

# Zrównoważenie środowiskowe oraz gospodarka obiegu zamkniętego – analiza dobrych praktyk na przykładzie kampusu środowiskowego Birkenfeld

Environmental sustainability and circular economy – analysis of good practices on the example of the Birkenfeld Environmental Campus

KAROLINA KURTZ-ORECKA, ANNA GŁOWACKA, WOJCIECH TUCHOWSKI

DOI 10.36119/15.2022.5.1

Pomimo, iż powszechnie znane są rozwiązania i technologie przyjazne środowisku, to ich wprowadzanie w życie oraz przestrzeń techniczną związaną z budownictwem, nadal napotyka trudności. Przybliżanie informacji o pionierach wdrażania zrównoważonego zarządzania energią i środowiskiem jest zatem ważnym działaniem wspierającym proces transformacji energetycznej w budownictwie. W artykule opisano ideę zrównoważonego ze środowiskiem kampusu uniwersyteckiego – Umwelt-Campus Birkenfeld, Niemcy. Jest on jedynym w Niemczech kampusem uniwersyteckim wykorzystującym odnawialne źródła energii w skali pozwalającej uzyskać pełne zrównoważenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery wynikającej z funkcjonowania kampusu. Praca powstała w ramach realizacji projektu INT190 MoRE – Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin.

*Słowa kluczowe: budownictwo zrównoważone, OZE, zrównoważone wykorzystanie zasobów, zarządzanie energią i środowiskiem zabudowanym, Projekt MoRE*

Despite the fact that environmentally friendly solutions and technologies are widely known, their implementation and technical space related to construction still encounter difficulties. Bringing information about the pioneers of implementing sustainable energy and environmental management is therefore an important activity supporting the energy transformation process in construction. The article describes the idea of an environmentally sustainable university campus – Umwelt-Campus Birkenfeld, Germany. It is the only university campus in Germany that uses renewable energy sources on a scale that allows for the full offset of carbon dioxide emissions to the atmosphere resulting from the operation of the campus. The work was created as part of the INT190 MoRE project – Model Region of Renewable Energy of the Usedom and Wolin Islands.

*Keywords: sustainable construction, renewable energy, sustainable use of resources, energy and built environment management, MoRE project*

Potwierdzenie uznania wpływu czynników antropogenicznych na stan środowiska znalazło swoje odzwierciedlenie pod koniec 2019 r. w polityce ekologiczno-energetycznej Unii Europejskiej poprzez ogłoszenie strategii Europejskiego Zielonego Ładu. Celem tej inicjatywy jest osiągnięcie do 2050 r. neutralności klimatycznej tzw. starego kontynentu. Ambicje dotyczące istotnego ograniczenia oddziaływania na środowisko ostatecznie przekute zostały w zobowiązanie prawne dla UE na mocy rozporządzenia o europejskim prawie klimatycznym [1]. Rozporządzenie to nakłada na państwa członkowskie obowiązek ograniczenia emisji gazów cieplarnianych netto o co najmniej 55% do 2030 r. w porównaniu z poziomami

z roku 1990. Jak już wskazano przy innej regulacji – Dyrektywie UE o charakterystyce energetycznej budynków (2002) i jej kolejnych nowelizacjach (2010, 2018) – jeden z głównych potencjałów ograniczenia oddziaływania człowieka na środowisko ulokowany jest w sektorze budownictwa, odpowiedzialnym za ok. 40% zużycia energii w całej UE oraz 36% emisji gazów cieplarnianych [2]. Pomimo, iż powszechnie znane są rozwiązania i technologie ukierunkowujące budownictwo na zielone tory, to ich wprowadzenie w życie nadal napotyka trudności różnej natury. Istotnym działaniem wspierającym proces transformacji energetycznej w sektorze budownictwa jest zatem upowszechnianie rozwiązań stosowanych przez pionierów

wdrażania zrównoważonego zarządzania energią i środowiskiem oraz analiza dobrych praktyk. W Europie, jednym z niekwestionowanych pionierów transformacji energetycznej jest Fachhochschule Trier (Niemcy). Uczelnia od ponad 20 lat wdraża ideę zrównoważenia środowiskowego w kampusie środowiskowym Umwelt-Camp Birkenfeld, a podejmowane działania wpisują się w istotną edukacyjną rolę świadczoną przez podmioty publiczne na rzecz społeczeństwa [2]. W przypadku Umwelt-Camp Birkenfeld szczególny wymiar ma połączenie edukacji młodzieży akademickiej z możliwością bezpośredniego obcowania z rozwiązaniami ukierunkowanymi na ograniczenie oddziaływania na środowisko i pobieranie

dr inż. arch. Karolina Kurtz-Orecka, <https://orcid.org/0000-0002-9843-5701>, dr hab. inż., prof. ZUT Anna Głowacka, <https://orcid.org/0000-0002-4733-5970> – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska; dr inż. Wojciech Tuchowski, <https://orcid.org/0000-0002-9962-1469> – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu. Adres do korespondencji/Corresponding author: Anna.Glowacka@zut.edu.pl.

nauki środowiskowej w pełnym codziennym wymiarze. Podkreślenia wymaga również rola, jaką pełni uczelnia w kształtowaniu polityki energetycznej w jednostkach samorządowych (gminach).

## Umwelt-Camp Birkenfeld

Doskonałym przykładem realizacji idei zrównoważenia środowiskowego obiektów edukacyjnych jest kampus środowiskowy Umwelt-Campus Birkenfeld, będący filią największego w kraju związkowym Nadrenia-Palatynat Uniwersytetu Nauk Stosowanych (Fachhochschule Trier, Niemcy). Kampus zlokalizowany jest poza główną siedzibą uczelni, w oddalonej o 60 km gminie Hoppstädten-Weiersbach, w powiecie Birkenfeld. Ideą kampusu jest łączenie życia, nauki i pracy w jednym – neutralnym emisyjnie miejscu. Kampus odgrywa istotną rolę zarówno w kontekście lokalnym, regionalnym, jak i współpracy międzynarodowej. Pobiera w nim naukę ok. 2,5 tys. studentów wywodzących się z 80 krajów, zaś idea zrównowżonego rozwoju i neutralności środowiskowej stanowi wspólny mianownik oferowanych programów studiów i sprzyja intensywnej interdyscyplinarnej współpracy pomiędzy poszczególnymi dyscyplinami [3]. Kooperacja naukowców z Umwelt-Campus Birkenfeld z lokalną społecznością oraz gminami zarówno z Niemiec, Europy oraz innych kontynentów, jest szczególnie warta podkreślenia. Kampus Birkenfeld pełni rolę pioniera oraz edukatora w zakresie zarządzania energią w powiązaniu z wykorzystaniem lokalnych odnawialnych źródeł energii oraz cykularnego wykorzystania zasobów. Warto podkreślić, że w rankingu *GreenMetric* [4] od kilku lat uznawany jest za najbardziej ekologiczny kampus uniwersytecki w całym Niemczech, zaś w zestawieniu międzynarodowym zajmuje 6. miejsce wśród 912 uczelni biorących udział w rankingu.

Kampus uniwersytecki w Birkenfeld utworzony został na obszarze majątku Umwelt-Campus, przejętego w 1993 r. od amerykańskich sił zbrojnych stacjonujących w tym rejonie Niemiec do 1992 r. Pierwotnie teren wykorzystywany był na potrzeby rezerwowego szpitala armii amerykańskiej na wypadek wybuchu działań wojennych w tzw. okresie zimnej wojny. Po transformacji ustrojowej bloku wschodniego na początku lat 90. XX w., dalsze wykorzystanie obiektu straciło rację bytu. Rozpoczęto poszukiwania nowej funkcji możliwej do wprowadzenia w opuszczone obiekty. Inicjatorami przekształcenia terenu w kampus uniwersytecki byli: ze strony powiatu –



Rys. 1.

Widok z lotu ptaka kampusu środowiskowego Umwelt-Campus Birkenfeld, źródło: GoogleMaps  
Fig. 1. Aerial view of the Umwelt-Campus Birkenfeld environmental campus, source: GoogleMaps

dr Ernst Theil, zaś z ramienia Fachhochschule Trier – prof. dr Michael Eulenstein, prof. dr Hanns Köhler oraz prof. dr Marott Bronder, którzy również zaproponowali pierwsze kursy akademickie prowadzone w Birkenfeld. Prace związane ze zmianą funkcji kampusu rozpoczęto w 1994 r. i trwają do dnia dzisiejszego. Kampus jest systematycznie rozbudowywany o nowe obiekty służące bezpośrednio studentom i pracownikom uniwersytetu, jak również społeczności lokalnej (Rys. 1, Fig. 1).

## Zeroemisyjny kampus uniwersytecki

Ideą przyświecającą organizacji kampusu Birkenfeld jest idea obiektów zrównoważonych ze środowiskiem, z neutralnym pod względem emisji CO<sub>2</sub>, zaopatrzeniem w energię i ciepło. Osiągnięcie neutralności energetycznej wymaga sprzężenia pomiędzy wysoką jakością struktury budynków (obudowy), techniki instalacyjnej oraz źródeł energii. W Birkenfeld wdrożono strategię oszczędności energii, w myśl której w pierwszym rzędzie należy ograniczyć zapotrzebowanie na energię (uniknąć zużycia energii) przez wdrożenie odpowiednich rozwiązań architektoniczno-budowlanych, następnie wprowadzane są wysoko sprawne systemy techniczne zaopatrzenia obiektu w energię, zasilane ze źródeł wykorzystujących w jak największym stopniu źródła odnawialne. W myśl tej zasady, w zaadaptowanych obiektach powojennych kampusu zadbano o odpowiednią jakość termiczną budynków, rozwiązania ułatwiające zarządzanie energią oraz zasobami środowiskowymi. Zastosowano strefy buforowe wprowadzając do nich zróżnicowane funkcje. Poszczególne obiekty połączone są łącznikami o dużym udziale przeszkleń. Rozwiązanie wpływa na zmaksymalizowanie wykorzy-

stania światła dziennego w ciągach komunikacyjnych, pozwalając na ograniczenie zużycia energii na potrzeby oświetlenia wbudowanego. Kulminacyjnymi punktami przestrzennymi są strefy buforowe wykorzystywane m.in. jako ogrody zimowe. W jednej z takich stref, w przestrzeń rekreacyjną wbudowano niezależny kubik sali wykładowej (Rys. 2, Fig. 2). W okresie grzewczym pasywnie zyski słoneczne

Rys. 2.  
Strefa buforowa z salą wykładową oraz przestrzenią rekreacyjną, fot. W. Tuchowski  
Fig. 2. A buffer zone with a lecture hall and a recreational space, photo by W. Tuchowski



pozwalają na wstępne podgrzanie tej strefy. W okresie ciepłym przestrzeń jest częściowo zacieniana przez wewnętrzny system markiz (Rys.3, Fig. 3). Dodatkowe wykorzystanie otworów wentylacyjnych i efektu kominowego ogranicza możliwość przegrzewania się strefy. Innym zastosowanym rozwiązaniem ograniczającym nadmierny wzrost temperatury w pomieszczeniach w okresie letnim, są ruchome żaluzje zamontowane przy oknach. W odróżnieniu od powszechnie spotykanych tego typu rozwiązań, przestrzeń pomiędzy żaluzją a powierzchnią zbierającą (szybą) nie jest zamknięta (Rys. 4,

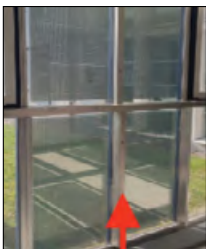


Rys. 3. System markiz wewnętrznych ograniczających słoneczne zyski ciepła w okresie ciepłym, fot. K. Kurtz-Orecka  
 Fig. 3. System of internal awnings limiting solar heat gains in the warm season, photo by K. Kurtz-Orecka

Fig. 4). Pozwala to na lokalne wytworzenie efektu kominowego zwiększającego efektywność ochrony przeciwsłonecznej. W ciągach komunikacyjnych zastosowano ponadto system ochrony przeciw słonecznej zintegrowany z instalacją fotowoltaiczną (Rys. 5, Fig. 5). Uzupełnieniem strategii



Rys. 4. Zewnętrzne żaluzje okienne, fot. K. Kurtz-Orecka  
 Fig. 4. External window blinds, photo by K. Kurtz-Orecka



Rys. 5. Instalacja fotowoltaiczna zintegrowana z powierzchniami przezroczystymi, fot. W. Tuchowski  
 Fig. 5. Transparent surfaces integrated photovoltaic installation, photo by W. Tuchowski

ochrony przeciwsłonecznej jest zastosowanie ekstensywnych dachów zielonych na wolnych od instalacji fotowoltaicznych powierzchniach stropodachów, ograniczających przegrzewanie się przestrzeni

zlokalizowanych bezpośrednio pod ich powierzchniami (Rys. 1, Fig. 1).

Prowadzona stała analiza zużycia energii w kampusie (energii elektrycznej oraz ciepła i chłodu) pozwoliła na ewaluację rozwiązań wdrożonych podczas adaptacji obiektów w kolejnych latach funkcjonowania kampusu oraz korektę rozwiązań już istniejących lub wdrażanie nowych – bardziej efektywnych, jak również kierunkowanie nowych obiektów w kampusie na uzyskanie wysokiej charakterystyki energetycznej. Współczesna rozbudowa kampusu o nowy tzw. obiekt centralny (2012 r.) oraz halę sportową (2015 r.), przeprowadzona została z zachowaniem pasywnej charakterystyki budynków. Budynek centralny (Rys. 6, Fig. 6) mieści sale wykładowe oraz bibliotekę,



Rys. 6. Budynek centralny kampusu środowiskowego Umwelt-Campus Birkenfeld, wykonany w standardzie pasywnym, fot. W. Tuchowski  
 Fig. 6. The central building of the Umwelt-Campus Birkenfeld environmental campus, built in a passive standard, photo by W. Tuchowski

jak również funkcję pomocniczą (przedszkole) i rekreacyjną (siłownię). Cechami wspólnymi tych obiektów jest izolacja termiczna przegród zewnętrznych osiągająca grubość 50 cm, wyposażenie w system HVAC z wysokosprawnym odzyskiem ciepła z powietrza usuwanego oraz gruntowym wymiennikiem ciepła pozwalającym na wstępne podgrzanie lub ochłodzenie powietrza wentylacyjnego, automatykę budynkową (BEMS), jak również zaopatrzenie budynków w energię produkowaną na miejscu. Również inne obiekty kampusu wyposażone są w system wentylacji mechanicznej ze wstępną, pasywną obróbką termiczną powietrza w gruntowych wymiennikach ciepła (Rys. 7, Fig. 7).

Rys. 7. Widok czepni powietrza, fot. W. Tuchowski  
 Fig. 7. View of the air intake, photo by W. Tuchowski



Energia niezbędna do zaopatrzenia budynku centralnego pozyskiwana jest na miejscu z instalacji fotowoltaicznych zain-



Rys. 8. Przykład instalacji fotowoltaicznej w układzie „południe”, zlokalizowanej na dachu jednego z budynków w kampusie, fot. K. Kurtz-Orecka  
 Fig. 8. An example of a photovoltaic installation in the “South” layout, located on the roof of one of the buildings on the campus, photo by K. Kurtz-Orecka

stalowanych na dachach. Podobne instalacje zrealizowano na wszystkich dostępnych powierzchniach dachów kampusu (Rys. 1, Fig. 1; Rys. 8, Fig. 8).

## Elektromobilność

Wdrażana w kampusie Birkenfeld idea zrównoważenia środowiskowego obejmuje całokształt funkcjonalności kampusu oraz powiązań lokalnych i regionalnych, w których komunikacja kołowa jest istotnym elementem z racji położenia ośrodka. W czerwcu 2020 r. udostępniono do użytku publiczny projekt „NEMO” – centrum mobilności o zerowej emisji, będący inicjatywą Instytutu Stosowanego Zarządzania Przepływem Materiałów (IfaS) we współpracy z AöR Erneuerbare Energien für Birkenfeld (AöR eEfB) z VG Birkenfeld. Projekt ukierunkowany jest na wytwarzanie w sposób przyjazny dla środowiska energii oraz oferuje elastyczne i zrównoważone usługi mobilności na obszarach wiejskich poprzez stworzenie inteligentnej infrastruktury. Na terenie kampusu uruchomiono stację ładowania pojazdów elektrycznych „NEMO”. Mogą z niej korzystać wszyscy mieszkańcy, przedsiębiorcy i goście. „NEMO” składa się z trzech rzędów wiat solarnych (Rys. 9, Fig. 9) o łącznej mocy zainstalowanej 96 kWp oraz magazynu energii o pojemności 90 kWh.



Rys. 9. Wiaty parkingowe ze zintegrowaną instalacją fotowoltaiczną, fot. K. Kurtz-Orecka  
 Fig. 9. Parking shelters with integrated photovoltaic installation, photo by K. Kurtz-Orecka

Zlokalizowane pod wiatami wysokowydajne stacje ładowania pojazdów (Rys. 10, Fig. 10), we współpracy z magazynem energii, pozwalają na naładowanie akumulatora zasilającego samochód elektryczny w ciągu 1 godziny.



Rys. 10. Stacja ładowania pojazdów elektrycznych, fot. W. Tuchowski  
Fig. 10. Electric vehicle charging station, photo by W. Tuchowski

## Zarządzanie wodą

Ilość powstająca na jednego mieszkańca Europy szarej wody stanowi około 55% dziennego zapotrzebowania na wodę. Znaczna część tej wody może być powtórnie wykorzystana. Woda pochodząca z odzysku po uzdatnieniu ma zastosowanie np. w sfluwacji misek ustępowych lub do celów porządkowych. Ten szeroki wachlarz możliwości dalszego wykorzystania wody szarej został zastosowany w kampusie środowiskowym w Birkenfeld, gdzie prócz wody szarej, do sfluwacji toalet wykorzystywane są również wody opadowe i roztopowe.

W celu odzysku i oczyszczenia szarej wody wymagane jest zainstalowanie podwójnego systemu kanalizacji:

1. do zbierania i odprowadzania do kanalizacji ścieków z fekaliami, pochodzących z misek ustępowych oraz pisuarów, oraz
2. do zbierania i odprowadzania do oczyszczenia i powtórnego wykorzystania ścieków z umywalk, wanien oraz pryszniców.

Samo zastosowanie kanalizacji dualnej wpływa na zmniejszenie zużycia wody nawet do 30%, a więc jednocześnie zmniejsza rachunki za wodę, wiąże się niestety z wyższymi kosztami inwestycyjnymi.

W kampusie Birkenfeld w pełni wykorzystuje się wody opadowe i roztopowe odprowadzane z dachów, terenów utwardzonych oraz gromadzone na powierzchniach biologicznie czynnych. Systemy odwodnienia dachów sprowadzone są bezpośrednio na teren (Rys.4, Fig.4; Rys. 11, Fig. 11). Gromadzona na powierzchni



Rys. 11. System odprowadzenia na teren biologicznie czynny wód opadowych z dachów, fot. K. Kurtz-Orecka  
Fig. 11. System of drainage of rainwater from roofs to the biologically active area, photo by K. Kurtz-Orecka

terenu woda, na skutek odpowiedniego ukształtowania spadków, kierowana jest do rowów melioracyjnych (Rys. 10, Fig. 10), a następnie po przefiltrowaniu przez warstwę drenażową zbierana w kolektorach i odprowadzana do zbiornika wody szarej. System do oczyszczania wody szarej w Umwelt-Campus Birkenfeld bazuje na trzech i dwóch niezależnych cyklach obróbki ścieków. W układzie trzystopniowym, zazwyczaj kolejno występuje wstępna filtracja, napowietrzanie i mieszanie, tak aby poprawić warunki dla biologicznego oczyszczania. W fazie końcowej – dezynfekcja za pomocą lamp UV niszczących mikroorganizmy chorobotwórcze lub ozonatory, które oprócz niszczenia patogenów poprawiają też jakość odpływającej wody przez dodatkowe utlenianie związków organicznych. W układzie dwustopniowym zgromadzone w zbiornikach ścieki są napowietrzane celem odpowiedniego ich natlenienia i pobudzenia do pracy mikroorganizmów, a następnie podane filtracji, najczęściej membranowej, która zatrzymuje najdrobniejsze zanieczyszczenia.

Inną strategią zarządzania wodą jest zastosowanie bezwodnych suchych pisuarów. Armatura tego typu ma wbudowaną membranę, która zintegrowana jest z odpływem, bez dodatkowych przyłączy wody i zaworów. Rozwiązanie pozwala zaoszczędzić ok. 2,6 litra wody podczas jednokrotnego użycia, co w czasie żywotności odpływów (7,5 tys. cykli, po których odpływy należy wymienić) daje oszczędność na poziomie ok. 20 tys. litrów wody [5]. W kampusie Birkenfeld suche pisuary, to nie tylko oszczędność wody, ale również wykorzystanie zasobów w obiegu zamkniętym. Gromadzona czysta uryna, w opracowanym przez naukowców procesie, przetwarzana jest na suchy nawóz w postaci granulatu.

Wdrożona w kampusie środowiskowym Umwelt-Campus Birkenfeld idea budownictwa zrównoważonego jest godna naśladowania. Zastosowane na szeroką skalę rozwiązania pro-środowiskowe powodują, że ośrodek ten jest jedynym w Niemczech kampusem uniwersyteckim wykorzystującym odnawialne źródła energii w skali pozwalającej uzyskać pełne zrównoważenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery, wynikającej z funkcjonowania kampusu oraz pełne zagospodarowanie wód opadowych jako szarej wody do dalszych procesów.

Podziękowania

Praca powstała w ramach realizacji Projektu INT190 MoRE Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin (2020-2022), dofinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR), Program Współpracy Interreg V A Meklemburgia-Pomorze Przednie / Brandenburgia / Polska.

Praca naukowa opublikowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2021-2022; umowa nr 5195/INTERREG V A MV/BB/PL/2021/2.

## ŹRÓDŁA

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające ramy na potrzeby osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmieniające rozporządzenie (UE) 2018/1999 (Europejskie prawo o klimacie), 2020/0036 (COD).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
- [3] <https://www.umwelt-campus.de/en/campus/life-on-campus/green-campus-concept>
- [4] <https://greenmetric.ui.ac.id>
- [5] <https://www.muratorplus.pl/technika/instalacje-wodne/oszczedzanie-wody-w-toalecie-bezwodne-pisuary-duravit-aa-VBpW-wKm8-sG39.html>