



# NORMA ZAKŁADOWA ML SYSTEM S.A.

## Spis treści

<b>1</b>	<b>WSTĘP</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DEFINICJE I NORMY</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>SZKŁO POJEDYNCZE</b> .....	<b>8</b>
3.1	<i>Szko podstawowe</i> .....	8
3.2	<i>Rozkroj</i> .....	8
3.2.1	Szerokość i długość – wymiary i tolerancje.....	8
3.3	<i>Grubość nominalna pojedynczego szkła</i> .....	10
3.3.1	Przełomy tafli .....	10
3.3.2	Wady w postaci wyszczerbień, odprysków i skosów przy krawędziach .....	11
3.3.3	Strefa nie podlegająca ocenie .....	11
3.4	<i>Wykończenie krawędzi</i> .....	12
3.4.1	Tolerancje .....	12
3.4.2	Zatępienie (obrzeże zebrane) .....	12
3.4.3	Szlifowanie .....	13
3.4.4	Polerowanie .....	13
3.5	<i>Wykonywanie otworów i wycięć</i> .....	13
3.5.1	Tolerancje średnic otworów okrągłych.....	13
3.5.2	Ograniczenie rozmieszczenia otworów okrągłych .....	14
3.5.3	Rozmieszczenie wycięć na krawędziach i ich ograniczenia.....	15
3.5.4	Tolerancje innych otworów oraz wycięć.....	16
3.6	<i>Usuwanie powłoki</i> .....	16
3.7	<i>Ocena wizualna szkła</i> .....	17
<b>4</b>	<b>HARTOWANIE SZKŁA</b> .....	<b>18</b>
4.1	<i>Wymiary i tolerancje</i> .....	18
4.1.1	Wypukłość całkowita .....	19
4.1.2	Pofalowanie od rolek .....	20
4.1.3	Podniesione obrzeże.....	21
4.2	<i>Badanie siatki spękań</i> .....	22

4.3	<i>Wytrzymałość termiczna szkła hartowanego</i> .....	22
4.4	<i>Ograniczenia – hartowanie kierunkowe</i> .....	22
4.5	<i>Znakowanie szkła hartowanego</i> .....	23
4.6	<i>Wygrzewanie termiczne szkła (HST)</i> .....	23
4.7	<i>Szkło do innych zastosowań</i> .....	23
4.8	<i>Ocena powierzchni szkła hartowanego</i> .....	23
4.8.1	Metoda oceny .....	23
4.8.2	Definicje wad .....	24
4.8.3	Możliwe wady .....	25
4.9	<i>Szyby gięte termicznie</i> .....	27
4.9.1	Możliwości gięcia i tolerancje .....	27
<b>5</b>	<b>SZYBY Z NADRUKIEM CERAMICZNYM</b> .....	<b>28</b>
5.1	<i>Ograniczenia nadruku</i> .....	28
5.2	<i>Ocena, wady i tolerancje szkła z nadrukiem</i> .....	29
5.2.1	Możliwe wady i tolerancje .....	30
5.2.2	Ocena powierzchni szkła z nadrukiem .....	31
5.2.3	Tolerancje kolorów .....	31
5.2.4	Wpływ typu szkła bazowego na kolor nadruku .....	32
5.2.5	Wpływ rodzaju zastosowanej emalii .....	32
<b>6</b>	<b>GRAWEROWANIE SZKŁA</b> .....	<b>33</b>
6.1.1	Wady nie podlegająca reklamacji .....	33
<b>7</b>	<b>SZKŁO WZMACNIANE TERMICZNIE (TVG)</b> .....	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>SZKŁO WZMACNIANE CHEMICZNE (CVG)</b> .....	<b>34</b>
8.1	<i>Wymiary i tolerancje</i> .....	34
<b>9</b>	<b>SZKŁO HOMOLOGOWANE</b> .....	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>SZKŁO WARSTWOWE/ LAMINOWANE</b> .....	<b>36</b>
10.1	<i>Tolerancje wymiarów</i> .....	36
10.1.1	Grubość laminatu .....	36
10.1.2	Przesunięcie tafli .....	37
10.1.3	Płaskość .....	38

10.2	<i>Ograniczenia</i> .....	38
10.2.1	Stabilność krawędzi szkła warstwowego .....	38
10.2.2	Szkło warstwowo ze szkła hartowanego.....	38
10.2.3	Międzywarstwa.....	38
10.3	<i>Ocena powierzchni szkła warstwowego</i> .....	38
10.3.1	Metoda oceny.....	38
10.3.2	Obszar oceny .....	39
10.3.3	Definicje wad .....	39
10.3.4	Dopuszczalne wady punktowe.....	39
10.3.5	Dopuszczalne wady liniowe w polu widzenia .....	39
10.4	<i>Testy dodatkowe</i> .....	40
10.5	<i>Znakowanie</i> .....	40
<b>11</b>	<b>SZYBY ZESPOLONE</b> .....	<b>41</b>
11.1	<i>Typy szyb zespolonych</i> .....	41
11.2	<i>Tafle szklane</i> .....	42
11.3	<i>Rodzaj szczeliwa</i> .....	42
11.4	<i>Ramki dystansowe</i> .....	42
11.4.1	Tolerancje ułożenia ramki dystansowej.....	43
11.5	<i>Znakowanie szyb zespolonych</i> .....	44
11.6	<i>Znak CE</i> .....	44
11.7	<i>Wymagania dla szyb zespolonych</i> .....	44
11.8	<i>Szyby zespolone inne niż prostokątne</i> .....	44
11.9	<i>Tolerancje szyb zespolonych</i> .....	45
11.10	<i>Ocena szyby zespolonej</i> .....	46
11.10.1	Obszar oceny .....	46
11.10.2	Dopuszczalne wady punktowe.....	47
11.10.3	Dopuszczalne zabrudzenia.....	48
11.10.4	Dopuszczalne wady liniowe .....	48
11.10.5	Dopuszczalna liczba wad dla szyby innej niż wykonanej z dwóch tafli szkła.....	48
11.10.6	Kryteria oceny wizualnej dla pozostałych izolacyjnych szyb zespolonych .....	48

11.10.7	Cechy fizyczne wyłączone z oceny .....	49
<b>12</b>	<b>BIPV / PHOTONWALL / PHOTONROOF .....</b>	<b>54</b>
12.1	<i>Kryteria jakości elementów BiPV .....</i>	<i>55</i>
12.1.1	Współosiowość ogniw .....	55
12.1.2	Prostoliniowość busbarów .....	55
12.1.3	Maskowanie busbarów .....	55
12.1.4	Maskowanie ribbonów .....	55
12.1.5	Defekty wizualne – mikropęknięcia .....	55
12.1.6	Położenie konektorów .....	55
12.1.7	Długość przewodów przyłączeniowych .....	56
12.1.8	Położenie backraili .....	56
12.1.9	Odcienie ogniw fotowoltaicznych .....	56
12.2	<i>Metody kontroli .....</i>	<i>57</i>
<b>13</b>	<b>POSTĘPOWANIE Z WYROBEM GOTOWYM .....</b>	<b>59</b>
13.1	<i>Pakowanie .....</i>	<i>62</i>
13.2	<i>Transport .....</i>	<i>62</i>
13.3	<i>Przechowywanie .....</i>	<i>62</i>
13.4	<i>Montaż .....</i>	<i>62</i>
13.5	<i>Mycie i czyszczenie .....</i>	<i>63</i>

## 1 WSTĘP

Jakość wyrobów wykonanych ze szkła płaskiego oceniana jest na podstawie wymagań określonych w odpowiadających danemu produktowi normach zharmonizowanych. W sytuacjach, gdzie norma nie reguluje ewentualnych tolerancji produkcyjnych, spółka ML System S.A. określa własne standardowe tolerancje, które jest w stanie zapewnić podczas normalnego przebiegu produkcji. Aktualnie obowiązujące normy zharmonizowane zachowują ważność i stanowią podstawę współpracy handlowej oraz oceny jakościowej produktu.

Każdy Klient firmy ma możliwość skontaktowania się z producentem i uzgodnienia tolerancji produkcyjnych oraz kryteriów oceny jakości wyrobu, w taki sposób, by spełniały one jego szczególne wymagania i potrzeby.

Rodzaj produktu i jego jakość uzgadniana jest między producentem i klientem, przed przystąpieniem do wykonania zlecenia. Jakość szkła bazowego dostarczanego przez producenta szkła powinna być spełniona, co najmniej na poziomie polskich norm, odpowiednich dla danego rodzaju szkła.

Wszelkie dodatkowe informacje w treści niniejszej normy są w formie uwag które doprecyzowują wymagania.

*Uwaga:*

*Niniejsza Norma zakładowa jest integralną częścią oferty, cennika, umowy współpracy. Przyjęcie zamówienia do realizacji stanowi równocześnie akceptację OWS i Normy Zakładowej oraz warunków gwarancji.*

## 2 DEFINICJE I NORMY

*Tab.1 Definicje, właściwości szkła i wymagania jakościowe*

Norma	Rodzaj szkła
<b>Szkło nieprzetworzone (tradycyjne)</b>	
PN-EN 572-2	Szkło float
PN-EN 572-3	Polerowane szkło zbrojone
PN-EN 572-4	Szkło płaskie ciągnione
PN-EN 572-5	Szkło wzorzyste walcowane
<b>Szkło przetworzone</b>	
PN-EN 12150-1	Termicznie hartowane szkło sodowo – wapniowo – krzemianowe
PN-EN 12337-1	Chemicznie wzmocnione szkło sodowo – wapniowo – krzemianowe
PN-EN 1863-1	Termicznie wzmocnione szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe
PN-EN 14179-1	Termicznie wygrzewane hartowane bezpieczne szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe
PN-EN 12543-1 PN-EN 12543-2 PN-EN 12543-3 PN-EN 12543-4 PN-EN 12543-5 PN-EN 12543-6	Szkło warstwowe i bezpieczne szkło warstwowe
PN-EN 1096-1	Szkło powlekane
PN-EN 14449	Szkło warstwowe i bezpieczne szkło warstwowe - Ocena zgodności wyrobu z normą
PN-EN 1279-1 PN-EN 1279-5	Izolacyjne szyby zespolone
należy się odnieść do normy do której podlega użyte do wytworzenia szkło bazowe	szkło z nadrukiem ceramicznym
	szkło grawerowane podpowierzchniowo
	szkło grawerowane powierzchniowo

## 3 SZKŁO POJEDYNCZE

### 3.1 Szkło podstawowe

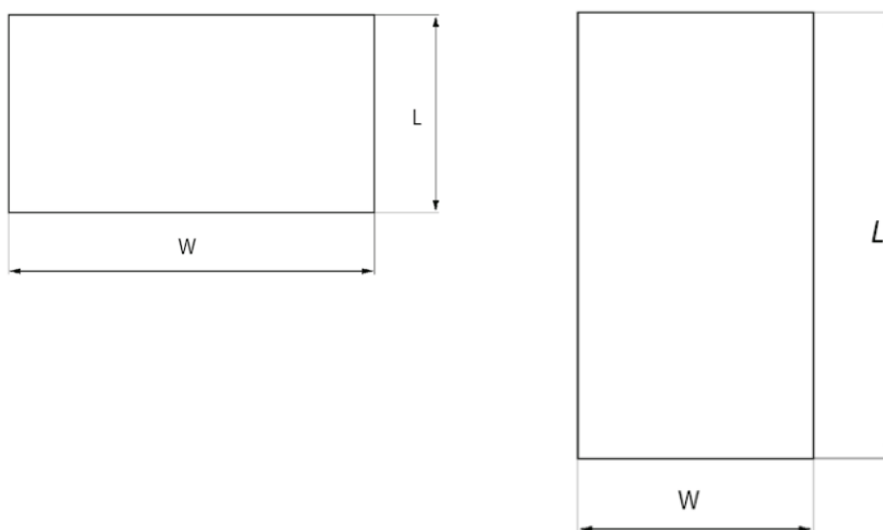
Szkłem płaskim bazowym dla większości wyrobów jest szkło typu Float. Zależnie od zastosowania finalnego produktu jak i preferencji klienta, firma ML System oferuje również kompozycje z innego rodzaju szkła, np. powłokowe, barwione w masie czy ornamentowe.

### 3.2 Rozkrój

Pierwszym procesem produkcyjnym jest rozkrój formatek które następnie trafią do kolejnych etapów obróbczych.

#### 3.2.1 Szerokość i długość – wymiary i tolerancje

Wymiary tafli szklanych podawane są w odniesieniu do prostokąta. Pierwszym wymiarem powinna być szerokość W, a drugim wymiarem wysokość L, w mm, zgodnie z poniższymi rysunkami (Rys. 1.).



Rys. 1. Określenie wymiarów.

Dopuszcza się (po uzgodnieniu między producentem i klientem) produkcję szyb o innych kształtach niż prostokątne. Każdorazowo klient powinien określić wszystkie nietypowe wymiary i uzyskać akceptację producenta o możliwościach produkcyjnych zamawianego rozwiązania.

Tab. 2. Tolerancja wymiarów formatek prostokątnych [mm]

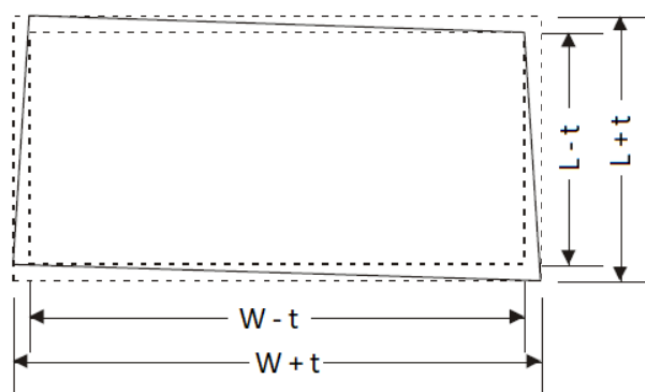
Grubość szkła [mm]	Tolerancja, t		
	Wymiary (W – szerokość, L – długość)		
	(W, L) ≤ 1500	1500 < (W, L) ≤ 3000	(W, L) > 3000
3, 4, 5, 6	± 1,0	± 1,5	± 2,0
8, 10, 12	± 1,5	± 2,0	± 2,5
15	± 2,0	± 2,5	± 3,0
19, 25	± 2,5	± 3,0	± 3,5

Dla tafli ponadwymiarowych tolerancje i różnice pomiędzy przekątnymi należy skonsultować z producentem.

Tab. 3. Dopuszczalna różnica długości przekątnych dla formatek prostokątnych [mm]

Grubość szkła [mm]	Różnica przekątnych		
	Wymiary (W – szerokość, L – długość)		
	(W, L) ≤ 1500	1500 < (W, L) ≤ 3000	(W, L) > 3000
3, 4, 5, 6	3	4	5
8, 10, 12	4	5	6
15, 19, 25	5	6	8

Jeżeli w zamówieniach zawierających szkło zdobione (np. z nadrukiem ceramicznym, grawerowane, ornamentowe itp.) i nie określono sposobu ułożenia wzoru, wówczas standardowo zakłada się, że ma być ułożony wzdłuż wymiaru, który jest wysokość L szyby w zamówieniu. W przypadku wystąpienia szkła refleksyjnego, należy określić w zamówieniu pozycje powłoki refleksyjnej.



Rys. 2. Prostokąt przedstawiający granice tolerancji.

Nominalne wymiary szerokości W i wysokości L nie powinny być większe niż opisany prostokąt będący wynikiem powiększania wymiarów nominalnych o górne odchylenie graniczne t, ani mniejsze niż opisany prostokąt będący wynikiem zmniejszania o dolne odchylenie graniczne t. Boki opisanych prostokątów są równoległe do siebie i powinny mieć wspólny środek.

### 3.3 Grubość nominalna pojedynczego szkła

Grubość tafli szkła należy obliczać jako średnią arytmetyczną pomiarów wykonanych w środkach czterech boków. Pomiary należy wykonać za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,01 mm, a średnią z nich zaokrąglić do 0,1 mm. Odchyłki grubości nie powinny różnić się od tolerancji podanych w tabeli.

*Tab. 4. Grubość i tolerancje*

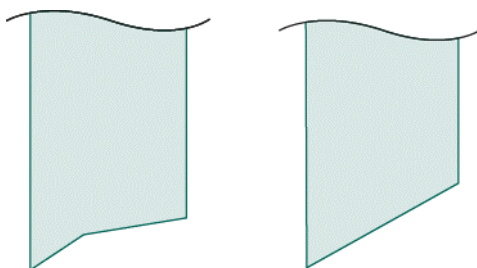
Grubość nominalna szkła [mm]	Tolerancja [mm]
2	± 0,2
3	± 0,2
4	± 0,2
5	± 0,2
6	± 0,2
8	± 0,3
10	± 0,3
12	± 0,3
15	± 0,5
19	± 1,0
25	± 1,0

#### 3.3.1 Przełomy tafli

Przełomy tafli szklanych wpływają bezpośrednio na finalny produkt więc podlegają weryfikacji według tabeli tolerancji przełomu.

*Tab. 5. Maksymalne dopuszczalne przełomy*

Maksymalne przełomy [mm]	Grubość szkła [mm]
1	3, 4, 5, 6
2	8, 10
3	12
4	15, 19



Rys. 3. Przełomy – szkło monolityczne

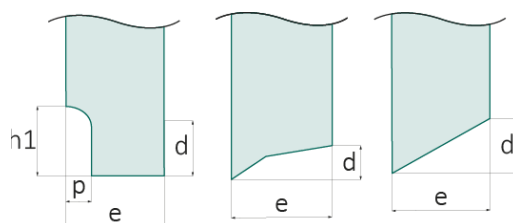
### 3.3.2 Wady w postaci wyszczerbień, odprysków i skosów przy krawędziach

Poniżej przedstawiono krawędzie szkła wraz z zaznaczonymi wielkościami geometrycznymi.

- e – grubość szkła,
- d – długość odprysku,
- h1 i p – wymiary wyszczerbienia.

Tab. 6. Maksymalna wielkość odprysków lub wyszczerbień na krawędzi szkła

Wielkość geometryczna	Tolerancja
h1	< (e-1) mm
p	< (e/4) mm
d	< (e/4) mm

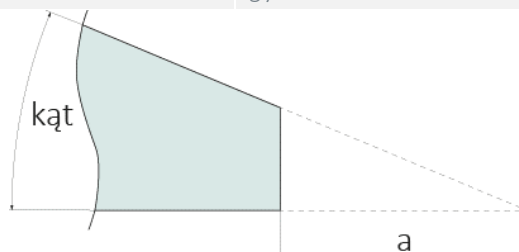


Rys. 4. Wielkości definiujące odpryski i wyszczerbienia na krawędzi szkła.

### 3.3.3 Strefa nie podlegająca ocenie

Tab. 7. Wartości długości odcinka, a i odpowiadające mu wartości kąta ostrego

Kąt [°]	Monolityczne d < 8 [mm]	Monolityczne d ≥ 8 [mm]	Konieczność odcinka naroży
	Warstwowe d < 66.x	Warstwowe d ≥ 66.x	
12,5 ≤ α < 15	90	180	TAK
15 ≤ α < 20	75	149	TAK
20 ≤ α < 35	55	110	NIE
35 ≤ α < 45	29	57	NIE

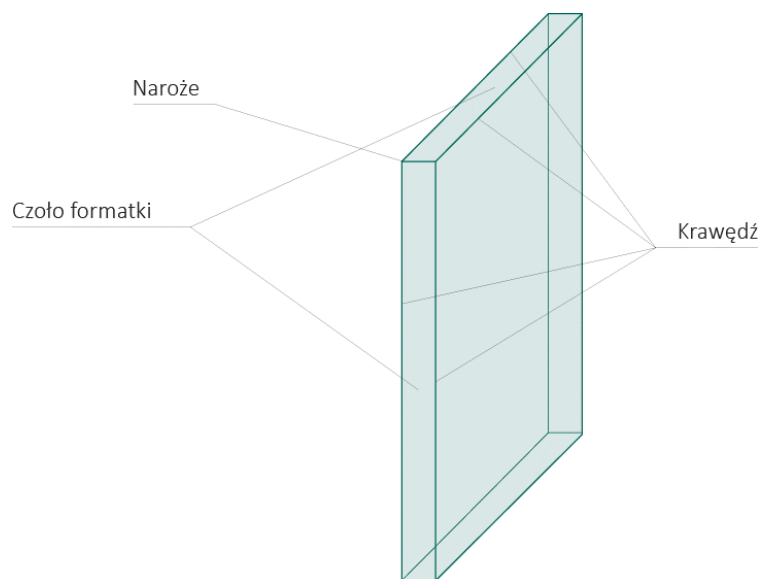


Rys. 5. Długości odcinka a.

### 3.4 Wykończenie krawędzi

Obróbkę szkła należy wykonać przed procesami zmieniającymi parametry mechaniczne (hartownie, wzmacnianie). Szkło po takim zabiegu nie może być poddawane np. cięciu, nawiercaniu, obróbce obrzeży, ponieważ występuję wówczas ryzyko pęknięcia lub zniszczenia szkła.

#### 3.4.1 Tolerancje



Rys. 6. Opis tafli szkła.

Tolerancje wykonania szkła z tego typu obróbką krawędzi tj. długości boków i przekątnych są takie jak dla szkła po rozkroju.

#### 3.4.2 Zatępienie (obrzeże zebrane)

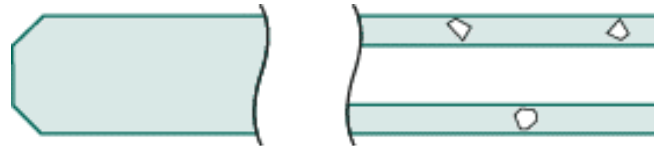
Najprostsza forma obróbki krawędzi w celu stępienia krawędzi szkła, stosowana jest głównie przed procesem hartowania. Zatępienie krawędzi jest wystarczające w przypadku, gdy szkło ma być obrobione (aby się nie skaleczył), a tafla będzie montowana w taki sposób, w którym krawędzie nie będą widoczne. Naroże i czoło formatki nie jest obrabiane. Obróbka formatek grubości 3-8 mm.



Rys. 7. Zatępiona krawędź szkła.

### 3.4.3 Szlifowanie

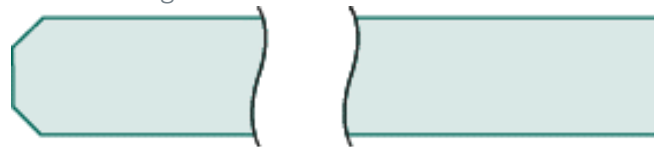
Wykonywane przy pomocy tarcz z nasypem diamentowym – matowy szlif na całej krawędzi, gładki z dozwolonymi obszarami błyszczącymi (możliwe występowanie nieobrobionych plamek). Możliwe szlify to trapezowy i okrągły (tzw. C-kant). Obróbka formatek grubości 3 - 19 mm.



Rys. 8. Szlifowana krawędź szkła.

### 3.4.4 Polerowanie

Wykonywane przy pomocy tarcz z nasypem diamentowym i polerowane za pomocą tarcz/krażków polerskich – czoło i krawędź błyszcząca. Stanowi rodzaj szlifowania z polerowaniem. Obróbka formatek grubości 4 - 19 mm.



Rys. 9. Polerowana krawędź szkła.

Wygląd powierzchni obrobionych może być wzajemnie zróżnicowany w ramach tego samego rodzaju obróbki. Zjawisko to nie podlega reklamacji.

## 3.5 Wykonywanie otworów i wycięć

### 3.5.1 Tolerancje średnic otworów okrągłych

Średnica otworu ( $\varnothing$ ) nie powinna być mniejsza niż nominalna grubość szkła ( $d$ ). Zastosowanie mniejszej średnicy i tolerancji otworu (nie uwzględnionych w tabeli) musi wynikać z ustaleń z klientem potwierdzonej na zamówieniu.

*UWAGA1: Obróbka krawędzi otworów dotyczy średnic większych lub równych 16 mm, otwory o mniejszej średnicy mogą posiadać nieznaczne wyszczerbienia.*

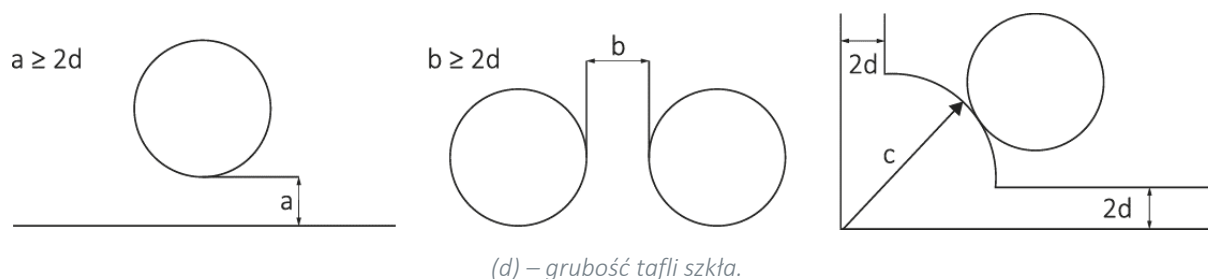
*UWAGA2: Wymiary mniejsze niż  $\varnothing$  11mm i większe niż  $\varnothing$  40mm muszą zostać ustalone z producentem.*

Tab. 8. Tolerancje średnic otworów okrągłych

Średnica nominalna, $\varnothing$ [mm]	Tolerancje [mm]
$\varnothing < 11$	Do uzgodnienia z producentem
$11 \leq \varnothing \leq 20$	$\pm 1,0$
$20 < \varnothing \leq 40$	$\pm 2,0$
$\varnothing > 40$	Do uzgodnienia z producentem

### 3.5.2 Ograniczenie rozmieszczenia otworów okrągłych

Ze względów technologicznych procesów wzmocniających, istnieją ograniczenia położenia otworów w odniesieniu do krawędzi szyby, odległości od naroża szyby, jak również położenia otworów względem siebie. Poniżej wymienione są występujące najczęściej ograniczenia usytuowania otworów.



Rys. 10. Ograniczenia rozmieszczenia otworów.

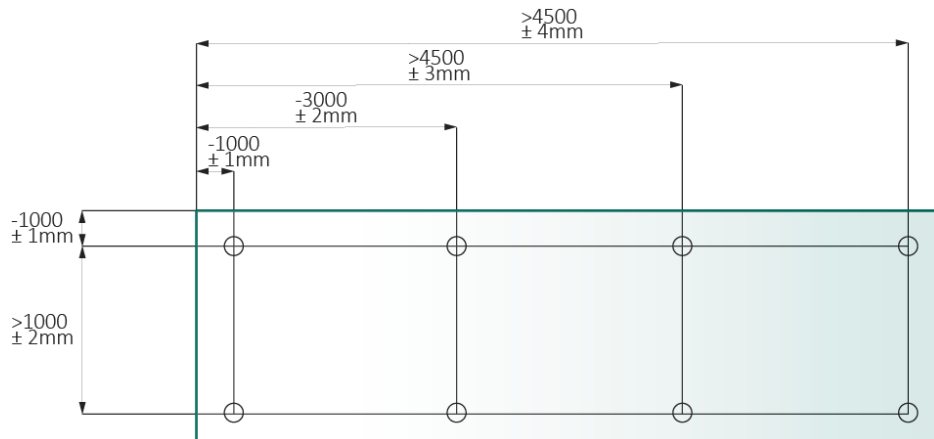
a) wzajemne usytuowanie otworu i obrzeża szyby (odległość nie powinna być mniejsza niż  $2d$ ).

b) Wzajemne usytuowanie dwóch otworów (odległość  $b$  nie powinna być mniejsza niż  $2d$ ).

c) wzajemne usytuowanie otworu i naroża szyby (odległość nie powinna być mniejsza niż  $6d$ ).

Tab. 9. Tolerancja rozmieszczenia otworów okrągłych [mm]

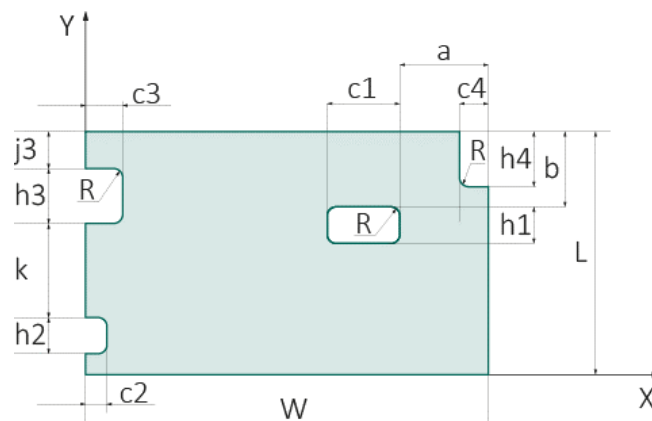
Wymiar szkła [mm]	Nominalna grubość szkła $d \leq 12$	Nominalna grubość szkła $d > 12$
$\leq 2000$	$\pm 2,5$	$\pm 3,0$
$2000 < B \text{ lub } H \leq 3000$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$
$> 3000$	$\pm 4,0$	$\pm 5,0$



Rys. 11. Ograniczenia rozmieszczenia otworów w tafli szklanej

### 3.5.3 Rozmieszczenie wycięć na krawędziach i ich ograniczenia

$h_1, h_2, h_3, h_4$  – długość wycięć,  
 $c_1, c_2, c_3, c_4$  – szerokości wycięć,  
 $L$  – wysokość formatki,  
 $W$  – długość formatki,  
 $r$  – promień wycięcia,



Rys. 12. Rozmieszczenie innych otworów oraz wycięć.

- długość wycięć ( $h_1, h_2, h_3, h_4$ ) nie mogą być większe niż  $1/3$  wymiaru  $L$ .
- szerokość ( $c_1, c_2, c_3, c_4$ ) nie mogą być większe niż  $1/3$  wymiaru  $W$ .
- odległość ( $a$ ) do krawędzi otworu prostokątnego nie może być mniejsza niż  $1/2$  wymiaru otworu ( $c_1$ ) i odległość ( $b$ ) do krawędzi otworu prostokątnego nie może być mniejsza niż  $1/2$  otworu ( $h_1$ ).
- odległość ( $k$ ) pomiędzy wycięciami muszą być większe niż  $1/2$  długości większego wycięcia.
- promień ( $r$ ) wycięcia większy bądź równy 7mm.
- odległość wycięcia ( $j_3$ ) musi być większa od 100mm i większa bądź równa połowie wymiaru ( $h_3$ ).

### 3.5.4 Tolerancje innych otworów oraz wycięć

*Tab. 10. Tolerancje otworów i wycięć*

Otwór lub wycięcie [mm]	Tolerancje [mm]
h lub c	± 3,0

- naroża wycięć muszą być zaokrąglone.
- minimalny promień zaokrąglenia wewnętrznego  $R \geq 5\text{mm}$ .
- promień zaokrąglenia zewnętrznego dowolny.

*UWAGA: Przy zaokrągleniach mniejszych niż 5 mm brak obróbki krawędzi.*

*Tab. 11. Tolerancja rozmieszczenia innych otworów i wycięć [mm]*

Wymiar szkła [mm]	Nominalna grubość szkła $d \leq 12$	Nominalna grubość szkła $d > 12$
$\leq 2000$	± 2,5	± 3,0
$2000 < B \text{ lub } H \leq 3000$	± 3,0	± 4,0
$> 3000$	± 4,0	± 5,0

Pomiary rozmieszczenia otworów prostokątnych wykonuje się w dwóch kierunkach pod kątem prostym od osi X i Y będącymi osiami (punktami) odniesienia do najbliższej krawędzi otworu prostokątnego.

### 3.6 Usuwanie powłoki

Szkło powłokowe, które będzie jako część pakietu zespolonego lub laminatu powinno mieć usuniętą powłokę na krawędzi. Ablacja powłoki zapewnia adhezję szczeliwa względem powierzchni szkła. Szerokość usunięcia uzależniona jest od szerokości przeliczonej spoiny szczeliwa.

*Tab. 12. Tolerancje szerokości usunięcia powłoki [mm]*

Tolerancja	Szerokość usunięcia powłoki
± 1,0	dla szerokości usunięcia powłoki do 11 mm
+2,0/-1,0	dla szerokości usunięcia powłoki powyżej 11 mm

Skutkiem mechanicznego procesu usuwania powłoki mogą być widoczne rysy włosowate, smugi, plamy, przebarwienia, które nie stanowią o wadzie szyb. Wygląd szlifowanej powłoki może się różnić dla każdej krawędzi, jest to zależne od procesu. Wymienione zjawiska nie podlegają reklamacji.

### 3.7 Ocena wizualna szkła

Szkło pojedyncze ocenia się w rozproszonym świetle dziennym na tle szarego matowego ekranu. Szkło powinno być ustawione w pozycji pionowej, a obserwator oddalony 2 metry od tafli szkła. Wady widoczne zaznacza się i mierzy, a następnie sprawdza zgodność z dopuszczanymi wartościami. Wady niewidoczne w określonych wyżej warunkach uznaje się za dopuszczalne.

*Tab. 13. Kategorie wad dla szkła float*

Kategoria	Wymiary wad punktowych [mm]
A	> 0,6 i ≤ 1,5
B	> 1,5 i ≤ 3,0
C	> 3,0 i ≤ 9,0
D	> 9,0

*Tab. 14. Poziomy akceptacji wad punktowych szkła float o wymiarach ścisłych*

*S - Pole powierzchni szyby*

Kategoria wad punktowych*	$S \leq 5m^2$	$5m^2 < S \leq 10m^2$	$10m^2 < S \leq 20m^2$
A	Dopuszczalne bez ograniczeń		
B**	1	2	4
C	Niedopuszczalne	1	1
D	Niedopuszczalne		

\*Zgodnie z definicją podaną w PN-EN 572-2, wadą punktową szkła float jest jądro, któremu czasem towarzyszy otoczka ze zniekształconego szkła. Wady punktowe obejmują wtrącenia ciał stałych, pęcherze itp.  
 \*\*Minimalna odległość pomiędzy wadami kategorii B nie powinna być mniejsza niż 500mm

Rysy na formatach ciętych szkła float są dopuszczalne bez ograniczenia ilości i długości, jeśli są niewidoczne z odległości 2 metrów.

## 4 HARTOWANIE SZKŁA

Szyby hartowane to szyby poddane obróbce termicznej za pomocą kontrolowanego procesu ogrzewania i chłodzenia (w celu znacznego zwiększenia odporności na ciepłe i mechaniczne naprężenia oraz właściwej charakterystyki siatki spękań), przez co zaliczane są do szkła bezpiecznych.

Zwiększoną wytrzymałość mechaniczną i termiczną szkła hartowanego tłumaczy się jako wynik określonego rozkładu naprężeń termicznych w płycie szklanej, w której przy symetrycznym, jednorodnym ochładzaniu uzyskuje się taki układ naprężeń, gdzie warstwy zewnętrzne stanowią strefę naprężeń ściskających, a warstwy wewnętrzne strefę naprężeń rozciągających.

Aby szkło mogło zostać poddane hartowaniu, konieczna jest minimalna obróbka krawędzi:

- zatepienie krawędzi dla szkła o grubości do 8 mm włącznie,
- szlifowanie krawędzi dla szkła o grubości  $\geq 10$  mm.

Stawianie takich wymagań jest uzasadnione, ponieważ podczas procesu hartowania w szkle występują znaczne naprężenia, które koncentrują się na krawędziach szkła. Nieodpowiednio przygotowana krawędź może spowodować pęknięcie tafli w piecu.

Wszystkie procesy obróbki krawędzi, wykonania otworów, wycięć itp. musi odbyć się przed hartowaniem. Należy również pamiętać, że obecność otworów i wycięć zwiększa ryzyko pęknięcia szkła podczas procesu hartowania.

### 4.1 Wymiary i tolerancje

*Tab. 15. Tolerancje szerokości i długości [mm]*

Szerokość lub wysokość (W lub L) [mm]	Tolerancja, t Nominalna grubość szkła, $d \leq 8$	Tolerancja, t Nominalna grubość szkła, $d > 8$
$\leq 2000$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$
$2000 < W, L \leq 3000$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$
$> 3000$	$\pm 4,0$	$\pm 5,0$

*Tab. 16. Limit odchylenia dla różnicy pomiędzy przekątnymi [mm]*

Szerokość lub wysokość (W lub L) [mm]	Nominalna grubość szkła, $d \leq 8$	Nominalna grubość szkła, $d > 8$
$\leq 2000$	$\leq 4$	$\leq 6$
$2000 < W, L \leq 3000$	$\leq 6$	$\leq 8$
$> 3000$	$\leq 8$	$\leq 10$

Hartowaniu termicznemu można poddawać szkło float bezbarwne, barwione w masie, szkło z powłokami „twardymi” i niektóre rodzaje szkła z powłokami „miękkimi” (taką możliwość zawsze ustala producent szkła).

Wymiary szyb hartowanych są wyznaczone poprzez możliwości technologiczne urządzeń obróbki krawędzi oraz możliwości pieca hartowniczego.

*Tab. 17. Wymiary szyb hartowanych*

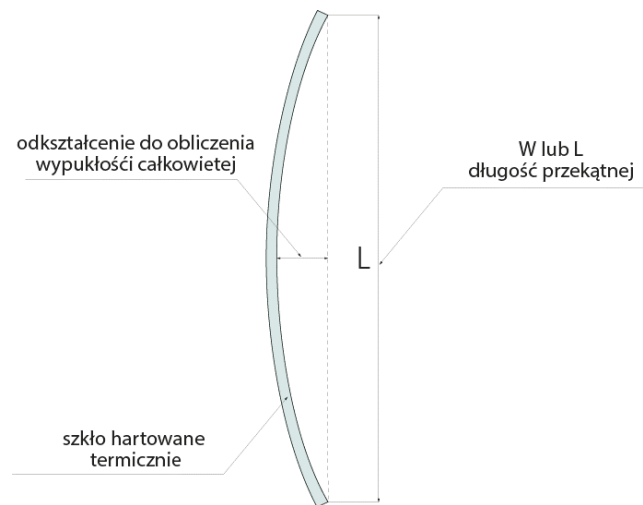
Grubość szkła [mm]	Minimalny wymiar [mm]	Maksymalny wymiar* [mm]
3	200 x 350	1000 x 1800
4 - 5	200 x 350	1500 x 2500
6	200 x 350	2500 x 4000
8-19	200 x 350	3200 x 6000
4 powlekane (z powłoką) emisyjność 1 – 0,1	200 x 350	1200 x 2000
≥ 6 powlekane (z powłoką) emisyjność 1 - 0,1	200 x 350	2000 x 3000
4 powlekane (z powłoką) Emisyjność poniżej 0,1	200 x 350	1200 x 2000
≥ 6 powlekane (z powłoką) emisyjność poniżej 0,1	200 x 350	1500 x 2500
*Istnieje możliwość hartowania większych wymiarów szyb, jednak wymaga to potwierdzenia od producenta (maksymalnie 2400 x 3600mm).		

#### 4.1.1 Wypukłość całkowita

Wypukłość całkowita to odchylenia od prostoliniowości względem szkła odprężonego (niehartowanego). Odchyłka zależy od grubości, rozmiarów i proporcji boków szyby względem siebie. Odształcenie powinno być zmierzone wzdłuż obrzeży szkła i wzdłuż przekątnych, jako maksymalna odległość między prostym metalowym liniałem lub rozciągniętym drutem, a wklęsłą powierzchnią szkła. Wartość wypukłości wyrażona jest jako odształcenie w [mm], podzielone przez wymiar długości obrzeża szkła lub przekątnej [m].

*Tab. 18. Maksymalne dopuszczalne wartości wypukłości całkowitej*

Tolerancja [mm/m]	Rodzaj szkła
3,0 mm	float
4,0 mm	pozostałe



Rys. 13. Wypukłość całkowita.

Wyniki wypukłości całkowitej dla szkła cieńszego niż 4mm mogą być niedokładne. W przypadku szkła malowanego nadrukiem cyfrowym, które nie jest pokryte na całej powierzchni, należy skonsultować się z producentem.

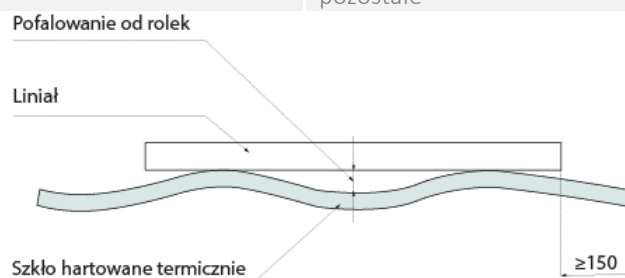
W przypadku szyb stosowanych w pojazdach tolerancja wypukłości może być mniejsza. Zastosowanie mniejszych tolerancji wymaga dodatkowych uzgodnień między producentem, a klientem.

#### 4.1.2 Pofalowanie od rolek

Pofalowanie od rolek mierzone jest z wykorzystaniem liniału lub równoważnego narzędzia (np. profil albuminowy z czujnikiem analogowo-zegarowego) przykładanego pod kątem prostym do pofalowań od rolek – łącząc mostkiem szczyty pofalowania. Liniał umieszcza się w taki sposób żeby mostkiem łączył on występujące obok siebie szczyty pofalowania.

Tab. 19. Maksymalne dopuszczalne wartości pofalowania od rolek

Tolerancja	Rodzaj szkła
0,3 mm	szkło float
0,5 mm	pozostałe



Rys. 14. Pofalowanie od rolek.

Ograniczenia pomiarowe:

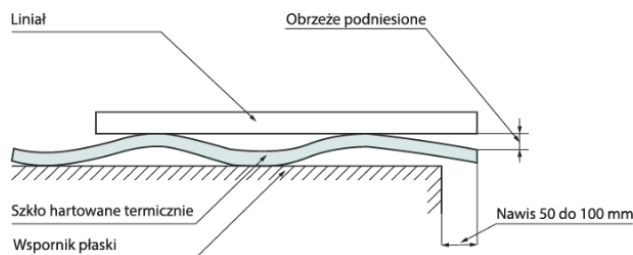
- pofalowania od rolek można mierzyć tylko na formatkach o wymiarze większym niż 600mm mierzonym pod kątem prostym do pofalowań od rolek;
- pofalowania od rolek nie można mierzyć na obszarze wyłączonym, który zajmuje 150mm od obrzeży formatki;
- formatki z wypukłością całkowitą należy kłaść na płaskim podparciu. Pozwala to grawitacji na rozplaszczanie całkowitej wypukłości i dzięki temu da prawidłowe wyniki pofalowania od rolek. W przypadku szkła malowanego, które nie jest pokryte na całej powierzchni, należy skonsultować się z producentem.

#### 4.1.3 Podniesione obrzeże

Szkło należy umieścić na płaskim podparciu z obrzeżem wystającym 50 - 100mm poza podparcie. Liniał umieszcza się na szczytach pofalowania od rolek, a dystans pomiędzy liniałem, a szkłem mierzy się za pomocą szczelinomierza lub innego liniału.

*Tab. 20. Maksymalne dopuszczalne wartości podniesionego obrzeża*

Tolerancja	Rodzaj szkła
0,4 mm	float 4-5 mm
0,3 mm	float 6-19 mm
0,5 mm	pozostałe



Rys. 15. Obrzeże podniesione

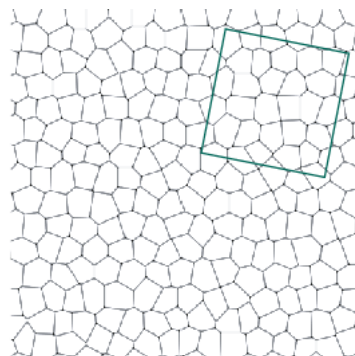
## 4.2 Badanie siatki spękań

Badanie określa czy szkło popękało w sposób przewidziany dla termicznie hartowanego bezpiecznego szkła. Polega na rozbiciu szyby hartowanej w określony normą PN-EN 12150-1 sposób i zliczeniu odłamków w kwadracie o boku 50 x 50 mm .

Dla odpowiedniego rodzaju szkła, badanie daje wynik pozytywny, jeżeli liczba odłamków w próbce jest nie mniejsza niż podana w tabeli.

*Tab. 21. Minimalne wartości zliczonych odłamków*

Rodzaj szkła	Grubość szkła [mm]	Minimum zliczonych odłamków w próbce
Float, malowane, grawerowane powierzchniowo	3	15
	4-12	40
	15-25	30



Rys. 16. Siatka spękań szkła hartowanego

## 4.3 Wytrzymałość termiczna szkła hartowanego

Właściwości termicznie hartowanego szkła pozostają nie zmienione w temperaturze do 250 °C (jak również w temperaturze poniżej 0 °C). Szkło termicznie hartowane może wytrzymać szoki termiczne ok. 200 °C.

## 4.4 Ograniczenia – hartowanie kierunkowe

Ze względu na występowanie pofalowania od rolek istnieje możliwość wybrania preferowanego kierunku hartowania – prostopadle lub równoległe długością tafli do wałków w piecu hartowniczym. Nie jest możliwe zahartowanie kierunkowe szyby, której wymiar W lub L ze względu na kierunek przekracza szerokość roboczą pieca – 2400mm. Taki przypadek upoważnia do hartowania danej szyby w innym kierunku, niż wszystkie pozostałe w zleceniu. W celu wykonania hartowania kierunkowego, każdorazowo w zamówieniu powinien być

określony przez klienta sposób hartowania ze względu na kierunkowość. Brak określenia kierunku, upoważnia do hartowania bez uwzględniania kierunkowości.

#### 4.5 Znakowanie szkła hartowanego

Zgodnie z normą PN-EN 12150-1 znakowanie szkła hartowanego jest wymagane. Różnice w umiejscowieniu znaczka, metodzie nanoszenia, widoku, w pozycjach znakowania szkła - nie są podstawą do reklamacji produktu, jeżeli dotyczą nie więcej niż 10% zamówienia.

*UWAGA: W przypadku specjalnych wymagań Klienta w kwestii znakowania szkła, należy je uzgodnić i zatwierdzić przed złożeniem zamówienia.*

#### 4.6 Wygrzewanie termiczne szkła (HST)

W trosce o naszych Klientów zachęcamy do wykonania dodatkowego testu wygrzewania termicznego szkła tzw. testu HST (według normy EN 14179), z uwagi na możliwość wystąpienia spontanicznych pęknięć szkła hartowanego spowodowanych wtrąceniami siarczku niklu. Test ten zmniejsza ryzyko wystąpienia spontanicznych pęknięć szkła nawet o 99%. Ewentualne pęknięcia szkła wywołane inkluzją siarczku niklu, pomimo zastosowanie testu HST nie podlegają reklamacji. Szyby hartowane, poddane badaniu HST znakowane są w sposób czytelny i trwały znakiem firmowym i numerem normy PN-EN 14179-1.

*UWAGA: W przypadku wyboru usługi HST należy ją uwzględnić na początku zamówienia. Test HST wymaga dodatkowego czasu realizacji zamówienia.*

#### 4.7 Szkło do innych zastosowań

Zamówienie na tego typu szyby powinno zawierać informację o docelowym przeznaczeniu produktu jako inne niż budowlane np. meblowe. W przypadku braku informacji szyby zostaną potraktowane jako wyrób budowlany i odpowiednio trwale oznakowane.

#### 4.8 Ocena powierzchni szkła hartowanego

##### 4.8.1 Metoda oceny

Oględziny dokonywane są okiem nieuzbrojonym w warunkach naturalnego oświetlenia w świetle przechodzącym i/lub odbitym w zależności od zastosowanego szkła i odpowiadającej mu specyfikacji technicznej. Obserwacja nie powinna trwać dłużej niż 30 sekund.

- odległość obserwatora od szkła wynosi 2m.

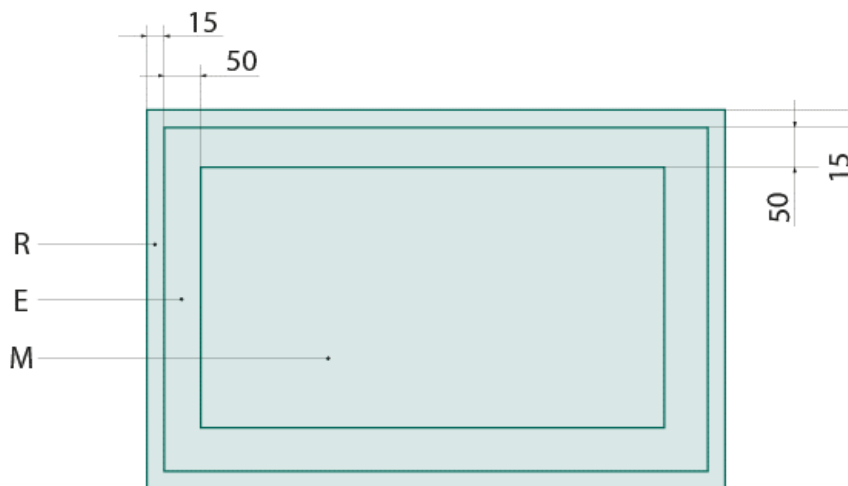
- w przypadku szkła powlekanego (z powłoką) odległość wynosi 3m.

Oceny dokonuje się na podstawie poniższych wytycznych:

**Strefa R (graniczna)** – równa szerokości ramy lub równa uszczelnieniu obrzeża, nie mniejsza niż 15 mm – brak ograniczeń oprócz mechanicznego uszkodzenia krawędzi. Szerokość obszaru granicznego dla tafli o wymiarze  $\leq 5m^2$  wynosi 15mm, a Dla tafli  $> 5m^2$  wynosi 20mm.

**Strefa E (brzegowa)** – strefa na krawędzi widocznego obszaru, równa 5 % długości krawędzi, nie mniej niż 50 mm.

**Strefa M** – strefa główna/środkowa



Rys. 17. Strefy wad tafli szklanych

Dla szkielek nie przeznaczonych do instalacji w ramy ani do zespalania, wymagania dla strefy R są takie same jak dla strefy E.

#### 4.8.2 Definicje wad

**punktowe** sferyczne lub półsferyczne zakłócenia przezroczystości wizualnej podczas patrzenia przez szkło. Może to być inkluzja ciała stałego, gazowa, punktowa wada w powłoce.

**liniowe** wady, które mogą znajdować się na lub we szkłe, w postaci depozytów, plam lub rys, które zajmują większą długość lub podłużny obszar.

- smugi** zamglenie charakterystyczne dla szkła poddanego obróbce cieplnej, widoczne w określonych warunkach oświetleniowych (np. bezpośrednie światło słoneczne lub sztuczne oświetlenie) i na ciemnym tle. Zjawisko to jest związane z procesem technologicznym i nie można go uniknąć.
- plamy** wady większe od wady punktowej, często o nieregularnym kształcie, częściowo o strukturze nakrapianej.

#### 4.8.3 Możliwe wady

Tab. 22. Dopuszczalne wady punktowe

Strefa oceny	Wymiar wady $\varnothing$ , [mm] (wyłączając tzw. „halo”)*	Powierzchnia szyby S [m <sup>2</sup> ]			
		$S \leq 1$	$1 < S \leq 2$	$2 < S \leq 3$	$3 < S$
R	Każdy wymiar	Bez limitu			
E	$\varnothing \leq 1$	Dopuszczalne jeżeli mniej niż 3 szt. na każdy obszar o $\varnothing$ 200 mm			
	$1 < \varnothing \leq 3$	4 szt.	1 szt. na każdy metr bieżący obwodu szyby		
	$\varnothing > 3$	Niedopuszczalne			
M	$\varnothing \leq 1$	Dopuszczalne jeżeli mniej niż 3 szt. na każdy obszar o $\varnothing$ 200 mm			
	$1 < \varnothing \leq 2$	2 szt.	3 szt.	5 szt.	7 szt./m <sup>2</sup>
	$2 < \varnothing \leq 3$	1 szt./m <sup>2</sup>			
	$\varnothing > 3$	Niedopuszczalne			

\*Halo – obszar lokalnie zniekształcony, zwykle wokół wady punktowej, gdy wada znajduje się w tafli szkła

Tab. 23. Wady liniowe

Strefa oceny	Długości indywidualne	Suma długości	
		Powierzchnia $\leq 3$ m <sup>2</sup>	Powierzchnia $> 3$ m <sup>2</sup>
R	Bez limitu		
E	$\leq 75$ mm	$\leq 225$ mm	75 mm/m <sup>2</sup>
	$> 75$ mm		
M	$\leq 75$ mm	$\leq 225$ mm	75 mm/m <sup>2</sup>
	$> 75$ mm	Niedopuszczalne	

Tab. 24. Smugi i plamy

Strefa oceny	Plamy	Smugi
R	Bez limitu	
E	$\varnothing \leq 17$ mm - 1 szt./m <sup>2</sup>	Bez limitu
M	Dopuszczalne jeśli nie są widoczne z odległości określonej dla kontroli szyby w warunkach oświetlenia dziennego.	

*Tab. 25. Wady krawędzi*

Miejsce	Rodzaj wady
Zatępienie	Dopuszcza się niewielkie odpryski na krawędzi. Błyszczące obszary – dopuszczalne.
Szlifowanie	Odpryski na krawędzi – niedopuszczalne, możliwe występowanie nieobrobionych płamek
Polerowanie	Matowe miejsca, odpryski na krawędzi – niedopuszczalne

**Anizotropia (opalizacja)** – zjawisko powstawania tęczy, jest jedną z cech szkła obrabianego termicznie. Zjawisko to nie jest defektem, jedynie widocznym efektem procesu obróbki termicznej. Przyczyną powstania tego zjawiska są miejscowe naprężenia wewnętrzne wywołane nagłym schłodzeniem szkła w trakcie obróbki cieplnej. Naprężenia te wywołują w szkłe podwójne załamanie światła, które staje się widoczne w świetle spolaryzowanym. Światło spolaryzowane występuje w sposób naturalny w normalnym świetle dziennym, ale jego natężenie jest uzależnione od różnych czynników, takich jak warunki atmosferyczne czy kąt padania promieni słonecznych. Anizotropia swoim kształtem przypomina cienie i jest bardziej widoczna przy zmiennym kącie obserwacji w postaci barwnych obszarów zwanych polami polaryzującymi. Pola polaryzujące są widoczne na szybie obserwowanej pod niewielkim kątem również w świetle dziennym (to zjawisko łatwo można zaobserwować na hartowanych szybach samochodowych).

**Odciski od wałków (odbicie wałków)** – podczas obróbki termicznej szkła o grubość 8 mm lub grubszych oraz przy szklach cieńszych ale o większych gabarytach, mogą uwydatnić się znaki małych odcisków na powierzchni szyby. Podczas, gdy są niewidoczne z odległości określonej w normie dla danego rodzaju szkła w warunkach oświetlenia dziennego, są uznawane za dopuszczalne.

**Pofalowania od wałków** - powstają wskutek procesu hartowania termicznego szkła tworząc zniekształcenia optyczne, które są głównie zauważalne w świetle odbitym. Stanowią zniekształcenia powierzchni na skutek zetknięcia się gorącej szyby (temperatura bliska punktowi mięknięcia) z rolkami pieca. Powstają wtedy odchylenia prostoliniowości szkła. Dopuszczalne wartości pofalowania od wałków zawarte są w części dotyczącej hartowania szkła. Przy składaniu zamówień na szyby do szklenia fasad budynków zaleca się, aby klient uwzględnił zjawisko pofalowania od wałków i określił kierunek nakładania szyb do pieca hartowniczego (patrz: hartowanie kierunkowe).

**Wtrącenie siarczku niklu** – zgodnie z obowiązującą normą PN-EN 12150-1 wtrącenia siarczku niklu (NiS) są rzadkim, lecz naturalnie występującym zanieczyszczeniem szkła. W trakcie użytkowania szkło hartowane może ulec samoczynnemu pęknięciu w wyniku obecności siarczku niklu w szkłe. Podczas hartowania, cząstka siarczku niklu przechodzi przemianę polimorficzną, w wyniku czego zmienia swoją objętość wprowadzając dodatkowe naprężenia w taflę szkła. W pękniętym pod wpływem inkluzji siarczku niklu szkłe hartowanym obserwuje się

charakterystyczny, motylkowy wzór tworzony przez dwa pentagonalne lub heksagonalne kawałki szkła, w środku których znajduje się inkluzja. Pęknięcie szkła hartowanego spowodowane jego obecnością nie podlega reklamacji.

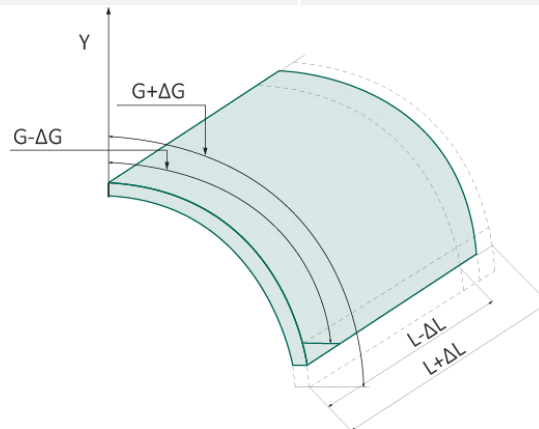
## 4.9 Szyby gięte termicznie

Szko gięte termicznie to szkło powoli podgrzewane do momentu przekroczenia temperatury plastyczności, a następnie formowane do pożądanego kształtu.

### 4.9.1 Możliwości gięcia i tolerancje

Tab. 26. Promień gięcia

Grubość szkła [mm]	Minimalne promień gięcia [mm]
4 mm	1200 mm
5-6 mm	700 mm
8-10 mm	1000 mm
12 mm	1500 mm
Maksymalny promień gięcia	10 000 mm



Rys. 18. Tolerancje szyc giętych

Tab. 27. Tolerancje szyb giętych

Tolerancja długości boku prostego $\Delta L$ i łuku $\Delta G$		Tolerancja odwzorowania kształtu		Maksymalny uskok Uskok to odchylenie jednego lub więcej naroży od płaszczyzny łączącej naroża. L – długość boku prostego	
4-8 mm grubości	2 mm/m	4-8 mm grubości	$\pm 2/3 G$	4 mm	$L \leq 1200$
10-12 mm grubości	$\pm 3$ mm/m	10-12 mm grubości	$\pm 1/2 G$	6 mm	$1200 < L < 1500$
Maksymalne dopuszczalne wypukłości				6 mm	$1500 < L < 2000$
3 mm/m - mierzona na krawędziach szkła				7 mm	$2000 < L < 2400$
4 mm/m - mierzona na środku				8 mm	$L > 2400$

## 5 SZYBY Z NADRUKIEM CERAMICZNYM

Nadruk (emalia) stanowi wielokolorowy zadruk powierzchni szkła przy wykorzystaniu tuszy ceramicznych. Nadruk ceramiczny podczas hartowania wtapia się w powierzchnię szkła i tworzy trwałą powłokę.

Szkło pokryte nadrukiem musi zostać poddane procesowi hartowania lub wzmocnienia termicznego. Wartości wytrzymałości hartowanego lub wzmocnianego termicznie szkła pokrytego emalią są mniejsze niż dla szkła bez emalii.

*UWAGA: Obróbka takiego szkła po procesie cieplnym nie jest możliwa.*

Tab. 28. Zakres grubości i wymiary szkła hartowanego z nadrukiem ceramicznym

Zakres grubość szkła [mm]	Minimalne wymiary szkła[mm]	Maksymalne wymiary szkła [mm]	Rozdzielczość nadruku [DPI]
3 - 19	150 × 350	2200 × 3600	1440
Nadruk na szkła mniejszej grubości jest możliwy po uzgodnieniu z producentem.			

### 5.1 Ograniczenia nadruku

W zależności od procesu produkcyjnego i koloru emalii szkło wyróżnia się większą lub mniejszą transmisją światła, nie jest przezroczyste. Jasne kolory zawsze wykazują się większą transmisją światła niż ciemne. Materiały umieszczone bezpośrednio na nadruku, np. uszczelniacze, kleje, panele, izolacja, uchwyty itp. są widoczne przez szkło. Strona emaliowana musi być zawsze umieszczona po stronie, na którą nie mają wpływu warunki atmosferyczne. Nadruk nie może być narażony na działanie czynników atmosferycznych.

Na widziany kolor zawsze ma wpływ kolor szkła bazowego. Możliwe są różnice w kolorze pomiędzy stroną widzialną, a stroną naniesienia druku. Typowe dla tego typu procesu, w zależności od koloru, intensywności zadruku i zastosowania są niewielkie linie w kierunku

zadruku, sporadyczne tzw. „pinholes” oraz cienie, a także pojedyncze "lekko rozmyte plamy". Szczególnie jest to widoczne przy pełnym zadruku powierzchni formatki.

*UWAGA: Zastosowania, w których szyba z nadrukiem jest widoczna z obu stron, muszą zawsze być konsultowane z producentem.*

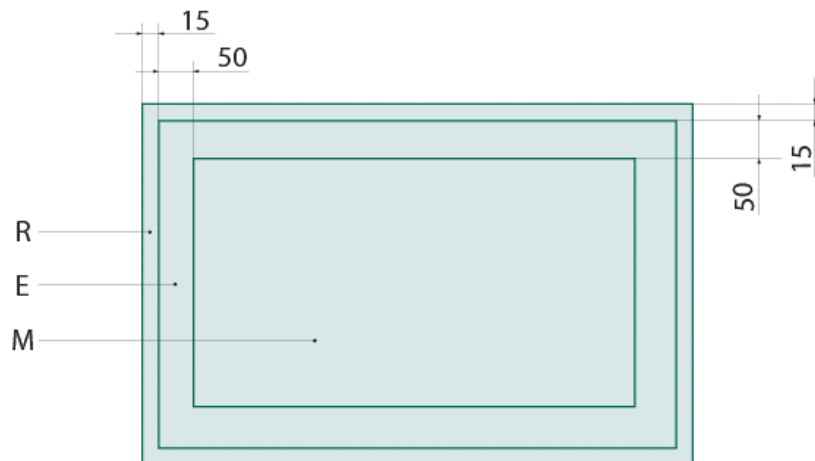
## 5.2 Ocena, wady i tolerancje szkła z nadrukiem

Ocenę prowadzi się w normalnych warunkach dziennych (lub równoważnych) od przodu szyby na nieprzezroczystym tle, bez bezpośredniego światła słonecznego lub sztucznego oświetlenia. Badanie jest zawsze prowadzone przez szkło, patrząc na powierzchnię bez warstwy nadruku.

Szkło z naniesioną emalią należy oceniać z odległości co najmniej 3 m prostopadle do jego powierzchni. Podczas badania kąt obserwacji, tworzony z linią prostopadłą do ocenianej powierzchni szkła nie powinien być większy niż 30°. Szkło, które jest widziane z obu stron, jest poddawane takiej samej ocenie. Wady widoczne z odległości mniejszej niż 3m nie są kwalifikowane jako wady.

*UWAGA1: Zaobserwowanych wad nie należy zaznaczać.*

*UWAGA2: Wady widoczne z odległości mniejszej niż określonej w normie odpowiedniej dla danego rodzaju szkła, nie są kwalifikowane jako wady.*



Rys. 19. Strefy wad tafli szklanych

**Strefa R** Strefa graniczna równa 15 mm

**Strefa E + M** Strefa główna

Dla szkielek nie przeznaczonych do instalacji w ramy ani do zespalania, wymagania dla strefy B są takie same jak dla strefy E + M.

### 5.2.1 Możliwe wady i tolerancje

*Tab. 29. Wady punktowe*

Strefa oceny	Wymiar [mm]	Tolerancje
R	Każdy wymiar	Dopuszczalne bez limitu
E + M	$\varnothing \leq 1$	Dopuszczalne jeżeli mniej niż 3 szt. na każdy obszar o $\varnothing 200$ mm
	$1 < \varnothing \leq 5$	Maksymalnie 3 szt./m <sup>2</sup> , w odstępnie $\geq 100$ mm
	$\varnothing > 5$	Niedopuszczalne

Jeśli szkło pokryte emalią zostanie użyte na jasnym podłożu lub zostanie podświetlone od strony przeciwnej do obserwatora wówczas, możliwe jest powstanie wrażenia rozgwieżdżonego nieba (względnie tworzenia się plamek, plam, smug), uwarunkowanego technologią produkcji. Przyczyną tego jest właściwość nadruku polegająca na tym, że nie jest ona całkowicie nieprzepuszczalna dla światła.

*UWAGA: Efekt ten nie jest podstawą do reklamacji.*

*Tab. 30. Wady liniowe*

Strefa oceny	Wymiar [mm]	Suma długości	
		Powierzchnia $\leq 3$ m <sup>2</sup>	Powierzchnia $> 3$ m <sup>2</sup>
R	Bez limitu	Bez limitu	
E + M	$\varnothing \leq 1$	$\leq 225$ mm	75 mm/m <sup>2</sup>
	$\leq 75$ mm	Maksymalnie 3 szt./m <sup>2</sup> , w odstępnie $\geq 100$ mm	
	$> 75$ mm	Niedopuszczalne	

Charakterystyczne dla szkła emaliowanego są delikatne paski zarówno w kierunku wzdłużnym i poprzecznym, a także pojedyncze "lekko rozmyte plamy".

*Tab. 31. Smugi i plamy*

Strefa oceny	Plamy	Suma długości
R	Bez limitu	Bez limitu
E + M	$\varnothing \leq 17$ mm	$\leq 225$ mm
	1 szt./m <sup>2</sup>	Dopuszczalne jeśli nie są widoczne z odległości określonej dla kontroli szyby w warunkach oświetlenia dziennego

### 5.2.2 Ocena powierzchni szkła z nadrukiem

Tab. 32. Ocena powierzchni szkła z nadrukiem

Opis	Strefa główna E + M		Strefa graniczna B
Wady emalii na formatkę	Max. 3 szt. o pow. nie większej niż 25 mm <sup>2</sup> / 1m <sup>2</sup>  Suma wszystkich wad: maksymalna pow. 25 mm <sup>2</sup> / 1m <sup>2</sup>		Szerokość: 3 mm Długość: bez ograniczeń
Nadmiar emalii na krawędzi	Nie dotyczy		Dopuszczalne
<b>W zależności od długości:</b>			
Tolerancja częściowego pokrycia nadrukiem/emalią*	Długość emalii:	Tolerancja:	Nie dotyczy
	≤ 2000 mm	±3,0 mm	
	> 2000 mm	±5,0 mm	
* Tolerancja dla położenia szkliva jest mierzona od punktu odniesienia. Jeśli krawędź szkła jest zatopiona, pomiar prowadzony jest od czoła szkła. W przypadku zatępienia, szlifowania lub polerowania pomiar prowadzony jest od krawędzi fazy na powierzchni szkła.			
<b>W zależności od długości krawędzi zadruku:</b>			
Tolerancja nadruku i wzorów	Długość emalii:	Tolerancja:	Nie dotyczy
	≤ 100 mm	±1,0 mm	
	≤ 1000 mm	±2,0 mm	
	≤ 2000 mm	±2,5 mm	
	≤ 3000 mm	±3,0 mm	
	≤ 4000 mm	±4,0 mm	
Defekty ≤ 0,5mm (bardzo małe błędy w szklwie – pinholes, (tzw. efekt rozgwieżdżonego nieba) są dopuszczalne i nie są brane pod uwagę. Naprawy defektów za pomocą emalii ceramicznych przed procesem hartowania są dopuszczalne. Naprawiane rozbieżności nie mogą być widoczne z odległości 3 metrów.			

### 5.2.3 Tolerancje kolorów

Rzeczywisty kolor emalii można określić oglądając zahartowaną próbkę przez niemalowaną stronę szkła. Istnieje możliwość wystąpienia różnic kolorów dobieranych w oparciu o systemy standardowe. Różnice kolorów wynikają z wielu czynników i nie ma możliwości ich wyeliminowania. Określone poniżej czynniki mają wpływ na ocenę rozpoznawalnych różnic kolorystycznych pomiędzy dwoma taflami szkła pokrytego nadrukiem ceramicznym. Wpływ na odbiór koloru będzie miała również budowa pakietu szybowego użytego do projektu (rodzaj szkła, folia), każdorazowo powinna być wykonywana próbka którą zatwierdza klient.

#### UWAGA:

*Nadruk na pozycji 2 i 3: W przypadku laminacji szkła z nadrukiem cyfrowym/sitodrukiem zlokalizowanym na pozycji 2 lub 3 (od strony folii laminacyjnej), bezwzględnie obowiązuje*

*zachowanie marginesu (odstępu) minimum 5 mm od krawędzi formatki. Niezastosowanie się do tego wymogu niesie za sobą wysokie ryzyko delaminacji szkła. Niedotrzymanie powyższego warunku projektowego skutkuje całkowitą utratą gwarancji na produkt.*

*Nadruk na pozycji 1 i 4: Zadruk wykonywany bezpośrednio do zewnętrznej krawędzi szkła jest dopuszczalny i możliwy do realizacji wyłącznie w przypadku aplikacji nadruku na pozycjach zewnętrznych, tj. na pozycji 1 lub 4.*

*Wpływ na kolorystykę: Dodatkowo należy pamiętać, że laminacja przy zastosowaniu innej barwy międzywarstwy (folii) niż transparentna (przezroczysta) wpłynie na zmianę końcowego odcienia i percepcję kolorystyczną nadruku.*

#### **5.2.4 Wpływ typu szkła bazowego na kolor nadruku**

Barwa szkła bazowego zależna jest od danego producenta, grubości szkła, czy partii produkcyjnej, co wpływa na końcową barwę szkła z nadrukiem. Kolor zależy również od stopnia pokrycia warstwą farby ceramicznej. Pokryte powierzchnie ze względu na stosunkowo cienkie warstwy nadruku ceramicznego, nie są całkowicie nieprzepuszczalne dla światła. Światło widzialne docierające do wypalanej emalii jest częściowo absorbowane, a częściowo odbijane. Powoduje to możliwość różnego odbioru koloru emalii zależnie od panujących warunków oświetleniowych.

*UWAGA: Ocena szkła z nadrukiem odbywa się zawsze po procesie hartowania.*

#### **5.2.5 Wpływ rodzaju zastosowanej emalii**

Emalia ceramiczna wykonana jest z materiałów nieorganicznych, które odpowiadają za określony kolor. Sama emalia może mieć nieznaczące odchylenia od wyjściowego koloru, dlatego porównania koloru emalii można dokonać jedynie w ramach jednej partii produkcyjnej. Dla wykonania niestandardowych barw i wzorów nadruków lub specjalnych wymagań Klienta zakłada się możliwość wykonania próbki wzorcowej i zatwierdzenia jej przez klienta. Kolory uzyskane metodą druku cyfrowego zawsze będą różnić się od wskazanych kolorów we wzornikach oraz od kolorów w przesłanych zdjęciach.

*UWAGA1: Producent nie gwarantuje zachowania identycznych odcieni barwy na sztukach wyprodukowanych z kilku partii tuszu ceramicznego.*

*UWAGA2: W przypadku realizacji danego projektu w kilku etapach, firma ML System nie może zagwarantować powtarzalności koloru. Na przestrzeni długiego okresu czasu znacząco wzrasta ryzyko różnic w finalnym kolorze, głównie z powodu zwiększonej możliwości użycia tuszu lub szkła z inne partii niż te które zostały użyte na początku realizacji projektu.*

## 6 GRAWEROWANIE SZKŁA

Grawerowanie szkła jest wykonywane przy pomocy lasera, który zapewnia precyzyjny sposób grawerowania na powierzchni szkła pożądaných wzorów, liter oraz grafik. Możliwe jest grawerowanie wszelkiego rodzaju wzorów po uzgodnieniu z producentem i akceptacji Klienta. Tolerancje i wymiary stosowane jak w przypadku szkła pojedynczego.

*Tab. 33. Zakres grubości i wymiary szkła grawerowanego*

Zakres grubość szkła [mm]	Minimalne wymiary szkła [mm]	Maksymalne wymiary szkła [mm]
3 - 100	150 × 350	2200 × 4000

- grawerowanie powierzchniowe to grawerowanie na powierzchni szkła. Można je wykonać na szkle już hartowanym lub szkło grawerowane poddać obróbce hartowania.

- grawerowanie podpowierzchniowe to grawerowanie wewnątrz powierzchni szkła. Stosuje się wówczas jako minimalne grubości szkła 5 mm.

### 6.1 Wady nie podlegająca reklamacji

Podczas grawerowania powierzchniowego szkła mogą pojawić się charakterystyczne pęgi, co jest naturalnym procesem obróbki grawerowanej i nie jest traktowane jako przedmiot reklamacji. Efekt ten będzie bardziej zauważalny przy dużych powierzchniach szyb.

## 7 SZKŁO WZMACNIANE TERMICZNIE (TVG)

Szyby półhartowane (TVG) wg PN-EN 1863 uzyskuje się na drodze obróbki termicznej. Ma ona na celu zwiększenie wytrzymałości mechanicznej i termicznej szyb. Różnice pomiędzy szkłem półhartowanym, a hartowanym polegają przede wszystkim na odmiennej siatce spękań oraz mniejszej wytrzymałości szkła TVG względem ESG. W razie rozbicia, termicznie wzmocnione szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe pęka w sposób podobny do tego, w jaki pęka szkło odprężone (np. float).

Charakter procesu wzmocniania termicznego uniemożliwia otrzymanie wyrobu tak płaskiego jak szkło odprężone. Różnica w płaskości zależy od typu szkła, np. powlekane, wzorzyste itp. wymiarów szkła, tj. nominalnej grubości, wymiarów i stosunku między wymiarami oraz zastosowanego procesu, tj. pionowego lub poziomego.

W przypadku procesu poziomego wyróżnia się następujące rodzaje odkształceń:

- wypukłość całkowitą,
- pofalowanie od rolek,
- obrzeże podniesione.

Wszelkie obróbki szkła należy wykonywać przed wzmocnieniem termicznym. W tabeli poniżej przedstawiono różnice w wytrzymałościach szkła po procesach TVG i ESG.

*UWAGA: Szkło póhartowane nie jest szkłem bezpiecznym.*

*Tab. 34. Wartość wytrzymałości mechanicznej dla szkła TVG i ESG.*

Rodzaj szkła	Szkło póhartowane (TVG) [N/mm <sup>2</sup> ]	Szkło hartowane (ESG) [N/mm <sup>2</sup> ]
bezbarwne, powlekane	120	70
emaliowane	75	56
wzorzyste i płaskie ciągnięte	90	55

## 8 SZKŁO WZMACNIANE CHEMICZNE (CVG)

Szkło wzmocniane chemicznie (CVG - Chemically Strengthened Glass) to materiał, który dzięki procesowi wzmocnienia chemicznego uzyskuje wyjątkową wytrzymałość na uszkodzenia mechaniczne i różnice temperatur. W porównaniu do szkła tradycyjnie hartowanego, szkło CVG charakteryzuje się większą odpornością na zginanie oraz inne typy naprężeń. Proces wzmocnienia polega na zanurzeniu szkła w specjalnym roztworze chemicznym, który powoduje wymianę jonów na powierzchni materiału, co prowadzi do wytworzenia napięć wewnętrznych i zwiększenia twardości zewnętrznej warstwy szkła.

**UWAGA:** Należy jednak pamiętać, że szkło wzmocniane chemicznie **nie jest szkłem bezpiecznym**. Oznacza to, że w przypadku pęknięcia lub uszkodzenia, nie rozpada się ono na drobne, nieostre kawałki, jak ma to miejsce w przypadku szkła hartowanego czy laminowanego. Szkło CVG może pękać w sposób bardziej kanciasty, co może stwarzać ryzyko skaleczenia, szczególnie w sytuacjach, gdy szkło jest narażone na silne uderzenia lub działanie wysokiej temperatury. Pomimo że szkło wzmocniane chemicznie oferuje wiele korzyści, takich jak zwiększona wytrzymałość i mniejsza waga, w jego zastosowaniach zawsze należy kierować się odpowiednimi normami bezpieczeństwa i dobierać je do takich miejsc, gdzie ryzyko uszkodzenia nie stanowi zagrożenia dla użytkowników.

### 8.1 Wymiary i tolerancje

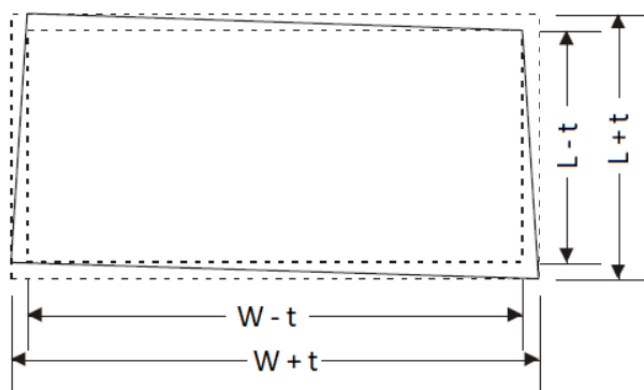
*Tab. 35. Grubość i tolerancje*

Grubość nominalna szkła [mm]	Tolerancja [mm]
1	± 0,1
1,3	± 0,1
1,6	± 0,1

2	$\pm 0,2$
3	$\pm 0,2$
4	$\pm 0,2$
5	$\pm 0,2$
6	$\pm 0,2$
8	$\pm 0,3$
10	$\pm 0,3$
12	$\pm 0,3$

Tab. 36. Tolerancje szerokości,  $W$  i długości  $L$

Nominalne wymiary boku, $W$ lub $L$ [mm]	Tolerancje, $t$ [mm]
$\leq 2000$	$\pm 2,5$
$2000 < H$ lub $B \leq 3000$	$\pm 3,0$
$> 3000$	$\pm 4,0$



Rys. 20. Granice tolerancji wymiarów szyb prostokątnych

## 9 SZKŁO HOMOLOGOWANE

Szko homologacyjne spełnia wysokie wymagania jakościowe w odniesieniu do szkła hartowanego oraz laminowanego zgodnie z Regulaminem nr 43 EKG ONZ i przeznaczone jest do stosowania w pojazdach branży mobility takich jak autobusy, pociągi itp.

## 10 SZKŁO WARSTWOWE/ LAMINOWANE

Szkło warstwowe to zespół dwóch lub więcej szkieł (np. odprężonych, hartowanych) połączonych jedną lub wieloma międzywarstwami w postaci folii, która zapobiega rozwarstwieniu szyb w przypadku pęknięcia. Dzięki elementowi folii spajającej dwa szkła, szkło warstwowe zyskuje właściwości szkła bezpiecznego.

### 10.1 Tolerancje wymiarów

*Tab. 37. Tolerancja długości boków dla formatek prostokątnych [mm]*

Szerokość lub długość [mm]	Grubość szkła warstwowego ≤ 8 mm	Grubość szkła warstwowego > 8 mm	
		Grubość pojedynczej składowej < 10 mm	Grubość pojedynczej składowej ≥ 10 mm
≤ 2000	+3,0/-2,0	+3,5/-2,0	+5,0/-3,5
≤ 3000	+4,5/-2,5	+5,0/-3,0	+6,0/-4,0
> 3000	+5,0/-3,0	+6,0/-4,0	+7,0/-5,0

*Tab. 38. Różnica długości przekątnych dla formatek prostokątnych [mm]*

Szerokość lub długość [mm]	Grubość szkła warstwowego ≤ 8 mm	Grubość szkła warstwowego > 8 mm	
		Grubość pojedynczej składowej < 10 mm	Grubość pojedynczej składowej ≥ 10 mm
< 2000	6	7	9
< 3000	8	9	11
> 3000	10	11	13

#### 10.1.1 Grubość laminatu

UWAGA: Pomiaru grubości laminatu dokonuję się na środkach krawędzi, czterech boków. Oblicza się średnią i zaokrągla do 0,1mm.

*Tab. 39. Tolerancja dla grubości szkła [mm]*

Grubość	Odchyłki
2 - 6	± 0,2
8 - 12	± 0,3

*Tab. 40. Graniczne odchyłki grubości międzywarstwy dla szkła warstwowego [mm]*

Grubość międzywarstwy	Odchyłki
-----------------------	----------

$\leq 2$	$\pm 0,1$
$> 2$	$\pm 0,2$

Tab. 41. Przykładowa budowa szkła warstwowego.

Grubość międzywarstwy	Grubość
VSG 44.1mm	8,38mm
VSG 44.2 mm	8,76mm
VSG 55.2mm	10,76mm
VSG 66.4mm	13,52mm

Przykład obliczania tolerancji dla gotowego laminatu: float 4mm/PVB 0,76mm/float 4mm

Odchyłka dla float 4mm = 0,2mm

Odchyłka dla folii PVB 0,76 mm = 0,1mm

$0,2\text{mm} + 0,1\text{mm} + 0,2\text{mm} = 0,5\text{mm}$

Uwaga 1: Dwie pierwsze liczby odpowiadają grubości szkła, wartość po kropce odpowiada wielokrotności folii 0,38mm.

Uwaga 2: Należy mieć na uwadze że folia 0,38 po laminacji (netto) ma 0,25mm.

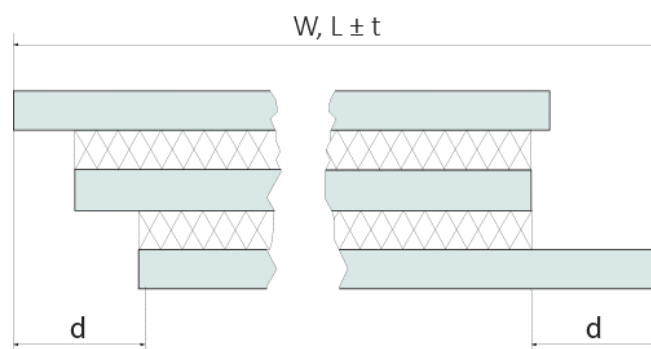
### 10.1.2 Przesunięcie tafli

L,W – Długość i szerokość szkła,

d – przesunięcie między taflami.

Tab. 42. Wartość przesunięcia, d

Szerokość, W lub długość, L [mm]	Przesunięcie [mm]
$L, W \leq 1000$ mm	2
$1000 \text{ mm} < L, W \leq 2000$ mm	3
$2000 \text{ mm} < L, W \leq 4000$ mm	4
$L, W > 4000$ mm	6



Rys. 20. Przesunięcie szkła warstwowego

### **10.1.3 Płaskość**

Płaskość szkła warstwowego zależy od płaskości części składowych i mogą na nią wpływać warunki produkcyjne.

*UWAGA: Wymagania szczególne dotyczące płaskości należy ustalić przed złożeniem zamówienia.*

## **10.2 Ograniczenia**

### **10.2.1 Stabilność krawędzi szkła warstwowego**

Narażenie krawędzi szkła warstwowego na działanie: uszczelnień, czynników chemicznych lub fizycznych może skutkować pogorszeniem jakości (np. odbarwieniem, spadkiem adhezji między szkłem i międzywarstwą, delaminacją). Wszystkie materiały będące w bezpośrednim kontakcie ze szkłem warstwowym muszą być kompatybilne z jego składowymi. Szczególną uwagę należy zwrócić na obecność wilgoci w bezpośrednim kontakcie z krawędziami szkła warstwowego. Kondensacja pary wodnej lub bezpośrednie narażenie na działanie wody wpływa negatywnie na właściwości szkła laminowanego.

### **10.2.2 Szkło warstwowe ze szkła hartowanego**

Z uwagi na pofalowanie powierzchni, całkowite wygięcie czy anizotropię, jakość szkła warstwowego hartowanego będzie inna niż w przypadku szkła warstwowego odprężonego.

### **10.2.3 Międzywarstwa**

Szkło warstwowe z kolorowymi lub matowymi międzywarstwami może z czasem nieznacznie zmienić odcień z powodu warunków atmosferycznych m.in. promieniowanie (UV). Ze względu na proces nakładania powłoki, zawartość tlenku żelaza w szkło, zmianę grubości szkła i konstrukcji szkła warstwowego, mogą nieznacznie powodować różnice w kolorze pomiędzy szybami tego samego typu, pochodzącymi z różnych partii produkcyjnych.

Każda międzywarstwa ma nieznaczny stopień zamglenia określanej jako „haze”. W przypadku zwiększenia ilości międzywarstw stopień zamglenia może być bardziej widoczny. Dodatkowe efekty optyczne typu: plamy, paski, smugi mogą być widoczne.

*UWAGA: Zjawisko utraty pierwotnego koloru folii oraz ww. nie mogą być powodem do złożenia reklamacji.*

## **10.3 Ocena powierzchni szkła warstwowego**

### **10.3.1 Metoda oceny**

Szkło warstwowe należy ustawić w pozycji pionowej i równoległej do matowego, szarego ekranu przy jasnym, rozproszonym świetle dziennym lub równoważnym. Obserwator powinien

znajdować się w odległości 2 m od szkła, obserwując je prostopadle. Matowy ekran powinien znajdować się za szkłem. Zaobserwowane wady należy zaznaczyć.

### 10.3.2 Obszar oceny

Stosowane są takie obszary oceny jak dla szkła hartowanego. Szerokość obszaru granicznego dla tafli o wymiarze  $\leq 5\text{m}^2$  wynosi 15mm, a dla tafli  $> 5\text{m}^2$  wynosi 20mm.

### 10.3.3 Definicje wad

<b>Wady punktowe</b>	Nieprzeźroczyste plamki, pęcherze oraz wtrącenia ciał obcych.
<b>Wady liniowe</b>	Wtrącenia ciał obcych, rysy oraz zadrapania i otarcia.
<b>Wady szkła</b>	Pęknięcia, szczeliny.
<b>Wady międzywarstwy</b>	Zmarszczki, skurcze, smugi.

### 10.3.4 Dopuszczalne wady punktowe

Dopuszczalne wady punktowe w szkłe laminowanym są niezależne od indywidualnej grubości szkła. Ilość dopuszczalnych wad punktowych wzrasta o 1 dla każdej warstwy, której grubość jest większa od 2 mm.

Tab. 43. Dopuszczalne wady punktowe

Ilość szyb składowych	Wielkość wady d [mm]	0,5 < d ≤ 1,0	1,0 < d ≤ 3,0			
			Powierzchnia szyby A [m <sup>2</sup> ]	Dowolna powierzchnia	A ≤ 1	1 < A ≤ 2
2	Ilość lub zagęszczenie dopuszczalnych wad	Bez ograniczeń (nie mogą tworzyć skupisk)	1	2	1/m <sup>2</sup>	1,2/m <sup>2</sup>
3			2	3	1,5/m <sup>2</sup>	1,8/m <sup>2</sup>
4			3	4	2/m <sup>2</sup>	2,4/m <sup>2</sup>
≥ 5			4	5	2,5/m <sup>2</sup>	3/m <sup>2</sup>

*Wady mniejsze niż 0,5 mm nie są brane pod uwagę. Wady większe niż 3 mm są niedopuszczalne.*

Tab. 44. Dopuszczalne wady liniowe

Skupisko wad występuje wtedy, gdy cztery lub więcej wad znajduje się w :	2 warstwy	3 warstwy	4 warstwy	Więcej niż 5 warstw
Odległości [mm]	200	180	150	100

### 10.3.5 Dopuszczalne wady liniowe w polu widzenia

Tab. 45. Dopuszczalne wady liniowe

Wady liniowe o długości mniejszej niż 30 mm są dopuszczalne	
Powierzchnia szyby [m <sup>2</sup> ]	Liczba dopuszczalnych wad o długości >30 mm
≤ 5	Niedopuszczalne
5 do 8	1
> 8	2

*Tab. 46. Pozostałe wady*

Rodzaj wady	Tolerancja
Pęknięcia	Niedopuszczalne
Zmarszczki i smugi	Niedopuszczalne w polu widzenia
Odpryski i pęcherzyki krawędzi	Dopuszczalne, jeśli nie są zauważalne podczas badania
Wady o $\varnothing \leq 5$ mm	Dopuszczalne w pasie przewidzianym do obramowania i w pasie granicznym
Wady międzywarstw	Niedopuszczalne w obszarze widocznym; Cofnięcia są dopuszczalne

*Tab. 47. Wady w pasie granicznym*

Miejsce występowania wady	Wada
Pas graniczny przewidziany do obramowania	Jeżeli występują pęcherze, obszar występowania nie powinien przekroczyć 5% powierzchni pasa granicznego
Pas graniczny nie przewidziany do obramowania	Dopuszcza się wady, które nie są zauważalne podczas badania.

## 10.4 Testy dodatkowe

Na specjalne zlecenie Klienta można wykonać dodatkowe testy potwierdzające jakość wykonania szkła warstwowego. Potwierdzeniem jakości jest test wytrzymałościowy spadku kuli na próbkę testową tzw. ball drop test oraz test wytrzymałości termicznej podczas wygrzewania tzw. bake test. W przypadku chęci woli przeprowadzenia dodatkowych testów dla danej partii produktów należy przedstawić zapytanie o ball drop test i bake test przed złożeniem zamówienia.

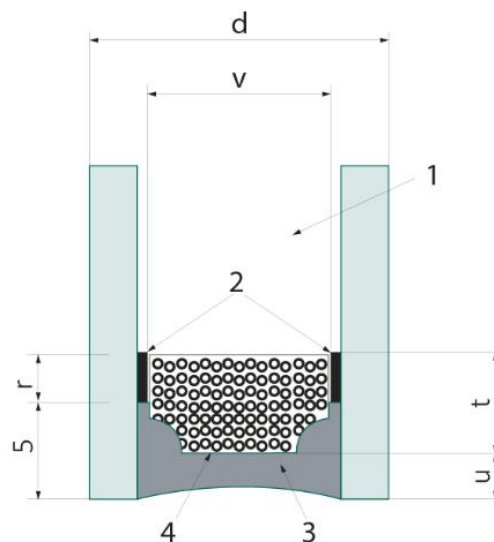
## 10.5 Znakowanie

Wg PN-EN 14449 nie jest wymagane trwałe oznakowanie wyrobów ze szkła warstwowego i bezpiecznego szkła warstwowego.

## 11 SZYBY ZESPOLONE

Izolacyjna szyba zespolona to zespół składający się co najmniej z dwóch lub więcej tafli szkła, oddzielonych jedną lub kilkoma ramkami dystansowymi, hermeticznie uszczelnionymi wzdłuż obrzeża.

- 1 - przestrzeń międzyszybowa
- 2 - szczeliwo wewnętrzne
- 3 - szczeliwo zewnętrzne
- 4 - ramka dystansowa, zawierająca środek osuszający



Rys. 21. Schemat budowy szyby zespolonej

- d - całkowita grubość zespolenia*
- r - średnia wysokość wewnętrznego szczeliwa na powierzchni szkła*
- t - wysokość ramki dystansowej*
- u - średnia efektywna wysokość zewnętrznego szczeliwa ponad ramką dystansową*
- v - szerokość ramki dystansowej*

### 11.1 Typy szyb zespolonych

**Typ A** – warunki instalacji, gdzie obrzeże jest chronione przed UV i brak stałych sił ścinających w uszczelnieniu szyby zespolonej.

**Typ B** – warunki instalacji, gdzie co najmniej jedna krawędź bez ochrony przed UV, brak stałych sił ścinających w uszczelnieniu szyby zespolonej.

**Typ C** – szyby przyklejone do drzwi, okien, drzwi i fasad kurtynowych, z możliwymi siłami ścinającymi w uszczelnieniu oraz z lub bez stałego oddziaływania UV.

Stałe siły ścinające mogą być wyeliminowane dzięki mechanicznemu podparciu, które przenosi ciężar.

## 11.2 Tafle szklane

Tafle szklane stanowią podstawowe składowe wyszczególnione w poprzednich częściach normy zakładowej. Należą do nich m.in.:

- szkło float
- szkło termicznie hartowane
- szkło termicznie wzmocnione
- szkło chemicznie wzmocnione
- szkło z nadrukiem ceramicznym
- szkło grawerowane
- szkło warstwowe

## 11.3 Rodzaj szczeliwa

**Butyl** – poliizobutylen, szczeliwo wewnętrzne.

**Polisulfid, poliuretan (tzw. tiokol)** – szczeliwo zewnętrzne, które nie może mieć kontaktu z bezpośrednim promieniowaniem ultrafioletowym.

**Silikon** – szczeliwo zewnętrzne, które może mieć kontakt z bezpośrednim promieniowaniem ultrafioletowym.

*UWAGA: W przypadku odkrytych krawędzi szyb zespolonych i/lub szyb zespolonych stepowanych, dopuszczalne są niewielkie widoczne zmiany koloru wymieszanej masy silikonowej w tym przebarwienia, smugi i zabrudzenia na krawędzi.*

## 11.4 Ramki dystansowe

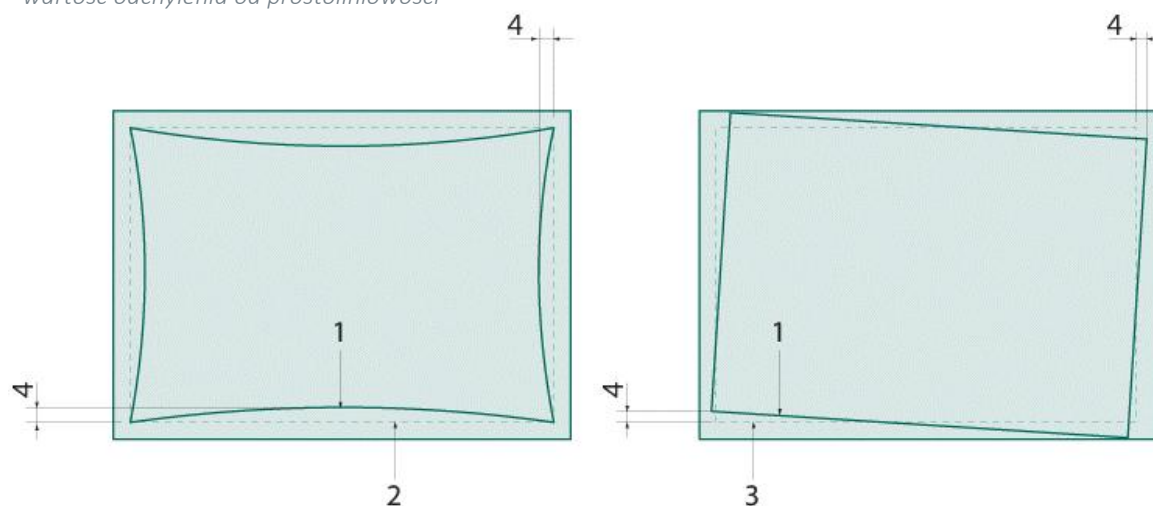
Stosowane ramki dystansowe są gięte w narożach oraz łączone na bokach w maksimum 4 miejscach (przerwa w łączeniu ramek nie może być większa niż 1 mm) i dotyczy każdej z komór szyby zespolonej oraz do powierzchni 6m<sup>2</sup> i szyb prostokątnych.

Widoczny materiał surowy (np. w postaci srebrnej linii), elementy łączące i nieznaczne odbarwienia, zarysowania w obrębie cięcia uwarunkowane są procesem produkcji.

### 11.4.1 Tolerancje ułożenia ramki dystansowej

W przypadku szyby jednokomorowej tolerancja na prostoliniowość ramki dystansowej wynosi 4 mm do długości 3,5 m oraz 6 mm dla większych długości szyb.

- 1 – ramka dystansowa
- 2 – teoretyczny kształt ramki dystansowej
- 3 – teoretyczna pozycja ramki dystansowej
- 4 – wartość odchylenia od prostoliniowości



Rys. 22. Tolerancje prostoliniowości ramki dystansowej

Dopuszczalne odchylenie ramki dystansowej w stosunku do równoległej prostej krawędzi szkła lub do innych ramek dystansowych (np. w szybie dwukomorowej) wynosi 3 mm dla długości krawędzi do 2,5 m. Dla większych długości szyb dopuszczalne odchylenie wynosi 6 mm. Wartość ta zapewnia doskonałą stabilność całej szyby izolacyjnej po uszczelnieniu szczeliwem wewnętrznym i zewnętrznym.

*UWAGA: Wizualnie mogą być widoczne obie ramki oraz ich ewentualne wzajemne przesunięcie w ramach podanej tolerancji, jednak pozostaje to bez wpływu na funkcjonalność oraz żywotność wyrobu.*

## 11.5 Znakowanie szyb zespolonych

Sposób oznakowania szyb zespolonych jest zgodny z normą PN-EN 1279-5.

## 11.6 Znak CE

Symbol oznakowania CE jest umieszczony na naklejonej etykiecie (gdy nie jest to możliwe, wówczas na opakowaniu lub w załączonej dokumentacji).

## 11.7 Wymagania dla szyb zespolonych

Dobór wymiarów, budowy, rodzaju użytych szkła i właściwości szyby zespolonej powinien wynikać z obliczeń projektowych, uwzględniających warunki jej zastosowania.

W przypadku izolacyjnych szyb zespolonych o kształcie prostokąta, należy podać najpierw wymiar szerokości W, a następnie wymiar długości L. Wymiary należy podawać w pełnych milimetrach, a kolejność szyb składowych począwszy od szyby zewnętrznej.

W przypadku zastosowania w szybie zespolonej dwukomorowej dwóch szyb ze szkła powłokowego (w tym jednej jako środkowej), ze względu na obciążenie termiczne zaleca się jej zahartowanie. Podobnie w przypadku szkła o podwyższonym wskaźniku absorpcji energii również zaleca się jej hartowanie. Jednakże ostateczna decyzja i ryzyko należy do klienta.

W projektowaniu szyby zespolonej należy również uwzględnić dopuszczalne temperatury pracy poszczególnych składowych szyby zespolonej. Trwałość szyby zespolonej jest zapewniona poprzez spełnienie warunków normy PN-EN 1279.

W przypadku wystąpienia szkła powłokowego, należy określić w zamówieniu usytuowanie powłoki refleksyjnej w szybie zespolonej. Zalecana poz. 2 lub 3, a w szybie 2-komorowej także 4 i 5. Zaleca się przekazywanie danych wymiarowych na podstawie dokładnych rysunków w postaci plików dxf, dwg itp.

*UWAGA: Jeżeli w zamówieniach zawierających szkło ornamentowe, nie określono sposobu ułożenia wzoru ornamentu, wówczas standardowo przyjmuje się, iż ma on być ułożony wzdłuż wymiaru, który jest wysokością szyby w zamówieniu.*

### 11.7.1 Szyby zespolone typu spandrel

Ze względu na specyfikę konstrukcji przestrzeni nieprzeziernych (spandrel), charakteryzujących się wysoką absorpcją promieniowania słonecznego, wewnątrz pasa podokiennego mogą występować ekstremalnie wysokie temperatury.

W przypadku braku zapewnienia prawidłowej (zgodnej z projektową) wentylacji i odprowadzenia ciepła z przestrzeni za spandrelem, dopuszcza się możliwość wystąpienia zjawisk reologicznych i termicznych w pakietach szybowych, takich jak:

- wypływanie uszczelnienia pierwotnego (butylu) poza przestrzeń ramki dystansowej,
- rozszczelnienie pakietów szyb zespolonych (utrata szczelności bariery wtórnej),
- destrukcja termiczna zespolenia, wady optyczne lub pęknięcia termiczne szkła.

Wyłączenie odpowiedzialności gwarancyjnej:

Powyższe zjawiska, wywołane wadami projektowymi lub wykonawczymi w zakresie wentylacji fasady przez podmioty trzecie, nie stanowią wady fabrycznej wyrobu i nie podlegają roszczeniom gwarancyjnym.

Ponadto, uprawnienia z tytułu gwarancji na pakiety spandrel we wspomnianych obszarach zostają bezwzględnie wyłączone, jeżeli:

1. Do uszczelnienia wtórnego pakietów użyto materiału na bazie polisiarczku (tiokolu) zamiast dedykowanego silikonu odpornego na wysokie temperatury i promieniowanie UV.
2. W pakiecie nie zastosowano szkła przeciwsłonecznego o wysokich parametrach selektywności, tj. o transmisji światła  $LT < 60\%$ .

## 11.8 Szyby zespolone inne niż prostokątne

Dopuszcza się, po uzgodnieniu między klientem, a producentem, produkcję szyb zespolonych o innych kształtach niż prostokątne. W tym przypadku orientacja widoku (z zewnątrz – od wewnątrz) każdorazowo podlega uzgodnieniu między klientem, a producentem.

## 11.9 Tolerancje szyb zespolonych

*Tab. 48. Odchyłki grubości szyb zespolonych w stosunku do grubości nominalnej*

Rodzaj szyby zespolonej	Tafle składowe	Tolerancja grubości szyby zespolonej*
Jednokomorowa	Wszystkie tafle to odprężone szkło float	$\pm 1,0$ mm
	Co najmniej jedna tafle to szkło warstwowe, wzorzyste lub nieodprężone szkło	$\pm 1,5$ mm
Dwukomorowa	Wszystkie tafle to odprężone szkło float	$\pm 1,4$ mm
	Co najmniej jedna tafle to szkło warstwowe, wzorzyste lub nieodprężone szkło	+ 2,8 mm -1,4 mm
Dla figur nieszablonych minimalne dopuszczalne tolerancje dla długości boków oraz różnicy przekątnych należy zwiększyć o wartość $\pm 3,0$ mm dla poszczególnych grubości szkła.		

*UWAGA: Masa uszczelniająca zespolenia może wystawać poza uszczelnienie obrzeża w przestrzeń międzyszybową i na szybę.*

## Dopuszczalne wypytki butylu w szybach zespolonych

W szybach zespolonych dopuszczalne są niewielkie wypytki butylu, które nie wpływają na ich funkcjonalność, tj. szczelność, adhezję do ramki i szkła.

Wielkość dopuszczalnych wypytek butylu, do wnętrza przestrzeni międzyszybowej:

- Wzdłuż ramki: do 2 mm.
- W narożach: do 5 mm.

Dopuszczalne jest również pofalowanie butylu, czyli nierównomierne nałożenie, w granicach tolerancji jak dla wypytek. Niedopuszczalne są natomiast jakiegokolwiek przerwy w butylu na całym obwodzie szyby.

Należy pamiętać, że wypytki butylu mogą być spowodowane:

- podwyższoną temperaturą panującą wewnątrz szyby zespolonej,
- zbyt dużą siłą ściskającą w obrębie mocowania szyby,
- niekompatybilnością materiałów użytych przy montażu na budowie.

W takich przypadkach reklamacja może zostać odrzucona.

## 11.10 Ocena szyby zespolonej

Na podstawie PN-EN 1279-1 ocenia się jakość izolacyjnych szyb zespolonych typu A, B i C (punkt 11.1) wykonanych ze szklanych elementów składowych. Ocenę należy przeprowadzać w warunkach światła przechodzącego (w transmisji), a nie w świetle odbitym (należy patrzeć „przez szybę”, a nie „na szybę”), z odległości minimum 3 metrów od płaszczyzny szyby. Izolacyjne szyby zespolone oceniane z zewnątrz, powinny być oceniane w warunkach instalacji. Czas obserwacji nie powinien przekraczać 1 minuty na m<sup>2</sup> szyby.

*UWAGA: Wady nie powinny być oznaczone na szybie i ocena powinna być przeprowadzana w warunkach rozproszonego światła dziennego (np. zachmurzone niebo), bez bezpośredniego światła słonecznego lub sztucznego oświetlenia.*

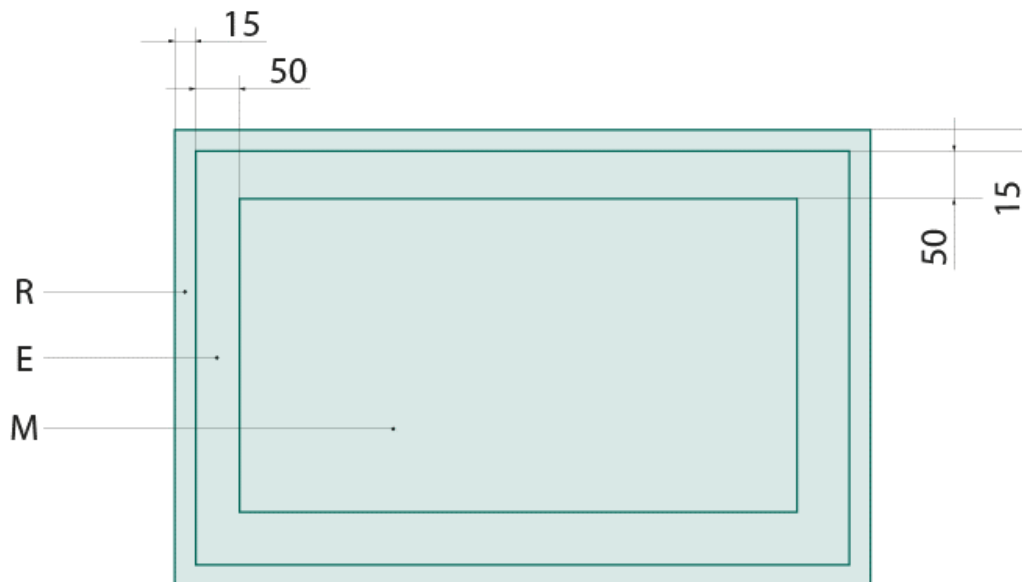
### 11.10.1 Obszar oceny

**Strefa R (graniczna)** – strefa 15 mm zwykle pokryta ramą lub odpowiadająca uszczelnieniu obrzeża w przypadku nieobramowanej krawędzi.

**Strefa E (brzegowa)** - strefa na krawędzi widocznego obszaru o szerokości 50 mm.

**strefa M** – strefa główna/środkowa

Dla szkielek nie przeznaczonych do instalacji w ramy ani do zespalania, wymagania dla strefy R są takie same jak dla strefy E.



Rys.23. Strefy wad tafli szklanych

### 11.10.2 Dopuszczalne wady punktowe

Tab. 49. Dopuszczalna liczba wad punktowych

Strefa oceny	Wymiar wady [Ø w mm] (wyłączając „halo”*)	Powierzchnia szyby S [m <sup>2</sup> ]			
		S ≤ 1	1 < S ≤ 2	2 < S ≤ 3	S > 3
R	Każdy wymiar	Bez limitu			
E	Ø ≤ 1	Dopuszczalne jeżeli mniej niż 3 szt. na każdy obszar Ø ≤ 200 mm			
	1 < Ø ≤ 3	4 szt.	1 szt. na każdy metr bieżący obwodu szyby		
	Ø > 3	Niedopuszczalne			
M	Ø ≤ 1	Dopuszczalne jeżeli mniej niż 3 szt. na każdy obszar Ø ≤ 200 mm			
	1 < Ø ≤ 2	2 szt.	3 szt.	5 szt.	5 szt.+ 2/ m <sup>2</sup>
	Ø > 2	Niedopuszczalne			

\*„Halo” – obszar lokalnie zniekształcony, zwykle wokół wady punktowej, gdy wada znajduje się w tafli szkła

### 11.10.3 Dopuszczalne zabrudzenia

Tab. 50. Dopuszczalna liczba zabrudzeń w postaci kropek i plam

Strefa oceny	Wymiar [Ø w mm] i typ wady	Powierzchnia szyby S [m <sup>2</sup> ]	
		S ≤ 1	S > 1
R	Każdy wymiar	Bez limitu	
E	Kropki Ø ≤ 1	Bez limitu	
	Kropki 1 < Ø ≤ 3	4 szt.	1 szt. na każdy metr obwodu
	Plama Ø ≤ 17	1 szt.	
	Kropki Ø > 3 i plama > Ø 17	Maksymalnie 1 szt.	
M	Ø ≤ 1	Maksymalnie 3 szt. na każdy obszar Ø ≤ 200 mm	
	Kropki 1 < Ø ≤ 3	Maksymalnie 2 szt. na każdy obszar Ø ≤ 200 mm	
	Kropki Ø > 3 i plama > Ø 17	Niedopuszczalne	

### 11.10.4 Dopuszczalne wady liniowe

Tab. 51. Dopuszczalna liczba zabrudzeń w postaci kropek i plam

Strefa oceny	Długości indywidualne [mm]	Suma długości [mm]
R	Bez limitu	
E	≤ 30	≤ 90
M	≤ 15	≤ 45

### 11.10.5 Dopuszczalna liczba wad dla szyby innej niż wykonanej z dwóch tafli szkła

Dopuszczalna liczba wad określona dla jednokomorowej izolacyjnej szyby zespolonej wykonanej z dwóch tafli szkła monolitycznego jest zwiększana o 25 % na każdy dodatkowy szklany element składowy (w przypadku zespolenia wieloszybowego lub elementu składowego szkła warstwowego). Liczba dopuszczalnych wad jest zawsze zaokrąglana w górę.

Przykłady:

1. Aby określić liczbę dopuszczalnych wad dla dwukomorowej izolacyjnej szyby zespolonej, wykonanej z 3 tafli szkła monolitycznego, należy wartości dopuszczalnych wad zawarte w ww. tabelach pomnożyć przez 1,25.
2. Aby określić liczbę dopuszczalnych wad dla jednokomorowej izolacyjnej szyby zespolonej wykonanej z 2 tafli szkła warstwowego, każdej składającej się z dwóch elementów składowych, należy wartości dopuszczalnych wad zawarte w ww. tabelach pomnożyć przez 1,5.

### 11.10.6 Dopuszczalne wypłyvky butylu w szybach zespolonych

W szybach zespolonych dopuszczalne są niewielkie wypłyvky butylu, które nie wpływają na ich funkcjonalność, tj. szczelność, adhezję do ramki i szkła.

Wielkość dopuszczalnych wypływek butylu, do wnętrza przestrzeni międzyszybowej:

- Wzdłuż ramki: do 2 mm.

- W narożach: do 5 mm.

Dopuszczalne jest również pofalowanie butylu, czyli nierównomierne nałożenie, w granicach tolerancji jak dla wyptywek. Niedopuszczalne są natomiast jakiegokolwiek przerwy w butylu na całym obwodzie szyby.

Należy pamiętać, że wyptywki butylu mogą być spowodowane:

- podwyższoną temperaturą panującą wewnątrz szyby zespolonej,
- zbyt dużą siłą ściskającą w obrębie mocowania szyby,
- niekompatybilnością materiałów użytych przy montażu na budowie.

W takich przypadkach reklamacja może zostać odrzucona.

#### **11.10.7 Kryteria oceny wizualnej dla pozostałych izolacyjnych szyb zespolonych**

Powyższe tabele nie powinny być stosowane do oceny izolacyjnej szyby zespolonej z co najmniej jednym elementem składowym wykonanym m.in.: z wierzystego szkła walcowanego, szkła zbrojonego i szkła płaskiego ciągniętego.

Jakość wizualna bezpiecznego szkła termicznie hartowanego zawartego w izolacyjnej szybie zespolonej lub w szkłe warstwowym, które jest elementem składowym izolacyjnej szyby zespolonej, powinna spełniać wymagania normy odpowiedniej dla danego wyrobu. Oprócz tych wymagań, w przypadku szkła float poddanego obróbce cieplnej, wypukłość całkowita w stosunku do całkowitej długości krawędzi szkła nie może być większa niż 3 mm/m długości krawędzi szkła. Większa wypukłość całkowita może występować w formatach kwadratowych lub bliskich kwadratowi oraz w przypadku pojedynczych tafli o nominalnej grubości < 6 mm.

#### **11.10.8 Cechy fizyczne wyłączone z oceny**

**Integralność koloru** – różnice wrażenia kolorystycznego są możliwe ze względu na: zawartość tlenku żelaza w szkłe, proces nakładania powłoki, samą powłokę, zmianę grubości szkła i konstrukcji zespolenia, i nie można ich uniknąć.

**Różnica w kolorze izolacyjnej szyby zespolonej** – przeszklenia wykonane z izolacyjnych szyb zespolonych zawierających szkło powlekane mogą posiadać różne odcienie tego samego koloru; zjawisko, które może być spotęgowane, gdy obserwuje się je pod kątem. Możliwe przyczyny różnic w kolorze obejmują nieznaczne różnice w kolorze substratu szklanego, na który nałożona jest powłoka oraz nieznaczne różnice w grubości samej powłoki.

**Efekt interferencji** – w przypadku izolacyjnych szyb zespolonych wykonanych ze szkła float zjawisko interferencji może powodować pojawianie się kolorów spektralnych. Interferencja optyczna spowodowana jest nakładaniem się dwóch lub więcej fal świetlnych w jednym punkcie. Zjawisko jest postrzegane jako zmienność intensywności stref barwnych, które zmieniają się, gdy następuje nacisk na szkło. To zjawisko fizyczne jest wzmocnione przez

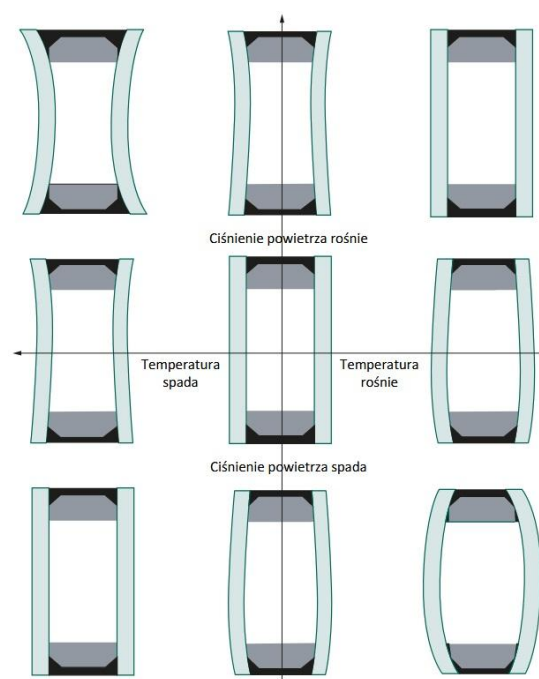
równoległość powierzchni szkła. Zjawisko interferencji występuje losowo i nie można go uniknąć.

**Wielokrotne odbicia** – na powierzchni szyb zespolonych mogą występować wielokrotne odbicia o różnej intensywności. Odbicia te są szczególnie widoczne, jeśli tło oglądane przez zespolenie jest ciemne. Zjawisko to jest właściwością fizyczną wszystkich izolacyjnych szyb zespolonych.

**Anizotropia (iryzacja)** – izolacyjne szyby zespolone, które zawierają szklane elementy składowe poddane obróbce cieplnej mogą wykazywać zjawisko wizualne znane jako anizotropia, patrz PN-EN 12150-1, PN-EN 1863-1.

**Kondensacja na zewnętrznej powierzchni izolacyjnej szyby zespolonej** – na zewnętrznych powierzchniach szklanych może wystąpić kondensacja, gdy powierzchnia szkła jest zimniejsza niż sąsiadujące powietrze. Intensywność kondensacji na zewnętrznych powierzchniach szyb zależy od wartości U, wilgotności powietrza, ruchu powietrza oraz temperatury wewnętrznej i zewnętrznej. Gdy wilgotność względna otoczenia jest wysoka, a temperatura powierzchni szyby spada poniżej temperatury otoczenia, następuje kondensacja na powierzchni szkła.

**Specyficzny efekt ze względu na warunki barometryczne** – izolacyjna szyba zespolona zawiera zamkniętą objętość powietrza lub innego gazu, hermetycznie uszczelnioną przez uszczelnienie obrzeża. Stan gazu określony jest zasadniczo przez wysokość n.p.m., ciśnienie barometryczne i temperaturę powietrza w czasie i miejscu produkcji. Jeśli izolacyjna szyba zespolona zostanie zainstalowana na innej wysokości lub gdy zmieni się temperatura lub ciśnienie barometryczne, (wyższe lub niższe ciśnienie) szyby będą odchyłać się do wewnątrz lub na zewnątrz, powodując zniekształcenie optyczne.



Rys.24. Efekt ze względu na warunki barometryczne.

**Zwilżalność powierzchni szklanych** – wygląd szklanych powierzchni może się różnić ze względu na wpływ rolek, odcisków palców, etykiet, przyssawek, pozostałości szczeliwa, związków silikonowych, środków wygładzających, smarów, wpływów otoczenia, itp. Może to być widoczne, gdy szklane powierzchnie są mokre od kondensacji, deszczu lub wody do czyszczenia.

**Przesunięcie tafli** – strona nośna szyby izolacyjnej musi być zawsze tą, która ma minimalne przesunięcie. Optyczna i wizualna jakość zaszkłonych szyb izolacyjnych regulowana jest przez normę PN-EN 1279.

**Wygięcie ramki dystansowej** - z powodu technologicznego może w przypadku szyb izolacyjnych wystąpić wygięcie lub pofalowanie ramki dystansowej.

**Prążki Brewstera** – zabarwienie interferencyjne. Jeżeli powierzchnie tafli szkła odznaczają się niemal doskonałą równoległością i jakością powierzchni jest wysoka, w przypadku szyb izolacyjnych pojawia się zabarwienie interferencyjne. Chodzi o prążki zmiennego koloru, powstałe w wyniku rozłożenia widma światłnego. Jeśli źródłem światła jest słońce, kolory zmieniają się od czerwonego po niebieski. Zjawisko to nie jest wadą, zjawisko to wynika z konstrukcji szyby izolacyjnej.

**Pierścienie Newtona** - to zjawisko optyczne powstające w przypadku szyb izolacyjnych, gdzie dwie tafle szkła stykają się po środku lub niemal stykają. Owo zjawisko optyczne jest układem koncentrycznych kolorowych pierścieni ze środkiem w miejscu styku / prawie styku dwóch tafli. Pierścienie są mniej więcej okrągłe lub eliptyczne.

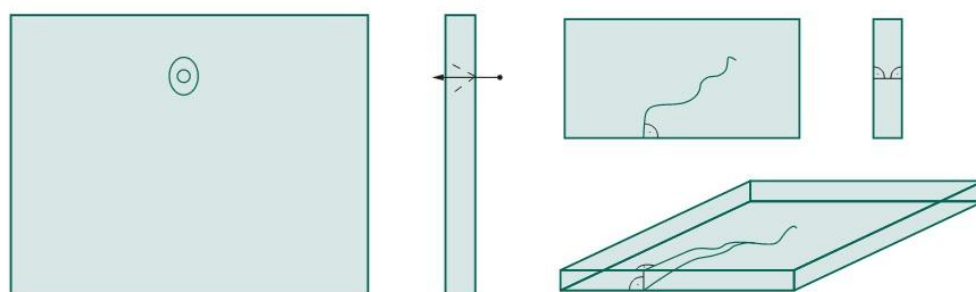
**Zabarwienie szkła z powodu różnego napięcia w przekroju szkła** - niektóre obrobione szkła przejawiają się również zabarwieniem charakterystycznym dla wyrobu, który hartowano lub wzmacniano termicznie, patrz PN-EN 12150-1 lub PN-EN 1863-1. Zjawisko to nie jest wadą szkła.

**Pękanie szkła** – szkło jest ciałem bezpostaciowym (amorficznym), jednorodnym, stałym, jednocześnie kruchym i twardym. Posiada znikome naprężenia wewnętrzne, dzięki czemu daje się ciąć i obrabiać. Pęknięciom ulega na skutek działania termicznych lub mechanicznych czynników zewnętrznych. Dotyczy to zwłaszcza szkła o podwyższonej absorpcji energii. W celu zwiększenia odporności szkła na pęknięcia wywołane obciążeniami termicznymi czy mechanicznymi, szkło należy poddać procesowi hartowania lub wzmacniania.

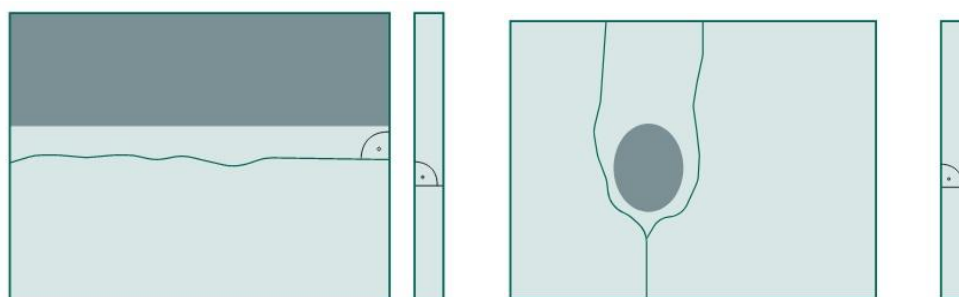
Istnieje ryzyko samoistnego stłuczenia szyby w wyniku szoku termicznego. Ma miejsce w przypadku, gdy na chłodzonym szkłe (nie hartowanym) znajdują się dwa różne miejsca o dużej różnicy temperatur, ok. 40°C. Szok termiczny charakteryzuje się swoistą linią pęknięcia (linie Wallner'a) na szkłe, pęknięcie z reguły prowadzi od krawędzi szkła i jest prostopadłe do krawędzi szkła. Najczęstsze przyczyny pęknięć termicznych to umieszczanie na szybach dekoracji, naklejek, częściowe zacienienie (np. żaluzją, drzewem, daszkiem, ogrodzeniem),

bliski kontakt z klimatyzatorami lub grzejnikami, pozostawienie szyb na stojaku w nasłonecznionym miejscu spakowanych i związanych.

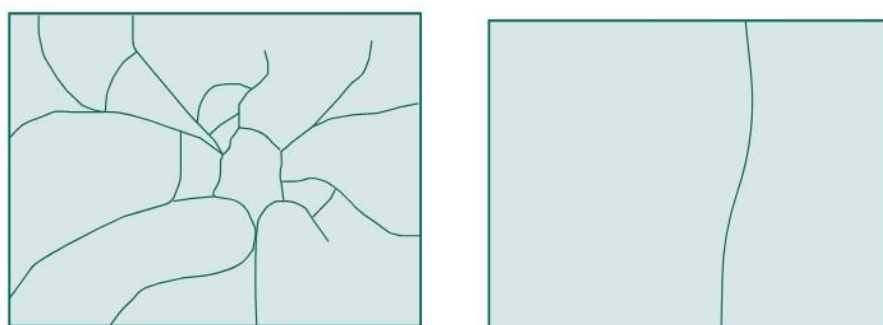
Pęknięcia termiczne powstałe po dostarczeniu do Klienta nie podlegają gwarancji i reklamacji. W celu uniknięcia w/w zjawiska szyby należy poddać procesowi hartowania termicznego. Pęknięcia szkła powstałe po dostarczeniu do Klienta nie są objęte gwarancją i nie mogą być podstawą do reklamowania szyb. Również wady zewnętrzne, wyszczerbienia, rysy zewnętrzne, uszkodzenia i plamy np. w wyniku reakcji chemicznych na zewnętrznej powierzchni wyrobów, jakie mogą powstać poza zakładem producenta – nie podlegają gwarancji i reklamacji.



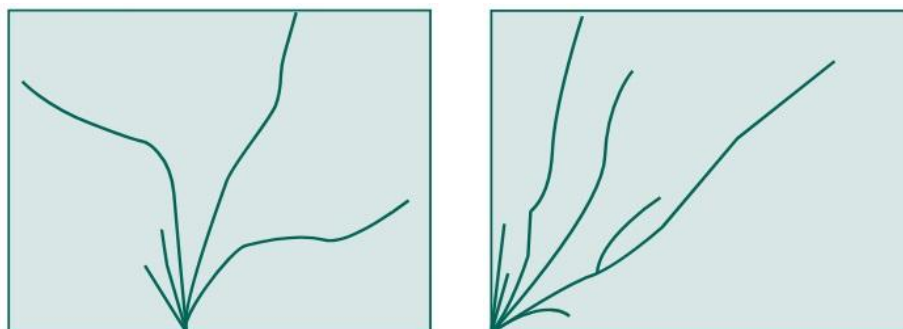
Rys.25. Z lewej - strzał z broni, z prawej - pęknięcie termiczne.



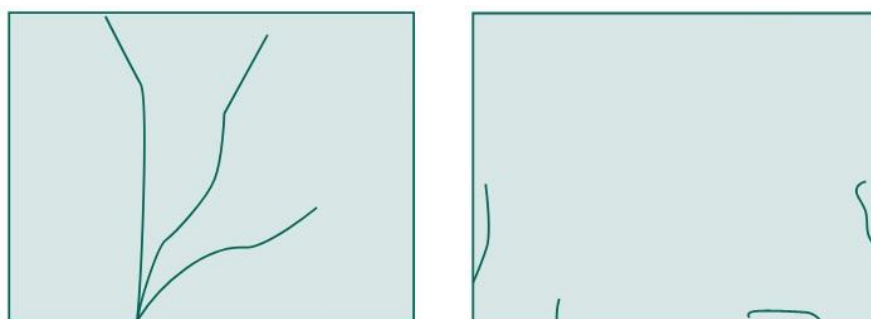
Rys.26. Termiczne pęknięcia.



Rys.27. Z lewej – uderzenie w powierzchnię szkła, z prawej – pęknięcie skrętne.



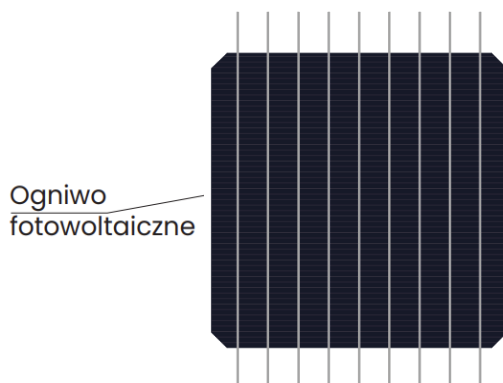
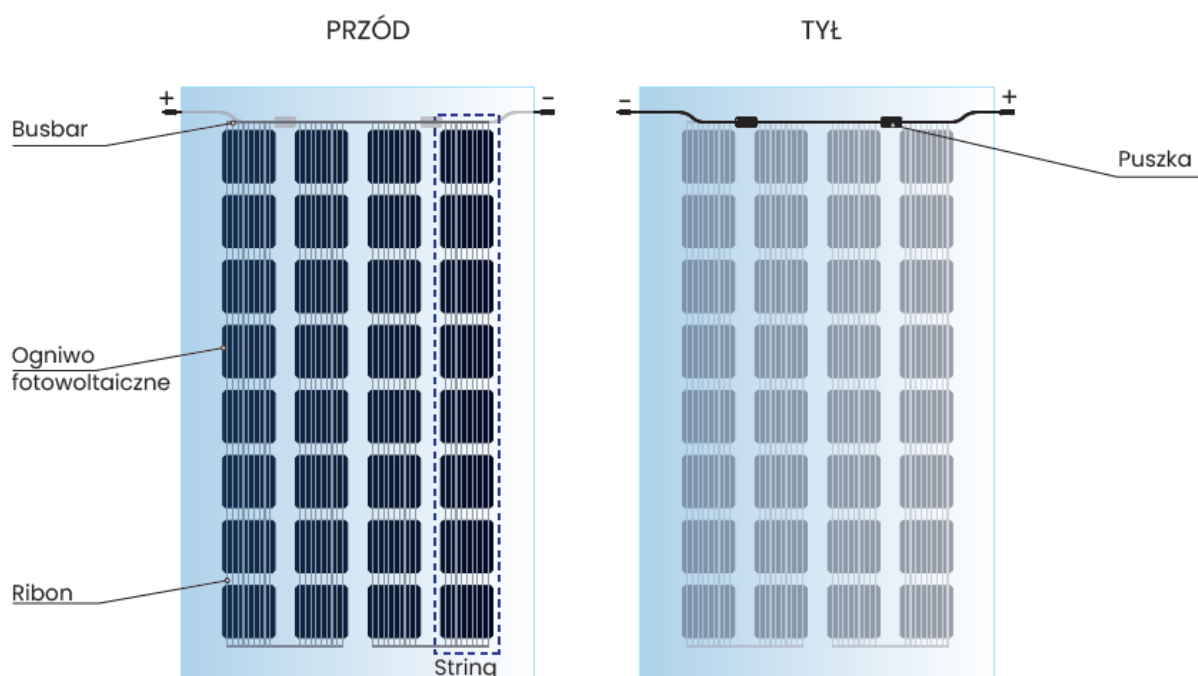
Rys.28. Z lewej – Uderzenie w krawędź, z prawej – Uderzenie w narożnik.



Rys.29. Z lewej – nacisk na krawędź, z prawej – zakleszczenie.

## 12 BIPV / PHOTONWALL / PHOTONROOF

BIPV (Building Integrated Photovoltaics), czyli fotowoltaika zintegrowana z budynkiem, to technologia, która umożliwia integrację paneli słonecznych bezpośrednio w strukturę budynku. W przeciwieństwie do tradycyjnych systemów fotowoltaicznych, które są montowane na dachach lub na elewacjach budynków, BIPV wprowadza ogniwa fotowoltaiczne bezpośrednio do elementów budowlanych, takich jak dachy, fasady, okna, panele osłonowe czy elewacje. Dzięki temu panele pełnią jednocześnie funkcję energetyczną i architektoniczną, łącząc produkcję energii z estetyką i funkcjonalnością budynku.



## 12.1 Kryteria jakości elementów BiPV

### 12.1.1 Współosiowość ogniw

Ogniwa powinny być ułożone równomiernie i symetrycznie względem osi projektowej modułu. Dopuszczalna tolerancja odchylenia wynosi 2mm na każdy mb celek w poszczególnym stringu.. Przekroczenie tej wartości jest niedopuszczalne i skutkuje odrzuceniem modułu. Kontrola realizowana jest przy pomocy systemu wizyjnego (AOI) lub innych metod optycznych.

### 12.1.2 Prostoliniowość busbarów

Busbary muszą zachować prostoliniowy przebieg zgodny z projektem. Busbary nie powinny wykazywać odchyłek oraz wygięć względem prostoliniowości większych niż 2mm w przypadku busbara o długości do 100 cm, dopuszcza się zwiększenie odchyłki o kolejne 2mm na każde następne rozpoczęcie 100 cm długości elementu.

### 12.1.3 Maskowanie busbarów

Busbary muszą być w całości pokryte maską ochronną/kryjącą. Niedopuszczalne są całkowite braki w maskowaniu. Dopuszcza się jedynie drobne niedomalowania lub ubytki, pod warunkiem że nie przekraczają maksymalnie dwóch przerw w maskowaniu o łącznej długości nie przekraczającej 10 mm na każdy 1mb busbara.

### 12.1.4 Maskowanie ribbonów

Dopuszcza się jedynie drobne przerwy lub ubytki, pod warunkiem że nie przekraczają maksymalnie dwóch przerw w maskowaniu o łącznej długości nie przekraczającej 10 mm na każdy 1mb ribbona.

### 12.1.5 Defekty wizualne – mikropęknięcia

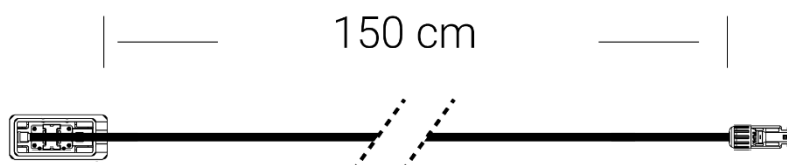
Ogniwa muszą być wolne od wad strukturalnych. Kontrola przeprowadzana jest za pomocą testera elektroluminescencyjnego (EL) oraz inspekcji wizualnej. Dopuszcza się wyłącznie pojedyncze, powierzchniowe mikropęknięcia włoskowate (nieaktywne), które nie ograniczają przewodzenia prądu, nie generują ciemnych obszarów na obrazie EL i nie wykazują ryzyka rozrastania się pod wpływem naprężeń termicznych.

### 12.1.6 Położenie konektorów

Konektory powinny być zamontowane w ustalonej pozycji zgodnie z dokumentacją projektową lub wymaganiami klienta (z tolerancją położenia  $\pm 5$  mm względem osi projektowej modułu). W przypadku braku szczegółowych ustaleń lub informacji dotyczących położenia konektorów, producent wykona je w najbardziej optymalnym konstrukcyjnie miejscu. Dopuszczalne są wypływki uszczelniacza spod konektora, o ile nie wpływają na szczelność i funkcjonalność połączenia.

### 12.1.7 Długość przewodów przyłączeniowych

Długość przewodów przyłączeniowych powinna być zgodna z dokumentacją projektową lub wymaganiami klienta. W przypadku braku szczegółowych ustaleń dopuszcza się odchyłkę długości  $\pm 5$  cm od wartości nominalnej. Standardowa długość przewodu w przypadku braku szczegółowych ustaleń to 150 cm. Długość mierzona jest pomiędzy puszką a konektorem i określa wymiar samego przewodu, z wyłączeniem korpusu puszki przyłączeniowej oraz konektora.



### 12.1.8 Położenie backraili

Backraile montowane do modułu muszą być ustawione zgodnie z projektem, w sposób zapewniający prawidłową geometrię i możliwość dalszego montażu modułów. Dopuszczalne odchylenia położenia backraili wynoszą:

- $\pm 2,0$  mm w kierunku góra/dół,
- $\pm 5,0$  mm w kierunku lewo/prawo.

### 12.1.9 Odcienie ogniw fotowoltaicznych

Dopuszczalne są różnice w odcieniach poszczególnych ogniw fotowoltaicznych w obrębie jednego modułu. Różnice w kolorze ogniw fotowoltaicznych nie mają wpływu na efektywność działania modułu fotowoltaicznego. Zmienności w odcieniach ogniw w obrębie jednego panelu mogą być efektem różnych czynników, takich jak proces produkcji ogniw oraz struktura samego panelu.

- Niejednorodność materiałów półprzewodnikowych:

W obrębie jednego panelu mogą występować niewielkie różnice w jakości lub czystości materiałów półprzewodnikowych (np. krzemu), co wpływa na kolor ogniw. W przypadku ogniw polikrystalicznych oraz monokrystalicznych, różne kryształy krzemu mogą mieć różne właściwości optyczne, przez co poszczególne segmenty panelu mogą różnić się od siebie odcieniem.

- Struktura panelu fotowoltaicznego:

Każdy panel fotowoltaiczny składa się z wielu ogniw, które są połączone ze sobą w celu uzyskania odpowiedniego napięcia i mocy. W zależności od technologii produkcji, struktura panelu może również wpływać na kolor ogniw. Na przykład, ogniwa wykonane z różnych materiałów półprzewodnikowych (np. krzem monokrystaliczny, polikrystaliczny, cienkowarstwowy) mogą różnić się kolorem, co może być zauważalne na poziomie pojedynczego panelu. Jednak te różnice nie mają żadnego wpływu na jego wydajność, ponieważ wszystkie ogniwa w panelu działają na tych samych zasadach fizycznych.

- Wpływ warunków atmosferycznych:

Różnice w kolorze mogą również pojawić się na skutek długotrwałego ekspozowania paneli na działanie warunków atmosferycznych. W miarę starzenia się paneli, poszczególne ogniwa paneli mogą podlegać różnym stopniom degradacji, zewnętrzne warstwy panelu mogą ulegać delikatnym zmianom w kolorze, w zależności od ich lokalizacji w panelu, ekspozycji na światło słoneczne, temperaturę czy wilgotność.

Chociaż takie zmiany mogą wpływać na estetykę, nie mają one wpływu na efektywność energetyczną panelu fotowoltaicznego, ponieważ samo ogniwo pozostaje w pełni funkcjonalne, a zmiany kolorystyczne są powierzchniowe.

Niewielkie różnice w kolorystyce są cechą charakterystyczną produktów BIPV wynikającą z procesów fizykochemicznych i nie stanowią wady jakościowej produktu, o ile mieszczą się w granicach tolerancji określonej wzorcem projektowym.

Zapis szczególny dla modułów dwustronnych (bifacial): Powyższe kryteria i dopuszczalne różnice odcieni dotyczą również modułów wykonanych w technologii dwustronnej (bifacjalnej). W przypadku tego typu produktów ocenie wizualnej i estetycznej podlega wyłącznie strona frontowa (awers). Strona tylna (rewers) modułu nie jest poddawana ocenie kolorystycznej i wszelkie rozbieżności w odcieniach, strukturze czy widoczności elementów konstrukcyjnych na stronie tylnej nie stanowią podstawy do roszczeń reklamacyjnych

#### **12.1.10 Nadruk ceramiczny / cyfrowy na modułach BIPV**

W przypadku stosowania w modułach BIPV szkła z nadrukiem emalii ceramicznej lub nadrukiem cyfrowym w celu uzyskania pożądanego efektu architektonicznego, ocena jakości i wad nadruku odbywa się bezwzględnie zgodnie z wytycznymi zawartymi w Pkt 5 niniejszej normy zakładowej („Szyby z nadrukiem ceramicznym”). Ze względu na specyfikę technologii BIPV wprowadza się następujące uwarunkowania:

- Tolerancje kolorów i powtarzalność partii: Rzeczywisty kolor emalii określa się, oglądając zahartowaną próbkę przez niemalowaną stronę szkła. Istnieje możliwość wystąpienia różnic kolorów dobieranych w oparciu o systemy standardowe (np. RAL, NCS). Różnice te wynikają z wielu czynników fizykochemicznych i nie ma możliwości ich całkowitego wyeliminowania.
- Wpływ budowy laminatu i komponentów BIPV: Na ostateczny odbiór wizualny i barwę nadruku wpływ ma kompletna budowa warstwowa modułu BIPV, w tym: rodzaj zastosowanego szkła bazowego, typ i kolor użytej folii (międzywarstwy) oraz obecność samych ogniw fotowoltaicznych. Każdorazowo przed realizacją projektu wymagane jest wykonanie próbki referencyjnej, która musi zostać formalnie zatwierdzona przez klienta.

- Wpływ szkła bazowego i warunków oświetleniowych: Barwa szkła bazowego zależna jest od danego producenta, grubości szkła oraz konkretnej partii produkcyjnej, co bezpośrednio modyfikuje końcową barwę szkła z nadrukiem. Cienkie warstwy nadruku nie są całkowicie nieprzepuszczalne dla światła (światło jest częściowo absorbowane, a częściowo odbijane), co powoduje możliwość różnego odbioru koloru emalii w zależności od panujących warunków oświetleniowych i kąta padania światła.
- Ograniczenia powtarzalności etapowej i materiałowej:
  - Porównania zgodności koloru emalii można dokonać jedynie w ramach jednej partii produkcyjnej. Producent nie gwarantuje zachowania identycznych odcieni barwy na elementach BIPV wyprodukowanych z użyciem kilku różnych partii tuszu lub emalii ceramicznej.
  - Kolory uzyskane metodą druku cyfrowego zawsze będą różnić się od kolorów referencyjnych wskazanych w papierowych wzornikach oraz na zdjęciach cyfrowych.
  - W przypadku realizacji danego projektu w kilku etapach (rozciągniętych w czasie), producent nie gwarantuje powtarzalności koloru. Na przestrzeni długiego okresu czasu znacząco wzrasta ryzyko różnic w finalnym odcieniu ze względu na zmianę partii surowcowych tuszu, emalii lub szkła bazowego u dostawców.

**UWAGA 1:** Ocena szkła z nadrukiem na modułach BIPV odbywa się zawsze po procesie hartowania. **UWAGA 2:** Nadruk na pozycji 2 i 3: W przypadku laminacji szkła z nadrukiem cyfrowym/sitodrukiem zlokalizowanym na pozycji 2 lub 3 (od strony folii laminacyjnej), bezwzględnie obowiązuje zachowanie marginesu (odstępu) minimum 5 mm od krawędzi formatki. Niezastosowanie się do tego wymogu niesie za sobą wysokie ryzyko delaminacji szkła. Nietrzymanie powyższego warunku projektowego skutkuje całkowitą utratą gwarancji na produkt.

## 12.2 Metody kontroli i warunki oceny wizualnej

### 12.2.1 Warunki oceny wizualnej

Wszelkie oceny wizualne elementów BIPV (w tym elementów z nadrukiem emalii) muszą być prowadzone w ściśle zdefiniowanych warunkach kontrolnych, odzwierciedlających naturalną ekspozycję wyrobu w obiekcie budowlanym oraz zgodnie z ogólnymi normami dla szkła architektonicznego.

- Inspekcja wizualna (Warunki kontroli): Prowadzona jest przy sztucznym lub naturalnym oświetleniu rozproszonym o natężeniu  $\geq 1000$  lx, prostopadle do powierzchni modułu (pod kątem obserwacji około  $45^\circ$  względem płaszczyzny szkła w przypadku weryfikacji refleksu).
- Odległość oceny estetycznej:
  - Dla modułów BIPV w formie pojedynczego szkła laminowanego (niezespalonego) oceny dokonuje się z odległości minimum 2 metrów.
  - Dla modułów BIPV zintegrowanych w pakietach szyb zespolonych oceny dokonuje się z odległości minimum 3 metrów.
- Czas obserwacji: Maksymalny czas przeznaczony na ogólną inspekcję wizualną jednego elementu nie powinien przekraczać 20–30 sekund.
- Zakres oceny (Strona aktywna): Kontroli i ocenie estetycznej podlega wyłącznie strona aktywna (frontowa) modułu BIPV, która po montażu na obiekcie pozostaje widoczna i eksponowana. Strona nieaktywna (tył modułu, laminat podkładowy, puszki przyłączeniowe, okablowanie, systemy backrail) spełnia funkcje konstrukcyjno-techniczne i nie podlega kryteriom oceny estetycznej, o ile jej stan nie wpływa bezpośrednio na parametry elektryczne lub bezpieczeństwo użytkowe wyrobu. W przypadku zastosowania ogniw dwustronnych (bifacjalnych), mimo technologii generowania prądu z obu stron, kluczowa funkcja estetyczna fasady lub zadaszenia BIPV nadal przypisana jest stronie frontowej. W związku z tym, dla modułów bifacjalnych ocenie wizualnej również podlega wyłącznie strona frontowa (awers). Strona tylna (rewers) nie jest poddawana weryfikacji pod kątem jednolitości barwy, braku przebarwień folii czy innych cech wizualnych, a występujące na niej rozbieżności estetyczne nie stanowią wady produktu.
- Zasada widoczności wad: Wszelkie niedoskonałości, odchyłki, mikroskopijne wtrącenia, pęcherzyki powietrza, nierówności nadruku lub ubytki w maskowaniu, które nie są wyraźnie widoczne gołym okiem z normatywnej odległości kontrolnej (odpowiednio 2 m lub 3 m) w wyznaczonym czasie obserwacji, są uznawane za dopuszczalne i nie są klasyfikowane jako wada jakościowa produktu. Nie mogą one stanowić podstawy do odrzucenia wyrobu w procesie odbioru lub późniejszych roszczeń reklamacyjnych.

### 12.2.2 Metody kontroli

Tester EL (Electroluminescencyjny): Stosowany obligatoryjnie do wykrywania wad wewnętrznych struktury krzemowej (mikropęknięć, przerw w ścieżkach przewodzących), niewidocznych dla oka podczas standardowej inspekcji wizualnej.

Pozostałe metody kontroli – Kontrola Wyrwykowa (zgodnie z ZKP): Poniższe badania i pomiary realizowane są w trybie wyrwykowym (na określonej partii próbnej), a ich celem jest bieżąca

ocena poprawności procesów technologicznych oraz zapewnienie stabilności jakościowej zgodnie z wymaganiami Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP):

- Kontrola wymiarowa: Realizowana przy użyciu skalibrowanych narzędzi pomiarowych (miarka stalowa, suwmiarka, przymiary dedykowane) w celu weryfikacji parametrów geometrycznych, takich jak położenie konektorów, pozycjonowanie backraili oraz długość przewodów wyjściowych.
- Test I-V (Prądowo-napięciowy): Pomiar realizowany na symulatorze błyskowym (flasherze) klasy AAA, określający finalną charakterystykę prądowo-napięciową, moc nominalną (Pmax) oraz sprawność elektryczną modułu BIPV.
- Badanie termowizyjne (IRT): Stosowane na etapie końcowym lub weryfikacyjnym w celu sprawdzenia poprawności pracy modułu pod obciążeniem prądowym (symulacja pracy ciągłej) i wykluczenia występowania anomalii termicznych (hotspotów) przed przekazaniem wyrobu do magazynu wyrobów gotowych.

## 12.3 Konserwacja i warunki gwarancji

### 12.3.1 Konserwacja i warunki gwarancji

Prawidłowe funkcjonowanie modułów BIPV, będących integralną częścią struktury budynku, wymaga systematycznej konserwacji technicznej i elektrycznej.

- Właściciel lub zarządca budynku jest zobowiązany do przeprowadzania corocznego technicznego oraz elektrycznego przeglądu instalacji BIPV. Odstęp między kolejnymi serwisami nie może być większy niż 12 miesięcy.
- Przegląd musi być wykonany przez certyfikowaną firmę serwisową posiadającą stosowne uprawnienia (np. uprawnienia elektryczne w zakresie instalacji fotowoltaicznych zgodne z wymaganiami w kraju montażu).

### 12.3.2 Zakres serwisu i raportowanie

Każdorazowy serwis musi zostać zakończony wystawieniem oficjalnego raportu technicznego lub potwierdzenia dokonania przeglądu, zawierającego:

- Pomiarów parametrów elektrycznych (rezystancja izolacji, ciągłość obwodów).
- Inspekcję wizualną stanu modułów (sprawdzenie czystości, stanu konektorów i okablowania).
- Badanie termowizyjne (opcjonalne, zalecane w celu wczesnego wykrywania anomalii termicznych).

### *12.3.3 Podstawa rozpatrywania reklamacji (np. hotspoty)*

Wystąpienie anomalii termicznych (tzw. hotspotów), uszkodzeń diod bocznikujących lub degradacji mocy modułu, może być wynikiem czynników zewnętrznych (np. zabrudzenie punktowe, zacienienie, brak wentylacji). W związku z powyższym:

- Warunkiem koniecznym do przyjęcia zgłoszenia reklamacyjnego z tytułu wad funkcyjnych (w tym hotspotów) jest przedstawienie przez zgłaszającego kompletu raportów z corocznych przeglądów technicznych instalacji fotowoltaicznych.
- Brak potwierdzenia regularnego serwisowania instalacji przez podmiot z uprawnieniami dla kraju montażu stanowi podstawę do odrzucenia reklamacji ze względu na niewłaściwą eksploatację wyrobu.

### *12.3.4 Uruchomienie instalacji po montażu*

Po zakończeniu montażu mechanicznego modułów BIPV na elewacji lub dachu budynku, inwestor/wykonawca jest zobowiązani do uruchomienia instalacji elektrycznej i załączenia odbioru energii w możliwie najkrótszym czasie, nieprzekraczającym 30 dni od momentu zamontowania elementów.

- Ryzyko braku odbioru energii: Długotrwałe pozostawienie modułów z rozwartym obwodem elektrycznym (bez obciążenia) przy jednoczesnej ekspozycji na promieniowanie słoneczne powoduje drastyczny wzrost ich temperatury pracy. Ponieważ energia świetlna nie jest konwertowana na elektryczną i odprowadzana do sieci, w 100% zamienia się w ciepło.
- Skutki techniczne: Prowadzi to do ekstremalnych naprężeń termicznych, przyspieszonej degradacji warstw laminatu, a także generuje ryzyko uszkodzenia diod bocznikujących (bypass) w puszkach przyłączeniowych na skutek przepięć indukowanych w niepodłączonym okablowaniu.
- Wyłączenie z gwarancji: Uszkodzenia struktury modułu, delaminacje, przebarwienia folii oraz uszkodzenia diod bypass powstałe w wyniku zwłoki w uruchomieniu instalacji i pozostawienia modułów w stanie bez obciążenia powyżej 30 dni od montażu, są traktowane jako błąd wykonawczy/eksploatacyjny i nie są objęte gwarancją producenta.

## 13 POSTĘPOWANIE Z WYROBEM GOTOWYM

### 13.1 Pakowanie

Standardowo do przewozu wyrobów gotowych stosuje się stojaki drewniane i metalowe typu A lub L. Podstawa stojaka z bokami powinna tworzyć kąt prosty. Wszystkie części metalowe stojaka, które stykają się z szybami zespolonymi powinny być wyłożone gumą lub innym materiałem amortyzującym. Szyby zespolone ustawiane na stojakach powinny być zabezpieczone taśmami przed przesuwaniem się w czasie transportu. Między szybami należy stosować przekładki korkowe, tekturowe lub inne.

*UWAGA: Inny rodzaj opakowania należy ustalić między klientem, a producentem.*

### 13.2 Transport

W większości przypadków transport realizowany jest przez specjalistyczne zestawy samochodów ciężarowych, przystosowane do przewożenia szkła. Klient jest odpowiedzialny za prawidłowy przebieg rozładunku oraz zgłoszenie uszkodzeń stwierdzonych przy dostawie. Odbiór własny odbywa się na życzenie i ryzyko klienta (w zakresie stłuczek i uszkodzeń szkła podczas transportu). W przypadku uzgodnionych zwrotów prawidłowe spakowanie, zabezpieczenie i załadunek szyb leżą po stronie dokonującego zwrotu.

### 13.3 Przechowywanie

Wyroby gotowe w postaci szkła pojedynczego, szyby warstwowej oraz szyby zespolonej powinny być przechowywane w pomieszczeniach krytych, suchych, przewiewnych, o temperaturze nieprzekraczającej 40°C, zabezpieczonych przed opadami atmosferycznymi oraz bezpośrednim promieniowaniem słonecznym.

*UWAGA: Producent nie ponosi odpowiedzialności za wady powstałe w wyniku złego przechowywania przez klienta.*

### 13.4 Montaż

Wyrób gotowy w postaci szkła pojedynczego, szyby warstwowej oraz szyby zespolonej jest tylko jednym z elementów całego systemu szklenia. Firmy zajmujące się szkleniem ponoszą odpowiedzialność za zgodność i odpowiedni dobór szyby do systemu okiennego/fasadowego. Firma ML SYSTEM S.A. nie ponosi żadnej odpowiedzialności za zastosowanie wyrobów gotowych w systemach oszklenia, które nie są zgodne z przepisami i niezgodnie z ich przeznaczeniem. Uwarunkowania montażu izolacyjnych szyb zespolonych opisuje norma PN-EN 1279-5 w załączniku C.



### 13.5 Mycie i czyszczenie

- powierzchnia szkła powinna być regularnie myta w zależności od stopnia zabrudzenia, nie rzadziej niż co 12 miesięcy.
- zabrudzeń stałych (takich jak zaprawa cementowa), nie wolno usuwać na sucho. W takim przypadku powierzchnię szyby należy obficie zwilżyć czystą wodą w celu odmoczenia, a następnie w sposób delikatny zmyć twarde i ostre pozostałości,
- tłuszcz i pozostałości mas uszczelniających należy usunąć np. spirytusem lub alkoholem izopropylowym (nazywanym izopropanol lub propan-2-ol), a następnie spłukać obficie wodą.
- do czyszczenia powłok refleksyjnych, matowych, satynowych oraz trawionych (znajdujących się na pozycji 1), nie należy używać jakichkolwiek substancji żrących i alkalicznych (fluor, chlor), ani proszków czyszczących, gdyż mogą one uszkodzić powłokę.

*UWAGA: Producent szyb nie odpowiada za wady szkła powstałe na skutek nieprawidłowego mycia, używania niewłaściwych środków myjących, wpływu zanieczyszczeń zewnętrznych (atmosferycznych i innych) oraz stosowania narzędzi/przedmiotów mogących uszkodzić szkło np. stalowego skrobaka.*



## ZMIENIAMY ŚWIAT DLA PRZYSZŁYCH POKOLEŃ

-  [www.facebook.com/MLSystemSA/](http://www.facebook.com/MLSystemSA/)
-  [www.instagram.com/ml.system/](http://www.instagram.com/ml.system/)
-  [www.youtube.com/user/mlsystempl/](http://www.youtube.com/user/mlsystempl/)



**ML System**  
Zaczerwie 190 G, 36-062 Zaczerwie  
tel: +48 17 77 88 266  
e-mail: [biuro@mlsystem.pl](mailto:biuro@mlsystem.pl)



[mlsystem.pl](http://mlsystem.pl)

