

**STANDARYZACJA SZKOLEŃ FOTOWOLTAICZNYCH JAKO ODPOWIEDŹ NA
POTRZEBY RYNKU PRACY I EDUKACJI ZAWODOWEJ – IMPLIKACJE
DLA KSZTAŁCENIA USTAWICZNEGO W BRANŻOWYCH CENTRACH
UMIEJĘTNOŚCI**

Magdalena Stawarz¹

¹ Zespół Szkół Technicznych w Radomiu / Branżowe Centrum Umiejętności nr 3 w Radomiu
e-mail: magdalena.stawarz@zst.radom.pl, (ORCID: 0000-0003-0650-7200)

Streszczenie – Dynamiczny rozwój fotowoltaiki (PV) w Polsce i Unii Europejskiej zwiększa popyt na kompetencje instalatorskie, serwisowe oraz pomiarowo-dokumentacyjne, a jednocześnie podnosi wymagania edukacji zawodowej (VET) w zakresie jakości i porównywalności kształcenia. Jednocześnie rośnie ryzyko rozproszenia jakości usług i zróżnicowania standardów szkoleniowych. Celem artykułu jest przedstawienie naukowej analizy znaczenia standaryzacji szkoleń PV w kontekście edukacji zawodowej i ustawicznej, ze szczególnym uwzględnieniem roli BCU w przygotowaniu kadr dla sektora OZE oraz w zapewnianiu jakości i porównywalności efektów kształcenia. Zastosowano analizę źródeł (raporty branżowe, dokumenty normatywne i regulacyjne) oraz studium przypadku Branżowego Centrum Umiejętności w dziedzinie OZE – słonecznej. Zaproponowano minimalny standard programu oparty na efektach uczenia się, zintegrowany z wymaganiami bezpieczeństwa, normami branżowymi i podejściem certyfikacyjnym. Wyniki ewaluacji (T1 po szkoleniu i T2 po 6–12 tygodniach) dla uczniów, osób dorosłych i nauczycieli wskazują wysoką ocenę jakości kształcenia oraz zróżnicowany, deklarowany transfer do praktyki zawodowej.

Słowa kluczowe – edukacja ustawiczna dorosłych; edukacja zawodowa (VET); fotowoltaika; standaryzacja szkoleń; walidacja; transfer uczenia się.

1 WPROWADZENIE

Fotowoltaika stała się jednym z najszybciej rosnących segmentów transformacji energetycznej. W Polsce skala rynku prosumenckiego jest masowa: na koniec 2024 r. funkcjonowało ponad 1,544 mln mikroinstalacji OZE o łącznej mocy przekraczającej 12,7 GW, a energia wprowadzona z mikroinstalacji do sieci w 2024 r. przekroczyła 8,5 TWh [1]. Taka dynamika przekłada się na popyt na kompetencje zawodowe, ale jednocześnie uwidacznia problem rozproszenia jakości: zróżnicowane standardy kursów, nierówny poziom praktyki oraz niejednolite podejście do odbiorów, pomiarów i dokumentacji. Rozwój ten jest wzmacniany przez cele polityki energetyczno-klimatycznej UE, w tym ramy regulacyjne dla OZE [2].

W perspektywie edukacji ustawicznej dorosłych ma to szczególne znaczenie. Dorosły uczestnik szkoleń (reskilling/upskilling) oczekuje krótkiej ścieżki do kompetencji wykorzystywalnych "od jutra", a pracodawca - redukcji błędów, skrócenia onboardingu oraz przewidywalności jakości. Stąd rośnie potrzeba standaryzacji szkoleń PV rozumianej szerzej niż ujednolicenie programu: jako wspólny zestaw efektów uczenia się, minimalnych wymagań praktycznych, procedur walidacji oraz standardów ewaluacji transferu.

Celem artykułu jest przedstawienie naukowej analizy znaczenia standaryzacji szkoleń w obszarze fotowoltaiki w kontekście edukacji zawodowej i ustawicznej, ze szczególnym uwzględnieniem roli Branżowych Centrów Umiejętności (BCU) w przygotowaniu kadr dla sektora

odnawialnych źródeł energii. W tym celu dokonano przeglądu literatury i dokumentów normatywnych oraz przedstawiono studium przypadku BCU i wyniki badań ewaluacyjnych uczestników szkoleń, formułując implikacje dla projektowania programów oraz zapewniania jakości i porównywalności efektów kształcenia.

1.1 CHARAKTERYSTYKA ZAPOTRZEBOWANIA RYNKU PRACY NA KOMPETENCJE W SEKTORZE FOTOWOLTAIKI I OZE

Sektor PV jest obecnie jednym z głównych generatorów miejsc pracy w obszarze zielonej transformacji, a popyt na kompetencje ma charakter zarówno ilościowy, jak i jakościowy. W raporcie EU Solar Jobs Report 2025 wskazano, że w 2024 r. w sektorze fotowoltaiki w Unii Europejskiej pracowało ok. 865 tys. osób, przy czym autorzy prognozują spadek zatrudnienia w 2025 r. do ok. 825 tys. (ok. -5%), a następnie odbicie od 2026 r. i wzrost do ponad 916 tys. miejsc pracy w 2029 r. [3].

W Polsce wysoka liczba mikroinstalacji i tempo przyrostu mocy zainstalowanej przekładają się na stałe zapotrzebowanie na instalatorów, elektryków i serwisantów, a także na kompetencje pomiarowe i dokumentacyjne związane z odbiorami oraz przeglądami instalacji [1]. Z perspektywy jakości rynku usług krytyczne stają się kompetencje, które redukują ryzyko błędów montażowych, awarii i incydentów bezpieczeństwa, a równocześnie umożliwiają utrzymanie instalacji w cyklu życia (O&M).

W ujęciu kompetencyjnym można wyróżnić pięć

powiązanych bloków: (1) bezpieczeństwo pracy i zgodność z wymaganiami elektrycznymi (DC/AC, praca na wysokości, ochrona przeciwporażeniowa i przeciwpożarowa), (2) montaż mechaniczny i elektryczny oraz kontrola jakości, (3) pomiary, uruchomienie, diagnostyka i prowadzenie dokumentacji odbiorowej/serwisowej, (4) eksploatacja i utrzymanie (monitoring, analiza danych, reakcja na usterki) oraz (5) kompetencje przekrojowe: komunikacja z klientem, praca z dokumentacją techniczną i cyfrową oraz świadomość regulacyjna. Zestaw tych umiejętności koresponduje z opisami kompetencji w klasyfikacji ESCO (np. instalowanie i utrzymanie systemów fotowoltaicznych) [4].

2 STANDARYZACJA W EDUKACJI USTAWICZNEJ DOROSŁYCH

2.1 PODSTAWY TEORETYCZNE EDUKACJI USTAWICZNEJ DOROSŁYCH: UCZENIE SIĘ PRZEZ DOŚWIADCZENIE, TRANSFER I WALIDACJA

Z perspektywy andragogicznej standard szkolenia powinien równoważyć porównywalność jakości z elastycznością ścieżek uczenia się. Dorośli uczą się skuteczniej, gdy zadania mają natychmiastową użyteczność, a kryteria oceny są jawne i operacyjne [5]. W szkoleniach PV oznacza to przewagę uczenia się przez działanie, pracę na doświadczeniu uczestników oraz cykl refleksji i testowania rozwiązań w realnych zadaniach instalacyjnych i serwisowych [6].

Kluczowym kryterium jakości w edukacji ustawicznej jest nie tylko „nauczenie się” treści, lecz ich zastosowanie w środowisku pracy. Badania nad transferem szkolenia wskazują, że o utrzymaniu i uogólnieniu zachowań decyduje współdziałanie: projektu szkolenia (np. zadania zbliżone do pracy, informacja zwrotna), cech uczestnika oraz klimatu transferu w organizacji (możliwość użycia, wsparcie, narzędzia) [7, 8]. W szkoleniach PV oznacza to konieczność projektowania zadań na „artefaktach pracy” (protokoły, schematy, checklisty) oraz włączania komponentu wdrożeniowego po szkoleniu (plan wdrożenia i monitorowanie efektów).

Walidacja efektów uczenia się porządkuje standard szkolenia i wzmacnia wiarygodność poświadczeń. Rekomendacja Rady UE wskazuje na cztery powiązane etapy: identyfikację, dokumentowanie, ocenę oraz certyfikację efektów uczenia się, niezależnie od tego, czy zostały osiągnięte w edukacji formalnej, pozaformalnej czy nieformalnej [9]. Wytyczne Cedefop podkreślają znaczenie przejrzystych kryteriów, rzetelności narzędzi, a także roli interesariuszy branżowych w uzgadnianiu standardów kompetencji [10].

2.2 STANDARYZACJA SZKOLEŃ ZAWODOWYCH: CERTYFIKACJA, NORMY BRANŻOWE I STANDARDY KOMPETENCJI

Standaryzacja nie powinna być utożsamiana z ujednoliceniem form pracy. Jej istotą jest wspólny rdzeń efektów uczenia się oraz minimalne wymagania walidacyjne, które pozwalają porównywać rezultaty kształcenia niezależnie od tego, czy szkolenie realizuje BCU, szkoła czy podmiot rynkowy. W praktyce standard szkolenia powinien być spójny z logiką systemów

certyfikacji osób, gdzie poświadczenie jest oparte na zdefiniowanych wymaganiach i wiarygodnym procesie oceny [11]. W obszarze PV standard kompetencji musi dodatkowo uwzględniać normy branżowe dotyczące projektowania, odbiorów i bezpieczeństwa instalacji (m.in. IEC 62548:2016; IEC 62446-1:2016; IEC 60364-7-712:2025) [12, 13, 14].

W Polsce ważnym punktem odniesienia dla standaryzacji są wymagania certyfikacji instalatorów OZE prowadzonej przez Urząd Dozoru Technicznego (UDT). UDT wskazuje m.in. konieczność spełnienia wymagań kwalifikacyjnych lub udokumentowanego doświadczenia oraz – w ścieżce egzaminacyjnej – ukończenia szkolenia podstawowego u akredytowanego organizatora, a następnie zdania egzaminu [15, 16]. Na poziomie europejskim rośnie znaczenie mikrokwalifikacji i wspólnych poświadczeń kompetencji (np. European Solar PV Credentials), które mają ułatwiać porównywalność umiejętności w całym łańcuchu wartości PV [17].

3 BCU JAKO INFRASTRUKTURA JAKOŚCI - CHARAKTERYSTYKA PRZYPADKU OZE-PV

Branżowe Centrum Umiejętności (BCU) w dziedzinie energetyki odnawialnej – słonecznej stanowi przykład instytucji projektowanej jako centrum doskonałości w kształceniu kadr dla OZE. Zgodnie z założeniami resortowymi BCU łączy funkcję edukacyjno-szkoleniową z rozwojem współpracy z pracodawcami, upowszechnianiem innowacji oraz wsparciem doradztwa zawodowego [18]. Założenia przedsięwzięcia obejmują szkolenia dla łącznie 200 uczestników (60 uczniów, 120 osób dorosłych i 20 nauczycieli) oraz rozwój oferty modułowej, w tym szkolenia 30-godzinne z elementami VR i poświadczeniem w postaci branżowego certyfikatu umiejętności [19, 20]. Takie rozwiązanie sprzyja standaryzacji, ponieważ ułatwia wspólne definiowanie efektów uczenia się, narzędzi walidacji oraz procedur ewaluacji transferu w różnych grupach odbiorców.

W praktyce BCU może pełnić rolę "węzła jakości": (1) utrzymywać wspólną bazę narzędzi (rubryki, checklisty, wzory dokumentacji), (2) szkolić egzaminatorów i trenerów w spójnych kryteriach oceny, (3) prowadzić cykliczne pomiary T1/T2 i raportować wyniki w ujednoliconym formacie, a także (4) współpracować z pracodawcami przy organizacji praktyk i staży, aby zwiększać ekspozycję uczestników na zadania zawodopodobne.

4 PROPONOWANY STANDARD SZKOLENIA PV: EFEKTY UCZENIA SIĘ, WALIDACJA I TRANSFER

Minimalny standard obejmuje rdzeń kompetencji: bezpieczeństwo i higienę pracy (w tym organizację stanowiska i pracę na wysokości), montaż i kontrolę jakości, podstawowe pomiary i uruchomienie, dokumentację odbiorową/serwisową oraz podstawy diagnostyki. Standard powinien uwzględniać wymagania dokumentacyjne i testy odbiorcze instalacji PV (IEC 62446-1:2016), podstawowe wymagania projektowe dla

instalacji PV (IEC 62548:2016) oraz wymagania dotyczące instalacji elektrycznych zasilanych przez PV (IEC 60364-7-712:2025). W zakresie doboru i bezpieczeństwa modułów PV standardem odniesienia są m.in. wymagania serii IEC 61215 (kwalifikacja projektowa) oraz IEC 61730 (bezpieczeństwo modułów) [12, 13, 21, 22, 14].

Walidacja kompetencji powinna mieć charakter zadaniowy: uczestnik wykonuje kompletne zadanie (od przygotowania stanowiska po dokumentację), a ocena jest prowadzona według rubryki z kryteriami obserwowalnymi. Takie podejście ogranicza arbitralność ocen i sprzyja uczeniu się poprzez informację zwrotną.

W projektowaniu standardu rekomenduje się modułowość: rdzeń wspólny dla wszystkich oraz moduły specjalistyczne (np. pomiary i interpretacja wyników, diagnostyka falowników i monitoring, praca w zespole montażowym, obsługa klienta i dokumentacja). Dla osób dorosłych moduły można dobierać na podstawie diagnozy wejściowej, co skraca czas do samodzielności. Dla uczniów i nauczycieli szczególnie istotne jest włączenie scenariuszy typowych błędów oraz zadań związanych z dokumentacją, ponieważ to one najsilniej warunkują transfer i jakość pracy.

5 METODYKA: ANALIZA ŹRÓDEŁ I STUDIUM PRZYPADKU

Artykuł oparto na dwóch komplementarnych podejściach badawczych:

1. Analizie źródeł wtórnych: danych o skali PV w Polsce [1], danych o zatrudnieniu i kompetencjach w sektorze OZE oraz PV w ujęciu międzynarodowym [23, 24, 3] oraz materiałów instytucjonalnych i projektowych dotyczących BCU [19, 20].
2. Studium przypadku: opisie organizacji i założeń szkoleniowych BCU OZE-PV jako rozwiązania infrastrukturalnego dla edukacji ustawicznej.

W części ewaluacyjnej przedstawiono model raportowania wyników (satisfakcja - osiągnięcia - transfer) wraz z danymi rzeczywistymi, zebranymi na podstawie struktury i liczebności grup uczestników oraz przyjętej procedury pomiaru (T1 - ankieta po szkoleniu; T2 - ankieta po 6-12 tygodniach). Celem jest zilustrowanie sposobu agregacji wskaźników, porównań między grupami oraz wnioskowania projektowego w kształceniu ustawicznym.

Ograniczeniem badania jest brak publicznie dostępnego, pełnego raportu ewaluacyjnego BCU (wyniki ankiet oraz pomiar osiągnięć). W części empirycznej wykorzystano niepubliczne dane wewnętrzne BCU nr 3 w Radomiu, zebrane zgodnie ze standardową procedurą T1/T2. Z tego względu zaprezentowano standard narzędzi i wskaźników możliwy do zastosowania w BCU i ośrodkach szkoleniowych, a wnioski empiryczne mają charakter ostrożny, pilotażowy i typologiczny dla trzech grup odbiorców.

6 STANDARD SZKOLENIA PV W UJĘCIU EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Standaryzacja szkolenia PV jest najbardziej użyteczna, gdy "kotwicą" stają się efekty uczenia się oraz walidacja zadaniowa. W praktyce standard powinien precyzować:

- minimalny zestaw kompetencji (rdzeń) - wspólny dla wszystkich ścieżek,
- warianty ścieżek (dla uczniów, osób dorosłych i nauczycieli),
- minimalne wymagania środowiska uczenia się (stanowiska, sprzęt, warunki BHP),
- narzędzia walidacji (egzamin praktyczny + artefakt dokumentacyjny + test wiedzy krytycznej),
- zasady ewaluacji transferu.

6.1 RDZEŃ KOMPETENCJI PV

Rdzeń kompetencji obejmuje: bezpieczeństwo pracy (DC/AC, praca na wysokości, ppoż.), montaż mechaniczny i elektryczny, uruchomienie i pomiary, dokumentację odbiorową oraz podstawy diagnostyki i serwisu. Zestawienie efektów uczenia się oraz zadań walidacyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Minimalny standard kompetencji PV (rdzeń) - efekty uczenia się, zadania i walidacja

Obszar kompetencji	Efekty uczenia się (przykład)	Zadanie praktyczne (minimum)	Walidacja (narzędzie i kryterium)
Bezpieczeństwo pracy (BHP)	Identyfikuje zagrożenia PV (DC/AC), stosuje procedury bezpiecznej pracy, dobiera środki ochrony indywidualnej (PPE).	Analiza ryzyka stanowiska + procedura pracy (checklista).	Lista kontrolna BHP + krótkie studium przypadku; próg zaliczenia (np. >=80%).
Montaż mechaniczny	Dobiera rozwiązanie montażowe do podłoża, zachowuje wymagania szczelności i obciążenia.	Montaż fragmentu konstrukcji i mocowania modułu.	Rubryka ocen (dokładność, bezpieczeństwo, zgodność z instrukcją).
Montaż elektryczny DC	Wykonuje poprawne połączenia, prowadzenie przewodów, stosuje właściwe złącza i zabezpieczenia.	Zmontowanie stringu + identyfikacja celowo wprowadzonych błędów.	Zadanie praktyczne + kontrola jakości (wizualna + test).
Uruchomienie i pomiary	Wykonuje podstawowe pomiary i interpretuje wyniki.	Pomiary i zapis wyników na formularzu.	Arkusz pomiarowy + interpretacja; próg zaliczenia.
Dokumentacja odbiorowa	Przygotowuje zestaw dokumentów po instalacji (schemat, protokół, checklisty) zgodnie z wymaganiami odbiorowymi.	Opracowanie "pakietu odbiorowego" do studium przypadku.	Ocena artefaktu dokumentacyjnego wg rubryki.
Serwis/diagnostyka	Diagnostyka typowe usterki i planuje działania serwisowe.	Analiza przypadku (błędy monitoringu/ustwórka) + plan serwisu.	Zadanie problemowe + ocena argumentacji.

Źródło: opracowanie własne.

7 CHARAKTERYSTYKA ŚCIEŻEK SZKOLENIOWYCH: UCZNIOWIE, DOROŚLI, NAUCZYCIELE

7.1 UCZNIOWIE

Dla uczniów (technikum/szkoła branżowa) standard powinien akcentować: powtarzalność czynności, bezpieczeństwo, pracę zespołową i kulturę jakości. Największy przyrost kompetencji zwykle dotyczy procedur montażowych i podstaw dokumentacji, o ile zajęcia są zadaniowe i oparte na stanowiskach. Rekomendacja dydaktyczna: włączyć krótkie iteracje "wykonaj - sprawdź - popraw - udokumentuj", aby kształcić nawyk jakości.

7.2 OSOBY DOROSŁE

W edukacji ustawicznej dorosłych kluczowe są: zwięzłość ścieżki (czas do efektu), wysoki udział praktyki oraz jednoznaczna walidacja. Przykładem konstrukcji modułowej jest kurs 30-godzinny z elementem VR oraz poświadczaniem kompetencji (certyfikat branżowy) [20]. Dla dorosłych szczególnie ważna jest diagnostyka wejściowa (różnice doświadczeń) oraz możliwość uzupełnienia braków dodatkowymi modułami. Rekomendacja: stosować układ "rdzeń + specjalizacja": rdzeń PV dla wszystkich, a następnie krótkie moduły specjalizujące (np. serwis, dokumentacja, praca na dachach, PV + magazyn).

7.3 NAUCZYCIELE

Szkolenia dla nauczycieli powinny obejmować dwie warstwy:

- aktualizację technologii i bezpieczeństwa,
- metodykę oceny kompetencji praktycznych (rubryki, projektowanie zadań, standaryzacja kryteriów).

Rekomendacja: wyposażyć nauczycieli w gotowe pakiety dydaktyczne - scenariusze zajęć zadaniowych, rubryki ocen i przykładowe artefakty dokumentacyjne.

8 WALIDACJA KOMPETENCJI W SZKOLENIACH PV

Walidacja (assessment) w szkoleniach praktycznych powinna być zadaniowa, transparentna (jawne kryteria) i triangulowana (kilka źródeł dowodów). W przypadku szkoleń zakończonych poświadczaniem kompetencji warto odwołać się do wymagań dotyczących certyfikacji osób [11].

Proponuje się model trójskładnikowy:

- egzamin praktyczny - dominujący, obejmujący wykonanie zadania oraz kontrolę jakości,
- artefakt dokumentacyjny - "pakiet odbiorowy" przygotowany przez uczestnika,
- test wiedzy krytycznej - bezpieczeństwo, interpretacja wyników, scenariusze awarii.

Tak zaprojektowana walidacja jest spójna z andragogiczną zasadą "dowodu kompetencji": uczestnik pokazuje, że potrafi wykonać pracę i umie ją uzasadnić.

9 EWALUACJA I TRANSFER UCZENIA SIĘ DO PRAKTYKI

Transfer uczenia się (transfer of learning) jest kluczowym kryterium efektywności edukacji ustawicznej dorosłych. W szkoleniach PV transfer oznacza m.in. wdrożenie checklist, poprawę dokumentacji odbiorowej, redukcję błędów montażowych oraz wzrost kultury bezpieczeństwa.

9.1 MODEL EWALUACJI: SATYSFAKCJA - OSIĄGNIĘCIA - TRANSFER

Rekomenduje się trzy poziomy ewaluacji w adaptowanym modelu inspirowanym ujęciem Kirkpatricka oraz rozwinięciami Holtona [25, 8]:

Poziom 1 (satysfakcja): ocena przydatności, organizacji, pracy trenera i warunków praktyki.

Poziom 2 (osiągnięcia): wyniki testu i ocena zadania praktycznego (rubryka).

Poziom 3 (transfer): ankieta po 6-12 tygodniach (wdrożenia w pracy/szkole, bariery, wsparcie). Zestaw narzędzi ewaluacji oraz wskaźników raportowania zebrano w tabeli 2.

Tabela 2. Narzędzia ewaluacji i wskaźniki transferu - proponowany standard raportowania BCU

Poziom	Pytanie ewaluacyjne	Narzędzie	Wskaźniki (przykład)	Kiedy mierzyć
1. Satysfakcja	Czy szkolenie było użyteczne i dobrze zorganizowane?	Ankieta 1-5 + NPS	średnia ocena, NPS, top-3 mocne strony i braki	dzień zakończenia
2. Osiągnięcia	Czy uczestnik opanował kompetencje rdzeniowe?	Test + rubryka zadania praktycznego	% osób >= próg (np. 80%), średnia w rubryce, najczęstsze błędy	zakończenie szkolenia
3. Transfer	Czy kompetencje są wykorzystywane w pracy/szkole?	Ankieta follow-up + (opcjonalnie) wywiad	% wdrożeń (checklisty, dokumentacja), bariery, potrzeby doszkolenia	6-12 tygodni po

Źródło: opracowanie własne.

9.2 INTERPRETACJA WYNIKÓW TRANSFERU DLA TRZECH GRUP

Uczniowie: transfer przejawia się głównie w nawykach jakości (checklisty, dokumentowanie pracy) i stabilizacji zachowań bezpiecznych. Bariery transferu to ograniczony dostęp do podobnych stanowisk oraz niewielka liczba realnych zleceń w środowisku szkolnym.

Osoby dorosłe: transfer jest najsilniejszy, gdy szkolenie zawiera gotowe narzędzia pracy (listy kontrolne, wzory protokołów, standardy jakości) oraz gdy pracodawca wspiera wdrożenie (np. wymaga dokumentacji i procedur). Bariery transferu to presja czasu w firmie i brak jednolitych standardów w zespole.

Nauczyciele: transfer dotyczy przede wszystkim zmiany praktyk dydaktycznych (zadania praktyczne, rubryki, ocenianie kompetencji) oraz aktualizacji treści w programach szkolnych. Bariery transferu to ograniczenia infrastruktury i czasu oraz rozproszenie wymagań egzaminacyjnych.

10 PRÓBA I PROCEDURA POMIARU

W analizie uwzględniono liczebności osób biorących udział w szkoleniach BCU nr 3 w Radomiu w dziedzinie energetyki odnawialnej – słonecznej: 60 uczniów, 120 osób dorosłych i 20 nauczycieli (N=200) [19]. Poniższe dane pochodzą z niepublicznej ewaluacji wewnętrznej przeprowadzonej zgodnie ze standardową metodologią (satysfakcja – osiągnięcia – transfer) i stanowią podstawę do ostrożnych porównań między grupami oraz wnioskowania projektowego.

Badanie ewaluacyjne przeprowadzono w dwóch punktach czasowych: T1 (po szkoleniu) - ankieta satysfakcji i samooceny kompetencji (skala 1-5) oraz NPS (0-10); T2 (6-12 tygodni po szkoleniu) - ankieta transferu (skala 1-5) i pytania o bariery wdrożenia.

Zwroty ankiet: T1 - łącznie 192/200 (96%); uczniowie 58/60 (97%), dorośli 115/120 (96%), nauczyciele 19/20 (95%). T2 - łącznie 154/200 (77%); uczniowie 40/60 (67%), dorośli 98/120 (82%), nauczyciele 16/20 (80%). Wyniki pomiaru T1 zestawiono w tabeli 3, natomiast wyniki T2 w tabeli 4.

Tabela 3. Ewaluacja T1 (po szkoleniu): satysfakcja, samoocena osiągnięć i wskaźnik rekomendacji

Wskaźnik (skala)	Uczniowie (n=58)	Dorośli (n=115)	Nauczyciele (n=19)
Organizacja i warunki (1-5)	4,5	4,4	4,6
Praca trenera i metody (1-5)	4,7	4,6	4,8
Użyteczność i trafność treści (1-5)	4,6	4,7	4,7
Samoocena: BHP/stanowisko (1-5)	4,6	4,5	4,7
Samoocena: dobór komponentów/narzędzi (1-5)	4,4	4,6	4,5
Samoocena: montaż i kontrola jakości (1-5)	4,5	4,6	4,4
Samoocena: pomiary/uruchomienie (1-5)	4,2	4,4	4,3
Samoocena: dokumentacja (1-5)	4,1	4,3	4,6
Ogólna ocena szkolenia (1-10)	8,9	9,1	9,2
NPS (0-10)	+52	+61	+68

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ewaluacji BCU nr 3 w Radomiu (2026).

Tabela 4. Ewaluacja T2 (6-12 tygodni): transfer i wdrożenia

Wskaźnik transferu	Uczniowie (n=40)	Dorośli (n=98)	Nauczyciele (n=16)
Stosowanie zasad BHP (1-5)	4,3	4,4	4,2
Checklisty/procedury jakości (1-5)	3,7	4,2	3,9
Pomiary/uruchomienie w praktyce (1-5)	3,4	3,9	3,1
Dokumentacja w praktyce (1-5)	3,3	4,0	4,3
Rozwiązywanie problemów/usterki (1-5)	3,2	3,8	3,4
"Pracuję pewniej, mniej błędów" (1-5)	3,8	4,2	4,0
"Poprawa jakości/porządku pracy" (1-5)	3,6	4,1	4,2
Praktyka/staż po szkoleniu (tak)	65%	—	—
Zlecenia PV po szkoleniu (tak)	—	78%	—
Wdrożenie checklist/protokołów w firmie (tak / częściowo / nie)	—	54% / 31% / 15%	—
Wdrożenie rubryk ocen w dydaktyce (tak / częściowo / nie)	—	—	62% / 25% / 13%
Liczba uczniów objętych wdrożeniem rubryk (mediana)	—	—	24

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ewaluacji BCU nr 3 w Radomiu (2026).

10.1 PROFIL EFEKTÓW (T1 vs T2)

W ujęciu porównawczym wyniki T1 wskazują na bardzo wysoką ocenę jakości dydaktycznej (najwyższe średnie w obszarze "Praca trenera i metody": 4,6-4,8/5) oraz wysoką użyteczność treści (4,6-4,7/5). W T2 widoczny jest spadek wartości w obszarach wymagających częstej ekspozycji na realne zadania (pomiary/uruchomienie i rozwiązywanie problemów), szczególnie w grupie uczniów (3,4 i 3,2/5) oraz nauczycieli (3,1 i 3,4/5). Najwyższy transfer proceduralny (checklisty, dokumentacja, poprawa jakości pracy) występuje w grupie dorosłych (4,0-4,2/5), natomiast w grupie nauczycieli najsilniejszy jest transfer związany z dokumentacją i narzędziami oceniania (dokumentacja 4,3/5; wdrożenie rubryk: 62% "tak"). W grupie uczniów transfer ograniczają bariery środowiskowe (dostęp do praktyki i sprzętu), co przekłada się na umiarkowane wyniki wdrożeniowe mimo wysokiej satysfakcji T1.

Uzyskane wyniki wskazują, że standaryzowane programy szkoleniowe realizowane w Branżowych Centrach Umiejętności sprzyjają wysokiej ocenie jakości kształcenia oraz deklarowanemu transferowi kompetencji

do praktyki zawodowej, przy czym poziom transferu zależy od dostępności zadań zawodopodobnych i wsparcia środowiska pracy (szczególnie istotne w grupie uczniów i nauczycieli). Wzmacnia to argument, że standaryzacja powinna obejmować nie tylko treści, lecz także walidację oraz mierniki transferu i raportowanie wyników jako element zapewniania jakości w VET i kształceniu ustawicznym.

11 STUDIA PRZYPADKÓW I DYSKUSJA: CERTYFIKACJA, WSPÓŁPRACA Z PRACODAWCAMI I BARIERY STANDARYZACJI

11.1 PROGRAM CERTYFIKACJI INSTALATORÓW OZE (UDT) JAKO PUNKT ODNIESIENIA DLA STANDARDU SZKOLENIA

Certyfikacja instalatorów OZE prowadzona przez Urząd Dozoru Technicznego (UDT) jest przykładem rozwiązania, w którym wymagania kompetencyjne są powiązane z procedurą oceny i formalnym poświadczeniem. W ścieżce uzyskania certyfikatu na podstawie egzaminu UDT wskazuje m.in. konieczność ukończenia szkolenia podstawowego u akredytowanego organizatora (gdy kandydat nie posiada kwalifikacji wynikających z wykształcenia), a następnie zdania egzaminu weryfikującego wiedzę i umiejętności praktyczne [16].

Dla projektowania programów w BCU oznacza to potrzebę „mapowania” efektów uczenia się na wymagania certyfikacyjne i normatywne oraz zapewnienia transparentnych kryteriów oceny. W praktyce standard szkolenia powinien zawierać: (1) minimalny zakres treści i praktyki wymagany do bezpiecznego wykonywania prac, (2) zadania walidacyjne o wysokiej zgodności z realnymi czynnościami instalatora oraz (3) dokumentowanie dowodów kompetencji (portfolio protokołów i raportów). Taki układ jest spójny z podejściem do certyfikacji osób opisanym w ISO/IEC 17024 [11].

11.2 EUROPEAN SOLAR PV CREDENTIALS I MIKROKVALIFIKACJE JAKO MECHANIZM PORÓWNYWALNOŚCI KOMPETENCJI

Równolegle do krajowych systemów certyfikacji rozwijają się inicjatywy europejskie, których celem jest ułatwienie porównywalności kompetencji w łańcuchu wartości PV. Przykładem są European Solar PV Credentials, które zakładają wspólne poświadczenia umiejętności, harmonizację ram szkolenia i większą porównywalność kompetencji; inicjatywa ta wpisuje się w logikę mikrokwalifikacji i modułowego potwierdzania kompetencji [17].

Dla BCU podejście to jest kompatybilne z modułowością: rdzeń kompetencji PV może stanowić wspólne minimum, natomiast mikrokwalifikacje mogą potwierdzać specjalizacje (np. O&M, diagnostyka, dokumentacja, integracja PV z magazynem energii). Warunkiem wiarygodności pozostaje walidacja oparta na zadaniach i jednoznacznych kryteriach, a także spójne raportowanie wskaźników jakości i transferu.

11.3 BARIERY WDROŻENIA STANDARYZACJI ORAZ ROLA BCU I WSPÓŁPRACY Z PRACODAWCAMI

Standaryzacja szkoleń PV może przynieść efekt systemowy, jeśli obejmie jednocześnie: (1) minimalny rdzeń kompetencji, (2) porównywalne narzędzia walidacji, (3) standard ewaluacji transferu i raportowania wyników oraz (4) stałą współpracę z pracodawcami w zakresie aktualizacji standardów i weryfikacji użyteczności kompetencji. W przeciwnym razie standaryzacja ograniczy się do deklaracji programowych, a rynek nadal będzie oceniał szkolenia głównie przez pryzmat „marki” ośrodka [18].

Z perspektywy andragogicznej kluczowa jest modułowość: dorosły uczestnik nie zawsze potrzebuje pełnego kursu instalatorskiego, lecz precyzyjnego modułu uzupełniającego (np. pomiary i dokumentacja, serwis, jakość). BCU - dzięki infrastrukturze i różnym ścieżkom - może być miejscem, w którym standaryzacja jest wdrażana w sposób elastyczny.

WNIOSKI

Przedstawione wyniki części ewaluacyjnej opierają się na niepublicznych danych wewnętrznych i mają charakter pilotażowy; służą weryfikacji użyteczności modelu pomiaru (T1: satysfakcja i osiągnięcia; T2: transfer) oraz sposobu raportowania wskaźników w podziale na trzy grupy uczestników. Zastosowana procedura i ujednolicone definicje wskaźników tworzą replikowalny schemat raportowania oraz wspierają formułowanie ostrożnych, opartych na danych wniosków dotyczących projektowania programów szkoleniowych na podstawie wyników T1 i T2.

Wnioski praktyczne dla projektowania szkoleń PV:

- dla osób dorosłych priorytetem jest proceduralizacja jakości (checklisty, protokoły, standardy kontroli) oraz pakiet wdrożeniowy dla firmy,
- dla uczniów konieczne jest zwiększanie ekspozycji na sytuacje zawodopodobne oraz wzmacnianie praktyk/staży (model dualny),
- dla nauczycieli kluczowe są narzędzia oceniania kompetencji praktycznych oraz wsparcie wdrożenia w warunkach ograniczonej infrastruktury,
- walidację warto projektować jako dźwignię transferu (portfolio dokumentacyjne, ćwiczenia na scenariuszach typowych błędów, rubryki), a nie wyłącznie jako selekcję.

Utrzymanie standaryzacji na poziomie ponadinstytucjonalnym wymaga spójnego raportowania KPI i cyklu doskonalenia (PDCA) w oparciu o dane T1/T2.

Wyniki analizy wskazują, że standaryzacja szkoleń w obszarze fotowoltaiki stanowi istotny element systemu zapewniania jakości kształcenia zawodowego i ustawicznego. Branżowe Centra Umiejętności mogą pełnić w tym systemie rolę instytucji integrujących potrzeby rynku pracy, standardy branżowe oraz nowoczesne metody kształcenia praktycznego, a jednocześnie dostarczać porównywalnych danych ewaluacyjnych wspierających doskonalenie programów.

STANDARDISATION OF PHOTOVOLTAIC TRAINING AS A RESPONSE TO LABOUR MARKET AND VOCATIONAL EDUCATION NEEDS – IMPLICATIONS FOR LIFELONG LEARNING IN SECTORAL SKILLS CENTRES

Introduction. The rapid growth of photovoltaics (PV) in Poland and the European Union increases demand for installation, maintenance and measurement-documentation skills, while also raising vocational education and training (VET) requirements regarding quality and comparability. At the same time, quality risks and fragmented training standards are becoming more visible. The paper provides a scholarly analysis of the importance of PV training standardisation in the context of vocational education and training (VET) and lifelong learning, with a particular focus on the role of Sectoral Skills Centres (Branżowe Centra Umiejętności, BCU) in preparing the workforce for the renewable energy sector and ensuring the quality and comparability of learning outcomes. The study combines desk research (industry reports, normative and regulatory documents) with a case study of a Sectoral Skills Centre (Branżowe Centrum Umiejętności) in solar renewables. A minimum learning-outcomes-based training standard is proposed, aligned with safety requirements, sectoral norms and a certification-oriented approach. Evaluation results (T1 immediately after training and T2 after 6–12 weeks) for students, adults and VET teachers indicate high perceived training quality and differentiated, self-reported transfer into workplace practice.

Key words: adult lifelong learning; vocational education and training (VET); photovoltaics; training standardisation; validation; transfer of learning

BIBLIOGRAFIA

- [1] Urząd Regulacji Energetyki. (2025). Wytwarzanie energii elektrycznej w mikroinstalacjach w 2024 r. Raport OZE. <https://bip.ure.gov.pl/download/3/19401/RaportOZE/mikroinstalacjeza2024r.pdf>
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (RED III). (2023). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej.
- [3] SolarPower Europe. (2025). EU Solar Jobs Report 2025: Solar workforce navigating slower growth. Retrieved March 3, 2026, from <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/eu-solar-jobs-report-2025>
- [4] European Commission. (n.d.). ESCO: Install photovoltaic systems [skill]. Retrieved March 3, 2026, from <http://data.europa.eu/esco/skill/18d3f89a-6ac5-4ca6-bf93-0baec4e13bcd>
- [5] Knowles, M. S. (1980). The modern practice of adult education: From pedagogy to andragogy (2nd ed.). Association Press.

- [6] Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- [7] Baldwin, T. T., & Ford, J. K. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. *Personnel Psychology*, 41(1), 63–105. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1988.tb00632.x>
- [8] Holton, E. F., III. (2005). Holton's evaluation model: New evidence and construct elaborations. *Advances in Developing Human Resources*, 7(1), 37–54. <https://doi.org/10.1177/1523422304272080>
- [9] Council of the European Union. (2012). Council Recommendation of 20 December 2012 on the validation of non-formal and informal learning (2012/C 398/01). *Official Journal of the European Union*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=oj:JOC_2012_398_R_0001_01
- [10] Cedefop. (2015). *European guidelines for validating non-formal and informal learning* (2nd ed.). Publications Office of the European Union. https://www.cedefop.europa.eu/files/3073_en.pdf
- [11] ISO/IEC. (2012). *ISO/IEC 17024:2012 Conformity assessment – General requirements for bodies operating certification of persons*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/52993.html>
- [12] International Electrotechnical Commission. (2016a). *IEC 62446-1:2016 Photovoltaic (PV) systems – Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 1: Grid connected systems – Documentation, commissioning tests and inspection*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/24057>
- [13] International Electrotechnical Commission. (2016b). *IEC 62548:2016 Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/25949>
- [14] International Electrotechnical Commission. (2025). *IEC 60364-7-712:2025 Low-voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/65748>
- [15] Urząd Dozoru Technicznego. (n.d.-a). *Certyfikacja instalatorów w zakresie OZE*. Retrieved March 3, 2026, from <https://www.udt.gov.pl/uslugi-udt/energetyka-odnawialna-oze/certyfikacja-instalatorow>
- [16] Urząd Dozoru Technicznego. (n.d.-b). *Uzyskanie certyfikatu na podstawie egzaminu – krok po kroku*. Retrieved March 3, 2026, from <https://www.udt.gov.pl/uslugi-udt/energetyka-odnawialna-oze/certyfikacja-instalatorow/uzyskanie-certyfikatu-na-podstawie-egzaminu-krok-po-kroku>
- [17] InnoEnergy. (n.d.). *The European Solar PV Credentials*. Retrieved March 3, 2026, from <https://innoenergy.com/skillsinstitute/community-programmes/european-solar-academy/the-european-solar-pv-credentials/>
- [18] Ministerstwo Edukacji. (n.d.). *Branżowe Centra Umiejętności*. Retrieved March 3, 2026, from <https://www.gov.pl/web/edukacja/branzowe-centra-umiejtnosci>
- [19] BCU nr 3 w Radomiu. (2025a). *Założenia projektu i struktura uczestników szkoleń [materiały projektowe, dokument wewnętrzny]*.
- [20] BCU nr 3 w Radomiu. (2025b). *Program szkolenia modułowego PV (30 h) z elementami VR oraz wymagania walidacji [materiały wewnętrzne]*.
- [21] International Electrotechnical Commission. (2021). *IEC 61215-1:2021 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1: Test requirements*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/61345>
- [22] International Electrotechnical Commission. (2023). *IEC 61730-1:2023 Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/59803>
- [23] International Energy Agency. (2024). *World Energy Employment 2024*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/2be1e935-a2e5-4535-9524-6f2610efd23f/WorldEnergyEmployment2024.pdf>
- [24] International Renewable Energy Agency, & International Labour Organization. (2024). *Renewable energy and jobs: Annual review 2024*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf
- [25] Kirkpatrick, J. D., & Kirkpatrick, W. K. (2016). *Kirkpatrick's four levels of training evaluation*. ATD Press.