



RAPORT
z prac badawczo-rozwojowych

w ramach Umowy 5.5.130.607 pomiędzy
Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydziałem Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedrą Systemów
Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska

a

RAPDACH Sp. z o. o.
w ramach projektu UWP-NORW.19.01.01-12-0006/20-00

Kraków, listopad 2023 r.

Spis treści

1. Wprowadzenie	3
2. Opis produktu	6
3. Wymagania prawne	13
4. Opis i wyniki przeprowadzonych analiz B+R	14
5. Podsumowanie zrealizowanych badań B+R.....	25
Zestawienie literatury	28
Załącznik: Dokumentacja techniczna.....	30
Załącznik: Karty katalogowe	34

*Raport opracował:
Zespół Wykonawczy AGH*

*Dr inż. Krzysztof Szczotka
Kierownik Projektu AGH*

1. Wprowadzenie

Projekt polega na stworzeniu prototypów balustrad fotowoltaicznych ruchomych i stałych na podstawie założeń projektowych oraz wykonanie badań i ekspertyz polegających na opracowaniu rozwiązania konstrukcyjnego i instalacyjnego do wdrożenia przez Zamawiającego: „Rozwój przedsiębiorstwa przy innowacyjnym rozwiązaniu wykorzystującym udoskonalone podejście w wykorzystywaniu paneli słonecznych w indywidualnych elektrowniach” dofinansowanego w ramach Osi priorytetowej 19 Norweski Mechanizm Finansowy 2014-2021 działanie 19.1 Nowe Produkty i Inwestycje poddziałanie 19.1.1 Technologie przyjazne środowisku - Green growth - numer umowy: UWP-NORW.19.01.01-12-0006/20-00.

Zakres i sposób realizacji przedmiotu Umowy:

- Przeprowadzone badania powinny pozwolić przeanalizować oraz skontrolować poprawność wykonanych części prototypowych, sprawdzić ich wytrzymałość oraz przetestować zużycie w czasie, co pozwoli określić żywotność oraz okres gwarancji urządzenia i poszczególnych podzespołów. Badania te muszą pozwolić wyeliminować słabe elementy konstrukcyjne, mechaniczne, jak również przetestować wytrzymałość przed procesem testowania produkcji.
- Opracuje i dopasuje produkt pod kątem określonego typoszeregu w zakresie mocy balustrady fotowoltaicznej oraz parametrów konstrukcyjno-instalacyjnych.
- Na podstawie analiz oraz wstępnej koncepcji przeprowadzone prace badawcze będą polegały na opracowaniu koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego i instalacyjnego balustrad ruchomych i stałych.

Zostanie określony cel badania i rezultaty jakie Zamawiający chce otrzymać po zakończeniu badań.

- Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej, niezbędnej do wykonania prototypu balustrad fotowoltaicznych ruchomych i stałych.
- Wykonanie prototypu balustrad fotowoltaicznych ruchomych i stałych oraz przeprowadzenie testów sprawdzających poprawność zaprojektowanego rozwiązania.
- Opracowanie raportu z badań i prac badawczych. Opracowanie dokumentu podsumowującego wyniki prac B+R będzie podstawą do ich wdrożenia. Zakończeniem procesu będzie wdrożenie opracowanych rozwiązań do działalności przedsiębiorstwa i osiągnięcie zaplanowanych przychodów z tego tytułu.

Przedstawiciele stron:

- RAPDACH sp. z o.o. - Mateusz Lachowski – członek Zarządu
- AGH, WIMiR, KSEiUOŚ – dr inż. Krzysztof Szczotka – kierownik Projektu – wraz z Zespołem Wykonawczym AGH

Całość prac B+R prowadzonych w ramach niniejszego Projektu objętych jest zasadami zachowania poufności w ramach tajemnicy przedsiębiorstwa w zakresie informacji technicznych i technologicznych dotyczących produktów objętych niniejszym opracowaniem.

Przedmiot prac B+R obejmuje przeniesienie całości majątkowych praw autorskich do wszystkich utworów stworzonych w związku z wykonywaniem zamówienia na wszystkich polach eksploatacji wymienionych w przepisach ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych. Opracowanie dokumentu podsumowującego wyniki prac B+R będzie podstawą do ich wdrożenia/zastosowania. Zakończeniem procesu będzie wdrożenie opracowanych rozwiązań do działalności przedsiębiorstwa i osiągnięcie zaplanowanego zysku z tego tytułu.

2. Opis produktu

Balustrady szklane to elementy pojawiające się niemalże w każdym projekcie architektonicznym. Ich szyk i elegancja wspaniale wkomponowuje się zarówno w nowoczesny jak i tradycyjny styl budownictwa. Najczęściej stanowią one barierę chroniącą użytkowników pewnej przestrzeni przed wypadnięciem. W praktyce balustrady szklane są tak samo bezpieczne, jak tradycyjne systemy balustrad! Ponieważ stosowane materiały szklane to bezpieczne szkło hartowane, są one około czterech razy bardziej wytrzymałe niż zwykłe szkło. Polskie przepisy nie precyzują, jaki rodzaj szkła należy stosować na balustrady, określają tylko ogólnie, że powinny one być wykonane ze szkła o podwyższonej wytrzymałości na uderzenia oraz tłukącego się na drobne, nieostre odłamki. Wymagania te spełniają szkło hartowane oraz szkło laminowane folią.

Tafla hartowanego szkła (ESG) ma podwyższoną wytrzymałość mechaniczną w stosunku do zwykłego szkła float. Aby osiągnąć lepsze parametry wytrzymałościowe, szkło ogrzewa się do temperatury ponad 600°C, a następnie schładza zimnym powietrzem. Po uderzeniu nie rozbija się ono na małe, nieostre odłamki. Można też zrobić balustradę ze szkła o częściowo wzmocnionej odporności, „zahartowanego” w niższej temperaturze, tak zwanego TVG.

Szkło laminowane oznaczane jest symbolem VSG. Jego dwie tafle są sklejone folią PVB (poliwinylbutylową). W razie uszkodzenia odłamki takiego szkła się nie rozsypują, tylko pozostają przyklejone do folii. Do laminowania można wykorzystywać zarówno szkło hartowane, jak i zwykłe.

Zewnętrzne balustrady posiadają jeszcze jedną bardzo użyteczną cechę - mogą wytwarzać energię elektryczną. Fotowoltaika w architekturze to coraz częściej spotykana innowacja - zarówno w wielkomiejskiej przestrzeni, jak i na peryferiach aglomeracji. Obok podstawowej funkcji,

jaką wypełniają panele fotowoltaiczne, inwestorzy dostrzegają także ich niewątpliwy walor wizualny. Na rynku producentów fotowoltaiki funkcjonuje specjalny segment BIPV, koncentrujący się na projektowaniu i wytwarzaniu elementów solarnych, umiejętnie wkomponowanych w różne konstrukcje budowlane. Jednym z wielu przykładów tego rodzaju nowoczesnych rozwiązań funkcjonalno-estetycznych, cieszących się rosnącym zainteresowaniem wśród architektów oraz miłośników paneli solarnych – są balkony fotowoltaiczne.

Zalaminowane pomiędzy dwoma warstwami szkła ogniwa fotowoltaiczne czynią z balustrady szklanej moduł fotowoltaiczny. Bogata gama kolorystyczna folii, szkła i ogniw fotowoltaicznych stosowanych w szklanych balustradach, pozwala spełnić najbardziej wyszukane wizje architektów i nadać budynkom nowych walorów estetycznych.

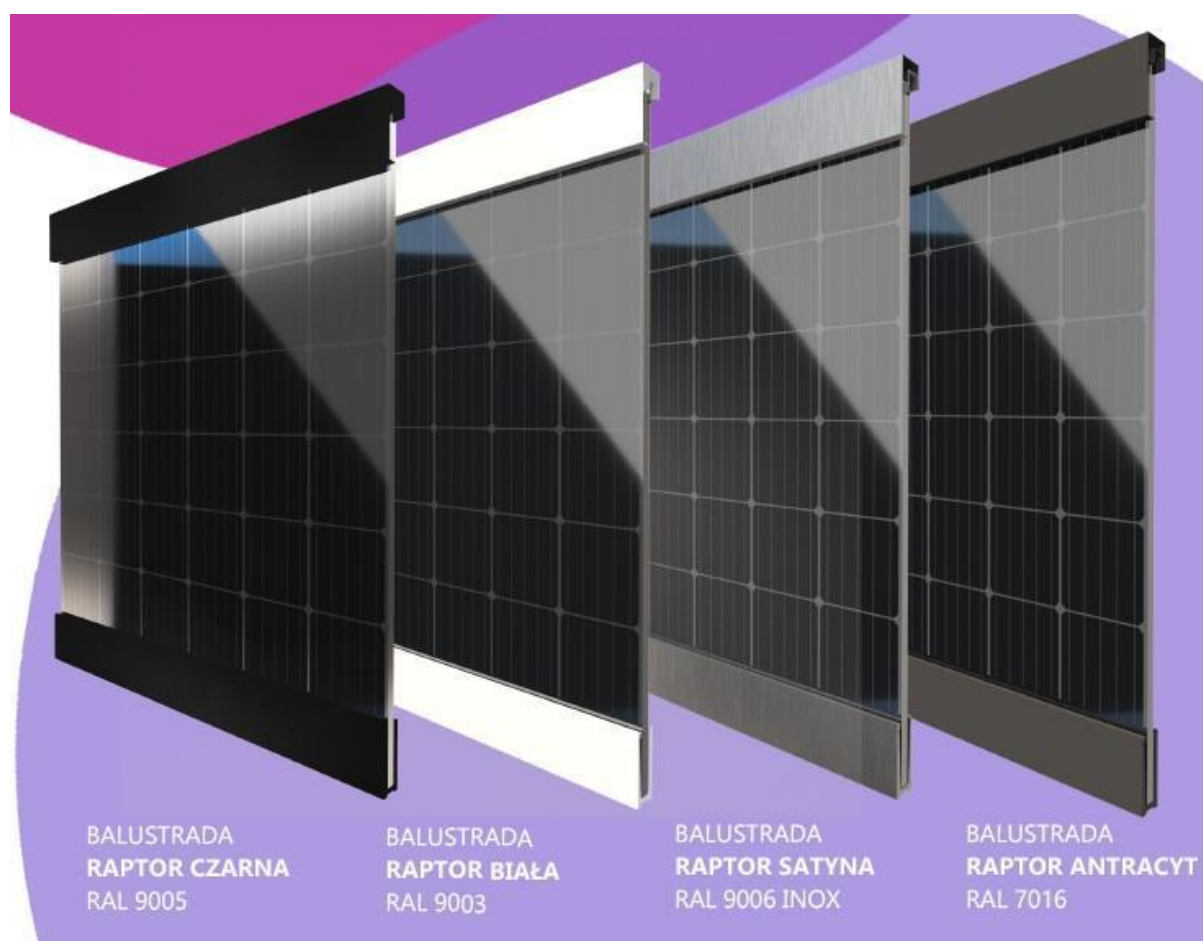
Zwiększenie odległości między ogniwami, laserowa strukturyzacja ogniw lub stosowanie ogniw przeziernych zapewnia uzyskanie oczekiwanego efektu – zachowanie lub ograniczenie przezierności balustrady szklanej.

W balustradach Rapdach, które przede wszystkim stanowią przeszklenie zabezpieczające przed wypadnięciem, zgodnie z wymaganiami TRAV (Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen – Wymagania techniczne dla przeszkleń zabezpieczających przed wypadnięciem) stosowane są dwa typy szkła – hartowane (ESG) i laminowane (VSG) o budowie symetrycznej ESG/OPT/VSG 88.4 (17,52 mm).

Balustrady fotowoltaiczne są wykonywane w dowolnych rozmiarach, do maksymalnej długości 3,5m, i dostosowywane do różnych typów mocowania i poręczy, wg indywidualnych potrzeb.

Elastyczność w doborze rozmiarów, możliwość stosowania różnych mocowań i poręczy, bogata kolorystyka, różnorodny stopień transparentności oraz nowa funkcja użytkowa – wytwarzanie energii elektrycznej – decydują o wyjątkowej atrakcyjności szklanych balustrad fotowoltaicznych.

Kompletna balustrada szklana z ogniwami fotowoltaicznymi montowana na balkony lub tarasy. Jest to idealna propozycja dla osób lub firm ceniących sobie darmowy prąd ze słońca i ekologię. Przeznaczona jest dla wszystkich posiadających już fotowoltaikę w swoich domach lub firmach oraz osób lub przedsiębiorstw planujących takie rozwiązanie. Model RAPTOR będzie wyglądał nowocześnie, a jednocześnie minimalistycznie ozdabia naszą inwestycję dopełniając zapotrzebowanie na energię. Balustrada jako element architektoniczny budynku spełnia wszystkie wymagane normy.



Fot. Wizualizacja typoszeregu balustrad RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o.

Koncepcja balustrad fotowoltaicznych jest odpowiedzią na coraz większe zainteresowanie i zapotrzebowanie związane z produkcją energii pozyskiwanej z promieniowania słonecznego. Koncepcja ta w zamyśle ma być uzupełnieniem dla istniejących i nowoprojektowanych instalacji

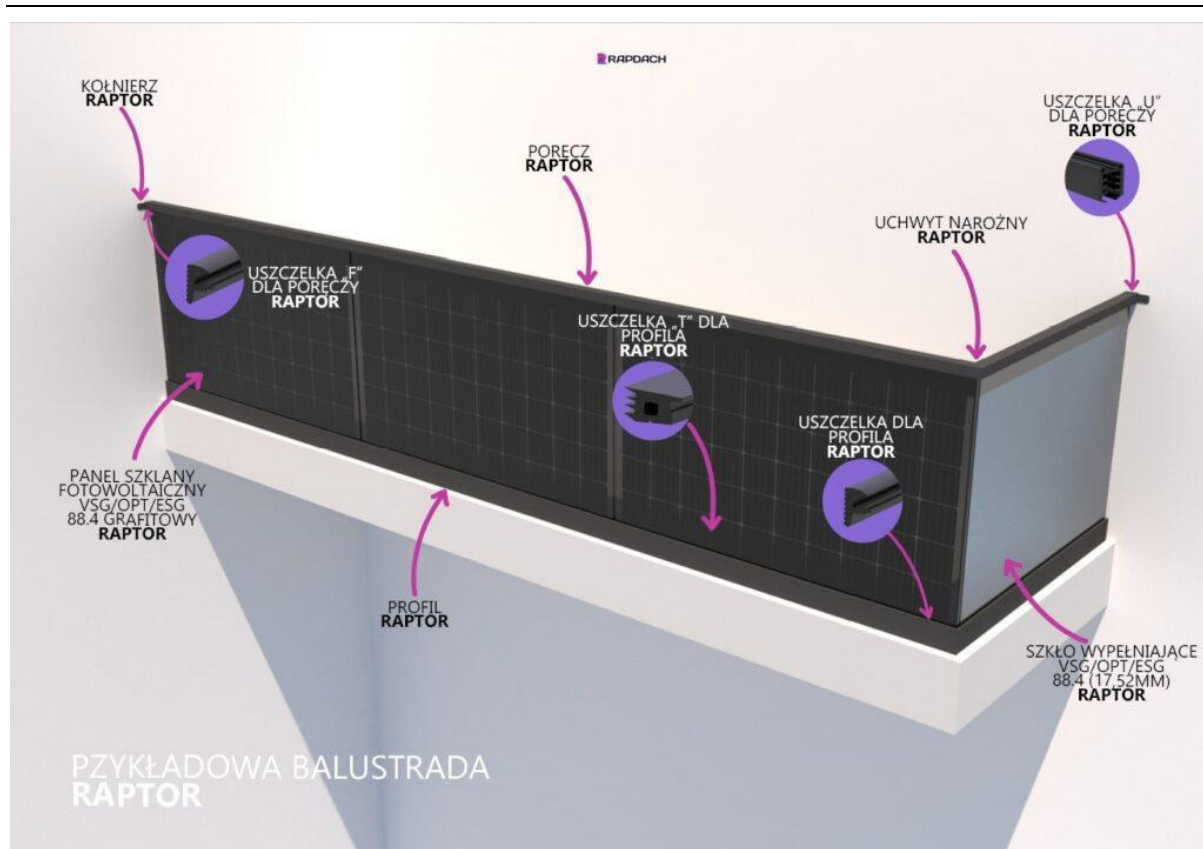
fotowoltaicznych. Jest ona skierowana zarówno dla klientów indywidualnych jak i przedsiębiorców, deweloperów, jednostek administracji publicznej itd.

W ramach koncepcji balustrad fotowoltaicznych proponuje się dwa typowe rozwiązania:

- balustradę fotowoltaiczną nieruchomą,
- balustradę fotowoltaiczną ruchomą.

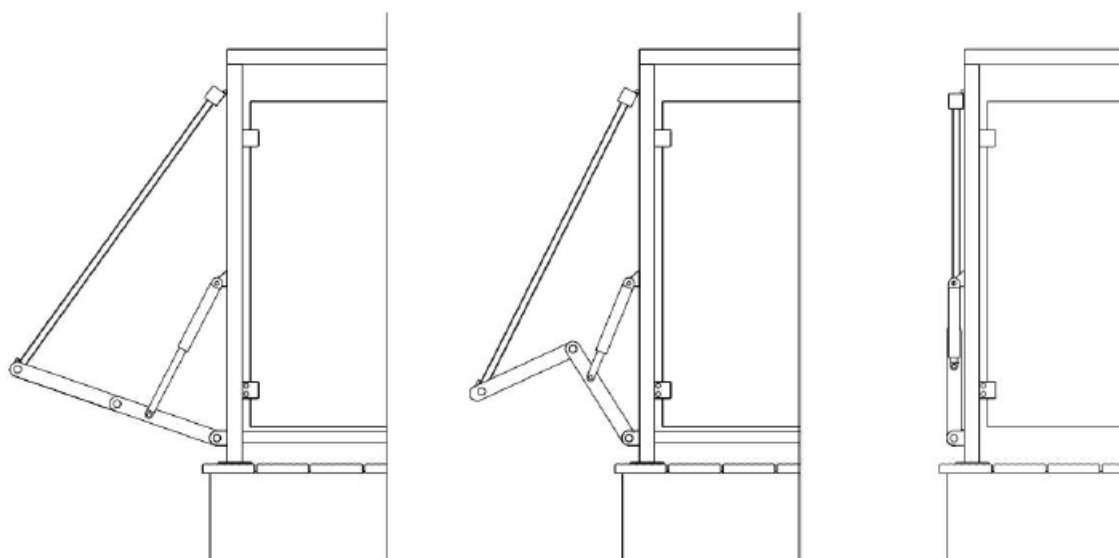
Głównym założeniem tego wariantu jest połączenie innowacji z prostotą i optymalizacją kosztów. Proponowane rozwiązanie obejmuje balustradę wykonaną w formie balustrady samonośnej całoszklanej, w której specjalnie przygotowany panel fotowoltaiczny zostanie zespolony z szybą o zwiększonej wytrzymałości (szkło bezpieczne, hartowane i laminowane), tworząc wypełnienie balustrady. Szkło (panel) zostanie zamocowane w aluminiowej listwie typu U lub F montowanej bezpośrednio do podłoża.

Główną ideą balustrady fotowoltaicznej całoszklanej samonośnej nieruchomej jest wykorzystanie potencjału płynącego z możliwości wykorzystania dodatkowych powierzchni nadających się do montażu paneli fotowoltaicznych przy wykorzystaniu nowoczesnych paneli balustradowych o zwiększonej wytrzymałości wraz z zachowaniem wysokich walorów estetycznych.



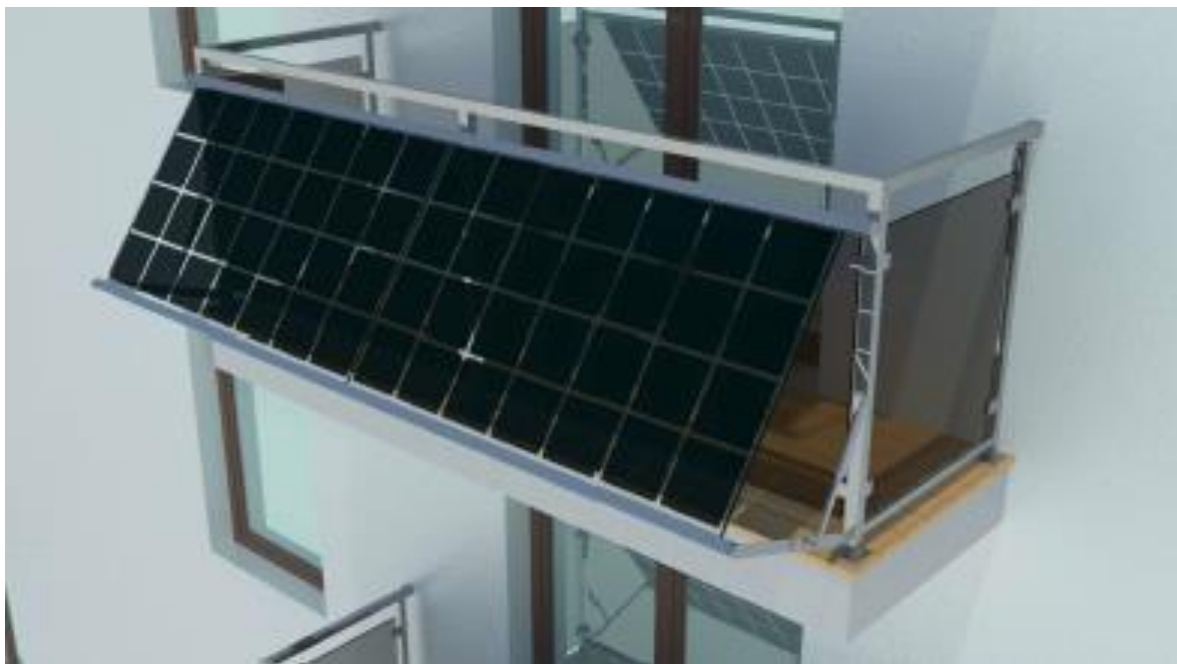
Fot. Wizualizacja poszczególnych elementów składowych kompletnych balustrad RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o.

Balustrada fotowoltaiczna ruchoma jest rozszerzeniem wariantu balustrady nieruchomej. Głównym jej atutem jest specjalna konstrukcja, pozwalająca na pochylenie zamontowanych paneli względem padających promieni słonecznych, co w efekcie przekłada się na wzrost wydajności produkcji energii elektrycznej. W wariantcie tym proponuje się wykonanie standardowej balustrady balkonowej montowanej od góry lub od boku, do której przymocowana będzie konstrukcja umożliwiająca obrót paneli względem poziomej osi wyznaczonej przez zawiasy, montowane w górnej części balustrady. W dolnej części konstrukcji przewiduje się mechanizm przystosowany do bezpiecznego odchylania paneli, w efekcie czego zostaną one pochylone do kąta $\pm 60^\circ$ względem płaszczyzny poziomej. Takie pochylenie pozwoli zwiększyć produkcję energii elektrycznej aż do 27% względem pionowego ustawienia paneli fotowoltaicznych w pozycji złożonej.



Fot. Schemat rozkładania balustrady fotowoltaicznej ruchomej: balustrada rozłożona, w fazie składania/rozkładania, złożona (źródło: RAPDACH Sp. z o.o.)

Balustrada fotowoltaiczna rozkładana w zamierzeniu ma być rozkładana automatycznie. W tym celu przewiduje się zastosowanie czujnika światła/zmierzchu bądź czujnika natężenia promieniowania słonecznego pozwalającego na automatyczne rozłożenie instalacji w porze dziennej. Czujnik będzie odpowiedzialny za automatyczne uruchomienie mechanizmu rozkładającego konstrukcję, w której zamontowane będą panele fotowoltaiczne. Jako mechanizm przewiduje się mechanizm ślimakowy bądź mechanizm z elektrycznym siłownikiem. Mechanizm zespolony będzie z przegubowym składanym ramieniem wykonanym ze stali nierdzewnej bądź stali czarnej ocynkowanej i malowanej proszkowo (w zależności od typu balustrady).



Fot. Wizualizacja balustrady ruchomej RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o.

Opis techniczny zestawu wyrobów do wykonywania balustrad systemu RAPDACH przedstawiono w dokumentacji dostarczonej przez producenta, stanowiącej załącznik do niniejszego opracowania.

W skład zestawu wyrobów do wykonywania balustrad systemu RAPDACH wchodzi kształtowniki aluminiowe słupków balustrad, kształtowniki aluminiowe poręczy, kształtowniki aluminiowe listew dociskowych i maskujących balustrad, uszczelki z EPDM oraz wypełnienia: z szyb bezpiecznych ze szkła hartowanego, warstwowego VSG ESG 88.2 wg norm PN-EN 12150-1 :2015, PN-EN 12543-2:2011 i/lub PN-EN 14449:2008 lub z modułów fotowoltaicznych z szyb bezpiecznych ze szkła hartowanego i folii PVB, z wewnętrznym ogniwem fotowoltaicznym wg normy PN-EN 50583-1 :2016. Kształtowniki aluminiowe słupków, poręczy, listew dociskowych i maskujących są wykonane ze stopu aluminium EN AW-6063 wg normy PN-EN 573-3+A1:2022, stan T66 wg normy PN-EN 515:2017.

3. Wymagania prawne

Balustrady mogą mieć różne kształty i formy, dlatego odpowiednio dobierając wzór i materiał na ich wykonanie, można znacznie podnieść wartość danej nieruchomości. Ogólnie przyjmuje się podział na balustrady wewnętrzne i zewnętrzne. Ich sposób budowy uregulowany jest prawnie, a mianowicie Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 2002 roku w sprawie warunków technicznych. Określa ono zarówno wysokość jak i rozmieszczenie poszczególnych elementów konstrukcyjnych wypełniających wnętrze balustrady Schody zewnętrzne i wewnętrzne, o których mowa w ust. 1, w budynku użyteczności publicznej powinny mieć balustrady lub poręcze przyściennie, umożliwiające lewo- i prawostronne ich użytkowanie. Przy szerokości biegu schodów większej niż 4 m należy zastosować dodatkową balustradę pośrednią.

Balustrady są wymagane wszędzie tam, gdzie schody mają wysokość większą niż pół metra. W przypadku domów jednorodzinnych i budynków wielopiętrowych muszą mieć one wysokość 0,9 metra. W obiektach wielorodzinnych, placówkach oświaty, opieki zdrowotnej barierki powinny mieć wysokość 1,1 metra. Przerwy pomiędzy poszczególnymi elementami balustrad różnią się w zależności od miejsca ich wykorzystania. W przypadku domów wielorodzinnych placówkach oświaty może to być maksymalnie 0,12 metra, w pozostałych przypadkach 0,2 metra. Jeśli w danym budynku będą miały przebywać dzieci, należy je tak zaplanować, by uniemożliwić im wspinanie się i zsuwanie się po poręczach, ruchu osób niepełnosprawnych, należy zastosować obustronne poręcze, umieszczone na wysokości 0,75 i 0,9 m od płaszczyzny ruchu (§ 298 Wymogi dotyczące balustrad Dz.U.2022.0.1225 t.j. - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie).

4. Opis i wyniki przeprowadzonych analiz B+R

Zakres prowadzonych analiz numerycznych i badań doświadczalnych oscylował w zakresie kilku zasadniczych elementów i zależności:

1) Wytrzymałość na obciążenia statyczne

- $h/50$ (h – wysokość od punktu zamocowania), przy obciążeniu liniowym siłą poziomą o wartości $1,0$ kN/m, a wartość odkształcenia trwałego elementów nie

może być większa niż 8 mm,

- $L/100$ (L – rozpiętość balustrady), przy obciążeniu skupionym dwoma siłami pionowymi o wartości $0,5$ kN każda, przyłożonymi do poręczy i skierowanymi w

dół i następnie w górę, a odkształcenie trwałe elementów po każdym przyłożeniu nie może być większe niż $L/150$, a także przekraczać 5 mm

2) Wytrzymałość na działanie siły pionowej

Balustrada wraz z wypełnieniem nie powinna wykazywać uszkodzeń mechanicznych oraz odkształceń trwałych większych niż 5 mm przy działaniu siły pionowej o wartości $1,0$ kN, działającej w płaszczyźnie balustrady, przyłożonej do wypełnienia w środku odległości między słupkami.

3) Odporność na obciążenie wiatrem

Odkształcenie elementów balustrady pod działaniem dodatniego i ujemnego obciążenia równomiernie rozłożonego o wartości $1,0$ kPa nie powinno być większe niż 25 mm. Balustrada w trakcie obciążania i po jego usunięciu nie może wykazywać uszkodzeń mechanicznych, a odkształcenie trwałe być większe niż 8 mm.

4) Odporność na uderzenie

Balustrada nie powinna wykazywać żadnych uszkodzeń mechanicznych (przebicia wypełnienia, rozwarstwień, odpadnięcia elementów itp.) w wyniku uderzenia ciałem twardym w postaci stalowej kuli o masie $0,5$ kg,

z energią $E = 5 \text{ J}$. Ponadto nie może wykazywać żadnych uszkodzeń mechanicznych w wyniku uderzenia kulą o masie $1,0 \text{ kg}$ z energią $E = 20 \text{ J}$, a następnie uderzenia ciałem miękkim i ciężkim o parametrach podanych w poniższej właściwości.

Balustrada nie powinna wykazywać żadnych uszkodzeń mechanicznych (jw.) w wyniku trzykrotnego uderzenia ciałem miękkim i ciężkim o masie 50 kg , zgodnie z procedurą określoną w normie PN-EN 12600:2004 Szkło w budownictwie - Badanie wahadłem Udarowa metoda badania i klasyfikacja szkła płaskiego, z energią $E = 350 \text{ J}$ (przy wysokości spadku 700 mm).

5) Odporność modułu fotowoltaicznego na uszkodzenia

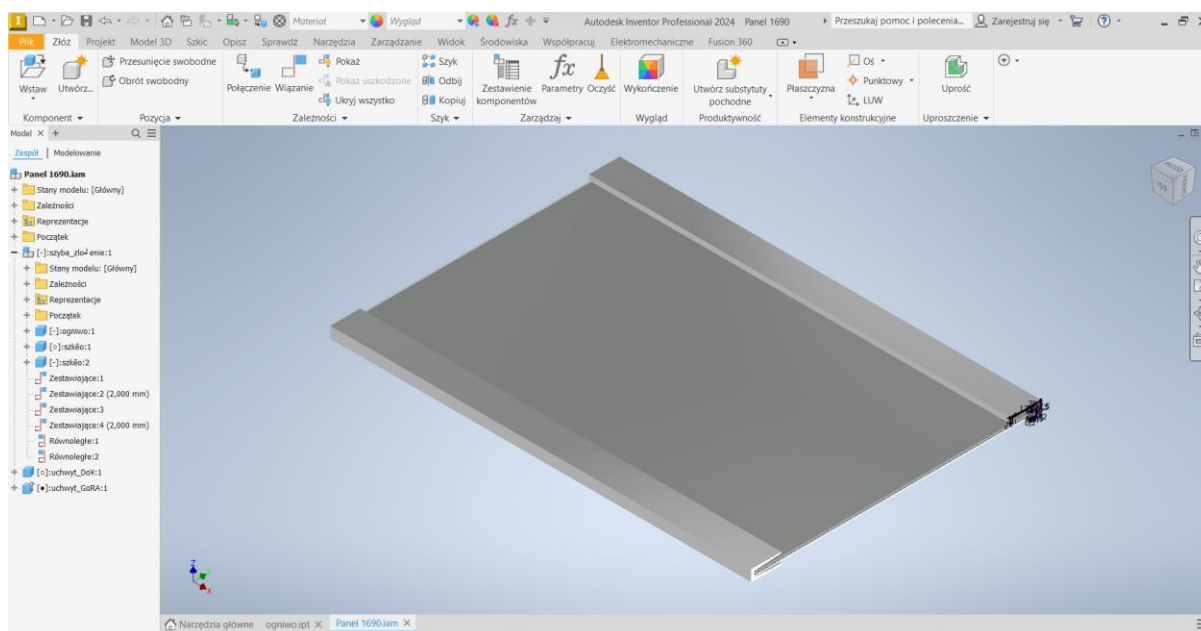
Zakres opracowania obejmuje obliczenia statyczne balustrad polegające na weryfikacji kształtu i konstrukcji dla ustalonych przekrojów profili aluminiowych. Weryfikacja ma na celu sprawdzenie, dla zakładanych rozpiętości i sposobu mocowania, maksymalnych ugięć układu statycznego, wytrzymałości profili aluminiowych.

Opracowane zostały szczegółowe modele numeryczne 3D produktów – typoszeregu balustrad o różnych wymiarach:

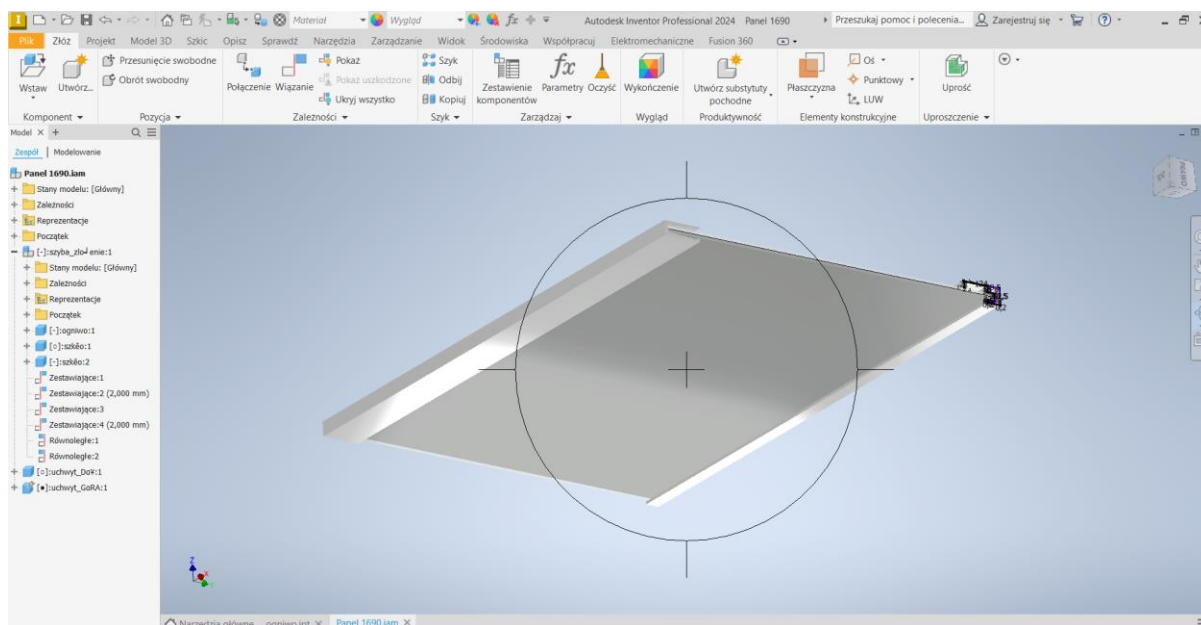
- 1690×1130 o mocy 270 Wp
- 1370×1130 o mocy 220 Wp
- 1050×1130 o mocy 160 Wp
- 720×1130 o mocy 110 Wp

Do opracowania modeli i przeprowadzenia szczegółowych analiz obciążeniowych wykorzystano Autodesk Inventor Professional 2024 wraz nakładką Fusion 360 do analiz i tworzenia symulacji naprężeń statycznych i dynamicznych, pseudostatycznych, łącznie z analizą możliwości wystąpienia uszkodzeń produktu.

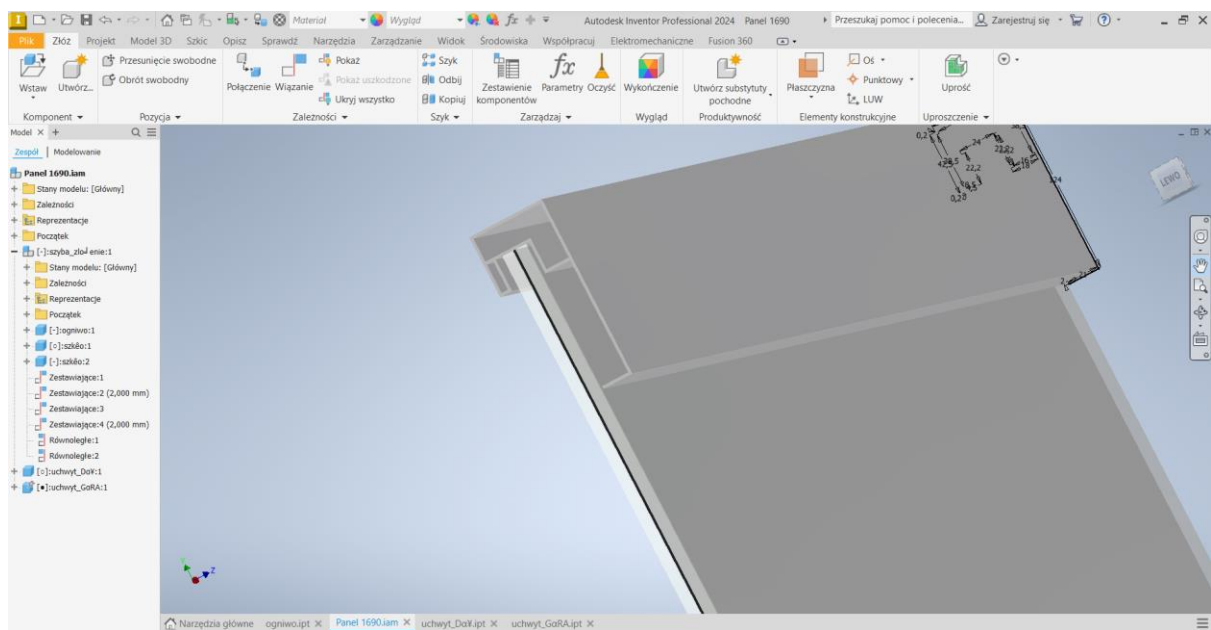
Poniżej na fotografiach przedstawiamy poszczególne modele i elementy kompletnej balustrady fotowoltaicznej.



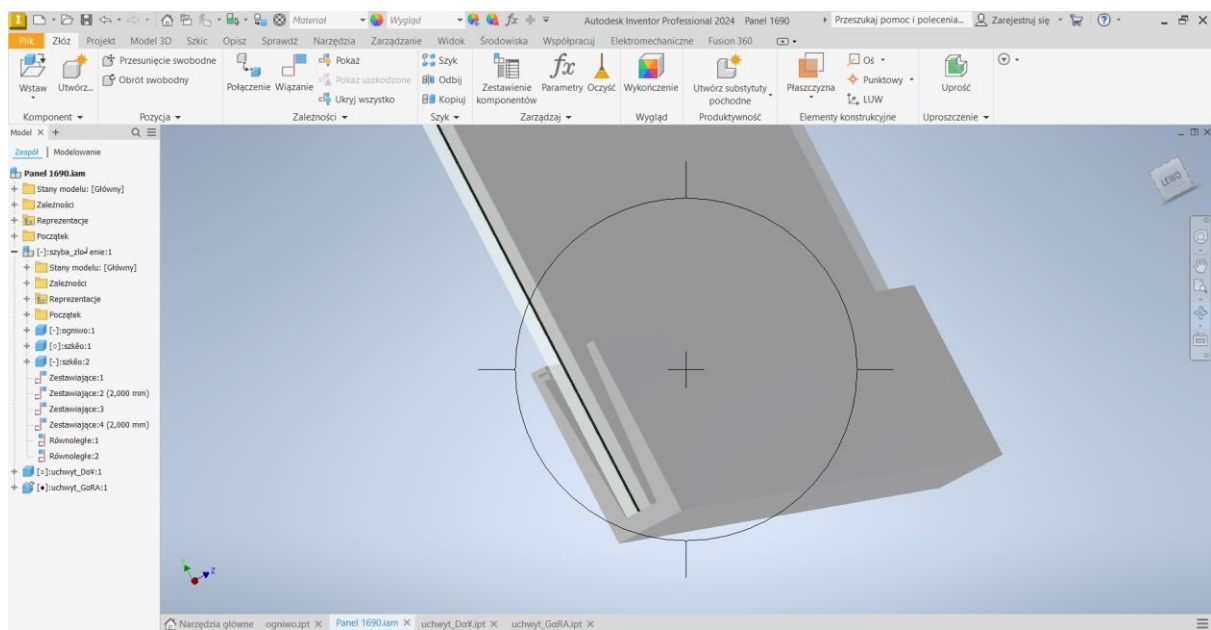
Fot. Model 3D balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)



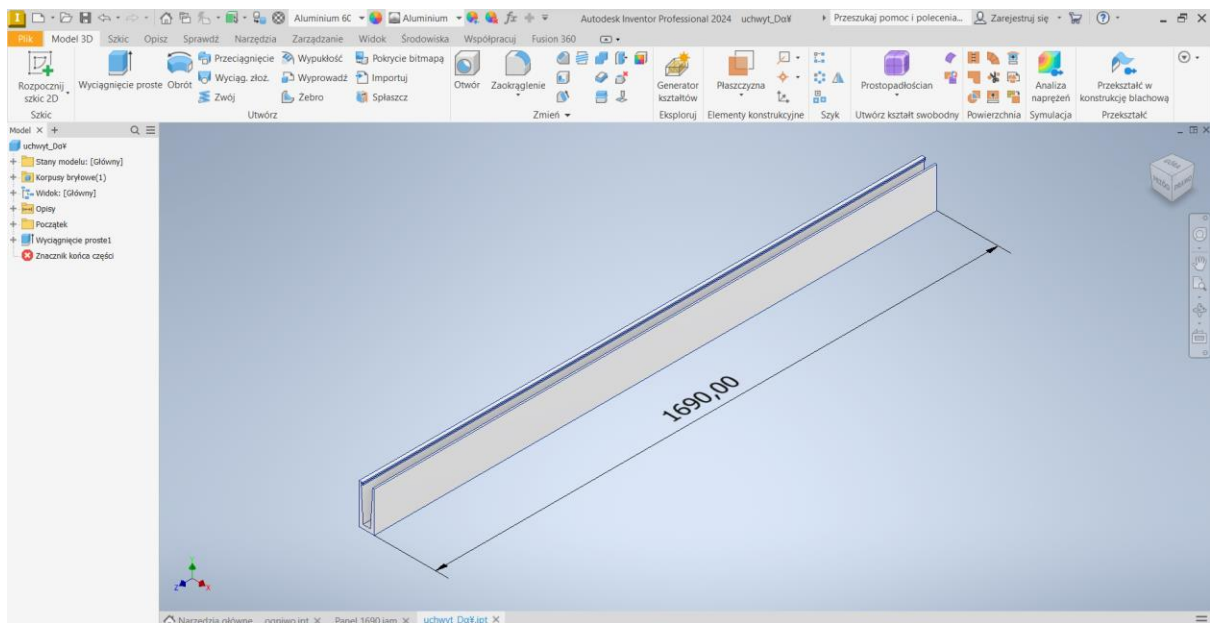
Fot. Model 3D balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)



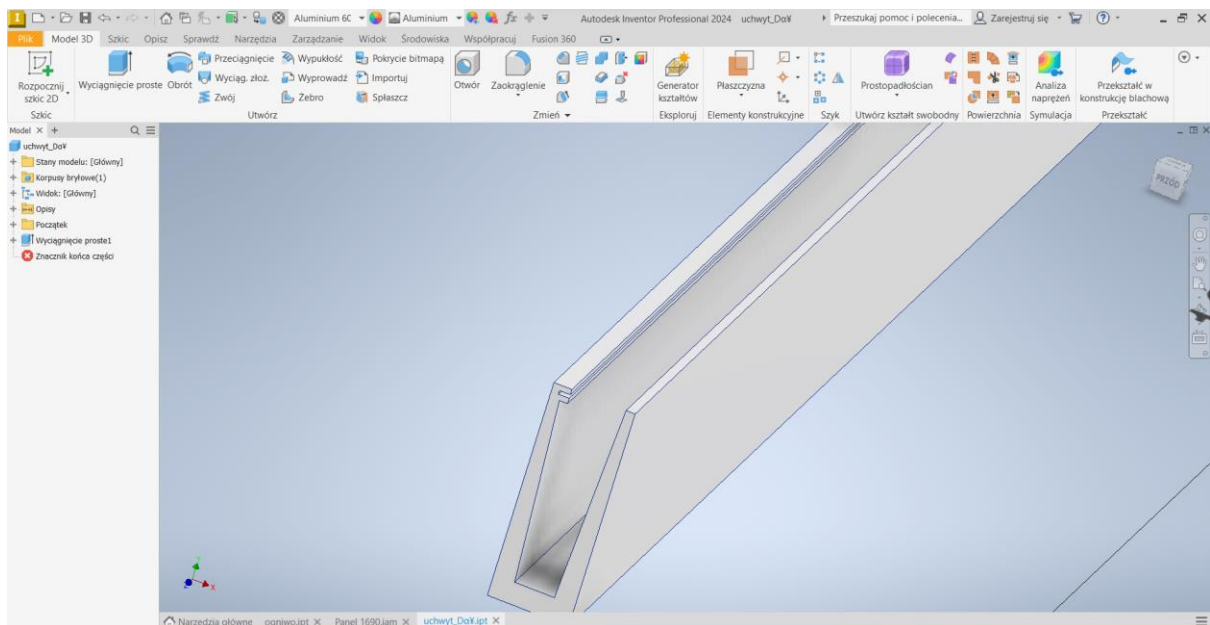
Fot. Model 3D pochwył balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)



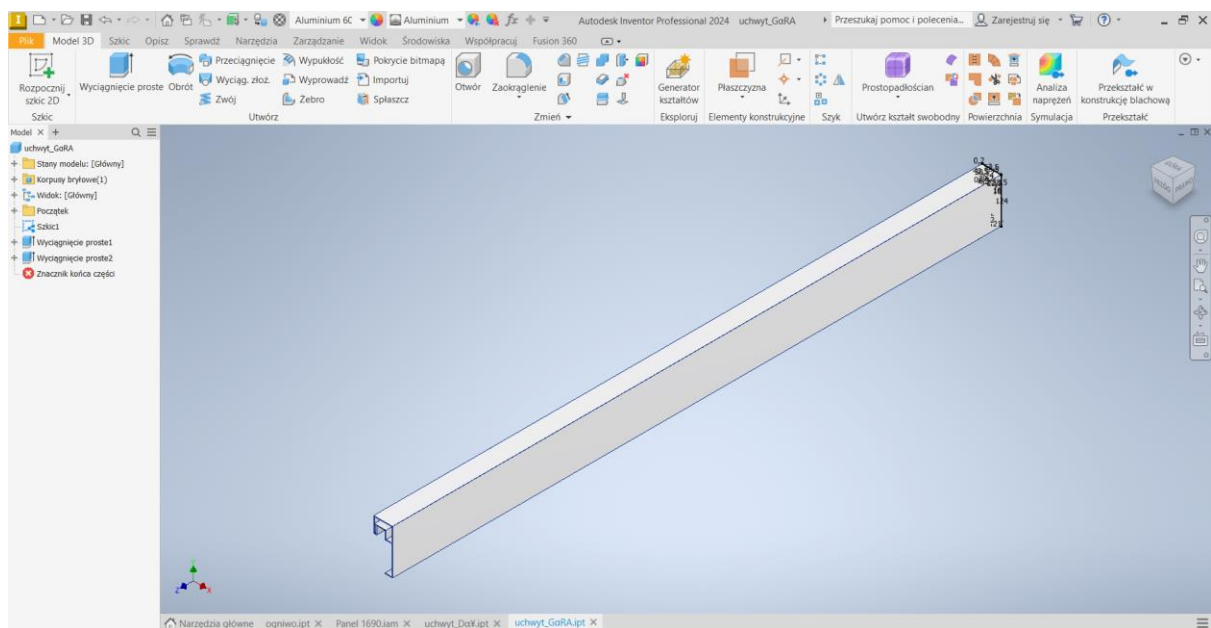
Fot. Model 3D profile mocujące balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)



Fot. Model 3D profile mocujące balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)



Fot. Model 3D profile mocujące balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)



Fot. Model 3D pochwył balustrady RAPTOR firmy RAPDACH Sp. z o.o. (źródło: opracowanie własne)

Powyższe modele balustrad fotowoltaicznych pozwoliły na wykonanie badań w zakresie zastosowania 3,4- punktowego zginania oraz skręcania w celu symulacji np. obciążeń wywoływanych przez wiatr oraz inne czynniki atmosferyczne.

Miało to na celu oszacowanie i zbadanie, jak obciążenia dynamiczne wpływają na wydajność paneli fotowoltaicznych w czasie ich użytkowania. Dzięki systemowi testowemu można stwierdzić czy sprawność paneli nie spadnie poniżej 80% w ciągu okresu gwarancyjnego (np. 30 lat) w związku np. z oddziaływaniem obciążeń, które mogą powodować zużywanie/pękanie połączeń wewnętrznych występujących w panelach słonecznych.

W środowisku SimPowerSystems programu Matlab/Simulink przebadano podstawowe właściwości elektryczne balustrad PV.

Zbadano wpływ gęstość mocy promieniowania na charakterystykę napięciowo – prądową modułu.

Z przeprowadzonych badań można wyciągnąć wnioski bardzo zbliżone i podobne do klasycznych paneli fotowoltaicznych tj:

- ➔ Zmienny strumień promieniowania słonecznego istotnie wpływa na charakterystykę napięciowo - prądową modułu i krzywą mocy.

Z przeprowadzonych symulacji wynikają następujące wnioski:

- prąd zwarciový ogniwa fotowoltaicznego zmienia się proporcjonalnie do gęstości mocy promieniowania,
- napięcie biegu jałowego U_{oc} jest w niewielkim stopniu zależy od natężenia promieniowania słonecznego,
- przy spadku gęstości mocy promieniowania maksymalna moc generowana przez fotoogniwo maleje.

Odpowiednie badanie modułów i poprawnie wykonane pomiary instalacji PV są gwarancją ich bezpiecznej i efektywnej pracy. Diagnostowanie wykorzystujące termowizję są niezbędne wszędzie tam, gdzie nie jesteśmy w stanie dostrzec problemu gołym okiem, dzięki czemu tego typu badania od lat stosowane są, np. w zakładach produkcyjnych, budownictwie czy przemyśle energetycznym. Nie inaczej jest w przypadku instalacji balustrad PV. Niewykryte w porę uszkodzenia modułów i ogniw fotowoltaicznych mogą doprowadzić do trwałych uszkodzeń, konieczności ich wymiany, a nawet pożarów zagrażających zdrowiu i życiu.

Norma IEC 62446-3, dotycząca procedury badań modułów i instalacji fotowoltaicznych, opisuje m.in. minimalne wymagania sprzętowe, odpowiednie warunki środowiskowe, procedurę przeprowadzania inspekcji czy przykładowe opisy najczęstszych usterek.

ANSYS Polyflow jest specjalistycznym programem stworzonym na potrzeby symulacji procesów dla termoplastów, gumy oraz szkła. Oparty o metodę elementów skończonych doskonale radzi sobie z symulacją takich zjawisk jak wyciąganie (extrusion), termoformowanie czy wdmuchiwanie.

Dzięki wykorzystaniu ANSYS Fluent, który pozwala na modelowanie wszelkich zjawisk związanych z przepływami (spalanie, turbulencja, przepływy wielofazowe, reakcje chemiczne, przewodzenie ciepła, radiacja, itp.) udało się potwierdzić celowość wykorzystanej i zastosowanej konstrukcji pilotażowej mocowania i uchwytów balustrad PV Raptor. ANSYS

Fluent z nowoczesnym interfejsem użytkownika, zintegrowany na platformie Workbench, daje ogromne możliwości prowadzenia szybkiej i wydajnej optymalizacji produktu.

CFD ma mnogość zastosowań w dziedzinie projektowania. Można go wykorzystać do optymalizacji projektu obiektu lub systemu poprzez przewidywanie, jak będzie się on zachowywał w określonych warunkach co zostało zaimplementowane w Projekcie. Dużą zaletą jest fakt, że symulacje przeprowadza się zanim obiekt zostanie faktycznie zbudowany. Pozwala to na dużą oszczędność czasu i pieniędzy już na etapie projektowania. Z uwagi na mniejszą niż standardowo ilość koniecznych prototypów oraz możliwość wykrycia błędów w fazie projektu.

Ekstremalne warunki pogodowe jak silne gradobicie może doprowadzić do widocznych uszkodzeń paneli, jak również do mikrouszkodzeń trudnych do wizualnego zidentyfikowania. Z tego powodu panele słoneczne są poddawane obowiązkowym testom, których celem jest sprawdzenie ich odporności na uderzenia gradu zgodnie z międzynarodowymi standardami (IEC 61215). Test przeprowadzany jest w temperaturze około -20°C , za pomocą specjalnych wyrzutni kulek gradowych o średnicy 1 cala (25,4 mm) i masie ok 7,53 g. Kulki uderzają panel w 11 cyklach z prędkością 23 m/s. Po zakończeniu testu nie powinno być widocznych uszkodzeń takich jak pęknięcia ogniwi i szkła, mikropęknięcia i łagodne deformacje strukturalne.

Ważnym etapem weryfikacji poprawności działania instalacji fotowoltaicznej jest sprawdzenie charakterystyki prądowo-napięciowej łańcuchów paneli. Jest to rozszerzona wersja pomiarów $I-V$, przy czym wykreślenie całej charakterystyki $I(U)$ umożliwia dostarczenie informacji o napięciu punktu mocy maksymalnej, prądzie punktu mocy maksymalnej i maksymalnej mocy uzyskanej właśnie w tym punkcie. Dzięki zastosowaniu w pomiarze miernika natężenia promieniowania słonecznego charakterystyka prądowo-napięciowa może być przeliczona do warunków STC, w wyniku czego możliwe jest realne porównanie efektywności pracy

instalacji z danymi katalogowymi producenta. Kształt charakterystyki pozwala diagnozować również błędy w pracy instalacji.

W badaniu ważne jest określenie aktualnej wartości natężenia promieniowania słonecznego (irradiacji) w płaszczyźnie paneli. Jest to ważne ze względu na to iż norma PN-EN 62446-1 definiuje minimalne natężenie promieniowania, przy którym badanie charakterystyki prądowo-napięciowej jest miarodajne i możliwe jest jej przeliczenie na warunki STC. Natężenie promieniowania powinno być na poziomie powyżej 500. Norma PN-EN 61829 określa sposób wykonywania badania efektywności pracy paneli fotowoltaicznych i dokładne przeliczenie pomiarów na warunki STC definiując wartość minimalną natężenia promieniowania słonecznego jako 700. Badanie natężenia promieniowania słonecznego możliwe jest na kilka sposobów, a mianowicie wykorzystując zewnętrzny rejestrator temperatury i natężenia promieniowania słonecznego.

Najczęstszym miejscem montażu modułów fotowoltaicznych jest balkon. W przypadku dwóch (lub większej liczby) balkonów zawsze wybiera się ten, który wyróżnia się większym nasłonecznieniem. Kolejną kwestią jest zacienienie. Jedynym słusznym wyborem jest balkon, którego lokalizacja gwarantuje brak cienia. Moduły fotowoltaiczne na balkonie, a dokładniej ich waga w minimalnym stopniu obciążają konstrukcję balkonu. Liczba modułów fotowoltaicznych zamontowanych na balkonie jest uzależniona m.in. od jego wielkości i kształtu. Zasada jest jedna. Im więcej modułów, tym większa moc instalacji fotowoltaicznej, a co za tym idzie oszczędności na rachunkach za energię elektryczną są większe. Ograniczona ilość wolnej przestrzeni na balkonie sprawia, że jest konieczne używanie wyłącznie wysokosprawnych modułów fotowoltaicznych, które efektywnie produkują energię.

Montaż modułów fotowoltaicznych na balkonie przebiega szybko i intuicyjnie. W pierwszym kroku wykorzystuje się specjalną konstrukcję nośną, którą stabilnie przytwierdza się do balkonu. W drugim etapie moduły

zostaną zamontowane do konstrukcji. Dalsze etapy obejmują m.in. podłączenie okablowania i mikroinwertera. Zadaniem mikroinwertera jest wydajna zmiana napięcie stałego (DC) wytwarzanego przez moduły fotowoltaiczne na napięcie przemienne (AC), czyli dokładnie takie same, jakie występuje w domowej sieci elektrycznej. Oznacza to, że dzięki darmowej energii pozyskanej ze słońca można bezpiecznie i stabilnie zasiląć wszystkie domowe odbiorniki prądu.

Mikroinwerter jest mniejszym odpowiednikiem inwertera, czyli urządzenia wchodzącego w skład pełnowymiarowych instalacji fotowoltaicznych. Urządzenie, podobnie jak jego większy odpowiednik, jest wyposażone w szereg zabezpieczeń, które gwarantują stabilną, niezawodną i przede wszystkim bezpieczną pracę w każdych warunkach.

Kolejną korzyścią wynikającą z montażu modułów fotowoltaicznych na balkonie jest łatwy dostęp do wszystkich elementów instalacji. Dotyczy to nie tylko czynności serwisowych, ale również mycia modułów fotowoltaicznych przy użyciu wody i miękkiej gąbki. Zakurzone moduły działają mniej efektywnie, a co za tym idzie wytwarzają mniej prądu. Z tego powodu warto regularnie kontrolować ich czystość i w razie konieczności delikatnie usunąć wszystkie zabrudzenia.

Wysokowydajne moduły fotowoltaiczne mogą być montowane również na elewacji budynku lub w tak zwanych częściach wspólnych. Warunkiem przeprowadzenia takiej inwestycji jest uzyskanie zgody zarządcy budynku lub wspólnoty. Instalacje fotowoltaiczne na elewacji budynku są montowane przy użyciu specjalnych konstrukcji nośnych. Cała konstrukcja jest stabilnie przymocowana do budynku. Następnie do konstrukcji są montowane moduły fotowoltaiczne. Pomiędzy modułami a elewacją budynku pozostaje wolna przestrzeń, która zapewnia odpowiednią wentylację i efektywne odprowadzenie ciepła. Cała instalacja fotowoltaiczna jest w pełni odporna na działanie warunków atmosferycznych.

W blokach doskonale sprawdza się także technologia BIPV (z ang. building integrated photovoltaics), czyli wydajne instalacje fotowoltaiczne stanowiące zadaszenie lub elewację budynków.

Dobrym przykładem są balustrady, fasady słupowo-ryglowe, fotowoltaiczne szyby zespolone, a także dachówki fotowoltaiczne, fasady wentylowane oraz świetliki i żaluzje fotowoltaiczne.

Panele fotowoltaiczne na balkon w bloku to nie tylko wydajne, ale również przyjazne dla środowiska rozwiązanie. Ogniwa solarne przekształcają promieniowanie słoneczne w czystą energię elektryczną bez emitowania szkodliwych substancji do atmosfery. Wykorzystanie energii słonecznej przyczynia się do redukcji emisji dwutlenku węgla oraz innych gazów cieplarnianych, wspierając walkę z globalnym ociepleniem. Dlatego fotowoltaika na balkonie nie tylko umożliwia mieszkańcom oszczędność finansową, ale także daje możliwość aktywnego wkładu w ochronę środowiska naturalnego.

Montaż modułów solarnych na balkonach wspiera rozwój energii odnawialnej w mieście, promując świadomość ekologiczną i poprawiając jakość życia. To inwestycja, która może inspirować innych mieszkańców do podjęcia podobnych działań, tworząc efekt kaskadowy dla zrównoważonego rozwoju energetycznego. Dodatkowo fotowoltaika może również zwiększyć wartość nieruchomości, ponieważ coraz więcej osób szuka ekologicznych rozwiązań energetycznych przy poszukiwaniu nowego mieszkania.

5. Podsumowanie zrealizowanych badań B+R

- Przeprowadzone badania pozwoliły przeanalizować oraz skontrolować poprawność wykonanych części prototypowych, sprawdzić ich wytrzymałość oraz przetestować zużycie w czasie. Badania i przeprowadzone modelowe symulacje pozwoliły wyeliminować słabe elementy konstrukcyjne, mechaniczne, jak również przetestować wytrzymałość przed procesem testowania produkcji.
- Opracowano produkt pod kątem określonego typoszeregu w zakresie mocy balustrady fotowoltaicznej oraz parametrów konstrukcyjno-instalacyjnych.
- Na podstawie analiz oraz wstępnej koncepcji opracowano rozwiązania konstrukcyjnego i instalacyjnego balustrad ruchomych i stałych.
- Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej, niezbędnej do wykonania prototypu balustrad fotowoltaicznych.
- Wykonano prototypy balustrad fotowoltaicznych oraz przeprowadzenie testów sprawdzających poprawność zaprojektowanego rozwiązania.
- Opracowano niniejszy raport z badań i prac badawczych.

Zakończeniem procesu B+R jest wdrożenie opracowanych rozwiązań do działalności przedsiębiorstwa i osiągnięcie zaplanowanych przychodów z tego tytułu.

Dzięki wprowadzeniu na rynek nowego produktu balustrady PV efektem jest zwiększenie konkurencyjności przedsiębiorstwa z wykorzystaniem rozwiązań technologicznych przyjaznych środowisku poprzez działania prowadzące do wdrożenia w przedsiębiorstwie innowacyjnych produktów, dzięki rozszerzeniu portfolio wzrost przychodów, zysku oraz zatrudnienia, a jednocześnie przyczyni się do

lepszej gospodarki energetycznej, efektywności energetycznej, zmniejszonej emisji zanieczyszczeń.

Balustrady fotowoltaiczne stanowią innowacyjne rozwiązanie, które nie tylko zapewniają estetyczny wygląd, ale również przyczyniają się do oszczędności energii. Dzięki zastosowaniu modułów fotowoltaicznych w konstrukcji balustrad energia słoneczna jest wykorzystywana do wytwarzania elektryczności.

Balustrady fotowoltaiczne mogą być podłączone do sieci energetycznej budynku lub systemu magazynowania energii, co pozwala na wykorzystanie zgromadzonej energii nawet w porach, gdy ilość światła słonecznego jest ograniczona. To oznacza, że można wykorzystać wygenerowaną elektryczność do zasilania oświetlenia zewnętrznego, urządzeń elektronicznych, a nawet ładowania samochodów elektrycznych.

Oszczędności energii, które można osiągnąć, są nie tylko korzystne dla środowiska, ale również przyczyniają się do zmniejszenia rachunków za prąd. Generowanie własnej energii elektrycznej przy użyciu modułów fotowoltaicznych zmniejsza zależność od tradycyjnych źródeł zasilania. W rezultacie balustrady fotowoltaiczne stanowią inwestycję, która może przynieść długoterminowe korzyści finansowe.

Nowoczesne rozwiązania gwarantują nie tylko efektywność energetyczną, ale także estetyczny wygląd. Dzięki różnym opcjom instalacja może być harmonijnie wkomponowana w architekturę budynku, zachowując jego oryginalny charakter.

Jesteśmy być może na początku boomu na montaż paneli fotowoltaicznych na balkonie. Wszyscy eksperci przewidują rosnącą popularność mikroinstalacji. Montaż jest łatwy, a korzyści całkiem spore. Mieszkania wyposażone w instalację fotowoltaiczną stają się atrakcyjną nieruchomością w przypadku sprzedaży.

Problemem może stać się instalacja elektryczna w budynkach. Raczej nie jest przygotowana na wiele instalacji fotowoltaicznych. To wyzwanie dla właścicieli budynków wielorodzinnych.

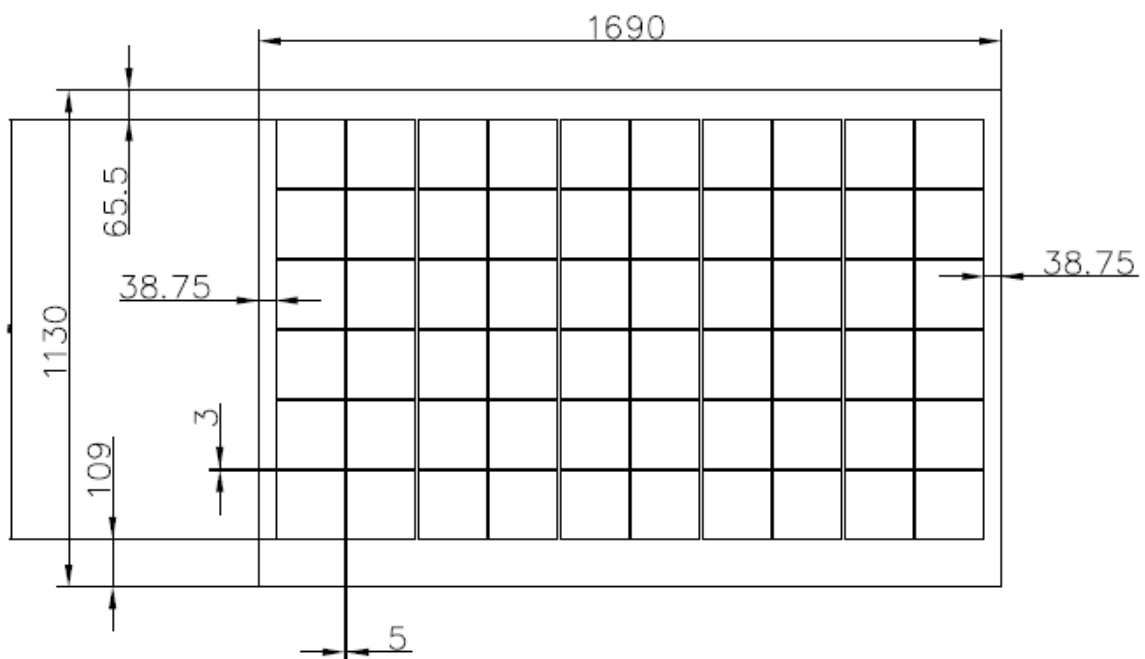
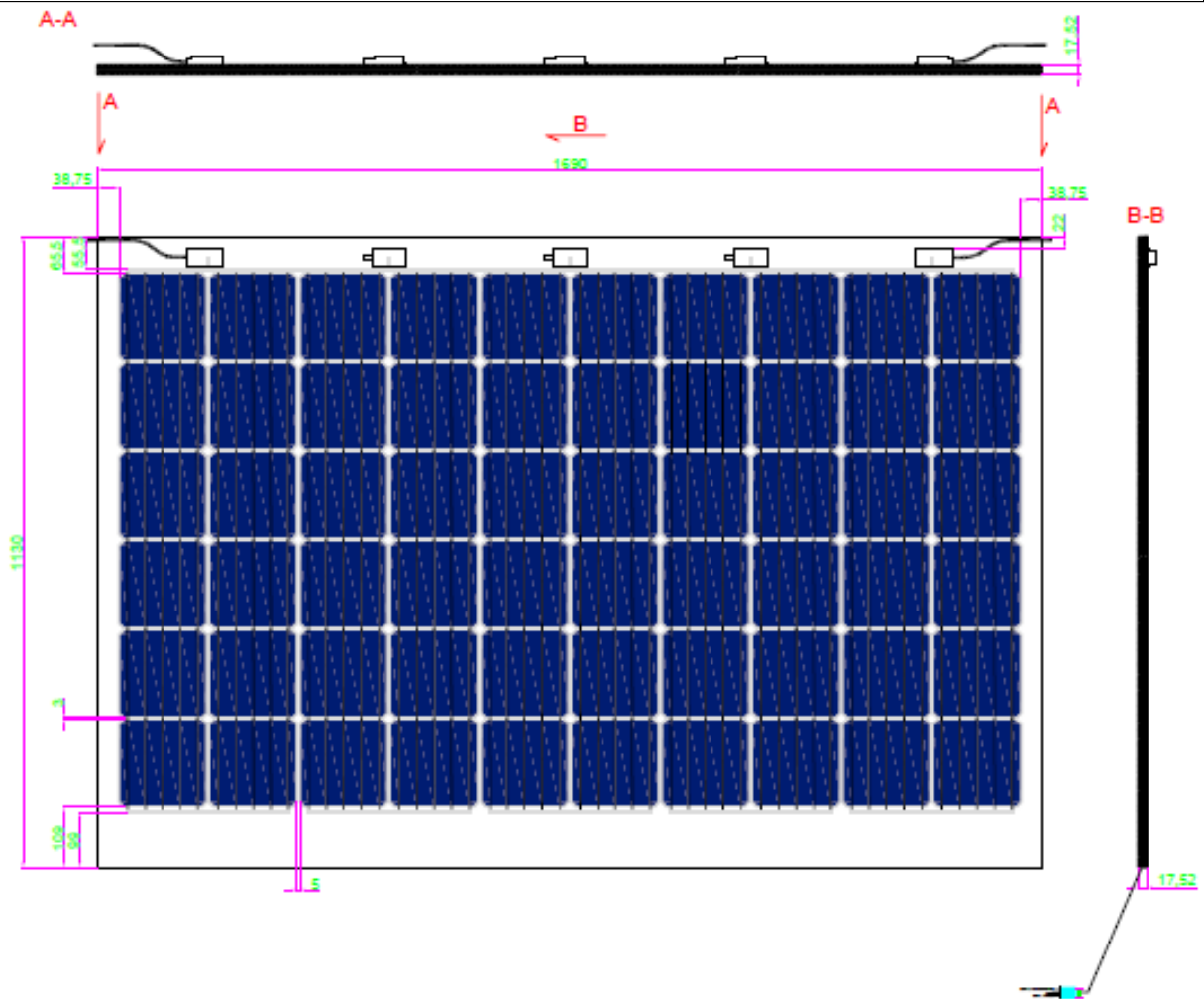
A poza wszystkim... własna elektrownia cieszy właściciela. Każdy słoneczny dzień, w którym panel fotowoltaiczny na balkonie pracuje z pełną mocą, to radość z darmowej energii i korzyść dla środowiska. Kto wie, czy nie zaczną powstawać bloki mieszkalne od razu z instalacją fotowoltaiczną wbudowaną w balkony, ściany i dachy. To kierunek który już staje się modny na świecie.

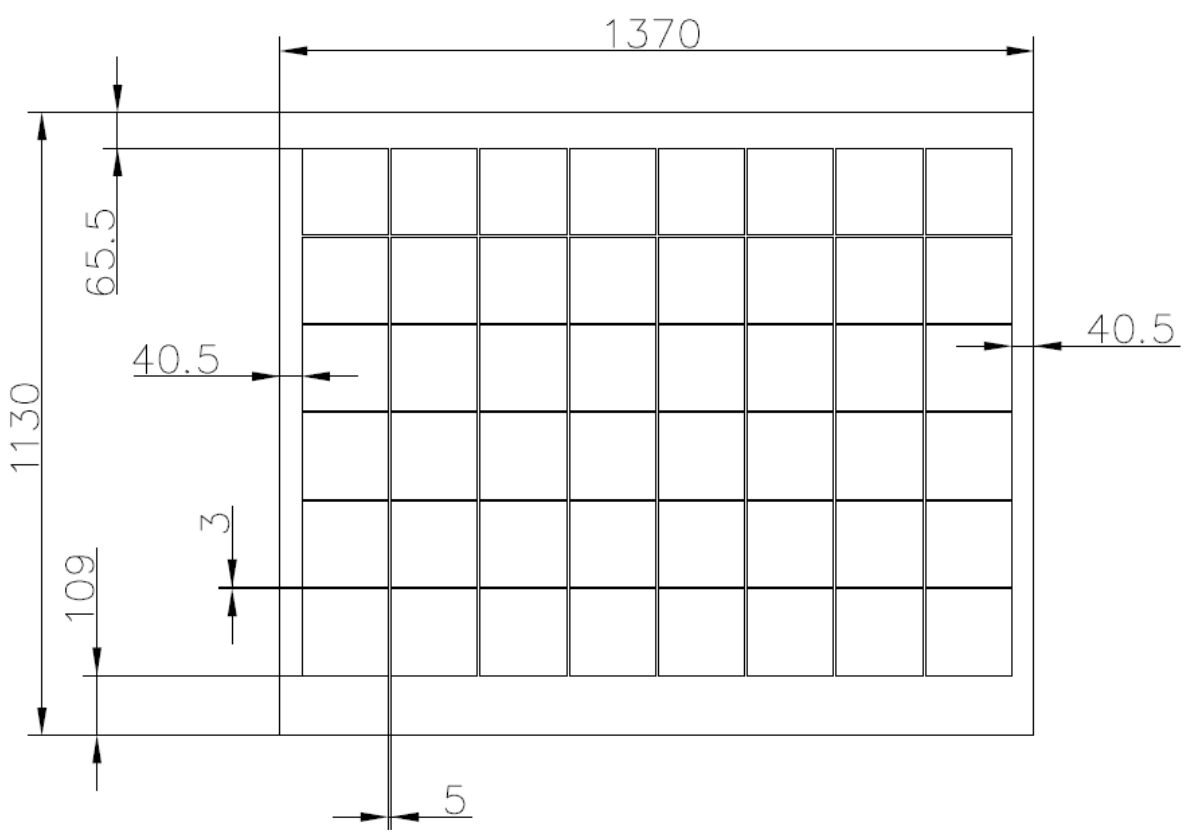
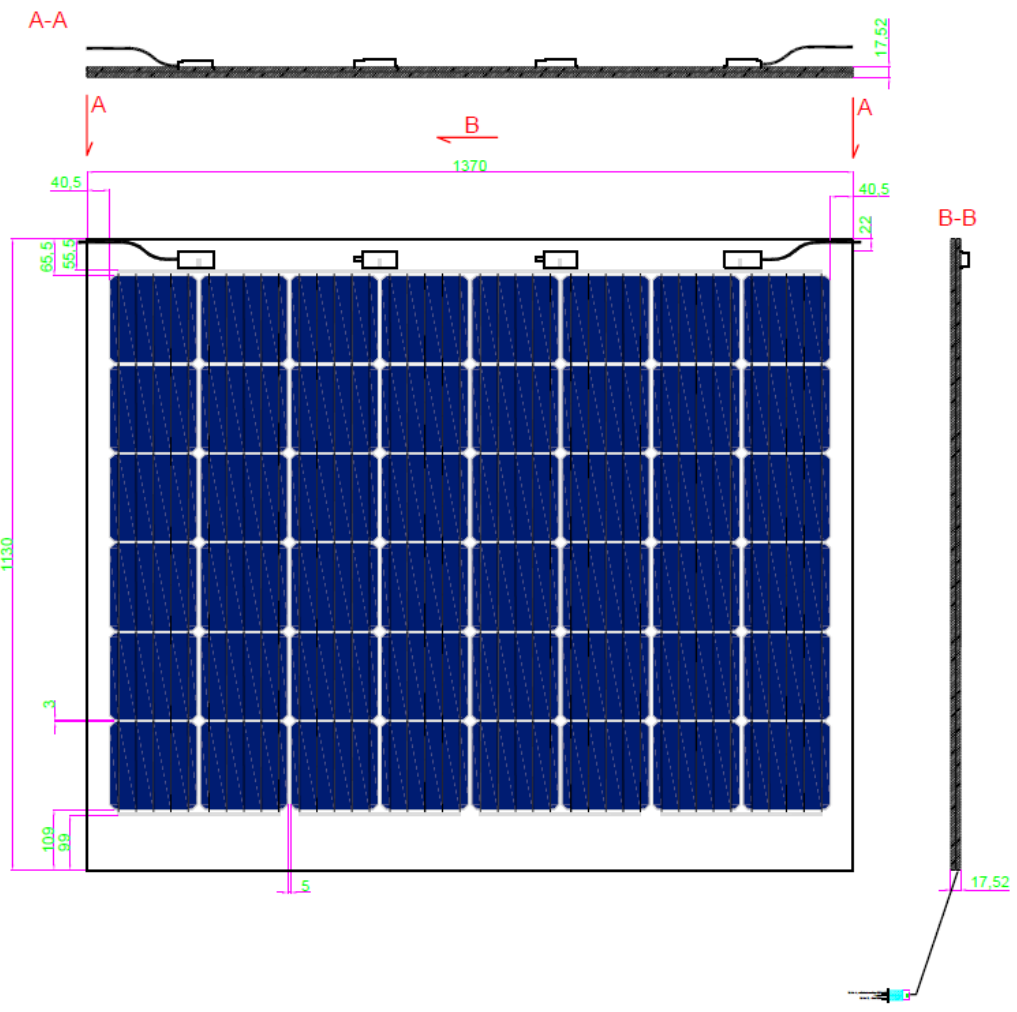
Zestawienie literatury

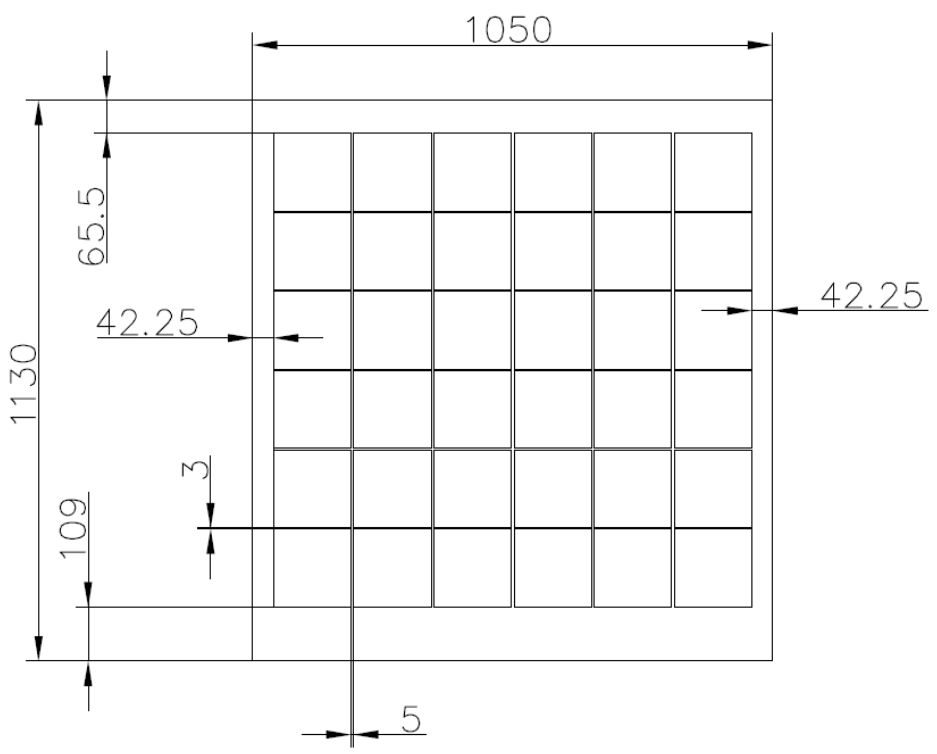
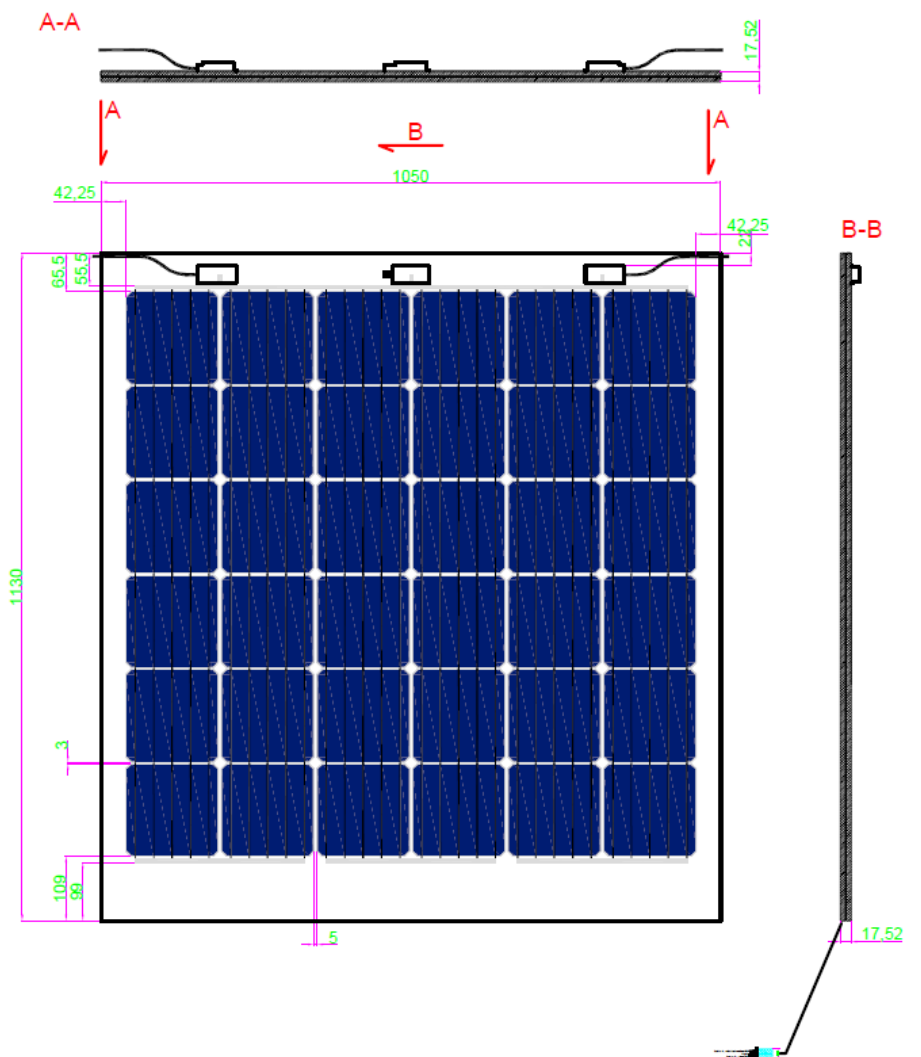
- [1] Obwieszczenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 2022 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane oraz niektórych innych ustaw (z późn. zm.)
- [3] Jastrzębska G. – Energia ze źródeł odnawialnych i jej wykorzystanie. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, 2017, str. 336, ISBN: 9788320619836
- [4] Lewandowski W. M., Klugmann – Radziemska E. – Proekologiczne odnawialne źródła energii: kompendium. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017, str. 488, ISBN-9788301190675
- [5] Ligus M. - Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii: analiza kosztów i korzyści. CeDeWu 2010
- [6] Luberański A., Dębowski M. i in. - Systemy fotowoltaiczne i słoneczne systemy grzewcze. Praktyczny poradnik instalatora. 2018
- [7] Szymański B. - Instalacje fotowoltaiczne. Wydanie VIII. 2019
- [8] Recknagel H., Sprenger E., Schramek E. R.- Kompendium wiedzy, ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda, chłodnictwo. Omni Scala, Wrocław, 2008
- [9] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- [10] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/WE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcie, zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią.

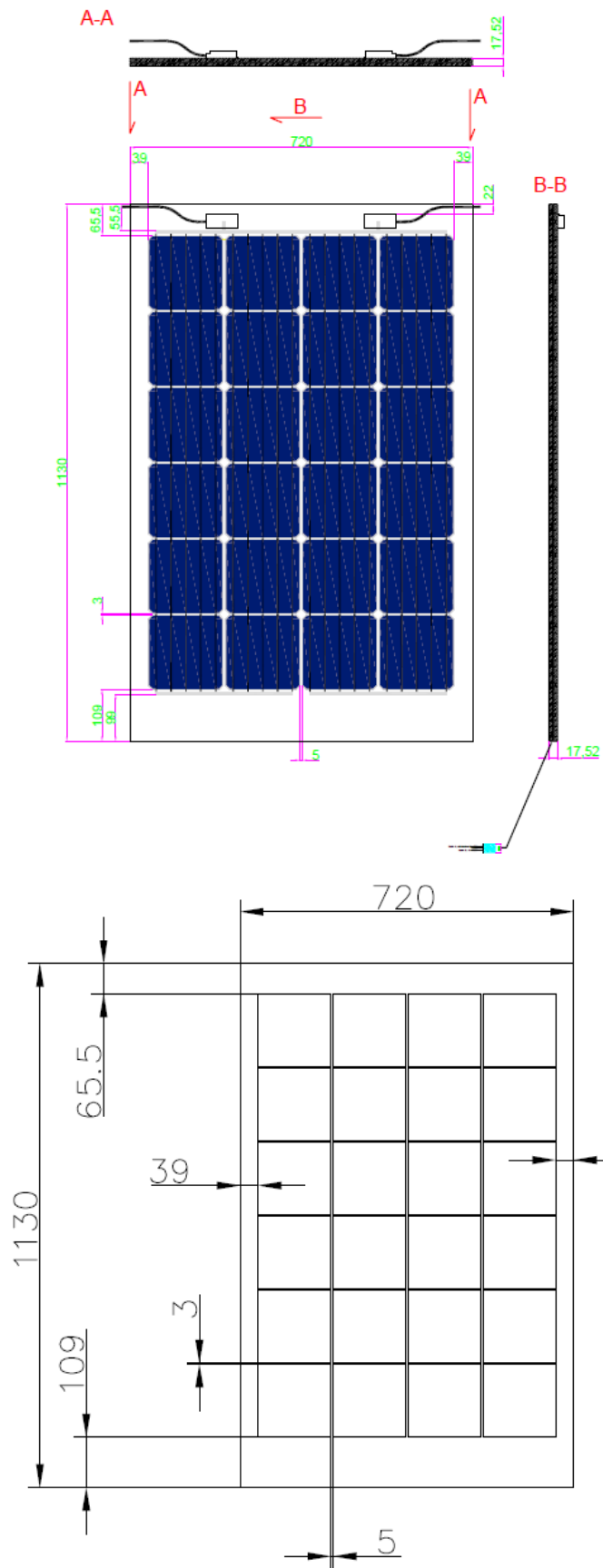
-
- [11] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/WE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
- [12] PN-EN 62446-1:2016-08: Systemy fotowoltaiczne (PV) – Wymagania dotyczące badań, dokumentacji i utrzymania – Część 1: Systemy podłączone do sieci – Dokumentacja, odbiory i nadzór.
- [13] PN-EN 61557-1:2009: Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V – Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych – Część 1: Wymagania ogólne.
- [14] PN-EN 61010-1:2011 : Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych – Część 1: Wymagania ogólne.
- [15] T. Lipiński: Badanie bezpieczeństwa i efektywności instalacji fotowoltaicznych zgodnie z normą PN-EN 62446 cz. 1
- [16] T. Lipiński: Badanie bezpieczeństwa i efektywności instalacji fotowoltaicznych zgodnie z normą PN-EN 62446 cz. 2
- [17] T. Lipiński: Badanie bezpieczeństwa i efektywności instalacji fotowoltaicznych zgodnie z normą PN-EN 62446 cz. 3
- [18] K. Mik, M. Juźwik: Zobaczyc niewidoczne: elektroluminescencja modułów fotowoltaicznych, Magazyn Fotowoltaika 2020/2.

Załącznik: Dokumentacja techniczna

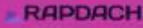


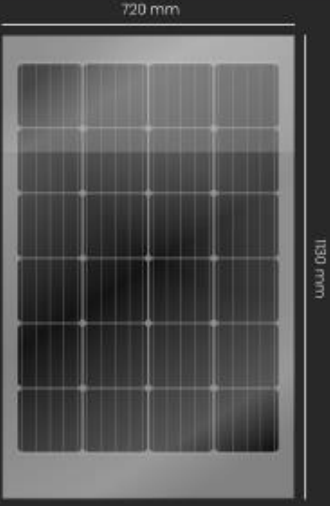






Załącznik: Karty katalogowe

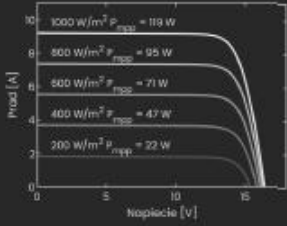




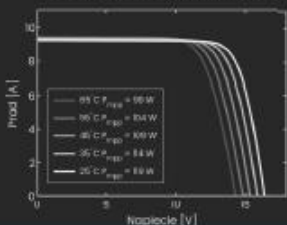
720 mm

1130 mm

Charakterystyki oświetleniowe



Charakterystyki temperaturowe



MATERIAŁY I PARAMETRY MECHANICZNE

Ogniwa monokrystaliczne	24 pcs. front contact busbar: 5 szt. rozmiar: 156.75x156.75±0.5 mm
Kolor ogniw	czarne
Wypełnienie ogniwami	71.4%
Szkoło frontowe	8mm Low Iron ESG
Pokrycie tylne	8mm light Grey ESG
Enkapsulant	PVB
Rodzaj ramki	bezzramkowy
Wymiary	720x1130±5 mm
Waga	35.9±0.5 kg
Puszka przyłączeniowa	IP67, konektor MC-4 compatible

WARUNKI PRACY

Temperatura otoczenia	-45 do 85 °C
Maks. obciążenie (parcie/ssanie)	5400/2400 Pa
Odporność na uderzenia	grad: 25 mm, 23 m/s, 7.5 g
Klasa ochrony	klasa II (klasa zastosowania A)

PARAMETRY ELEKTRYCZNE


ZMIERZONO W WARUNKACH STC OSŁBIE. PROMIENIOWANIE: 1000 W/m², AM1.5, TEMPERATURA 25°C, TOLERANCJA PARAMETRÓW ELEKTRYCZNYCH 3%, POZYTYWNA TOLERANCJA MOCY

Moc znamionowa	P_{MPP}	119 W
Sprawność modułu	η_{module}	14.6 %
Napięcie pracy	V_{MPP}	13.6 V
Napięcie obwodu otwartego	V_{OC}	16.4 V
Prąd pracy	I_{MPP}	8.74 A
Prąd zwarcia	I_{SC}	9.21 A
Współczynnik wypełnienia	FF	78.5 %
Napięcie systemowe	V_{SYS}	1000 V
Dopuszczalny prąd wsteczny	OCP	15 A
Wsp. temp. prądu	TCI	0.05 %/°C
Wsp. temp. napięcia	TCV	-0.32 %/°C
Wsp. temp. mocy	TCP	-0.42 %/°C

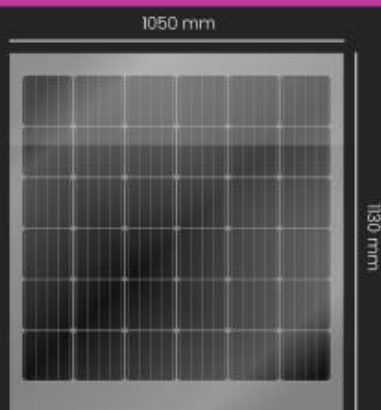
CERTYFIKATY, GWARANCJE

Zgodność z normami	IEC 61215, IEC 61730, IEC 62716, IEC 61701, IEC 62804, EN 14449, EN 12600, EN 12543
Certyfikaty jakości fabryki	ISO 9001, ISO 14001, ISO 5:0001, ISO 45001
Gwarancja na moc	12 lat - 10%, 25 lat - 17%
Gwarancja na produkt	10 lat

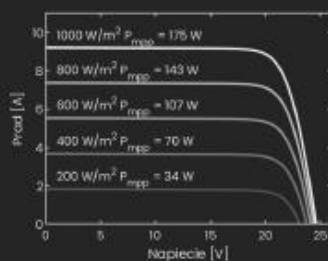
SZKLANY PANEL FOTOWOLTAICZNY
RAPTOR
ODCINEK 720MM
H=1130MM
MOC: 110 Wp



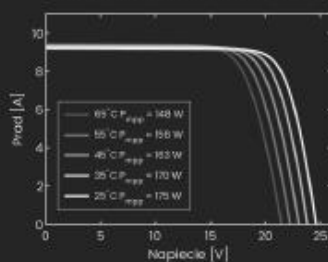
RAPDACH



Charakterystyki oświetleniowe



Charakterystyki temperaturowe



MATERIALY I PARAMETRY MECHANICZNE

Ogniwa monokrystaliczne	36 pcs. front contact busbar: 5 szt. rozmiar: 156.75x156.75±0.5 mm
Kolor ogniw	czarne
Wypełnienie ogniwami	73.5%
Szkoło frontowe	8mm Low Iron ESG
Pokrycie tylne	8mm Light Grey ESG
Enkapsulant	PVB
Rodzaj ramki	bezramkowy
Wymiary	1050x1130±5 mm
Waga	51.5±0.5 kg
Puszka przyłączeniowa	IP67, konektor MC-4 compatible

WARUNKI PRACY

Temperatura otoczenia	-45 do 85 $^{\circ}C$
Maks. obciążenie (parcie/ssanie)	5400/2400 Pa
Oporność na uderzenia	grad: 25 mm, 23 m/s, 7.5 g
Klasa ochrony	klasa II (klasa zastosowania A)

PARAMETRY ELEKTRYCZNE

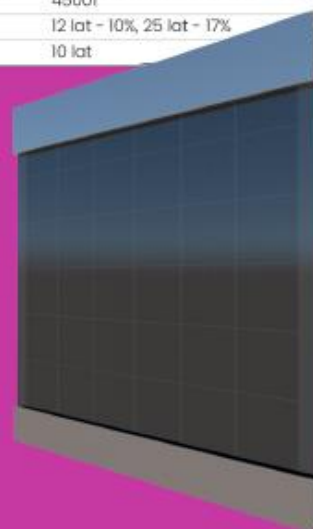
ZMIERZONO W WARUNKACH STC GDZIE: PROMIENIOWANIE 1000 W/m^2 , AM1.5, TEMPERATURA 25 $^{\circ}C$.
TOLERANCJA PARAMETRÓW ELEKTRYCZNYCH SKŁ. POZYTYWNA TOLERANCJA MOCY

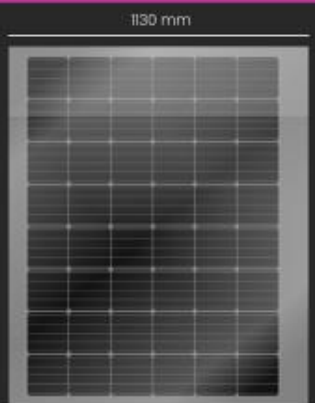
Moc znamionowa	P_{MPP}	175 W
Sprawność modułu	η_{module}	14.7 %
Napięcie pracy	V_{MPP}	20.4 V
Napięcie obwodu otwartego	V_{OC}	24.6 V
Prąd pracy	I_{MPP}	8.74 A
Prąd zwarcia	I_{SC}	9.21 A
Współczynnik wypełnienia	FF	78.5 %
Napięcie systemowe	V_{SYS}	1000 V
Dopuszczalny prąd wsteczny	OCP	15 A
Wsp. temp. prądu	TCI	0.05 %/ $^{\circ}C$
Wsp. temp. napięcia	TCV	-0.32 %/ $^{\circ}C$
Wsp. temp. mocy	TCP	-0.42 %/ $^{\circ}C$

CERTYFIKATY, GWARANCJE

Zgodność z normami	IEC 61215, IEC 61730, IEC 62716, IEC 61701, IEC 62804, EN 14449, EN 12600, EN 12543
Certyfikaty jakości fabryki	ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001, ISO 45001
Gwarancja na moc	12 lat - 10%, 25 lat - 17%
Gwarancja na produkt	10 lat

SZKLANY PANEL FOTOWOLTAICZNY
RAPTOR
ODCINEK 1050MM
H=1130MM
MOC: 160 Wp

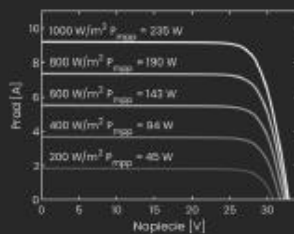




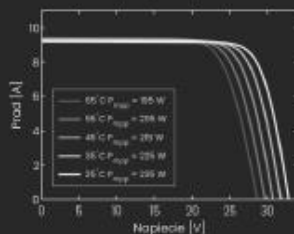
1130 mm

1370 mm

Charakterystyki oświetleniowe



Charakterystyki temperaturowe



MATERIAŁY I PARAMETRY MECHANICZNE

Ogniwa monokrystaliczne	48 pcs. front contact busbar: 5 szt. rozmiar: 156.75x156.75±0.5 mm
Kolor ogniw	czarne
Wypełnienie ogniwami	75.1%
Sztko frontowe	8mm Low iron ESG
Pokrycie tylne	8mm Light Grey ESG
Enkapsulant	PVB
Rodzaj ramki	bezzramkowy
Wymiary	1130x1370±5 mm
Waga	66.5±0.5 kg
Puszka przyłączeniowa	IP67, konektor MC-4 compatible

WARUNKI PRACY

Temperatura otoczenia	-45 do 85 °C
Maks. obciążenie (parcie/ssanie)	5400/2400 Pa
Odporność na uderzenia	grad: 25 mm, 23 m/s, 7.5 g
Klasa ochrony	klasa II (klasa zastosowania A)

PARAMETRY ELEKTRYCZNE

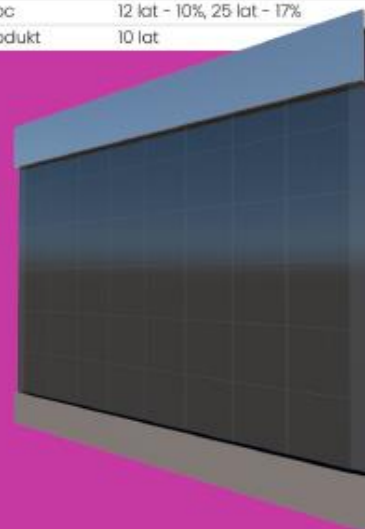
ZMIERZONO W WARUNKACH STC Gdzie PROMIENIOWANE 1000 W/m², AM1.5, TEMPERATURA 25°C, TOLERANCJA PARAMETRÓW ELEKTRYCZNYCH ±3%, PODTYNYMIA TOLERANCJA MOCY

Moc znamionowa	P _{MPP}	235 W
Sprawność modułu	η _{modułu}	15.2 %
Napięcie pracy	V _{MPP}	27.2 V
Napięcie obwodu otwartego	V _{OC}	32.8 V
Prąd pracy	I _{MPP}	8.74 A
Prąd zwarcia	I _{SC}	9.21 A
Współczynnik wypełnienia	FF	78.5 %
Napięcie systemowe	V _{SYS}	1000 V
Dopuszczalny prąd wsteczny	OCP	15 A
Wsp. temp. prądu	TCI	0.05 %/°C
Wsp. temp. napięcia	TCV	-0.32 %/°C
Wsp. temp. mocy	TCP	-0.42 %/°C

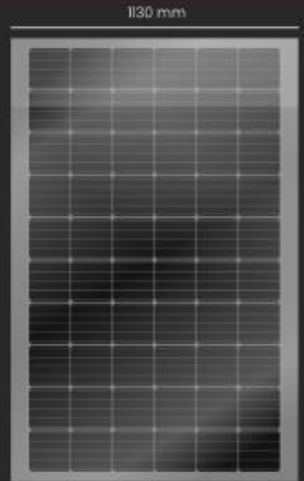
CERTYFIKATY, GWARANCJE

Zgodność z normami	IEC 61215, IEC 61730, IEC 62716, IEC 61701, IEC 62804, EN 14449, EN 12600, EN 12543
Certyfikaty jakości fabryki	ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001, ISO 45001
Gwarancja na moc	12 lat - 10%, 25 lat - 17%
Gwarancja na produkt	10 lat

SZKLANY PANEL FOTOWOLTAICZNY
RAPTOR
ODCINEK 1370MM
H=1130MM
MOC: 220 Wp

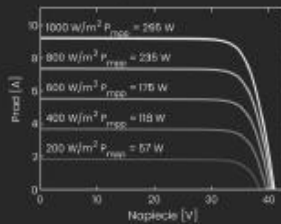


RAPDACH

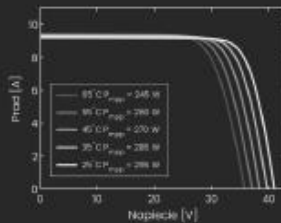


1130 mm

Charakterystyki oświetleniowe



Charakterystyki temperaturowe



MATERIAŁY I PARAMETRY MECHANICZNE

Ogniwa monokrystaliczne	60 pcs. front contact busbar: 5 szt. rozmiar: 156.75x156.75±0.5 mm
Kolor ogniw	czarne
Wypełnienie ogniwami	76.1%
Szkoło frontowe	8mm Low Iron ESG
Pokrycie tylne	8mm Light Grey ESG
Enkapsulant	PVB
Rodzaj ramki	bezramkowy
Wymiary	1130x1690±5 mm
Waga	81.6±0.5 kg
Puszka przyłączeniowa	IP67, konektor MC-4 compatible

WARUNKI PRACY

Temperatura otoczenia	-45 do 85 $^{\circ}C$
Maks. obciążenie (parcie/ssanie)	5400/2400 Pa
Odporność na uderzenia	grad: 25 mm, 23 m/s, 7.5 g
Klasa ochrony	klasa II (klasa zastosowania A)

PARAMETRY ELEKTRYCZNE

ZMIERZONO W WARUNKACH STC: CIĘŻAR PROMIENIOWANIA 1000 W/m^2 , AM1.5, TEMPERATURA 25 $^{\circ}C$.
TOLERANCJA PARAMETRÓW ELEKTRYCZNYCH 3%, POZYTYWNA TOLERANCJA MOCY

Moc znamionowa	P_{MPP}	295 W
Sprawność modułu	η_{module}	15.4 %
Napięcie pracy	V_{MPP}	33.9 V
Napięcie obwodu otwartego	V_{OC}	41 V
Prąd pracy	I_{MPP}	8.74 A
Prąd zwarcia	I_{SC}	9.21 A
Współczynnik wypełnienia	FF	78.5 %
Napięcie systemowe	V_{SYS}	1000 V
Dopuszczalny prąd wsteczny	OCP	15 A
Wsp. temp. prądu	TCI	0.05 %/ $^{\circ}C$
Wsp. temp. napięcia	TCV	-0.32 %/ $^{\circ}C$
Wsp. temp. mocy	TCP	-0.42 %/ $^{\circ}C$

CERTYFIKATY, GWARANCJE

Zgodność z normami	IEC 61215, IEC 61730, IEC 62718, IEC 61701, IEC 62804, EN 14449, EN 12600, EN 12543
Certyfikaty jakości fabryki	ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001, ISO 45001
Gwarancja na moc	12 lat - 10%, 25 lat - 17%
Gwarancja na produkt	10 lat

SZKLANY PANEL FOTOWOLTAICZNY
RAPTOR
ODCINEK 1690MM
H=1130MM
MOC: 270 Wp

