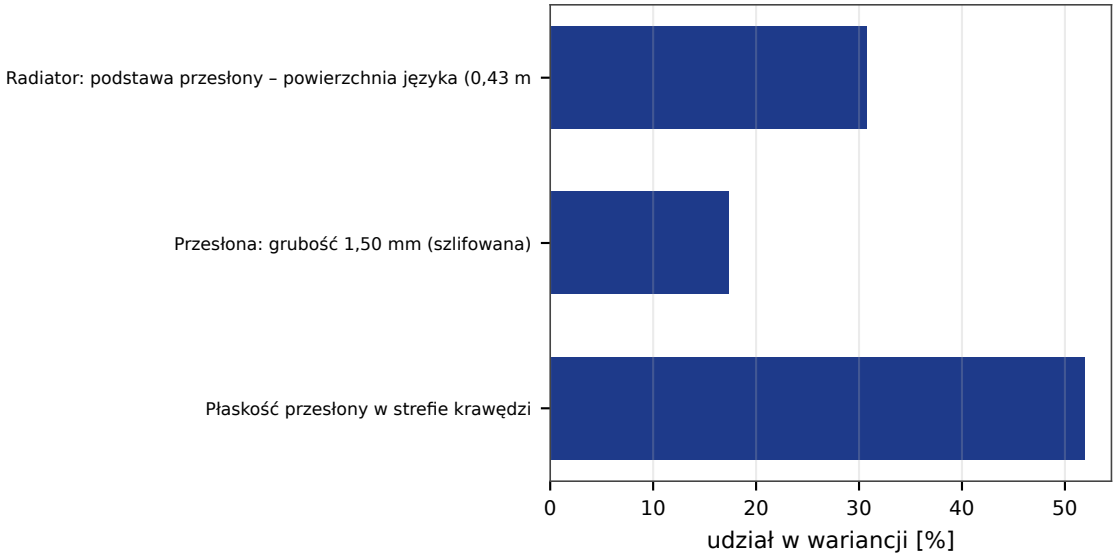


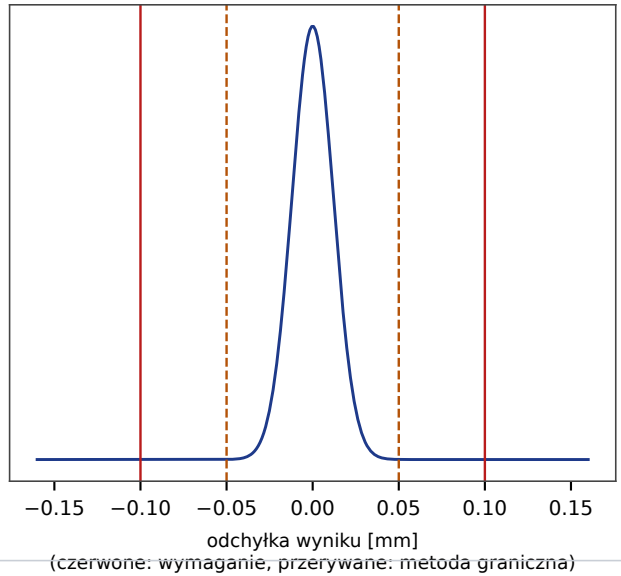
L4 — Wysokość krawędzi przesłony nad powierzchnią języka radiatora (kierunek y; płaszczyzna świec

Wysokość krawędzi przesłony nad powierzchnią języka radiatora (kierunek y; płaszczyzna świecenia diody leży nominalnie na tej samej wysokości 1,93 mm)

Wymaganie: nominał 1,93 mm ± 0,10 mm. Źródło: analiza wrażliwości fotometrii: przesłona y ±0,10 mm spełnia komplet punktów R149 po nastawie (nastawa kompensuje ±0,12°).

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Radiator: podstawa przesłony – powierzchnia języka (0,43 mm)	BRL-01-005	0,43	0,020	+	normalny (±3σ)	31 %
Przesłona: grubość 1,50 mm (szlifowana)	BRL-01-008	1,50	0,015	+	normalny (±3σ)	17 %
Płaskość przesłony w strefie krawędzi	BRL-01-008	0,00	0,015	+	równomierny	52 %

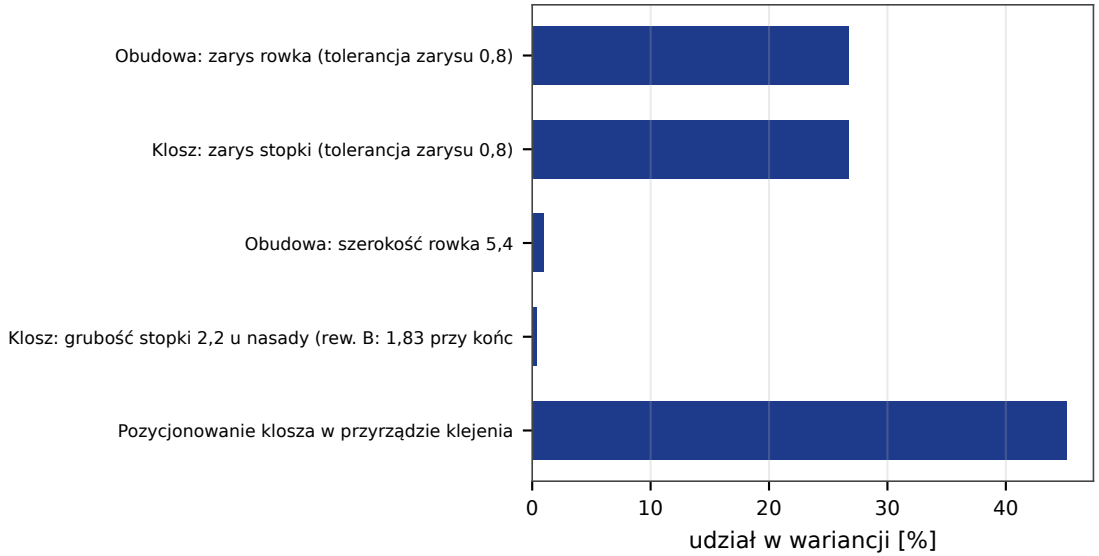


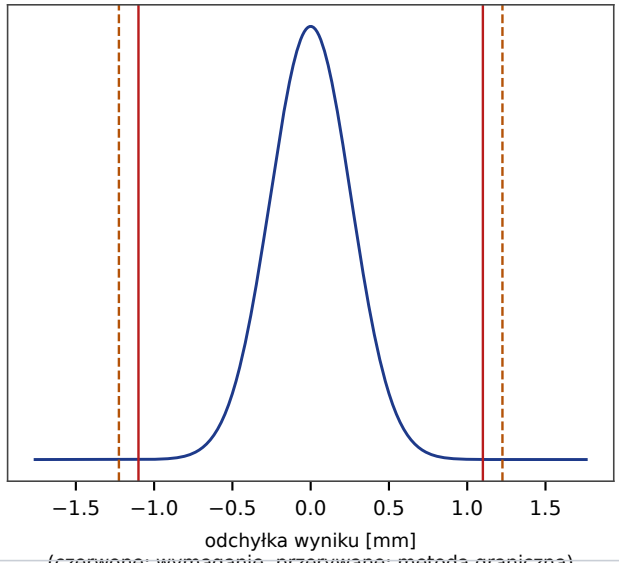


L5 — Luz boczny stopki klosza w rowku klejowym obudowy (na stronę)

Wymaganie: nominał 1,60 mm ± 1,10 mm. Źródło: minimalna grubość spoiny klejowej 0,5 mm (karta kleju).

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Obudowa: zarys rowka (tolerancja zarysu 0,8)	BRL-01-001	0,00	0,400	+	normalny (±3σ)	27 %
Klosz: zarys stopki (tolerancja zarysu 0,8)	BRL-01-002	0,00	0,400	+	normalny (±3σ)	27 %
Obudowa: szerokość rowka 5,4	BRL-01-001	2,70	0,075	+	normalny (±3σ)	1 %
Klosz: grubość stopki 2,2 u nasady (rew. B: 1,83 przy końcu — luz po stronie wewnętrznej rośnie do 1,97)	BRL-01-002	1,10	0,050	−	normalny (±3σ)	0 %
Pozycjonowanie klosza w przyrządzie klejenia	proces	0,00	0,300	+	równomierny	45 %



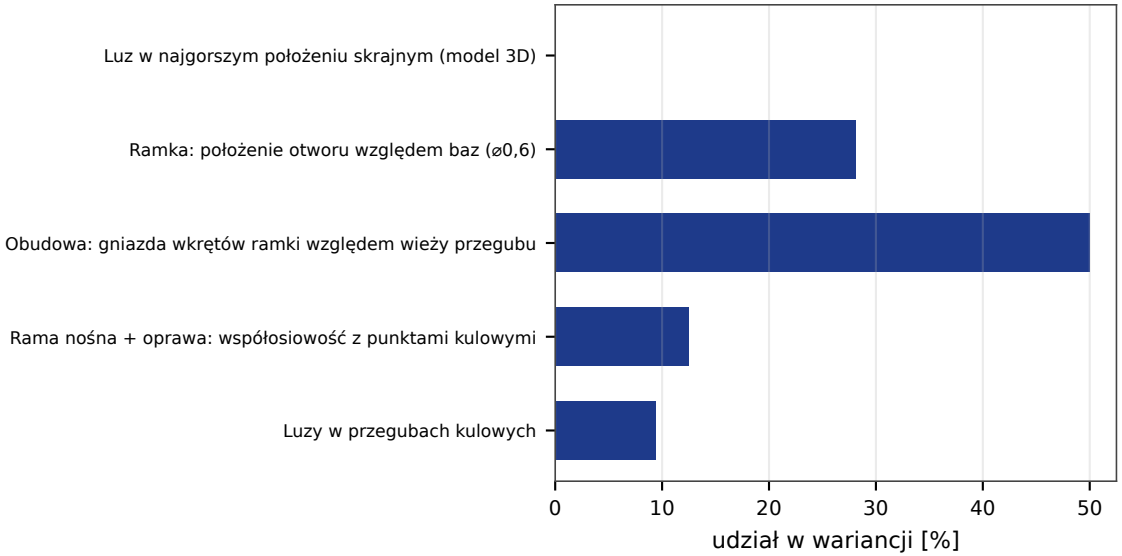


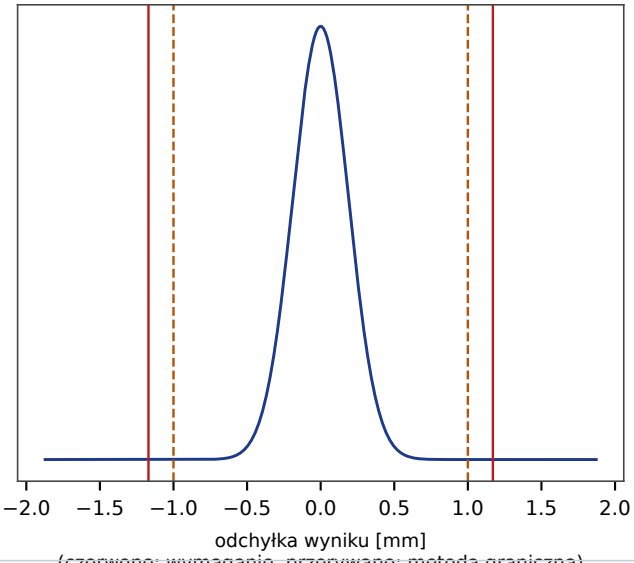
L6 — Luz oprawa soczewki – otwór ramki w najgorszym położeniu skrajnym (regulacja pozioma ±2,0° i

Luz oprawa soczewki – otwór ramki w najgorszym położeniu skrajnym (regulacja pozioma ±2,0° i korekcja pionowa ±1,9° jednocześnie)

Wymaganie: nominał 2,17 mm ± 1,17 mm. Źródło: luz w położeniu skrajnym z modelu 3D (reflektor/sim/regulacja.py, luz_oprawy) = 2,17 mm; po odchyłkach ma pozostać ≥ 1,0 mm. Rew. E: do rew. D przyjmowano luz nominalny 5,50 mm i ruch 3,14 mm (±2,5°) bez nastawy nominalnej 0,945° — przy niej luz nominalny wynosił 4,43 mm; otwór ramki przesunięto o 0,7 mm w dół.

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Luz w najgorszym położeniu skrajnym (model 3D)	model 3D	2,17	0,000	+	normalny (±3σ)	0 %
Ramka: położenie otworu względem baz (⌀0,6)	BRL-01-003	0,00	0,300	+	normalny (±3σ)	28 %
Obudowa: gniazda wkrętów ramki względem wieży przegubu	BRL-01-001	0,00	0,400	+	normalny (±3σ)	50 %
Rama nośna + oprawa: współosiowość z punktami kulowymi	BRL-01-004/009	0,00	0,200	+	normalny (±3σ)	12 %
Luzy w przegubach kulowych	BRL-01-021	0,00	0,100	+	równomierny	9 %



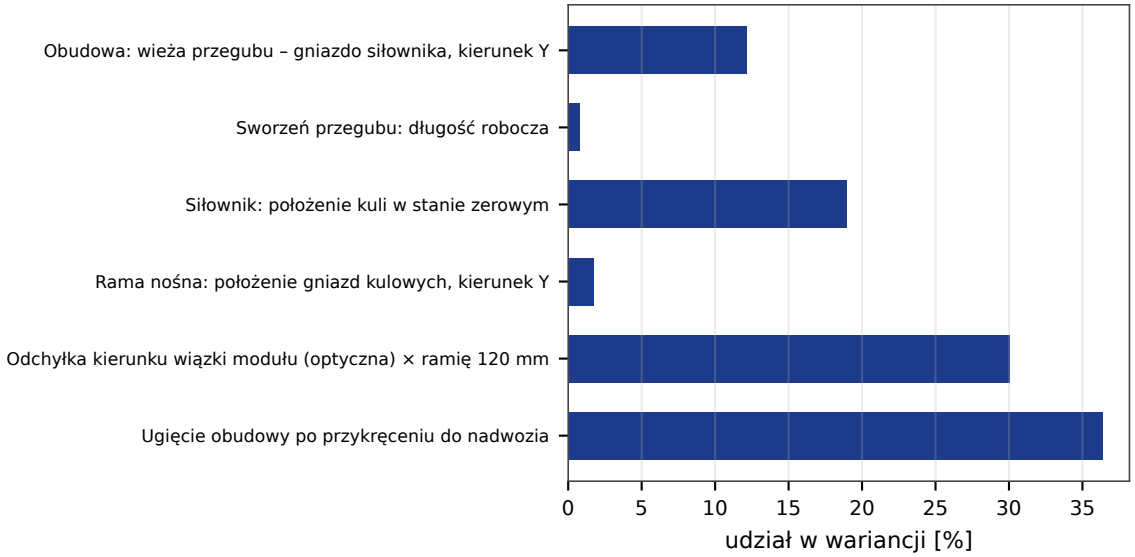


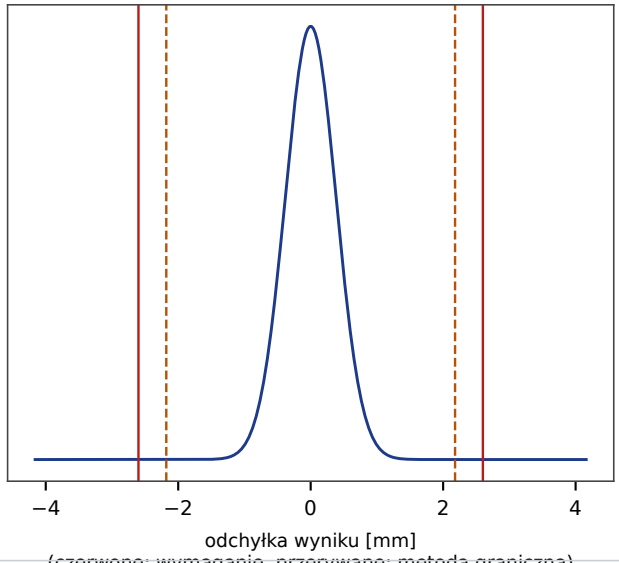
L7 — Błąd pochylenia modułu po montażu (przed nastawą) wyrażony przesunięciem dolnego punktu k

Błąd pochylenia modułu po montażu (przed nastawą) wyrażony przesunięciem dolnego punktu kulowego

Wymaganie: nominał 0,00 mm ± 2,60 mm. Źródło: połowa skoku siłownika korekcji (skok 8 mm, rezerwa na korekcję zasięgu 1,4 mm w każdą stronę).

Ogniwo	Rysunek / źródło	Nominał	Tolerancja ±	Znak	Rozkład	Udział w wariancji
Obudowa: wieża przegubu – gniazdo siłownika, kierunek Y	BRL-01-001	0,00	0,400	+	normalny (±3σ)	12 %
Sworzeń przegubu: długość robocza	BRL-01-022	0,00	0,100	+	normalny (±3σ)	1 %
Siłownik: położenie kuli w stanie zerowym	poz. 24	0,00	0,500	+	normalny (±3σ)	19 %
Rama nośna: położenie gniazd kulowych, kierunek Y	BRL-01-004	0,00	0,150	+	normalny (±3σ)	2 %
Odchyłka kierunku wiązki modułu (optyczna) × ramię 120 mm	moduł	0,00	0,630	+	normalny (±3σ)	30 %
Ugięcie obudowy po przykręceniu do nadwozia	montaż	0,00	0,400	+	równomierny	36 %





(czerwone: wymaganie, przerywane: metoda graniczna)