

MOŻLIWOŚCI I HORYZONTY EKOINNOWACYJNOŚCI

Zielona energia



Redakcja naukowa:

**Dariusz Całus
Katarzyna Oźga
Tomasz Popławski
Artur Michalski
Krystian Szczepański**

MOŻLIWOŚCI I HORYZONTY EKOINNOWACYJNOŚCI

Zielona energia

Redakcja naukowa:

Dariusz Całus

Katarzyna Oźga

Tomasz Popławski

Artur Michalski

Krystian Szczepański

Częstochowa 2018

Recenzenci:

dr hab. **Tadeusz Dyr**, prof. UTH – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

dr hab. inż. **Henryk Radomiak** – Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt okładki: dr inż. Dariusz Całus

Opracowanie redakcyjne i korekta: Magda Podolska, Iwona Stępień

Redakcja techniczna i DPT: Małgorzata Dyr

Fot. na okładce: <https://pixabay.com>, CC0 Creative Commons

Monografia została sfinansowana w ramach programu „DIALOG 0047/2016” w obszarze „Nauka dla innowacyjności”, pt. „Innowacje w procedurach transferu technologii: Nauka-Przemysł”, realizowanego przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Politechnikę Warszawską i Politechnikę Częstochowską

© Copyright by Authors

© Copyright by Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2018

© Copyright by Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 2018

ISBN 978-83-66017-26-9

Wydano nakładem:

Instytutu Naukowo-Wydawniczego „Spatium”

26-600 Radom, ul. 25 Czerwca 68

tel. 48 369 80 74, fax 48 369 80 75

e-mail: wydawnictwo@inw-spatium.pl

<http://www.inw-spatium.pl>

Druk i oprawa:

<http://www.booksfactory.pl/>

SPIS TREŚCI

Przedmowa	5
Rozdział 1: Energetyka odnawialna	7
1.1. Gmina samowystarczalna energetycznie – przykłady prognoz bilansów energetycznych gmin jako element strategii	8
1.2. Aspekty prawne oraz założenia programowe dla gminy samowystarczalnej energetycznie.	34
1.3. Energia odnawialna – energia słoneczna	45
1.4. Rola i znaczenie energii pozyskiwanej z odnawialnych źródeł na przykładzie Polski	51
Rozdział 2: Efektywność energetyczna	61
2.1. Wpływ Technologii OZE na efektywność energetyczną budynku	62
2.2. Smart Metering jako element systemu monitorowania stanu sieci dystrybucyjnej	72
2.3. Nowoczesne przekładniki prądowe do zastosowań w sieciach Smart Grid	83
2.4. Opłacalność zastosowania małej elektrowni fotowoltaicznej w pensjonacie.	95
Rozdział 3: Nowoczesne technologie.	103
3.1. System przetwarzania energii – magazyn energii kinetycznej na bazie silnika PM BLDC	104
3.2. Wybrane układy supramolekularne jako magazyny energii	115
3.3. Blachy o podwyższonej zawartości krzemu.	128
3.4. Koncepcja sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego małej mocy	141
Rozdział 4: Ekorozwój	155
4.1. Analiza możliwości wykorzystania marki „Green City” przez miasta Europy Środkowej – przykład Warszawy, Pragi i Budapesztu	156
4.2. Perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce i Niemczech	167
4.3. Stosowanie ekologicznych technologii energetycznych jako sposób na walkę o czyste środowisko	177
4.4. Znaczenie wody i człowieka dla ochrony środowiska – jednego z elementów zrównoważonego rozwoju	186
4.5. Wykorzystanie genetycznie zmodyfikowanych roślin a ich skutki na środowisko naturalne	197
4.6. Zielone dachy w koncepcji zrównoważonego rozwoju w sektorze budownictwa	205

PRZEDMOWA

Zagrożenia płynące z postępującej degradacji środowiska naturalnego uświadamiają nam jak ważne jest podjęcie wszelkich starań, aby mitygować i przeciwdziałać zmianom klimatycznym. Jednym z najistotniejszych założeń ochrony naszego środowiska jest świadomość, że cały nasz ekosystem jest jednością, a to co zrobimy na jednym krańcu naszej planety, odbije się echem na jej przeciwległym krańcu. Nie ma więc granic narodowych czy geograficznych, a działania jednostek są tak ważne jak przedsięwzięcia ogólnokrajowe i międzynarodowe. Z tego względu skupienie się na lokalnych społecznościach i ich dążeniach do przeciwdziałania negatywnym zmianom w środowisku naturalnym wciąż pozostaje ważne. Temat samowystarczalności energetycznej jest zatem przykładem walki o czyste środowisko, która ma początek na małą skalę, aby poprzez jej multiplikację osiągnąć globalne cele.

Samowystarczalność energetyczna to nie tylko efektywne wytwarzanie energii, ale także jej zrównoważona konsumpcja. Wiąże się z tym technologie ułatwiające oszczędne korzystanie z energii, jak na przykład zielone domy, zarówno w małych społecznościach, jak i w wielkich aglomeracjach. Z tego względu ekologiczne technologie energetyczne, inteligentne budownictwo oraz wszelkie pokrewne gałęzie przemysłu nadal wymagają innowacji i nowych zastosowań istniejących już rozwiązań. Ekologiczne rozwiązania muszą być przyjazne nie tylko dla środowiska, ale także dla ludzi, którzy w nim żyją, a ich ekonomiczna opłacalność nie jest bez znaczenia.

Niniejsza publikacja, jak wszystkie prace z cyklu ProEnergó – „Horyzonty i Możliwości Ekoinnowacyjności” porusza te niezmiennie istotne i ważne tematy, rzucając światło na coraz nowsze technologie, innowacje i różnorodne aspekty naszej walki o zachowanie czystego środowiska naturalnego w kontekście nauki, przemysłu i gospodarki. Mam nadzieję, że jak co roku nasza monografia stworzy okazję, aby przybliżyć rozważania, projekty i doświadczenia mające na celu wdrożenie ekologicznych rozwiązań w naszym życiu codziennym.

Zapraszam do lektury kolejnej monografii z cyklu publikacji ProEnergó – „Horyzonty i Możliwości Ekoinnowacyjności”.

Dariusz Całus

FOREWORD

The threats arising from progressive degradation of the environment make us realise how crucial it has become to take all necessary measures to mitigate and counteract climate change. One of the most important assumptions of environmental protection is the fact that our entire ecosystem is a single entity, and what we do in one place reverberates on the other side of our globe. Thus, national or geographical boundaries are of no significance, while actions undertaken by individuals are as influential as steps taken on an international scale. In view of the above, a focus on local communities and their actions aimed at counteracting negative effects of climate change remains relevant. Energy self-sufficiency is therefore a flag example of the fight for a clean environment, showing explicitly how action initiated at grass root level becomes a means of attaining goals on a global scale.

Energy self-sufficiency does not solely imply energy production, but also its sustainable consumption. It is closely knit to technologies facilitating economical use of energy, such as green housing for small communities and sprawling agglomerations alike. Ecological technologies in the energy sector, intelligent buildings along with other similar branches of the industry still require innovation and new applications of the already existing solutions. Moreover, ecological solutions have to be friendly not only to the environment, but also to the people who inhabit it making economic viability one of the primary concerns.

The present Monograph, as all parts of the ProEnergO – *Opportunities and Prospects of Ecological Innovation* series explores these unvaryingly substantial and valid themes throwing light on the newest technologies, innovations and various aspects of our struggle for a clean environment in the context of science, industry and economy. It is my belief that this year's publication will bring ample opportunity to present considerations, projects and experience aimed at the implication of ecological solutions in our everyday life.

It is my pleasure to present the 5th edition of the ProEnergO – *Opportunities and Prospects of Ecological Innovation* Monograph.

Dariusz Całus

ROZDZIAŁ 1

Energetyka odnawialna

We wszystkich strategiach rozwoju opracowywanych od szczebla centralnego do gminnego odnawialne źródła energii stanowią istotny udział w opracowywanych bilansach energetycznych. Coraz większą wagę oraz znaczenie przypisują ośrodki decyzyjne dla strategii lokalnych (województwa, gminy), które prawidłowo skomponowane mogą przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego regionu, a zwłaszcza do poprawy zaopatrzenia w energię na terenach o słabo rozwiniętej infrastrukturze energetycznej. Potencjalnie największym odbiorcą energii ze źródeł odnawialnych może być rolnictwo, a także mieszkalnictwo i komunikacja (elektromobilność). W aspekcie społecznym jest to ważne szczególnie dla regionów dotkniętych bezrobociem. Odnawialne źródła energii stwarzają nowe możliwości w zakresie powstawania nowych miejsc pracy. Natomiast tereny rolnicze, które z uwagi na silne zanieczyszczenie gleb nie nadają się do uprawy roślin jadalnych, mogą być wykorzystane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji biopaliw.

W rozdziale tym podrozdziały 1.1 oraz 1.2 opisują przykłady konstruowania długoterminowych strategii energetycznych wybranych gmin w Polsce w kierunku osiągnięcia samowystarczalności energetycznej gminy oraz uwzględnienia w niej wymaganych legislacją unijną i krajową aspektów prawnych. W podrozdziale 1.3 autorzy opisują wady, zalety i ewentualne korzyści z zastosowania odnawialnej energii słonecznej przy uwzględnianiu jej w bilansach energetycznych. Rozdział kończy się podrozdziałem 1.4, w którym autorzy w sposób syntetyczny, na podstawie Polski, przedstawiają rolę i znaczenie pozyskiwania energii z OZE.

Tomasz Popławski

1.1. Gmina samowystarczalna energetycznie – przykłady prognoz bilansów energetycznych gmin jako element strategii*

1.1.1. Wstęp

W Polsce coraz częściej dyskutuje się na temat miast i gmin wiejskich, które chcą korzystać na dużą skalę z własnych zasobów energetycznych, przede wszystkim tych odnawialnych. Żeby właściwie opracować strategię rozwoju dla gminy, należy poprawnie zdefiniować pojęcie gmina samowystarczalna energetycznie. Według autorów [4] gmina samowystarczalna energetycznie to: *„gmina, na terenie której wytwarza się więcej energii elektrycznej i ciepła niż wynosi całkowite zapotrzebowanie gminy na energię. Ta energia powinna być w całości lub znacznej części wykorzystywana lokalnie na potrzeby gminy, a jej wytwarzanie powinno odbywać się na bazie lokalnie występujących zasobów energetycznych, w tym OZE”*. Rozwijając tę definicję, możemy uznać, że gmina będzie samowystarczalna energetycznie przy spełnieniu warunków:

- gmina, na terenie której wytwarza się więcej energii niż wynosi jej sumaryczne zapotrzebowanie;
- energia wytworzona lokalnie musi być w całości lub przynajmniej w dużej części wykorzystana lokalnie;
- wytwarzanie energii nie może ograniczać się tylko do energii elektrycznej – energia cieplna powinna pokrywać min. 50% zapotrzebowania;
- generowanie energii odbywa się tylko i wyłącznie na bazie lokalnie występujących zasobów (słońce, wiatr, biomasa, hydroenergia, geotermia, odpady wszelkiego typu).

Zgodnie z Ustawą *Prawo Energetyczne* [21] każda gmina zobowiązana jest do planowania i organizacji zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe na obszarze gminy. Strategia gminy samowystarczalnej energetycznie powinna być spójna z planem gospodarki energetycznej gminy i przyczynić się do osiągnięcia celów w zakresie zmian klimatu i zrównoważonego wykorzystania energii określonych w Strategii „Europa 2020” [6, 5]. Nieodłącznym elementem takiej strategii powinna być również analiza uwarunkowań efektywnego wykorzystywania lokalnych zasobów energetycznych, zwłaszcza Odnawialnych Źródeł Energii występujących na terenie gmin/miast pod kątem zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego, poprawy stanu środowiska i obniżenia kosztów wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej i ciepła, a tym samym obniżenia cen energii dla mieszkańców i przedsiębiorców. Opracowane plany powinny przyczyniać się do poprawy jakości powietrza na obszarach, na których odnotowano przekroczenia jakości poziomów dopuszczalnych stężeń w powietrzu i realizowane są programy (naprawcze) ochrony powietrza oraz

* Autor: prof. dr hab. inż. **Tomasz Popławski**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektroenergetyki, Al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: poptom@el.pcz.czyst.pl

plany działań krótkoterminowych. Działania zawarte w strategii mają w efekcie doprowadzić do zwiększenia samowystarczalności energetycznej gminy, obniżenia kosztów wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej i ciepła oraz redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza.

Niezbędnym elementem przy opracowywaniu strategii rozwoju dla gmin są prognozy długoterminowe uwzględniające różne aspekty rozwojowe danej gminy. Prognozowanie takich zjawisk dla obszarów lokalnych jest bardzo trudne z wielu powodów. W artykule [15] podano wiele przyczyn wpływających na to, że często takie prognozy są przeszacowane lub niedoszacowane. Jedną z przyczyn może być bardzo trudny lub wręcz niemożliwy dostęp do danych lokalnych będących podstawą do opracowania metod i modeli uwzględniających specyfikę funkcjonowania prognozowanych obszarów. Kolejnym elementem jest problem samych modeli predykcji i ich weryfikacji pod kątem prognoz długoterminowych dla obszarów lokalnych. Pierwsze prace i publikacje w tym obszarze pojawiły się w kraju na przełomie lat 90. ubiegłego wieku [14, 17, 16, 12, 11, 13]. W efekcie kolejnych badań i doświadczeń autorów pojawiły się monografie [8, 10, 9, 18], które jednak nie we wszystkich aspektach ujmują specyfikę i modele, które mogłyby być przydatne dla sporządzenia prognoz dedykowanych dla opracowania strategii rozwoju gmin pod kątem samowystarczalności energetycznej.

1.1.2. Warunki konieczne, kroki realizacji i korzyści z programu GSE

Opracowanie polityki energetycznej w skali makro jest zadaniem trudnym i wymagającym wielu założeń, które w finale nie muszą do końca być słuszne. Tym bardziej skomplikowaną materią jest opracowanie wieloletniej strategii energetycznej w skali mikro, czyli np. gminy.

Prawidłowe podejście do realizacji programu gmina samowystarczalna energetycznie (GSE) powinno uwzględniać szereg aspektów, wśród których do niezbędnych należy zaliczyć:

- analizę zasobów i potrzeb gminy oraz definicje jej profili zużycia;
- sprzyjające regulacje prawne;
- plany, prognozy: średnio i długoterminowe dopasowane do lokalnych uwarunkowań;
- sieć firm wspierających (technologzy, wykonawcy, fachowcy od dofinansowań, banki, prawnicy itp.).

Poniżej wskazano, za autorami [22], schemat piramidy Trias Energetica koncepcji tworzenia zrównoważonej strategii energetyczno-środowiskowej, w efekcie której podstawą piramidy, a więc zasadniczą pozycją w strategii, powinno być zmniejszenie zapotrzebowania na energię dla gminy.



Rysunek 1. Schemat piramidy Trias Energetica [22]

Dla osiągnięcia celu, jakim jest samowystarczalność energetyczna, konieczne jest inwestowanie w nowe źródła z równoczesnym działaniem zmierzającym do poprawy efektywności energetycznej istniejącej infrastruktury. Decyzje o realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych w gminie, zmierzających do zmniejszenia zapotrzebowania na energię, najczęściej opierają się na analizie ich efektywności ekonomicznej. W monografii [4] autorzy szczegółowo opisują różne mierniki poprawy efektywności energetycznej. Na bazie wyznaczonych efektów energetycznych planowanych do wdrożenia przedsięwzięć poprawy efektywności energetycznej (PEE) obliczane są roczne oszczędności wynikające ze zmniejszenia kosztów zużycia energii. W rachunku ekonomicznym, w postaci odpowiednio wysokiej stopy dyskonta, ujęte zostają dodatkowo zmiany kosztów unikniętych awarii, zmiany kosztów eksploatacyjnych oraz wartość rezydualna, o ile możliwe są one do oszacowania. Tak wyliczone wartości wykorzystywane są w kalkulacji przepływów pieniężnych, za każdy rok funkcjonowania instalacji. Najczęstszym, a zarazem najprostszym wskaźnikiem oceny efektywności ekonomicznej, wskazywanym w [4], jest prosty okres zwrotu SPBT (ang. *Simple Pay Back Time*). Metoda dająca szybką i wstępną informację o efektywności finansowej inwestycji, bez uwzględniania w rachunku zmiany wartości pieniądza w czasie.

Ocena na podstawie SPBT powinna być jedynie wskazówką dotyczącą danego przedsięwzięcia i nie może decydować o opłacalności inwestycyjnej analizowanego środka poprawy efektywności energetycznej. W [4] autorzy szczegółowo opisują inne ekonomiczne wskaźniki: NPV (ang. *Net Present Value*), IRR (ang. *Internal Rate of Return*) i inne. Dodatkowo, zgodnie wytycznymi NFOŚiGW, dla każdego z działań powinien być obliczony wskaźnik dynamicznego jednostkowego kosztu efektu ekologicznego DGC (ang. *Dynamic Generation Cost*). Wskaźnik ten łączy wartość dyskontowanych przepływów pieniężnych (wydatków związanych z inwestycją i zmiany kosztów eksploatacyjnych w całym jej cyklu życia) z efektem ekologicznym, wyrażonym w jednostkach fizycznych związanych np. z redukcją emisji analizowanego działania PEE. Mówi on o wysokości nakładów na inwestycję przeliczonych na jed-

nostkę efektu ekologicznego, np. 1 t CO₂. Wskaźnik pokazuje więc nam niejako cenę, jaką musimy zapłacić za efekt ekologiczny, np. zredukowanie emisji o jednostkę. Jeśli PEE przynosi pozytywny efekt ekologiczny (zmniejszenie emisji) i jednocześnie generuje na tyle duże oszczędności, wynikające ze zmniejszenia zużycia energii, że jest efektywne ekonomicznie ($NPV > 0$), to wartość wskaźnika będzie większa ujemna. Im niższy wskaźnik, tym bardziej opłacalna PEE. Dla działań efektywnych wartość DGC jest ujemna i oznacza, że oprócz osiągniętego efektu ekologicznego, inwestycja przynosi oszczędności. Jeśli inwestycja nie jest ekonomicznie opłacalna, to wartość wskaźnika DGC będzie większa od zera.

Obecna USTAWA z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej (Dz.U. z dnia 11 czerwca 2016 r. poz. 831) wprowadza, oprócz obowiązków związanych z poprawą efektywności energetycznej, również system zachęt w postaci „białych certyfikatów”. Są to prawa majątkowe, które są przyznawane za działania przynoszące poprawę efektywności energetycznej. Można je otrzymać, jeżeli efekt efektywnościowy przekracza 10 t oleju ekwiwalentnego. Każdy przedsiębiorca planujący jakkolwiek modernizację, zarówno procesu produkcyjnego, jak i procesów pomocniczych lub budynków, powinien przeprowadzić audyt energetyczny, który pozwoli mu na wystąpienie do Urzędu Energetyki o przyznanie białych certyfikatów, które zwiększą rentowność inwestycji. W tym obszarze rola władz gminy jest niewielka, niemniej i tu mogą wystąpić efekty synergii w postaci np. wspólnej inwestycji w kogenerację i zagospodarowanie części ciepła, tak więc na etapie projektu działań zmierzających do samowystarczalności energetycznej możliwości takiej współpracy powinny zostać przeanalizowane. W obszarze lokali mieszkalnych rola gminy jest już dużo większa. Przede wszystkim gmina może podjąć działania edukacyjne w zakresie zwiększenia świadomości mieszkańców co do korzyści, jakie niesie za sobą termomodernizacja budynków, wymiana starych źródeł ciepła na nowe energooszczędne i niskoemisyjne, jak również zapewnienie wsparcia finansowego dla realizacji inwestycji lub wsparcia w uzyskiwaniu takiej pomocy od podmiotów zewnętrznych. Oczywiście największą rolę gmina ma do odegrania w obszarze, którym zarządza – modernizacja oświetlenia ulicznego i termomodernizacja budynków to najprostsze przykłady, a efekty takich działań mogą okazać się bardzo istotne w bilansie energetycznym.

Centralną częścią piramidy powinno być zastosowanie odpowiednio wyselekcjonowanej energii odnawialnej dla gminy. Produkcja energii ze źródeł odnawialnych pozwala gminie zmniejszyć zależność od energii pochodzącej ze źródeł kopalnych i niższego w rezultacie śladu węglowego w całej gospodarce energetycznej gminy. Ponadto biopaliwa produkowane lokalnie mogłyby stać się częścią zrównoważonej polityki transportowej w mieście/gminie. Istnieje wiele praktycznych możliwości integracji systemów energii odnawialnej w gminie, jednak bariery szerokiego wykorzystania OZE nadal muszą być przezwyciężone w wielu gminach. Na przykład koszt i uzyskanie pozwolenia na instalację podgrzewacza wody użytkowej czy insta-

lacji PV w istniejącym budynku może zniechęcać wielu właścicieli domów do ich instalacji. Często konieczne są zmiany w zakresie planowania przestrzennego i działania wspierające lokalną politykę, by stworzyć infrastrukturę potrzebną do wsparcia instalacji solarnych, wiatrowych, geotermalnych, hydrogeologicznych i bioenergii w skali niezbędnej do zaspokojenia potrzeb energetycznych gminy w zakresie energii elektrycznej, ogrzewania i chłodzenia, by gmina mogła stać się GSE.

Czubek piramidy, a więc najmniejsza możliwie jej część, to dopiero wyselekcjonowane najczystsze paliwa kopalne.

Aby zaspokoić zapotrzebowanie na usługi energetyczne, gmina dostarcza do użytkownika końcowego energię za pośrednictwem nośników energii, takich jak węgiel, biomasa, olej, gaz, ciepło, wodór lub energia elektryczna w zależności od dostępnej w gminie infrastruktury.

Mając na uwadze samowystarczalność gminy w obszarze zaspokojenia potrzeb energetycznych, niezbędny jest ściśle ukierunkowany obszar zadań, który można zdefiniować w punktach:

- stworzenie grupy inicjatywnej i podjęcie decyzji o formie działania (spółka, spółdzielnia energetyczna, fundacja, klaster energii i inne);
- zaangażowanie samorządu terytorialnego;
- na bazie analizy potrzeb i zasobów dobór technologii (ewentualnie etapowanie);
- studium wykonalności;
- szczegółowe opracowanie formalno-prawne dla poszczególnych elementów;
- zdefiniowanie działań, ich kolejności i zależności między nimi;
- popularyzacja wśród lokalnej społeczności – przejrzysta prezentacja zalet i wad;
- plan finansowania (programy wspomagające).

Prawidłowa realizacja poszczególnych zadań powinna prowadzić do efektu komplementarnego w energetyce gminnej i przynieść szereg korzyści:

- dostęp lokalnej społeczności do tańszej energii (własne źródła);
- wzrost bezpieczeństwa energetycznego gminy i kraju oraz zwiększenie jej potencjału rozwojowego;
- wprowadzanie nowoczesnych technologii jako zachęta dla młodych ludzi (nowe zawody);
- nowe miejsca pracy i zlecenia dla lokalnych firm;
- prosument wieloosobowy – budowanie lokalnej społeczności i solidarności społecznej;
- poprawa stanu środowiska gminy;
- zwiększenie ekonomicznej atrakcyjności gmin/miast, a tym samym potencjału rozwojowego;
- promowanie wykorzystania OZE w danej gminie/mieście;
- zwiększenie efektywności energetycznej;
- realizacja Polityki Energetycznej i Środowiskowej Polski oraz UE.

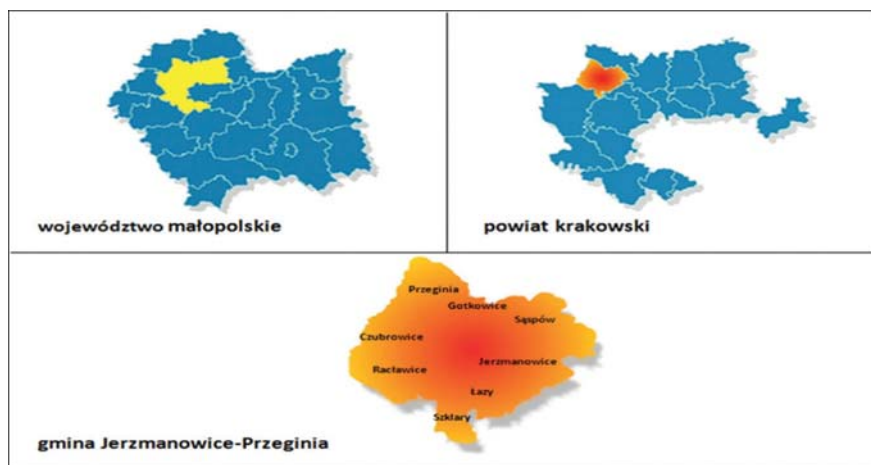
1.1.3. Charakterystyka stanu ogólnego gmin – wybrane studia przypadków

Aktualny podział administracyjny ustanowiono w Polsce od dnia 1 stycznia 1999 r. i od tego czasu obowiązuje trójstopniowy podział administracyjny: 16 jednostek I stopnia, którymi są województwa, 380 jednostek II stopnia, którymi są powiaty oraz 2 478 gmin, które stanowią jednostki III stopnia. Dodatkowo gminy w Polsce podzielono na 3 typy:

- gminy miejskie – są to gminy jednocześnie posiadające status miasta i obejmują wyłącznie to miasto w jego granicach administracyjnych. Obecnie istnieją 302 gminy miejskie, w tym 66 wykonujących zadania powiatu (miasta na prawach powiatu);
- gminy miejsko-wiejskie – są to gminy, w skład których wchodzi miasto (zazwyczaj będące siedzibą gminy) oraz wsie. Aktualnie w Polsce istnieją 621 gminy miejsko-wiejskie;
- gminy wiejskie – są to gminy, na których obszarze znajdują się same wsie, nie znajduje się natomiast żadne miasto. Istnieje 1 555 gmin wiejskich.

1.1.3.1. Uwarunkowania lokalizacyjne i demograficzne gmin

W monografii [1] dotyczącej Gminy Jerzmanowice-Przegonia można się dowiedzieć, że jest ona położona w województwie małopolskim, w powiecie krakowskim. Funkcjonuje jako gmina wiejska dzieląca się na jednostki strukturalne (wsie). Gmina Jerzmanowice-Przegonia obejmuje 8 sołectw: Czubrowice, Gotkowice, Jerzmanowice, Łazy, Przegonia, Raclawice, Sąpów i Szklary. Siedzibą władz gminnych jest miejscowość Jerzmanowice, położona w centralnej części obszaru gminy. Gmina Jerzmanowice-Przegonia graniczy od wschodu z gminą Skała, od północy z gminą Sułoszowa, od zachodu z gminą Olkusz, a od południa – z gminami Krzeszowice i Wielka Wieś.

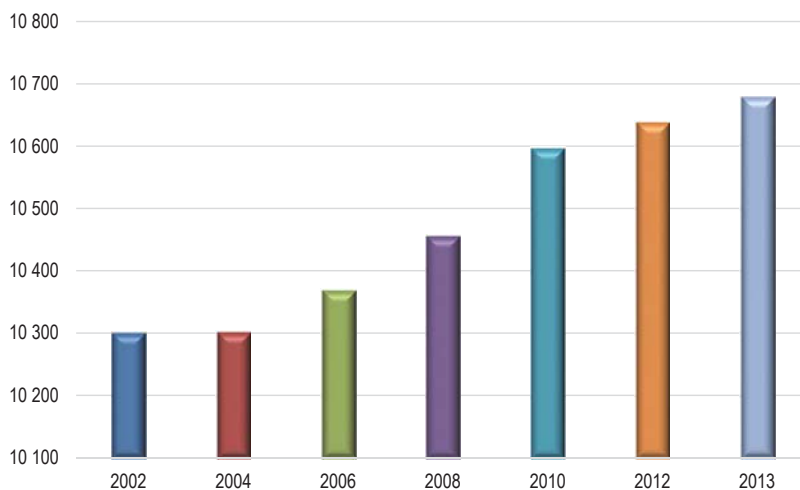


Rysunek 2. Lokalizacja gminy Jerzmanowice-Przegonia w województwie oraz powiecie [1]



Rysunek 3. Położenie Gminy Lesznowola na tle innych gmin [1]

Na podstawie danych Urzędu Gminy Jerzmanowice-Przegonia ustalono, że na przestrzeni ostatniej dekady liczba mieszkańców Gminy zwiększyła się o blisko 3,28%, podczas gdy w powiecie krakowskim i województwie małopolskim w analogicznym okresie wzrost liczby mieszkańców wyniósł odpowiednio 4,6% i 1,5%.



Rysunek 4. Zestawienie liczby mieszkańców Gminy Jerzmanowice-Przegonia w latach 2002–2013 [1]

Gminą typu miejskiego jest gmina Sochaczew. Miasto Sochaczew jest siedzibą władz powiatu sochaczewskiego oraz siedzibą władz miejskich. Miasto bezpośrednio graniczy z niemal okalającą ją gminą wiejską Sochaczew, a także niewielkim fragmentem, w części południowo-zachodniej, z gminą Nowa Sucha oraz w części północno-wschodniej z gminą wiejską Brochów. Sochaczew zajmuje obszar ok. 26,19 km², a jego teren dzieli się na 7 dzielnic: Centrum, Chodaków, Trojanów, Boryszew, Malesin, Karwowo, Rozlazłów.

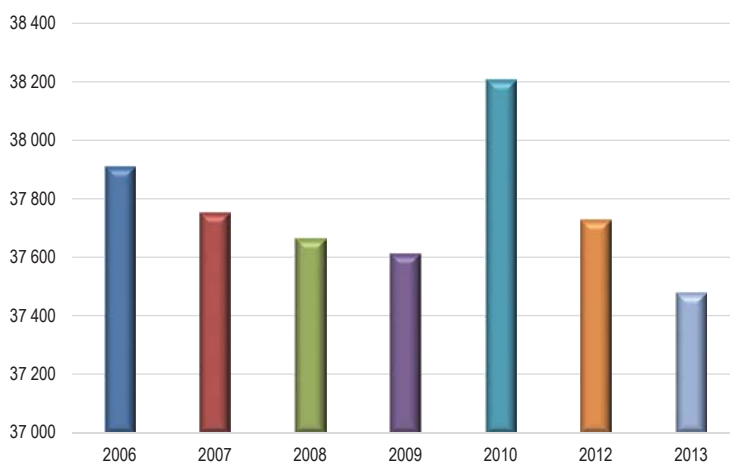
Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego Sochaczew zajmuje obszar ok. 26,19 km², z czego 51,09% zajmują użytki rolne, 38,99% tereny zabudowane i zurbanizowane, 4,81% grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, 2,86% to grunty pod wodami, a nieużytki stanowią 2,25% terenu miasta [2].

Według danych GUS na terenie Sochaczewa lasy zajmują powierzchnię 69,59 ha, z czego ok. 65 ha stanowią lasy prywatne, lasy będące własnością Skarbu Państwa – 3,59 ha, natomiast lasy gminne 1 ha. Lasy Skarbu Państwa nadzorowane są przez Nadleśnictwo Radziwiłłów. Największe skupiska leśne to „Las na Kozłowie” i przy ul. Powstańców Warszawy. Wiek drzewostanu „Lasu na Kozłowie” ocenia się na ok. 80 lat. W skupiskach leśnych wśród drzew dominuje sosna i brzoza, ponadto w dolinach rzecznych występują lasy łęgowe z dominującymi gatunkami: olchą, topolą, wierzbą i czeremchą. Część obszarów leśnych, powstałych na terenach podmokłych, wzdłuż cieków i wokół zbiorników wodnych, stanowi ważny element systemu powiązań przyrodniczych. Są one wrażliwe na zanieczyszczenia związane z antropogeniczną działalnością człowieka, dlatego też zostały uznane za obszary wodochronne i podlegają szczególnym zasadom prowadzenia gospodarki leśnej. Terenami objętymi ochroną prawną przyrody zlokalizowanymi najbliżej miasta są: Kampinoski Park Narodowy – znajdujący się w odległości ok. 5 km w kierunku północno-wschodnim od Sochaczewa, Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu, Nadwiślański Obszar Chronionego Krajobrazu – znajdujący się ponad 15 km za północno-zachodnią granicą miasta oraz Bolimowski Park Krajobrazowy i Bolimowsko-Radziejowski Obszar Chronionego Krajobrazu z Doliną Środkowej Rawki – położone ok. 20 km na południe od granic miasta. W bezpośrednim sąsiedztwie Sochaczewa nie ma obszarów NATURA 2000. Najbliżej miasta zlokalizowany jest obszar specjalnej ochrony ptaków (OSO) i specjalny obszar ochrony siedlisk (SOO) Puszcza Kampińska. W krajowej sieci ekologicznej ECONET – POLSKA dolinę przepływającej przez Sochaczew rzeki Bzury uznano za korytarz ekologiczny o znaczeniu krajowym. Zapewnia on powiązania przyrodnicze obszarów węzłowych centralnej Polski z Puszcza Kampinoską i Doliną Środkowej Wisły.

Liczba mieszkańców utrzymuje się na zbliżonym poziomie ok. 37 tys. osób.



Rysunek 5. Mapa gminy Sochaczew w rozbiciu na sołectwa [2]



Rysunek 6. Zestawienie liczby mieszkańców Miasta Sochaczew w latach 2006–2013

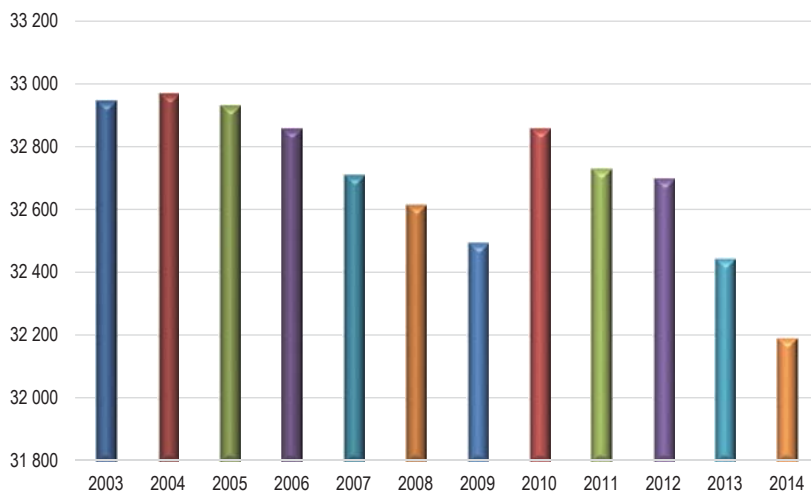
Źródło: oprac. własne.

Miasto i gmina Wieluń tworzą gminę miejsko-wiejską. Gmina Wieluń należy do powiatu wieluńskiego w województwie łódzkim. Gmina Wieluń jest położona w południowo-zachodniej części województwa Łódzkiego. Centralnym ośrodkiem Gminy jest miasto Wieluń. Miasto Wieluń pełni funkcję ponadlokalnego ośrodka rozwoju. Ma on znaczącą rolę gospodarczą w regionie. Miasto Wieluń wraz z obszarem wiejskim Gminy tworzą jednostkę administracyjną o statusie gminy miejsko-wiejskiej. Teren gminy z zaznaczonymi granicami pokazuje rys. 7.



Rysunek 7. Gmina Wieluń – ogólny plan [3]

Według danych Urzędu Gminy Wieluń na koniec roku 2016 w mieście Wieluń było zameldowanych 23 334 osób. W okolicznych sołectwach natomiast mieszkało 9 116 osób. Daje to łączną liczbę mieszkańców Gminy Wieluń 32 450. W ostatnich dziesięciu latach liczba mieszkańców Gminy waha się pomiędzy 32 a 33 tys. osób. Liczbę mieszkańców w poszczególnych latach 2003–2014 obrazuje rys. 8. Ponadto Wieluń jest stolicą powiatu wieluńskiego i historycznej Ziemi Wieluńskiej. Poprzez te funkcje oddziałuje w sposób realny na około 160 tys. mieszkańców, którym dojazd do miasta zajmuje mniej niż 30 minut.



Rysunek 8. Zestawienie liczby mieszkańców Gminy Wieluń w latach 2003–2014

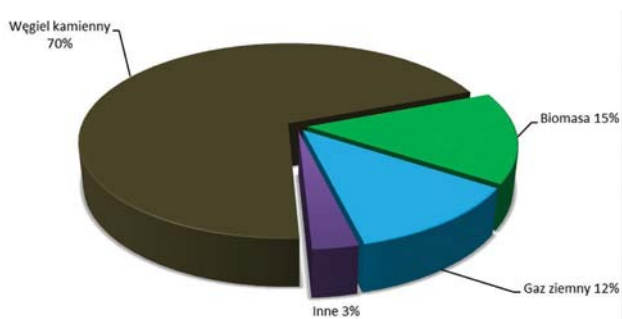
Źródło: oprac. własne.

1.1.3.2. Charakterystyki energetyczne gmin

W literaturze [4] autorzy, powołując się na [7], podają, że gęstość przestrzenna zapotrzebowania na energię w nowoczesnych gminach wynosi zazwyczaj od 10 do 100 W/m² powierzchni lądowej. Wpływa ona na gęstość zaludnienia i przeciętne dochody. Bogate dzielnice z dużymi domami jednorodzinnymi z ogrodem mogą mieć gęstość energii około 10–50/m². Biedniejsze dzielnice budynków mieszkalnych mogą pomieścić więcej osób na km², ale mniej energii zużywają do ogrzewania i chłodzenia oraz posiadają mniej urządzeń. Wysokie budynki mogą osiągać gęstość energii od 500 do 1 tys. W/m², przemysł od 200 do 700 W/m², przemysł energochłonny powyżej 1 tys. W/m².

Wszystkie dane energetyczne charakterystyczne dla gminy Jerzmanowice-Przegonia cytowane są na podstawie opracowania [1], gminy Sochaczew na podstawie opracowania [2], a gminy Wieluń na podstawie opracowania [3].

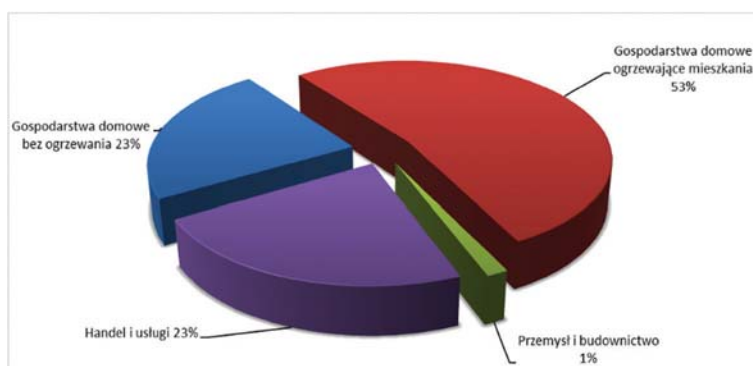
Na terenie gminy Jerzmanowice-Przegonia nie działa żaden system ciepłowniczy. Na obszarze Gminy działają wyłącznie kotłownie instytucji użyteczności publicznej, podmiotów handlowych i usługowych oraz wielorodzinnych budynków mieszkalnych. Są to kotłownie lokalne wytwarzające ciepło na potrzeby własne, a także obiektów znajdujących się w najbliższym zasięgu. Do ogrzewania wykorzystywany jest węgiel kamienny, gaz ziemny oraz olej opałowy. Indywidualni odbiorcy ciepła najczęściej pokrywają swoje potrzeby grzewcze poprzez spalanie paliw we własnych kotłach węglowych lub piecach kaflowych.



Rysunek 9. Struktura pozyskania energii na potrzeby ogrzewania mieszkań, przygotowania CWU i posiłków w gminie Jerzmanowice-Przegonia [1]

Głównym źródłem energii w gminie jest węgiel kamienny, stanowiący aż 70% w strukturze pozyskania energii na potrzeby ogrzewania mieszkań, przygotowania CWU i posiłków, kolejnymi znaczącymi źródłami, z których pozyskiwana jest energia na ww. potrzeby, jest biomasa (15%) i gaz ziemny (12%). Operatorem sieci dystrybucyjnej energii elektrycznej na terenie Gminy Jerzmanowice-Przegonia jest Tauron Polska Energia S.A. Roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną dla gminy wyniosło w 2015 r. 10 942 MWh.

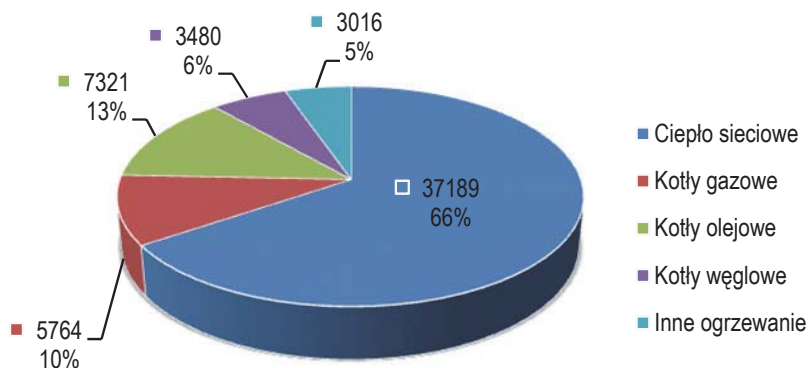
Na terenie Gminy system gazowniczy obsługiwany jest przez Polską Spółkę Gazownictwa Sp. z o.o. Gmina zasilana jest gazem wysokometanowym GZ-50 pochodzenia naturalnego. Zakład Gazowniczy na obszarze Gminy posiada sieć gazową niskiego i średniego ciśnienia wykonaną z rur stalowych i PE. Długość czynnej sieci ogółem w 2015 r. wynosiła około 137 km. Ilość czynnych przyłączy do budynków mieszkalnych i niemieszkalnych wynosi 2 681 szt. Gmina Jerzmanowice-Przegonia w 2016 r. zgazyfikowana była na poziomie 73%. Zużycie gazu na terenie gminy w 2015 r. wyniosło 1 713,4 tys. m³, natomiast zużycie gazu na ogrzewanie mieszkań kształtowało się na poziomie 1 301 tys. m³.



Rysunek 10. Struktura wykorzystania gazu ziemnego w gminie Jerzmanowice-Przegonia [1]

Z rys. 10 wynika, że w przypadku gminy Jerzmanowice-Przebinia, w 76% gaz ziemny wykorzystywany jest w gospodarstwach domowych, które w 53% używają go również do ogrzewania. Handel i usługi wykorzystują gaz w 23%. Z racji niewielkiego uprzemysłowienia gminy sektor przemysłu i budownictwa w strukturze odbiorców gazu wykorzystuje tylko 1%.

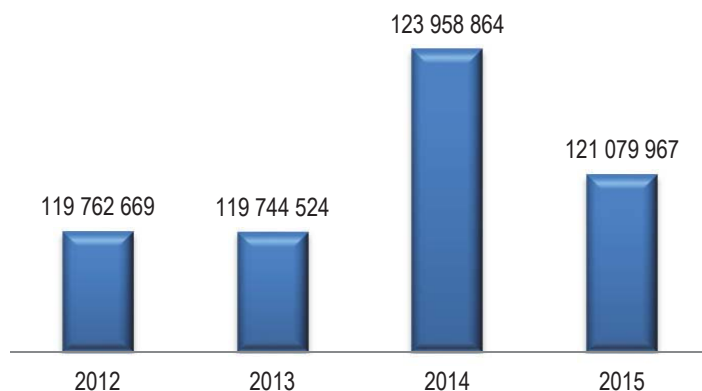
W Mieście Sochaczew potrzeby cieplne realizowane są za pomocą lokalnych ciepłowni, indywidualnych kotłowni i sieci ciepłowniczej. Ciepło w budynkach wykorzystywane jest do celów socjalno-bytowych, ogrzewania budynków, przygotowania ciepłej wody użytkowej, a także do celów technologicznych. Ogrzewanie budynków mieszkaniowych, jak i użyteczności publicznej, realizowane jest za pomocą indywidualnych kotłowni, pieców grzewczych lub sieci ciepłowniczej. W budownictwie korzystającym z indywidualnych kotłowni najczęściej stosowanym paliwem jest gaz ziemny, węgiel i jego odmiany, tj. miał czy ekogroszek, a także drewno i olej opałowy.



Rysunek 11. Rodzaj ogrzewania do powierzchni użytkowej [m²] dla budynków użyteczności publicznej w Mieście Sochaczew [2]

Eksploatatorem i właścicielem sieci ciepłowniczej na terenie miasta Sochaczew jest Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sochaczew Sp. z o.o., która w 100% stanowi własność miasta Sochaczew. Drugim dostawcą ciepła na terenie gminy miasta Sochaczew jest spółka Geotermia Mazowiecka S.A., która na terenie miasta prowadzi działalność polegającą na wytwarzaniu ciepła oraz na przesyłce i dystrybucji ciepła. Geotermia Mazowiecka S.A. posiada na terenie gminy miasta Sochaczew dwie kotłownie. Część potrzeb cieplnych zaspokajana jest przez właścicieli posesji i zakłady pracy we własnym zakresie. Na obszarze Gminy działają kotłownie instytucji użyteczności publicznej, podmiotów handlowych i usługowych oraz wielorodzinnych budynków mieszkalnych jako kotłownie lokalne wytwarzające ciepło na potrzeby własne, a także obiektów znajdujących się w najbliższym zasięgu.

Eksploatacją i dystrybucją energii elektrycznej na potrzeby odbiorców zlokalizowanych na terenie miasta Sochaczew zajmuje się firma PGE Dystrybucja Spółka Akcyjna Oddział Łódź – Teren, Rejon Energetyczny Łowicz. Na rys. 12 przedstawiono zestawienia roczne ilości dostarczonej energii w [MWh] przez Spółkę na terenie Miasta/Gminy.



Rysunek 12. Ilość energii w [MWh] dostarczanej w latach 2012–2015 do Miasta Sochaczew [2]

Obecnie gminna sieć oświetleniowa składa się z około 3 605 punktów świetlnych, gdzie 93% stanowią oprawy sodowe. W 2012 r. zużycie energii elektrycznej do zasilania oświetlenia ulicznego wyniosło 2 269,1 MWh.

W gminie Wieluń funkcjonuje scentralizowany system zaopatrzenia w ciepło. Dostarczanie ciepła realizuje Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej, które zlokalizowane jest w przemysłowej części miasta. Ciepłownia miejska wyposażona jest w dwa wodne kotły typu WR 25 oraz jeden kocioł wodny typu WR 25/10M, o łącznej mocy zainstalowanej 68,15 MW. Jako paliwa w ciepłowni stosuje się miał węglowy. Ciepłownia posiada instalację odpylania spalin. Sieć ciepłownicza pokrywa obszar 75% powierzchni miasta. W poborze produkowanego ciepła przeważają odbiorcy komunalno-bytowi, którzy stanowią około 80%. Oprócz odbiorców indywidualnych ciepłownia miejska zaopatruje w ciepło (w formie gorącej wody gorącej) także odbiorców przemysłowych. Niezależnie od centralnej ciepłowni miejskiej na terenie miasta Wieluń funkcjonują indywidualne kotłownie (źródła ciepła). Umiejscowione są przy zakładach przemysłowych, handlowych i usługowych oraz w budynkach użyteczności publicznej, w tym lokalne paleniska. Mieszkańcy wsi i miejscowości poza miastem Wieluń ogrzewają gospodarstwa za pomocą kotłowni lokalnych i palenisk domowych na paliwa stałe (węgiel, koks, drewno), olej opałowy czy gaz płynny.

Miasto i gmina Wieluń w energię elektryczną zaopatrywane są ze stacji transformatorowo-rozdzielczej o napięciu 110/15 kV Rejonowego Punktu Zasilania „Wieluń”, zlokalizowanego w Wieluniu. Stacja RPZ „Wieluń” dysponuje mocą 2x25 MVA

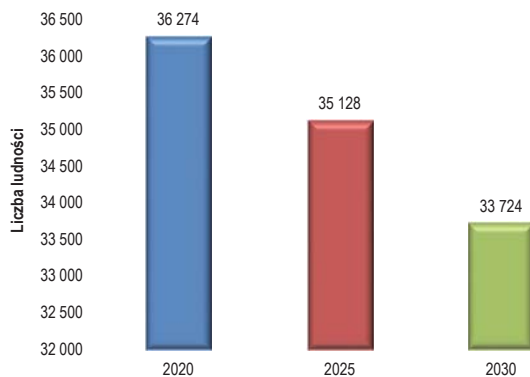
i pokrywa zapotrzebowanie Miasta na energię elektryczną. Ponadto RPZ „Wieluń” posiada zapas mocy przewidziany do dalszego wykorzystania w miarę rozwoju Miasta i wzrostu wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Na terenie Gminy funkcjonuje 157 odcinków drogowych, które muszą być oświetlane. Właścicielem oświetlenia ulicznego jest Gmina (jednostką odpowiedzialną jest Wydział Gospodarki Komunalnej i Drogownictwa), w gestii której znajdują się sprawy związane z eksploatacją i modernizacją oświetlenia ulicznego. Zdecydowaną większość oświetlenia stanowią źródła wyładowcze. Łącznie w gminie jest około 3,5 tys. punktów świetlnych. W technologii LED funkcjonuje zaledwie kilka punktów świetlnych i nie mają one realnego wpływu na całkowitą wartość zużywanej na oświetlenie energii.

Zaopatrzenie w gaz na terenie miasta i gminy Wieluń realizowane jest gazociągiem przesyłowym wysokiego ciśnienia 100 DN relacji Biadacz–Wieluń. Od stacji redukcyjnej rozprowadzona jest sieć gazociągów o średnim ciśnieniu na wiejskie tereny Gminy. Do zaopatrzenia w gaz dla celów socjalnych i grzewczych na pozostałych terenach, na których nie ma zbudowanej sieci gazowej, wykorzystuje się butle bądź zbiorniki napełniane gazem płynnym. W ciągu 2016 r. liczba odbiorców gazu wzrosła niemalże dwukrotnie. Liczba gospodarstw wykorzystujących gaz do ogrzewania mieszkania zwiększyła się ponad czterokrotnie. W podobnej relacji zmieniło się zużycie gazu na ogrzewanie mieszkań. Jednak głównymi odbiorcami gazu wciąż pozostają mieszkańcy miasta Wieluń, którzy stanowią 87% wszystkich odbiorców gazu w gminie.

1.1.4. Budowa długoterminowych scenariuszy zapotrzebowania na energię na przykładzie wybranych gmin

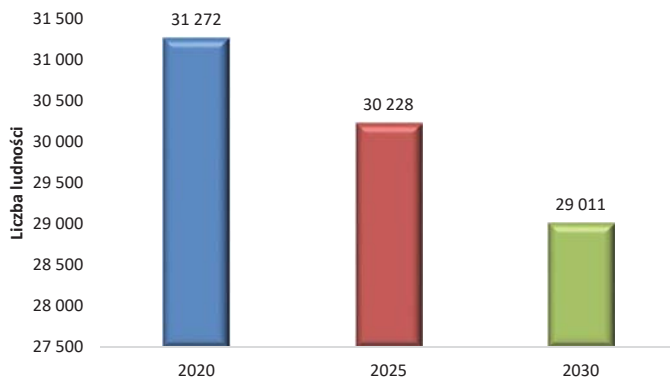
Podobnie jak w artykule [15] konstrukcję wieloletnich scenariuszy rozwojowych dla gmin oparto o zasadnicze elementy rozwojowe wskazane w ministerialnej strategii „Polityki energetycznej Polski do 2050 roku” [23]. W cytowanym raporcie przyjęto, że krajowe zapotrzebowanie na energię pierwotną do 2030 r. nie zmieni się, utrzymując się na poziomie ok. 102–103 Mtoe rocznie, by w kolejnych dwóch dekadach obniżyć się o ok. 15%. Szacuję się również, że do 2050 r. produkt Polski wzrośnie o około 160%.

Ze względu na bardzo ubogi materiał statystyczny, jakim dysponują gminy, metodyka konstruowania prognoz *top-down* opierać się będzie na przenoszeniu pewnych wskaźników prognostycznych makro uzyskanych w skali kraju na obszary gminnym. Dla tych celów skorzystano również z prognoz ludności wykonanych przez GUS do 2050 r. Do analiz wybrano 3 gminy o różnym charakterze: miejską, miejsko-wiejską i wiejską. W tab. 1 przedstawiono prognozy ludności dla wybranych gmin oraz Polski do 2030 r.



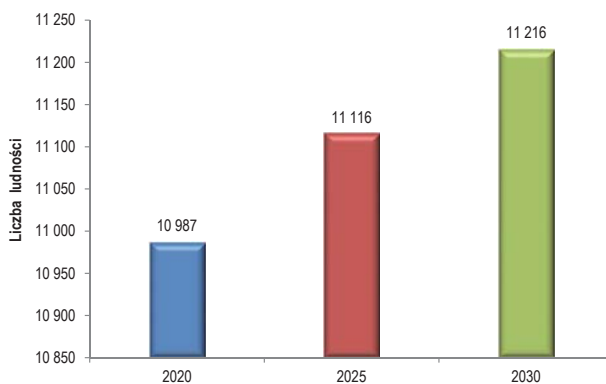
Rysunek 13. Długoterminowa prognoza ludności do 2030 r. dla gminy–miasta Sochaczew

Źródło: [GUS].



Rysunek 14. Długoterminowa prognoza ludności do 2030 r. dla gminy Wieluń

Źródło: [GUS].



Rysunek 15. Długoterminowa prognoza ludności do 2030 r. dla gminy Jerzmanowice-Przeginia

Źródło: [GUS].

Tabela 1. Prognoza ludności

Gmina	Typ	Województwo	Powiat	2020	2025	2030
Sochaczew	m	mazowieckie	sochaczewski	36 274	35 128	33 724
Wieluń	m-w	łódzkie	wieluński	31 272	30 228	29 011
Jerzmanowice-Przeżinia	w	małopolskie	krakowski	10 987	11 116	11 216
Polska				38 137 800	37 741 500	37 185 100

Źródło: [GUS].

Do celów prognostycznych wykorzystano prognozy opracowane przez ARE dotyczące zapotrzebowania na energię elektryczną. W prognozach tych wielkość zapotrzebowania na energię elektryczną dla Polski w 2030 r. oszacowano na poziomie 161,4 TWh, a rozbieżność na poszczególne sektory przedstawia tab. 2.

Tabela 2. Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną w podziale na sektory gospodarki [TWh]

Sektory gospodarki	2020	2025	2030
Przemysł i budownictwo	46,5	49,3	53,5
Transport	3,6	3,8	4,1
Rolnictwo	1,7	1,8	1,9
Handel i usługi	52,5	57,9	63,8
Gospodarstwa domowe	32,3	35,1	38,2
Razem	136,6	147,8	161,4

Źródło: ARE.

W przypadku długoterminowych prognoz dla Polski w ujęciu paliwowym skorzystano również z prognoz opracowanych w [23] dotyczących długoterminowych prognoz produkcji energii elektrycznej netto dla Polski do 2030 r. w ujęciu paliwowym.

Tabela 3. Prognoza produkcji energii elektrycznej netto wg paliwa [TWh]

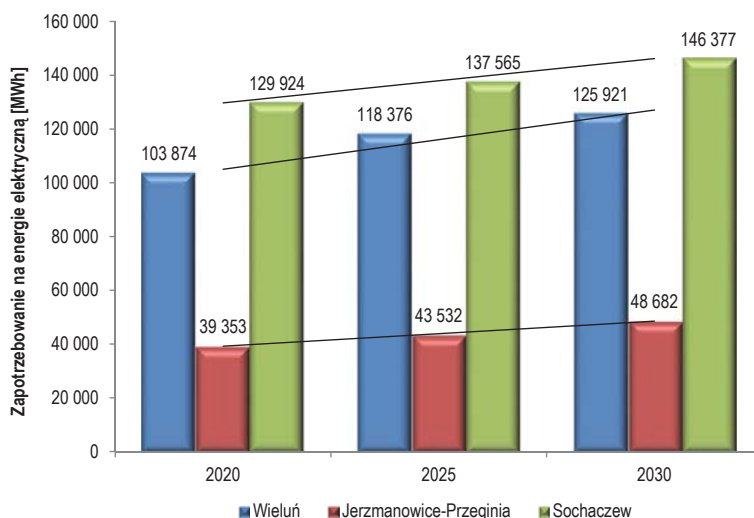
Rodzaj paliwa	2020	2025	2030
Węgiel brunatny	48,3	48,3	43,6
Węgiel kamienny	72,8	68,2	66,8
Gaz ziemny	14,5	13,7	17,1
Olej opałowy	2,3	2,2	2,1
Paliwo jądrowe	0	11,2	22,3
Biomasa	7,4	7,5	6,5
Biogaz	2	2,4	2,8
Energia wodna	2,4	2,4	2,5
Energia wiatru	11,1	16	21,7
Energia słoneczna	0,35	0,99	1,91
Inne paliwa	0,18	0,12	0,1
Razem	161,2	173	187,5

Źródło: ARE.

1.1.5. Długoterminowe prognozy zapotrzebowania na energię dla wybranych gmin w ujęciu sektorowym

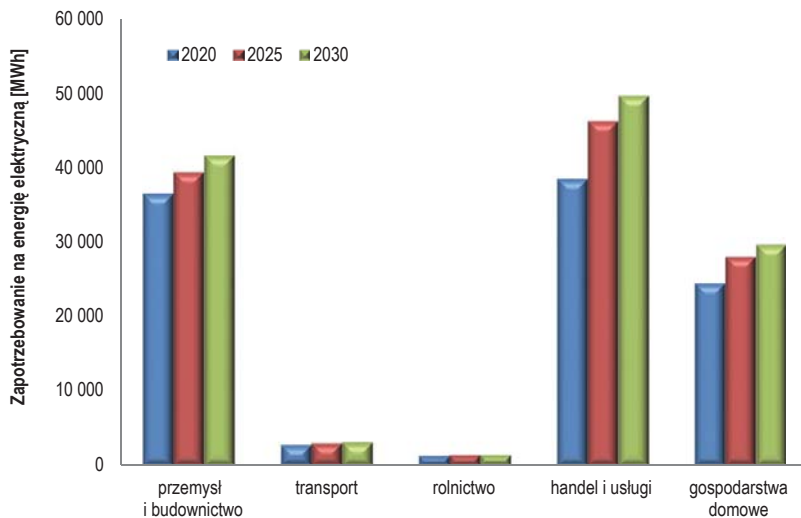
W przypadku długoterminowych prognoz zapotrzebowania na energię elektryczną dla badanych gmin należy zauważyć, że we wszystkich gminach obserwuje się wieloletni trend narastający zapotrzebowania. Potwierdza to wielu ekspertów, jak również własne prognozy autorskie, które przewidują jej wzrost długookresowy do 2050 r. Autorzy raportu [23] określili jej wzrost do poziomu rzędu 223 TWh. Wiązać się to będzie zarówno z rozwojem gospodarczym Polski, jak i z przesunięciem popytu na energię finalną z paliw kopalnych w kierunku energii elektrycznej, wynikającym z narastającej mechanizacji przemysłu i usług, rozpowszechnienia się pojazdów elektrycznych, hybryd typu *plug-in* oraz elektryfikacji procesu ogrzewania wody i produkcji ciepła w wielu gospodarstwach domowych do tej pory używających do tego celu węgla czy gazu.

W przypadku badanych gmin długoterminowy przyrost zapotrzebowania na energię elektryczną, w stosunku do prognozowanego zapotrzebowania w 2020 r., waha się od 12,7% do 23,7%. Nie jest to duże zróżnicowanie. Przyrost długoterminowy na takim poziomie może świadczyć o realności wykonanych prognoz. Poniżej na kolejnych wykresach pokazano prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną dla badanych gmin w rozbiciu na poszczególne sektory gospodarki.



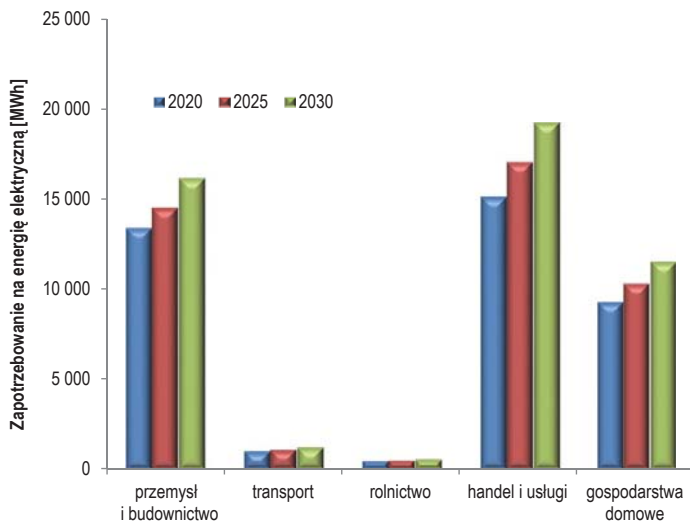
Rysunek 16. Prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną dla wybranych gmin do 2030 r.

Źródło: oprac. własne.



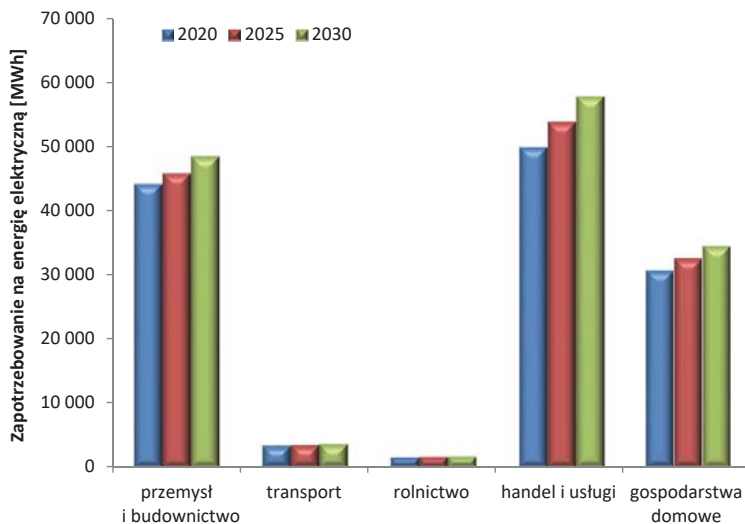
Rysunek 17. Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 r. w podziale na sektory gospodarki dla gminy Wieluń

Źródło: oprac. własne.



Rysunek 18. Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 r. w podziale na sektory gospodarki dla gminy Jerzmanowice-Przegonia

Źródło: oprac. własne.



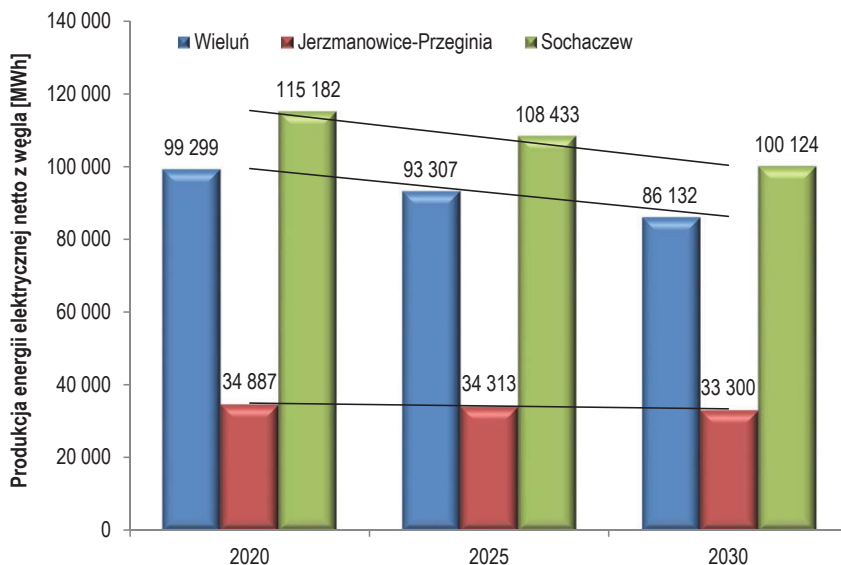
Rysunek 19. Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 r. w podziale na sektory gospodarki dla gminy Sochaczew

Źródło: oprac. własne.

1.1.6. Długoterminowe prognozy zapotrzebowania na energię dla wybranych gmin w ujęciu paliwowym

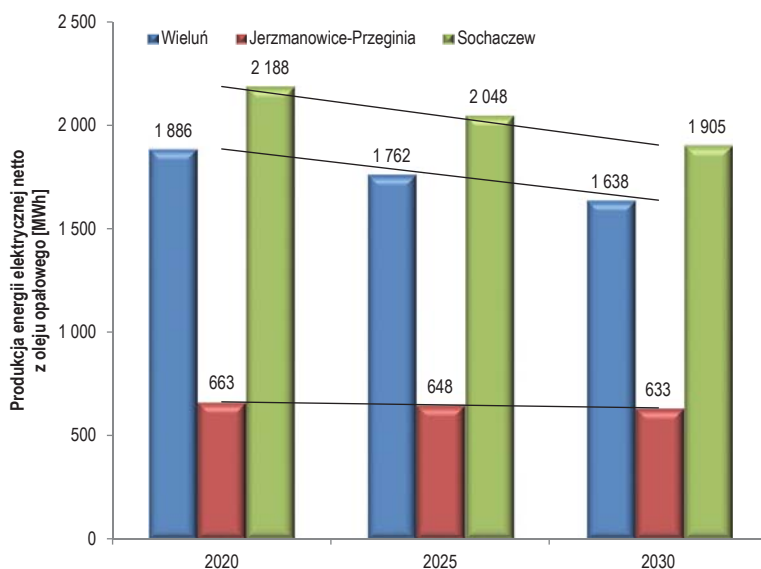
W przypadku długoterminowych prognoz zapotrzebowania na energię dla badanych gmin w ujęciu paliwowym należy zauważyć bardzo pozytywne trendy praktycznie w każdej badanej gminie w kierunku ograniczania produkcji energii z paliw kopalnych typu węgiel kamienny i brunatny w kierunku gazu ziemnego, który jest surowcem energetycznym mniej oddziaływującym negatywnie na środowisko. Poniżej na wykresach (rys. 20 i 21) widać wyraźne linie trendu malejącego w kolejnych latach prognozy dla wszystkich badanych gmin dla węgla i oleju opałowego. Spadek zapotrzebowania na energię pozyskiwaną z węgla i oleju opałowego, w stosunku do prognozowanego zapotrzebowania w 2020 r., waha się od -4,4% do -13,1%.

Natomiast na rys. 22 widać wyraźne linie rosnących trendów w kolejnych latach prognozy dla wszystkich badanych gmin dla gazu ziemnego. Wzrost zapotrzebowania na energię pozyskiwaną z gazu ziemnego, w stosunku do prognozowanego zapotrzebowania w 2020 r., waha się od 12,2% do 24,4%.



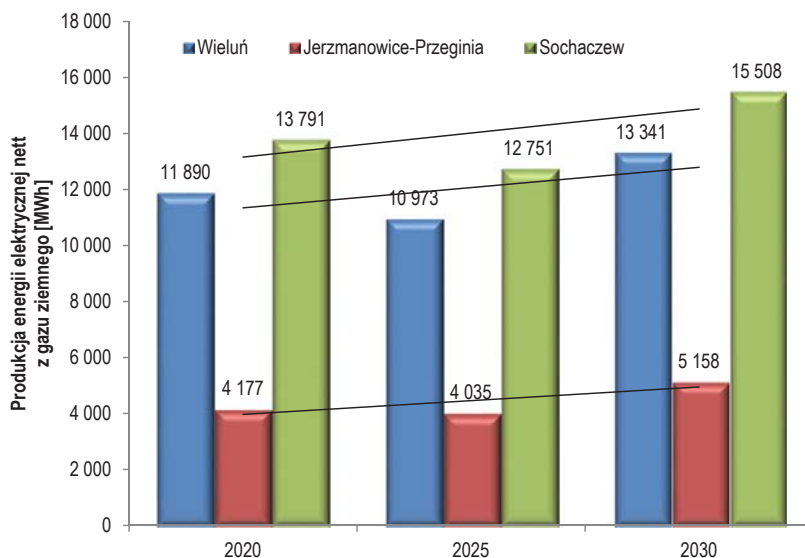
Rysunek 20. Prognoza produkcji energii elektrycznej netto z węgla do 2030 r. dla badanych gmin

Źródło: oprac. własne.



Rysunek 21. Prognoza produkcji energii elektrycznej netto z oleju opałowego do 2030 r. dla badanych gmin

Źródło: oprac. własne.



Rysunek 22. Prognoza produkcji energii elektrycznej netto z gazu ziemnego do 2030 r. dla badanych gmin

Źródło: oprac. własne.

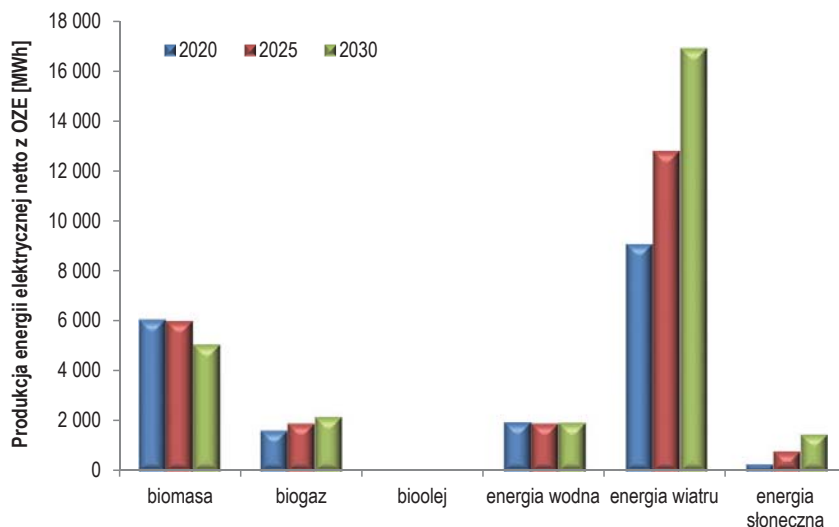
W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że chociaż gęstość energii ze źródeł odnawialnych jest relatywnie niska, a zmienność niektórych zasobów (np. wiatr, słońce) powiększa problem ich efektywnego wykorzystania, to odnawialne źródła energii (także RDF z odpadów) dostępne w gminie bądź w sąsiednich gminach i regionach mogą stanowić istotny wkład do całkowitego zapotrzebowania gminy w energię i znacznie poprawić ich samowystarczalność energetyczną. Na kolejnych wykresach przedstawiono długoterminowe prognozy dla badanych gmin w podziale na różne technologie OZE i potencjał ich wykorzystania w poszczególnych gminach.

W przypadku prognoz zapotrzebowania na energię elektryczną w podziale na sektory gospodarki największy przyrost zapotrzebowania prognozowany jest w sektorze handel i usługi, niezależnie od charakteru gminy. W gminie miejskiej przyrost zapotrzebowania w stosunku do poziomu w 2015 r. jest szacowany do 29,7%, w gminie miejsko-wiejskiej do 30,7% i w gminie wiejskiej nawet do 47,5%.

Drugą grupą, pod względem dynamicznego przyrostu zapotrzebowania na energię elektryczną w gminach, są gospodarstwa domowe, a ich procentowy wzrost zapotrzebowania w stosunku do 2015 r. wynosi odpowiednio: w gminie miejskiej około 22%, gminie miejsko-wiejskiej około 21% i gminie wiejskiej około 39%.

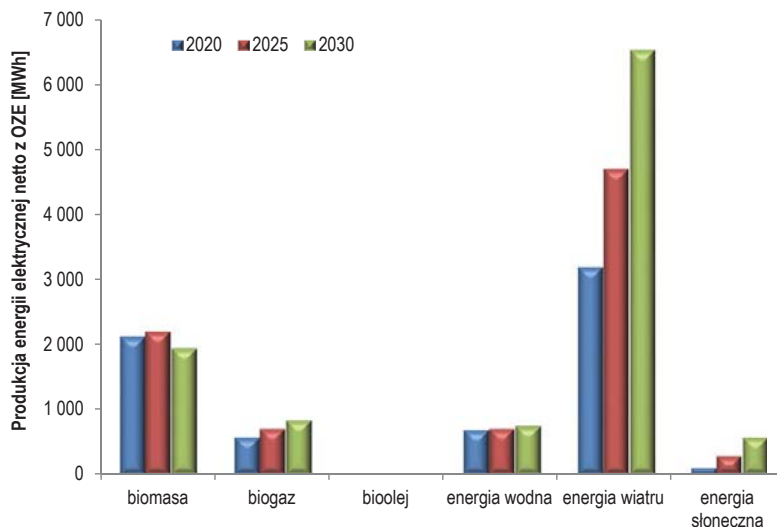
W przypadku długoterminowych prognoz surowców energetycznych wykorzystywanych do produkcji energii elektrycznej netto do 2030 r. węgiel będzie nadal jednym z zasadniczych surowców wykorzystywanych energetycznie niezależnie od rodzaju gminy, chociaż jego udział będzie malał w różnym stopniu w zależności od

rodzaju gminy, w przypadku gminy miejskiej i miejsko-wiejskiej prognozowany jest spadek jego zużycia w stosunku do prognoz z 2020 r. o około 13%, a w przypadku gminy wiejskiej spadek jedynie o 4%.



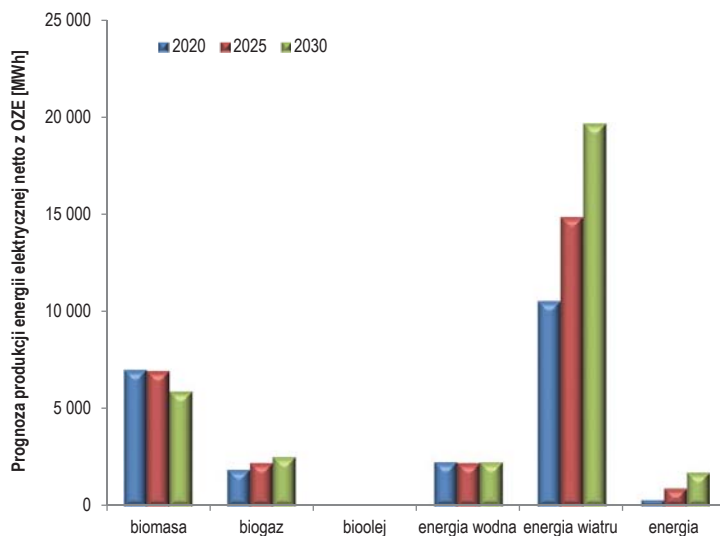
Rysunek 23. Prognozy wykorzystania OZE do produkcji energii elektrycznej netto dla gminy Wieluń do 2030 r.

Źródło: oprac. własne.



Rysunek 24. Prognozy wykorzystania OZE do produkcji energii elektrycznej netto dla gminy Jerzmanowice-Przegonia do 2030 r.

Źródło: oprac. własne.



Rysunek 25. Prognozy wykorzystania OZE do produkcji energii elektrycznej netto dla gminy Sochaczew do 2030 r.

Źródło: oprac. własne.

Należy spodziewać się wzrostu zapotrzebowania na gaz ziemny dla wszystkich rodzajów gmin średnio o 27% w stosunku do zapotrzebowania szacowanego na 2020 r.

W przypadku produkcji energii elektrycznej netto z OZE najdynamicznym sektorem, który będzie się rozwijał niezależnie od rodzaju gminy, jest energetyka słoneczna, której przyrost w 2030 r. w stosunku do 2020 r. w poszczególnych gminach szacuje średni wzrost o 100%.

1.1.7. Podsumowanie

W konkluzji ostatecznej należy podkreślić, że problem gminy samowystarczalnej energetycznie jest problemem złożonym i należy go rozpatrywać w wielu aspektach. Jest to pewien proces gospodarczy, na który mają wpływ czynniki ekonomiczne, prawne, polityczne i społeczne. W rozdziale tym starałem się zwrócić szczególnie uwagę na przenikanie się pewnych procesów, które w efekcie mogą doprowadzić gminę do samowystarczalności energetycznej. Poruszyłem jedynie część wątków, które istotnie mogą wpłynąć na gospodarkę energetyczną gminy. Wiele innych aspektów nie było poruszanych. Na przykładzie kilku gmin wykonałem prognozy długoterminowe, które są niezbędne przy ustalaniu strategii rozwoju gminy. Prognozy te według mojej opinii powinny być kompatybilne z polityką energetyczną Polski, stąd metoda *top-down* uwzględniająca polską strategię rozwoju energetyki.

Literatura

1. Całus S. (red.), *Gmina samowystarczalna energetycznie, Jerzmanowice-Przegonia*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2017.
2. Całus S. (red.), *Gmina samowystarczalna energetycznie, Sochaczew*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2017.
3. Całus S. (red.), *Gmina samowystarczalna energetycznie, Wieluń*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2017.
4. Całus S. (red.), *Uwarunkowania samowystarczalności energetycznej gmin*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2017.
5. Energy roadmap 2050' (COM(2011) 885 final of 15 December 2011): http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/index_en.htm.
6. http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm.
7. Mangin G., *Przewodnik dla miejskich i gminnych decydentów oraz ekspertów. Planowanie energetyczne w miastach i gminach*.
8. Piotrowski P., *Prognozowanie w elektroenergetyce w różnych horyzontach czasowych*, Monografia, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, „Elektryka” 2013, z. 144, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.
9. Popławski T. (red.), *Wybrane zagadnienia prognozowania długoterminowego w systemach elektroenergetycznych*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2012.
10. Popławski T., *Methods of analysis and forecast of power engineering load variation in the conditions of energy market transformation*, The Publishing Office of CUT, 2009.
11. Popławski T., Dąsał K., *Zmienność zużycia energii elektrycznej małych odbiorców w kontekście rynku energii*, „Rynek Energii” 2008, nr 1, s. 141–146.
12. Popławski T., Dobrzańska I., Dąsał K., *Prognozowanie przebiegów obciążeń dobowych w lokalnych systemach elektroenergetycznych. Prognozowanie w elektroenergetyce*, PE, 2004, s. 56–64.
13. Popławski T., Łyp J., Starczynowska E., *Hybrydowy model predykcji długoterminowej miesięcznych szczytów obciążenia w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym*, „Rynek Energii” 2010, nr 2 (87), s.132–137.
14. Popławski T., *Modelowanie wykresów obciążenia dobowego systemów lokalnych na podstawie zadanych energii dobowych. Prognozowanie w Elektroenergetyce*, PE, Częstochowa 1998, s. 89–96.
15. Popławski T., *Budowa scenariuszy zapotrzebowania na energię na przykładzie wybranych gmin jako element strategii gminy samowystarczalnej energetycznie*, „Rynek Energii” 2018, nr 1(134), s. 20–25.
16. Popławski T., *Predykcja zużycia energii elektrycznej i gazu w warunkach transformacji rynku. Rynek Energii Elektrycznej: Od Restrukturyzacji do Unii Europejskiej*, Kazimierz Dolny 2003, s. 281–288.

17. Popławski T., *Prognozowanie lokalne w warunkach niestacjonarności. Aktualne problemy w elektroenergetyce*, Jurata 2003, s. 105–111.
18. Popławski T., *Teoria i praktyka w planowaniu rozwoju i eksploatacji systemów elektroenergetycznych. Wybrane aspekty*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 2013.
19. Stępień J., *Prognozy zapotrzebowania na ciepło na terenach o małym stopniu zurbanizowania*, „Rynek Energii” 2007, nr 6.
20. Trojanowska M., Szul T., *Analiza statystyczna zapotrzebowania na ciepło w gminach wiejskich*, „MOTROL” 2008, nr 10, s. 126–130.
21. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. *Prawo energetyczne*, z późn. zm.
22. Wiśniewski G., Dziamski P., Michałowska-Knap K., Oniszk-Popławska A., Regulski P., *Wizja rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 r.*, Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa 2009.
23. *Wnioski z analiz prognostycznych na potrzeby Polityki energetycznej Polski do 2050 r.*, załącznik 2, Warszawa 2015.

1.2. Aspekty prawne oraz założenia programowe dla gminy samowystarczalnej energetycznie *

1.2.1. Wstęp

W rozdziale zostaną przedstawione wybrane uwarunkowania prawne i faktyczne dla gminy samowystarczalnej energetycznie. W obliczu ciągle rozwijającej się gospodarki oraz postępu techniki bezpieczeństwo energetyczne winno być traktowane priorytetowo. Tym samym społeczeństwo coraz częściej zwraca uwagę na poczynania samorządu terytorialnego w kwestii zapewnienia odpowiednich rozwiązań w celu zminimalizowania ryzyka *blackout*-u. Co więcej, inicjatywy lokalne związane z bezpieczeństwem energetycznym są niezwykle istotne z punktu widzenia zobowiązań, jakie zostały nałożone na Polskę w strategii „Europa 2020” w związku z obowiązkiem udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii kraju na poziomie 15%. Jednym z przejawów inicjatyw w tym zakresie jest projekt gmina samowystarczalna energetycznie, której założenia oraz uwarunkowania prawne i faktyczne w tym zakresie zostaną nakreślone w niniejszym rozdziale.

1.2.2. Informacje ogólne

W ostatniej dekadzie system scentralizowanej energetyki konwencjonalnej, opartej o elektrownie dużych mocy, zdaje się wyczerpywać. Jest to spowodowane w głównej mierze ograniczonymi zasobami złóż paliw kopalnych oraz postępującym technologicznym, pozwalającym na bardziej efektywne zarządzanie produkcją poprzez wykorzystanie źródeł energii z generacji rozproszonej opartej głównie o bezemisyjne i niewyczerpywalne źródła odnawialne.

Istotną rolę w polityce energetycznej Polski ogrywa podstawowa jednostka samorządu terytorialnego tj. gmina. Gmina jest zobowiązana do realizacji zadań służących zaspokajaniu potrzeb publicznych wspólnoty samorządowej. Na początku lat 90. XX w., w związku z wprowadzaną decentralizacją administracji publicznej, gmina stała się podmiotem odpowiedzialnym za wykonywanie zadań publicznych na szczeblu lokalnym. Postanowienia ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym [8] regulują zadania i obszar działania gminy, co stanowi podstawę prawną funkcjonowania wspólnoty samorządowej. Zadania gminy mogą mieć charakter zadań własnych i zleconych.

Zakres zadań samorządu gminnego wynika z art. 6 i 7 ustawy o samorządzie gminnym – które to przepisy stanowią wzajemne uzupełnienie. Zgodnie z art. 7 ust. 3

* Autorzy: Marcin Jamrozik, Polowiec i Wspólnicy sp. j.

Piotr Kolasa, Polowiec i Wspólnicy sp. j.

ustawy o samorządzie gminnym do zadań własnych samorządu gminnego należy między innymi zaopatrzenie społeczności lokalnej w energię elektryczną i ciepłą oraz gaz. Dodatkowo ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. prawo energetyczne [5] doprecyzowuje te zadania poprzez wskazanie, iż do zadań własnych gminy w zakresie zaopatrzenia w energię elektryczną, ciepło i paliwa gazowe należy:

- planowanie i organizacja zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe na obszarze gminy;
- planowanie oświetlenia miejsc publicznych i dróg znajdujących się na terenie gminy (nie dotyczy autostrad i dróg ekspresowych w rozumieniu przepisów o autostradach płatnych);
- finansowanie oświetlenia ulic, placów i dróg publicznych znajdujących się na terenie gminy (nie dotyczy autostrad i dróg ekspresowych w rozumieniu przepisów o autostradach płatnych) [5, art. 18].

Zatem to głównie na gminie spoczywa obowiązek zapewnienia społeczności lokalnej tzw. bezpieczeństwa energetycznego.

Z uwagi na brak normatywnego ujęcia definicji gminy samowystarczalnej energetycznie w pierwszej kolejności koniecznym jest nakreślenie założeń, jakie powinna spełniać gmina, aby mogła być nazywana gminą samowystarczalną energetycznie.

Gmina samowystarczalna energetycznie to:

- gmina, na terenie której wytwarza się więcej energii niż wynosi jej sumaryczne zapotrzebowanie;
- energia wytworzona musi być w całości lub przynajmniej w dużej części wykorzystana lokalnie;
- wytwarzanie energii nie może ograniczać się tylko do energii elektrycznej – energia ciepła powinna pokrywać min. 50% zapotrzebowania;
- generowanie energii odbywa się tylko i wyłącznie na bazie lokalnie występujących zasobów (słońce, wiatr, biomasa, hydroenergia, odpady wszelkiego typu, itp.).

W celu określenia potencjału „energetycznego” gminy należy wykonać analizy w zakresie uwarunkowań efektywnego wykorzystywania lokalnych zasobów energetycznych ze szczególnym uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii. Z punktu widzenia gminy samowystarczalnej energetycznie należy wskazać, iż najważniejszym aspektem jest rozwój energetyki rozproszonej.

1.2.3. Regulacje Unii Europejskiej oraz wybrane programy

Ustawodawstwo Unii Europejskiej w zakresie energii konwencjonalnej oraz odnawialnych źródeł energii za punkt wyjścia przyjmuje koncepcję zrównoważonego rozwoju. Zasada zrównoważonego rozwoju jest niezwykle ważna z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego, co w wyniku rozwoju technologicznego jest istotnym elementem rozwoju gospodarczego. Koncepcja zrównoważonego rozwoju zo-

stała zasygnalizowana w uchwalonej w marcu 2000 r. Strategii Lizbońskiej. Następnie koncepcja była kontynuowana w Strategii Goeteborskiej. Unia Europejska przyjęła szereg regulacji, które mają znaczący wpływ na rynek energetyczny krajów członkowskich. Jednak coraz większy wpływ na kierunek i kształt polityki energetycznej Unii Europejskiej mają programy. To właśnie na gruncie przyjętych programów realizowane są kluczowe założenia w przedmiocie energetyki. W obliczu zwiększającego się uzależnienia od przywozu, niedostatecznej dywersyfikacji, wysokich i niestabilnych cen energii, rosnącego ogólnoswiatowego popytu na energię, zagrożenia bezpieczeństwa krajów produkcji i tranzytu Unia Europejska przyjęła szereg programów, które w swoich założeniach mają zminimalizować ryzyko rynku energetycznego, jednocześnie zwiększając ochronę środowiska. Kluczowym będzie nakreślenie podstawowych założeń Unii Europejskiej w zakresie sektora energetyki, które będą stanowiły punkt wyjścia do wskazania kluczowych celów, którymi są:

- bezpieczeństwo,
- konkurencyjność,
- zrównoważony rozwój.

Dla bezpieczeństwa energetycznego istotną kwestią jest również zwiększenie dywersyfikacji dostaw energii w Unii Europejskiej oraz rozwój lokalnych zasobów energetycznych. Biorąc pod uwagę założenia gminy samowystarczalnej energetycznie, należy podkreślić znaczenie rozproszonych odnawialnych źródeł energii. W tym zakresie dyrektywa 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. [1] wyznacza cel, jaki muszą osiągnąć państwa członkowskie do 2020 r. w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w ogólnym zużyciu energii w wysokości 20%. W naszej ocenie, wraz z zagadnieniem bezpieczeństwa energetycznego, należy podjąć temat polityki efektywności energetycznej UE, której podstawą jest dyrektywa 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. [2] w sprawie efektywności energetycznej. Celem tej regulacji jest wprowadzenie państw członkowskich na drogę prowadzącą do osiągnięcia celów wyznaczonych na 2020 r. Wśród pozostałych ważnych aspektów można wymienić etykietowanie produktu i środki mające na celu zwiększenie efektywności energetycznej budynków.

Unia Europejska wyznaczyła cele związane z energią i klimatem, które powinny zostać osiągnięte odpowiednio do 2020, 2030 i 2050 r.

Cele do 2020 r.:

- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 20% w stosunku do poziomów z 1990 r.;
- udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w ogólnym zużyciu energii – 20%;
- poprawa efektywności energetycznej o 20%.

Cele do 2030 r.:

- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 40%;

- udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w ogólnym zużyciu energii – 32%;
- poprawa efektywności energetycznej o 32,5%;
- 15% energii w połączeniach międzysystemowych (tzn. 15% energii elektrycznej wytwarzanej w Unii Europejskiej może być przesyłane do innych państw Unii Europejskiej).
Cel do 2050 r.:
- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 80–95% w stosunku do poziomów z 1990 r.

Zgodnie z Dyrektywą 2009/28/WE wszystkie kraje członkowskie do roku 2020 osiągnąć powinny 20% udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii (na Polskę został nałożony obowiązek w wysokości 15%) i 10% udział tej energii w sektorze transportowym. Przytoczona regulacja obliuguje każde państwo członkowskie do realizacji założonych celów oraz przedstawia minimalne wymagania ustawodawcze do wprowadzenia w regulacjach krajowych. W zamyśle ma to ułatwić realizację celów krajowych i celu wspólnotowego w określonym czasie. Dyrektywa nie wskazuje jednak, w jakich sektorach i w jaki sposób ma zostać zwiększona produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii elektrycznej. Pomocniczo wskazuje, iż każde Państwo powinno przyjąć Krajowy Plan Działań (KPD), w którym państwo członkowskie przyjmuje wewnętrzne regulacje mające na celu realizację założeń celów wspólnotowych.

Realizacja poszczególnych celów pakietu 3x20 jest ze sobą mocno powiązana. Wzrost produkcji energii ze źródeł odnawialnych wpływa bezpośrednio na redukcję emisji gazów cieplarnianych, jak i poprawia efektywność energetyczną z uwagi na generację rozproszoną. Natomiast efektywność energetyczna wpływa pozytywnie zarówno na ograniczenie emisji oraz na zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii liczonego w stosunku do finalnego zużycia energii brutto. W związku z przyjęciem pakietu 3x20 polski ustawodawca postanowił zrealizować postulaty programu i przyjął trzy podstawowe dokumenty: Polityka Energetyczna Polski do roku 2030; Krajowy Plan Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych; Kierunki Rozwoju Biogazowni Rolniczych w Polsce na lata 2010–2020. Natomiast 23 listopada 2018 r. Ministerstwo Energii zaprezentowało projekt polityki energetycznej Polski do 2040 r., który w naszej ocenie zupełnie oddala Polskę od realizacji założonych przez Unię Europejską celów. Wskazane programy lokalne zostaną szczegółowo opisane w dalszej części rozdziału.

22 stycznia 2014 r. Komisja Europejska przedstawiła ramy klimatyczno-energetyczne do roku 2030. W programie została przedstawiona polityka przeciwdziałania zmianie klimatu i polityka energetyczna na lata 2020–2030. Unia Europejska podkreśla, iż celem pozostaje redukcja emisji gazów cieplarnianych w 2030 r. o co najmniej 40% w stosunku do roku 1990. Dodatkowo wskazano cel dotyczący popra-

wy efektywności energetycznej, określony jako 32,5% zmniejszenia zapotrzebowania w relacji do prognoz oraz osiągnięcie co najmniej 32% udziału źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii.

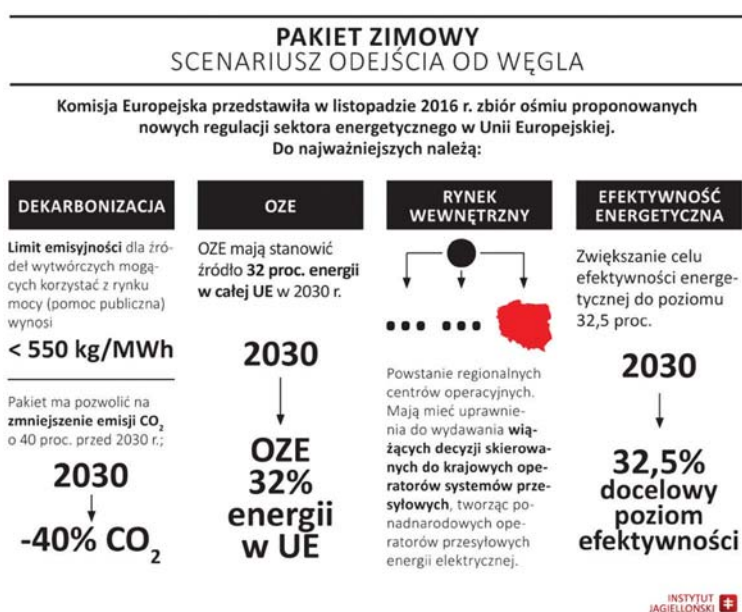
Ostatnim etapem polityki Unii Europejskiej w zakresie energii jest Plan działania do 2050 r. Jego założenia obejmują ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 80–95% w stosunku do poziomów z 1990 r. Efektywność energetyczna została wskazana jako jeden z głównych elementów do ciągłej poprawy. Dodatkowo Unia Europejska wskazuje, iż udział OZE w systemie energetycznym musi się ciągle zwiększać, jak również ma stanowić główne źródło wytwórcze. Dodatkowo Unia Europejska wiąże duże nadzieje z rozwojem energetyki jądrowej w celu dekarbonizacji, zapewniającej obecnie większość zużywanej w Unii Europejskiej energii elektrycznej wytwarzanej za pomocą technologii niskoemisyjnych. Jedną z podstawowych zmian w podejściu do energetyki jest nastawienie na integrację zasobów lokalnych i systemów scentralizowanych.

Bez wątpienia problem, z jakim musi się zmierzyć Unia Europejska, to odpowiedni rozwój sieci dystrybucyjnych i przesyłowych na duże odległości i połączenia międzysystemowe. Jest to niezwykle istotne z uwagi na zwiększający się handel energią elektryczną oraz wzrost roli produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Wejście w życie obecnych strategii w zakresie wewnętrznego rynku energii oraz nowych strategii pozwoli Unii Europejskiej sprostać takiemu wyzwaniu. Unia Europejska dostrzega coraz większą potrzebę uregulowania kwestii związanych z infrastrukturą dystrybucyjną oraz przesyłową. Efektem tego jest uchylene Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 256/2014 z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie zgłaszania Komisji projektów inwestycyjnych dotyczących infrastruktury energetycznej w Unii Europejskiej [4]. Unia Europejska stwierdziła, iż przyjęty w 2014 r. dokument nie spełnił jego założeń i postanowił uchylić go, jednocześnie wskazując, iż kwestie związane ze zwiększeniem źródeł wytwórczych, przesyłowych oraz magazynowych są niezwykle istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego [3]. Europejskie plany, określone w dziesięcioletnich okresach w zakresie potrzeb infrastrukturalnych, zapewniają już długoterminową wizję dla inwestorów i skutkują wzmożoną współpracą regionalną. Konieczne będzie rozszerzenie obecnych metod planowania na w pełni zintegrowane planowanie sieci w zakresie przesyłu (z terenów lądowych i morskich), dystrybucji, magazynowania i autostrad elektroenergetycznych w ewentualnym dalszym horyzoncie czasowym.

W celu lokalnego wykorzystania produkcji z OZE sieć dystrybucyjna musi być bardziej inteligentna, aby poradzić sobie ze zmienną produkcją z wielu rozproszonych źródeł, np. w źródłach fotowoltaicznych, ale również reagować na zwiększone zapotrzebowanie. W miarę rozwoju zdecentralizowanych ośrodków wytwarzania, inteligentnych sieci, nowych użytkowników sieci (np. electromobility) i reakcji na

zapotrzebowanie pojawia się coraz większa konieczność wypracowania bardziej zintegrowanego podejścia do przesyłu, dystrybucji i magazynowania.

30 listopada 2016 r. Komisja Europejska przedstawiła tzw. Pakiet Zimowy, czyli „Czysta Energia dla wszystkich Europejczyków” – głównym zamierzeniem regulacji jest utrzymanie konkurencyjności Unii Europejskiej, podczas transformacji rynków energetycznych nakierowanej, na tzw. „czystą energię”. Pakiet Zimowy zawiera ponad 1 tys. stron propozycji legislacyjnych, które opisują plany zmniejszenia wykorzystania węgla oraz zwiększania celu efektywności energetycznej do poziomu 32,5% oraz zmniejszenia emisji CO₂ o 40% przed 2030 r. Pakiet Zimowy zawiera również rozwiązania wspierające rozwój zdecentralizowanego wytwarzania energii elektrycznej oraz jej magazynowania w celu rozwoju tzw. energetyki obywatelskiej. Zmianą dla rynków energetycznych w Unii Europejskiej jest zniesienie tzw. „priority dispatch”, oznaczającego pierwszeństwo OZE w dostępie do sieci przed źródłami konwencjonalnymi. Zmiana wejdzie w życie po 2020 r.



Rysunek 1. Pakiet zimowy – scenariusz odejścia od węgla

Źródło: <http://biznesalert.pl/pakiet-zimowy-energetyka-governance-wegiel-oze/>.

Według obliczeń szacunkowych Komisji Europejskiej samo wdrożenie rozwiązań w zakresie energii i klimatu będzie niosło za sobą koszty około 379 mld euro rocznie w latach 2020–2030 r. Ponadto roczne wydatki w kwocie ok. 27 mld euro zostaną przeznaczone na publiczne i prywatne badania, jak również na rozwój i innowacje w dziedzinach związanych z polityką energetyczną.

1.2.4. Krajowe programy oraz regulacje

Ze względu na charakter i zakres niniejszego referatu, poniżej zostaną omówione najważniejsze regulacje oraz krajowe plany dotyczące gmin samowystarczalnych energetycznie.

W związku ze wzrostem znaczenia odnawialnych źródeł energii w 2015 r. została wprowadzona ustawa o odnawialnych źródłach energii [6]. Ustawa OZE określa:

- 1) zasady i warunki wykonywania działalności w zakresie wytwarzania:
 - a) energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii,
 - b) biogazu rolniczego – w instalacjach odnawialnego źródła energii,
 - c) biopłynów;
- 2) mechanizmy i instrumenty wspierające wytwarzanie:
 - a) energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii,
 - b) biogazu rolniczego,
 - c) ciepła – w instalacjach odnawialnego źródła energii;
- 3) zasady wydawania gwarancji pochodzenia energii elektrycznej wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii w instalacjach odnawialnego źródła energii;
- 4) zasady realizacji krajowego planu działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych;
- 5) warunki i tryb certyfikowania instalatorów mikroinstalacji, małych instalacji i instalacji odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej cieplnej nie większej niż 600 kW oraz akredytowania organizatorów szkoleń;
- 6) zasady współpracy międzynarodowej w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz wspólnych projektów inwestycyjnych.

Analizując systemy wsparcia dla wytwórców energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, należy wskazać, iż ustawodawca chce całkowicie odejść od systemu wsparcia w postaci świadectw pochodzenia, tj. tzw. „zielonych certyfikatów”. Ponadto, dla nowych instalacji OZE, w których energia elektryczna wyprodukowana została po raz pierwszy po 1 lipca 2016 r. i w których urządzenia wchodzące w skład tych instalacji zostały wyprodukowane nie później niż 48 miesięcy (lub 72 miesiące w przypadku instalacji wykorzystujących siłę wiatru na morzu) przed dniem wytworzenia po raz pierwszy energii elektrycznej, a także opcjonalnie dla dotychczasowych wytwórców energii oraz wytwórców zmodernizowanych instalacji, został przewidziany aukcyjny system wsparcia [6, art. 71 w zw. z art. 73]. Beneficjentem systemu są wytwórcy, którzy zaoferowali najniższą cenę. W zamian dostają gwarancję wsparcia przez 15 lat. Cena kupowanej energii będzie waloryzowana o poziom inflacji. Ustawa OZE zawiera również system wsparcia dla prosumenckiego wytwarzania energii. System ten jest oparty na zasadzie opustów. Zgodnie z ustawą OZE system rozliczeń w postaci opustów przysługuje właścicielom mikroinstalacji, którzy spełniają definicję prosumenta (wyłączeni są z niej przedsiębiorcy). Pojęciem tym określa się

odbiorcę końcowego dokonującego zakupu energii elektrycznej na podstawie umowy kompleksowej, wytwarzającego energię elektryczną wyłącznie z odnawialnych źródeł energii w mikroinstalacji w celu jej zużycia na potrzeby własne, niezwiązane z wykonywaną działalnością gospodarczą regulowaną ustawą o swobodzie działalności gospodarczej.

Ostatnimi czasy coraz większe zainteresowanie wzbudza temat klastrów energii oraz ich inicjatyw na terenie całego kraju. Klastry energii zostały wprowadzone do ustawodawstwa w 2016 r. i od razu były określone jako przejaw stworzenia „wysp” samowystarczalnych energetycznie na obszarach lokalnych. Pod pojęciem klastrów energii należy rozumieć cywilnoprawne porozumienie, w skład którego mogą wchodzić osoby fizyczne, osoby prawne, jednostki naukowe, instytuty badawcze lub jednostki samorządu terytorialnego w zakresie wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji lub obrotu energią z odnawialnych źródeł energii lub z innych źródeł lub paliw, w ramach sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV, na obszarze działania tego klastra nieprzekraczającym granic jednego powiatu lub 5 gmin. Obszar działania klastra energii ustala się w oparciu o miejsca przyłączenia wytwórców i odbiorców energii będących członkami danego klastra. Według danych przedstawionych przez Ministerstwo Energii do procesu certyfikacji zgłosiło się 115 klastrów energii oraz inicjatyw klastrowych. Z czego 33 inicjatywy zostały uznane przez Ministerstwo Energii za klastry pilotażowe i zostały certyfikowane przez resort. Uczestnicy klastra energii nie tylko mogą zyskać w obszarach związanych z szeroko pojętym bezpieczeństwem energetycznym, ale jest to również szansa na współpracę gospodarczo-biznesową. W wielu przypadkach klastry energii pozwala nawiązać bliską współpracę pomiędzy lokalnymi przedsiębiorcami na obszarach, które uprzednio nie były możliwe. Klastry energii jest niewątpliwie szansą na osiągnięcie samowystarczalności energetycznej przez gminy. Dodatkowo stworzone ramy prawne pozwalają na dostosowanie przez każdą inicjatywę założeń do swoich potrzeb. W ustawie OZE zostały nakreślone jedynie graniczne ramy prawne co do tworzenia i funkcjonowania klastrów energii. Pozostałe kwestie muszą zostać ustalone przez uczestników inicjatywy klastrowej.

W naszej ocenie tego typu inicjatywy są niezwykle pożyteczne dla społeczności lokalnej i samorządy lokalne powinny wspierać powstawanie tego rodzaju inicjatyw. Podczas spotkań tematycznych, naszą uwagę zwróciły trzy inicjatywy, które w naszej ocenie zasłużyły na wyróżnienie, są to: Słupski Klastry Bioenergetyczny, Lokalny Klastry Energii Sokołów Podlaski oraz Gliwicki Klastry Energii. Te trzy inicjatywy wyróżniają się profesjonalnym podejściem oraz ponadprzeciętnym zaangażowaniem we wspieraniu inicjatyw związanych z samowystarczalnością energetyczną.

Z ustawą OZE ściśle powiązana jest ustawa o efektywności energetycznej [7]. Przez efektywność energetyczną rozumie się stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych wa-

runkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację albo w wyniku wykonanej usługi niezbędnej do uzyskania tego efektu [7, art. 2 pkt 3]. Dodatkowo ustawa o efektywności energetycznej określa:

- zasady opracowywania krajowego planu działań dotyczącego efektywności energetycznej uwzględniającego w szczególności cel w zakresie oszczędności energii;
- zadania jednostek sektora publicznego w zakresie efektywności energetycznej;
- zasady realizacji obowiązku uzyskania oszczędności energii (system białych certyfikatów);
- zasady przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa.

W Polsce zostały również przyjęte programy związane z energetyką, które mają bezpośredni wpływ na gminy samowystarczalne energetycznie. Biorąc pod uwagę punkt widzenia inwestorów, należy wskazać, iż programy niekiedy mają wyższy walor ekonomiczny niż obowiązujący tekst normatywny z tego względu, że w szerszym zarysie pokazują zamiary kraju co do rozwoju poszczególnych sektorów.

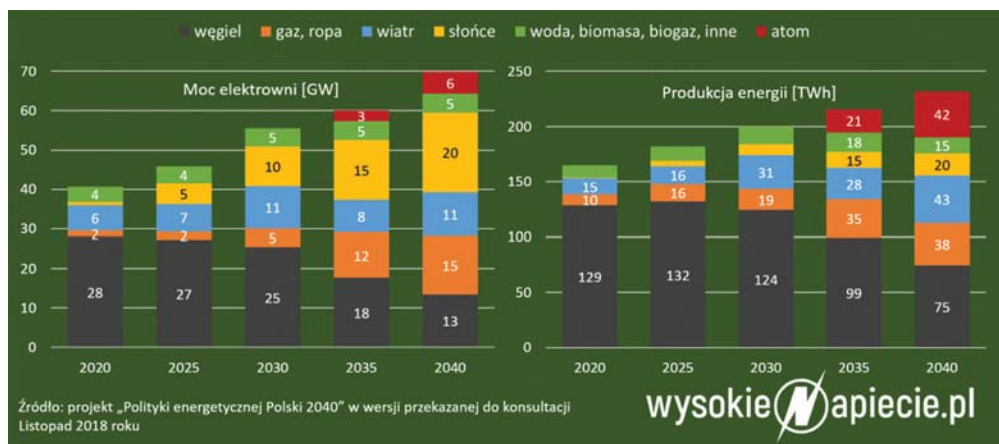
Krajowy Program Ochrony Powietrza do roku 2020, z perspektywą do roku 2030 (KPOP), został przyjęty przez Radę Ministrów 15 kwietnia 2014 r. Dokument zakłada kontynuację wsparcia realizacji działań na rzecz rozwoju energetyki odnawialnej i kogeneracji w perspektywie do roku 2030. Podstawowym założeniem jest zwiększenie efektywności energetycznej budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej poprzez przeprowadzenie głębokiej termomodernizacji budynków, rozwój kogeneracji oraz wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2022 (KPGO) przyjęty został przez Radę Ministrów 11 sierpnia 2016 r. Plan zakłada, że jego realizacja wpłynie pozytywnie na zasoby naturalne przez zwiększenie działań związanych z recyklingiem produktów, odzyskiem surowców z odpadów oraz odzyskiem energii, co powinno pozwolić na zmniejszenie zaangażowania nieodnawialnych źródeł energii.

Strategia Rozwoju Kraju (SRK) przyjęta została przez Radę Ministrów 25 września 2012 r. Strategia opiera swoje założenia o zwiększenie udziału odnawialnych źródeł w polityce energetycznej kraju. Do roku 2020 plan zakłada modernizację regionalnej i lokalnej infrastruktury przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej (w tym umożliwiającą wykorzystanie energii z odnawialnych źródeł energii) oraz rozwój energetyki rozproszonej poza istniejącą siecią energetyczną z wykorzystaniem lokalnych odnawialnych źródeł.

22 listopada 2018 r. Ministerstwo Energii przedstawiło projekt Polityki Energetycznej Polski. Dokument przedstawia założenia polityki energetycznej kraju do 2040 r. Analizując przedstawiony projekt, należy stwierdzić, iż nie spełni wymogów polityki energetycznej kraju ani zintegrowanej strategii sektorowej zgodnie ze Strategią Odpowiedzialnego Rozwoju, która powinna służyć do przygotowywania umowy partnerstwa z Unią Europejską w ramach przyszłego budżetu wspólnoty.

Dokument jest mocno kontrowersyjny i jego założenia nie zostały poparte danymi wynikającymi z przeprowadzonych badań lub analiz. W pierwszej kolejności należy wskazać, że Ministerstwo Energii przyjęło błędny współczynnik wykorzystania mocy przez elektrownie wiatrowe, przyjmując jedynie 20%, jednak jest to współczynnik dla maszyn wyprodukowanych około 20 lat temu. Następnie zastanawiającym jest współczynnik mocy wytwórczej po stronie instalacji fotowoltaicznych, biorąc pod uwagę znikomą ilość instalacji w roku 2018, Ministerstwo Energii zakłada, iż będzie to do 2040 r. główne źródło produkcji energii elektrycznej w Polsce, nie wskazując na jakiej podstawie opiera swoje założenia.



Rysunek 2. Planowane przez Ministerstwo Energii zmiany źródeł energii elektrycznej

Źródło: <https://wysokienapiecie.pl/14959-polityka-energetyczna-2040-pobozne-zyczenia-w-sprawie-wegla-atomu/>

Co więcej, przedstawiony projekt polityki wprost neguje wszystkie zobowiązania Polski wynikające z porozumień z Unią Europejską. Miks energetyczny kraju w 2040 r., w naszej ocenie, jest nierealny i w tym zakresie należy stwierdzić, iż realizuje on wyłącznie polityczne zobowiązania obecnego rządu.

1.2.5. Podsumowanie i wnioski

W rozdziale wskazano podstawowe aspekty wpływające na możliwości powstawania gmin samowystarczalnych energetycznie. Inicjatywy związane z lokalną samowystarczalnością energetyczną są ważnym aspektem obecnej polityki energetycznej, jak również bezpieczeństwa energetycznego kraju. Jednak w chwili obecnej programy krajowe oraz ustawodawstwo nie wspierają w pełni inicjatyw mogących w pełni stworzyć struktury „wysp samowystarczalnych energetycznie”. Po analizie zarówno

aktów normatywnych, jak również programów krajowych, należy wskazać poniższe wnioski:

1. Ustawodawca powinien ustabilizować systemy wsparcia w zakresie inwestycji w odnawialne źródła energii.
2. Ustawodawca powinien przywrócić możliwość tworzenia nowych projektów elektrowni wiatrowych, które zostały „zamrożone” od lipca 2016 r.
3. Powinny zostać zwiększone środki na inwestycje w zakresie infrastruktury dystrybucyjnej i przesyłowej.
4. Powinny zostać wdrożone programy edukacji lokalnej społeczności w zakresie rozwoju odnawialnych źródeł energii oraz efektywności energetycznej.

Literatura

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. *w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE* (Dz.U.U.E.L.2009.140.16 z późn. zm.).
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. *w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE* (Dz.U.U.E.L.2012.315.1 z późn. zm.).
3. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1504 z dnia 2 października 2018 r. *uchylające rozporządzenie (UE) nr 256/2014 w sprawie zgłaszania Komisji projektów inwestycyjnych dotyczących infrastruktury energetycznej w Unii Europejskiej* (Dz.U.U.E.L.2018.258.1).
4. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 256/2014 z dnia 26 lutego 2014 r. *w sprawie zgłaszania Komisji projektów inwestycyjnych dotyczących infrastruktury energetycznej w Unii Europejskiej, zastępujące rozporządzenie Rady (UE, Euratom) nr 617/2010 oraz uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 736/96* (Dz.U.U.E.L.2014.84.16).
5. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. *Prawo energetyczne* (tekst jednolity Dz. U. z 2018 r. poz. 755 z późn. zm.).
6. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. *O odnawialnych źródłach energii* (tekst jednolity: Dz. U. z 2018 r. poz. 1269z późn. zm.) – dalej: Ustawa OZE.
7. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. *O efektywności energetycznej* (Dz. U. z 2016 poz. 831 z późn. zm.).
8. Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. *O samorządzie gminnym* (tekst jednolity: Dz. U. z 2018 r. poz. 994 z późn. zm.).

1.3. Energia odnawialna – energia słoneczna*

1.3.1. Wstęp

Pobór energii światowej gospodarki energetycznej stale rośnie. Dotyczy to również Polski. Jego wzrost jest połączony z rozwojem gospodarczym państwa. Szacuje się, że do roku 2020 zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie ok. 4,5-krotnie większe w porównaniu z 1960 r. Kolejne prognozy są równie niepokojące, a ich szacunek wynosi ok. 6 razy więcej w roku 2050.

Polska znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego, co oznacza występowanie ok. 1 600 godzin słonecznych w roku. Okres od kwietnia do września daje możliwość wykorzystania energii słonecznej docierającej do Ziemi w 80%. Polski dogodny klimat uzasadnia wykorzystanie energii słonecznej do przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u) oraz technologicznej. Kolektory słoneczne są istotne w uzupełnieniu tradycyjnych form grzewczych.

Rozsądne wykorzystanie energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, takich jak: energia rzek, geotermalna, biomasy czy też wiatru, promieniowania słonecznego, obecnie jest jednym z istotniejszych składników zrównoważonego rozwoju. Jest to rozwój, który przynosi mierzalne korzyści energetyczno-ekologiczne. Wzrost odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym świata wpływa na efektywność oszczędzania oraz wykorzystania innych surowców energetycznych. Dodatkowo oddziałuje na poprawę stanu środowiska dzięki redukcji zanieczyszczeń do atmosfery oraz wód, redukuje również ilość wytwarzanych szkodliwych odpadów. Dlatego też wspieranie rozwoju jest bardzo istotne dla dalszego rozkwitu państwa.

Przyszłe lata będą obfitowały w dalszy rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Ma to związek z korzyściami, jakie przynosi ich wykorzystywanie np. dla lokalnych społeczności, gdzie dzięki nowym formom wykorzystania energii zwiększy się bezpieczeństwo energetyczne czy zostaną stworzone nowe miejsca pracy. Jednak najistotniejszą korzyścią będzie ograniczenie emisji dwutlenku węgla, co przełoży się na poprawę stanu środowiska.

1.3.2. Odnawialne źródła energii

Są to źródła, które w dłuższym czasie nie stwarzają deficytu zasobów naturalnych. Ważna jest równocześnie metoda pozyskiwania – powinna mieć ograniczone oddzia-

* *Autorzy: Aleksandra Lipa, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Politologii, ul. Plac Litewski 3, 20-400 Lublin, e-mail: a.lipa7@wp.pl*

Paweł Stadnicki, Politechnika Lubelska, Wydział Zarządzania, ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, email: pawel.stadnicki1@pollub.edu.pl

ływanie na środowisko. Zasoby powinny zatem w szybkim czasie być odnowione. Odnawialnymi źródłami energii są między innymi wiatr, promieniowanie słoneczne, opady, pływy morskie, fale morskie i geotermia [5].

Energia odnawialna jest wysoce istotna dla polepszenia stanu środowiska, jednak zainteresowanie nią jest konsekwencją kilku argumentów:

- powszechny dostęp oraz nieograniczone zasoby;
- znacznie mniejsza ingerencja w środowisko w konfrontacji z tradycyjnymi źródłami energii;
- alternatywa dla energii powstającej w wyniku spalania paliw kopalnych;
- redukcja zanieczyszczeń;
- niezależność energetyczna krajów;
- dostęp do elektryczności na obszarach, gdzie nie występują inne źródła energii [3].

1.3.3. Energia słoneczna

Pozyskiwana jest z bezpośredniego oraz odbitego promieniowania słonecznego. Zawartość promieniowania, jakie dochodzi do powierzchni Ziemi, stanowi około 6 tys. razy więcej energii niż stanowi zapotrzebowanie ludzkości.

Energia słoneczna docierająca do Ziemi w postaci promieniowania słonecznego mierzona jest za pomocą wartości, jaką jest natężenie promieniowania słonecznego [4].

Obszar naszego państwa cechuje wysoce nierówny rozkład promieniowania słonecznego w ciągu roku. Szacuje się, że około 80% pełnej sumy nasłonecznienia przypada na okres wiosenno-letni. W tym okresie czas operacji słonecznej równa się nawet do 16 godzin w okresie letnim. W zimie ten czas skraca się do 8 godzin. W Polsce najbardziej napromieniowanym słonecznie terenem jest południowa część województwa lubelskiego.

Technologie energii słonecznej bazują na wykorzystaniu energii cieplnej słońca do celów grzewczych, a także wykorzystują promieniowanie słoneczne do produkcji energii elektrycznej. Obecnie energia słoneczna jest jedną z najprędzej rozwijających się technologii energetycznych.

Energię słoneczną można wykorzystywać do uzyskania energii cieplnej oraz elektryczności. Należy jednak zwrócić uwagę, że jeżeli chcemy zamienić energię słoneczną na ciepło, potrzebujemy innej instalacji niż w przypadku zamiany energii słonecznej na elektryczność.

1.3.4. Kolektory słoneczne

Są zasadniczymi elementami instalacji słonecznej. Ich zadanie polega na przekształceniu energii promieniowania słonecznego w energię cieplną. W Polsce po-

pularne są kolektory słoneczne cieczowe płaskie, które cechują się względnie niską ceną i prostą strukturą.

Stworzone są z wysokiej klasy materiałów. Dzięki wykorzystaniu wyjątkowych tworzyw kolektory odznaczają się dużą żywotnością i w zasadzie są bezawaryjne. Selekcja odpowiednich materiałów jest istotna, ponieważ kolektory wystawione są na działanie czynników atmosferycznych. Kolektory słoneczne są względnie lekkie, więc można je montować na dachach, ścianach budynków lub na powierzchni ziemi [2]. Kolektory słoneczne najczęściej wykorzystuje się do:

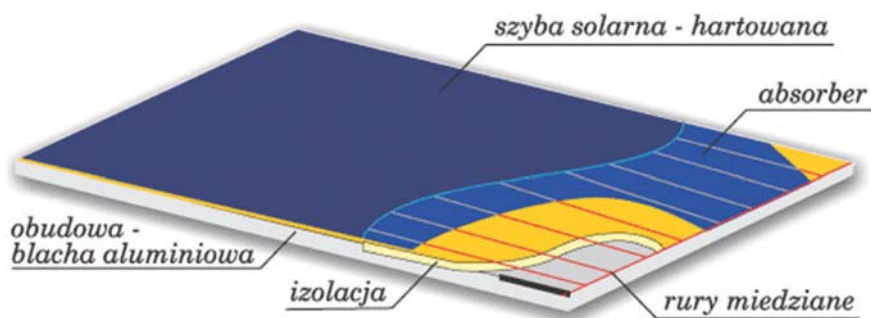
- podgrzewania wody użytkowej;
- wspomagania centralnego ogrzewania;
- podgrzewania wody basenowej;
- podgrzania wody w przedsiębiorstwach – hotelach, restauracjach, szpitalach, szkołach;
- wspomaganie w ogrzaniu budynków i innych pomieszczeń.

Niezwykle często na rynku spotyka się panele słoneczne określane jako kolektory płaskie oraz rurowe. Konwersja energii słonecznej przez panele płaskie jest łatwiejszym i tańszym rozwiązaniem. Kolektory rurowe są nowszą generacją paneli, przez co jest to rozwiązanie droższe, ale równocześnie bardziej efektywne. Należy zrealizowana instalacja paneli do energii słonecznej może pokryć do 75% rocznego popytu na energię cieplną. Oprócz tego ważnym aspektem jest przyjazność środowiska – kolektory słoneczne nie emitują szkodliwych gazów ani zanieczyszczeń, są ciche i bezpieczne dla Ziemi [8].



Rysunek 1. Widok kolektora płaskiego

Źródło: pixabay.com



Rysunek 2. Budowa kolektora płaskiego

Źródło: Muratorplus.pl

1.3.5. Panele fotowoltaiczne

Najlepsze możliwości wykorzystania w Polsce mają technologie konwersji fototermicznej energii promieniowania słonecznego oparte na wykorzystaniu kolektorów zwanych absorberami [8]. Stosowane są do zmiany energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną w procesie fotowoltaicznym. Pojedynczy panel fotowoltaiczny składa się z ogniw połączonych półprzewodnikami w jeden moduł. Panele fotowoltaiczne, tak jak kolektory słoneczne, stworzone są z najlepszej jakości materiałów. Dzięki temu cechują się dużą żywotnością i bezawaryjnością. Są bardzo wytrzymałe i odporne na działanie czynników zewnętrznych [9].

Do stworzenia ogniw fotowoltaicznych stosuje się mieszanki krzemu. W panelach fotowoltaicznych następuje konwersja energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną (fotowoltaika). W panelach powstaje prąd stały, który później w falowniku zmieniany jest na prąd o natężeniu zmiennym, o parametrach odpowiadających instalacji elektrycznej. Nadwyżki generowane dzięki instalacji zostają odsprzedane do zakładów energetycznych. Energia elektryczna może być również magazynowana w specjalnych urządzeniach i wykorzystywana w czasie niedoborów energii [6].

Fotowoltaiki możemy zastosować w konwersji energii słonecznej na:

- sygnalizację drogową;
- systemy zasilania awaryjnego;
- sygnalizacja świetlna;
- maszyny drobnego handlu;
- zapewnienie elektryczności w domostwach [1].



Rysunek 3. Panele fotowoltaiczne

Źródło: pixabay.com

1.3.6. Zalety oraz wady odnawialnych źródeł energii

1. Zalety:

- długi czas działania instalacji;
- nie zanieczyszczają środowiska (brak odpadów oraz emisji gazów);
- możliwość wykorzystania w gospodarstwach oddalonych od innych źródeł energii;
- utylizacja niektórych odpadów i ścieków.

2. Wady:

- nie wszędzie dostępne;
- wysokie koszty instalacji;
- ingerencja w krajobraz, jałowienie gleb poprzez konieczność prowadzenia upraw monokulturowych;
- zależność od pogody [1].

1.3.7. Korzyści dla środowiska

Energetyka odnawialna rozwija się również w Polsce, szczególnie na terenach wiejskich. Ich mieszkańcy coraz bardziej się do niej przekonują. To dobra wiadomość dla naszego środowiska, ponieważ rozwój odnawialnych źródeł energii to olbrzymi zysk dla natury. Odnawialne źródła energii to przede wszystkim minimalizacja gazów cieplarnianych, ale także tzw. współtowarzyszących zanieczyszczeń, takich

jak pyły, dwutlenek siarki, tlenki azotu, czyli zanieczyszczeń, które w bezpośredni i pośredni sposób wpływają na zdrowie nas wszystkich.

Energia odnawialna może mieć różne źródła. Jednak najbardziej pozytywne oddziaływanie na środowisko ma fotowoltaika, czyli pozyskiwanie energii ze źródeł słonecznych, a także energetyka wiatrowa oraz wodna. OZE przynosi mnóstwo korzyści dla środowiska naturalnego, ale również dla całej gospodarki. Pozytywny wpływ OZE da się zauważyć głównie na obszarach wiejskich.

Polska wieś ma bardzo niski standard usług energetycznych. To przede wszystkim przerwy w dostawie prądu, ale również bardzo wysoki udział kosztów energii elektrycznej w kosztach produkcji rolnej. Co oznacza, że możliwość montowania i budowy odnawialnych źródeł energii na poziomie gospodarstwa czy też na terenach wiejskich jest zapewnieniem niezależnego i własnego systemu energetycznego. Dla rolników będzie to znaczne obniżenie kosztów produkcji rolnej oraz może to skutkować większą konkurencyjnością naszych produktów [7].

Literatura

1. <https://ekofachowcy.pl/fotowoltaika> (dostęp: 04.09.2018).
2. <http://geotechnologia.pl/odnawialne-zrodla-energii-zalety-wady/> (dostęp: 04.09.2018).
3. http://ros.edu.pl/images/roczniki/archive/pp_2009_103.pdf (dostęp: 04.09.2018).
4. <https://www.polskieradio.pl/42/3167/Artykul/1119367,Energia-odnawialna-korzysci-z-OZE-nie-tylko-dla-srodowiska-ale-i-naszyc-portfeli> (dostęp: 04.09.2018).
5. <http://www.praze.pl/UserFiles/File/Pakiety/7.6/Prezentacja%20dla%20szkol.pdf> (dostęp: 04.09.2018).
6. <http://www.prosument-oze.eu/energia-sloneczna.html> (dostęp: 04.09.2018).
7. <http://www.prosument-oze.eu/odnawialne-zrodla-energii.html> (dostęp: 04.09.2018).
8. <https://www.wsiz.rzeszow.pl/pl/Uczelnia/kadra/jkrupa/Documents/Wykorzystanie%20odnawialnych%20%C5%BAr%C3%B3de%C5%82%20energii.pdf> (dostęp: 01.09.2018).
9. Sabiniak H. G., Lech N., *Fotowoltaika, energia alternatywna*, „Instal” 2003, nr 6, s. 68.

1.4. Rola i znaczenie energii pozyskiwanej z odnawialnych źródeł na przykładzie Polski*

1.4.1. Wstęp

Gwałtowny wzrost liczby ludności, a także obserwowany od połowy XX w. dynamiczny rozwój społeczno-gospodarczy w znacznym stopniu spowodowały nasilenie ingerencji człowieka w środowisko naturalne. Ingerencja ta przyczyniła się w dużej mierze do wzrostu zużycia energii, a zatem również do jej wytwarzania, natomiast największy wpływ wywarła na energię elektryczną warunkującą rozwój społeczno-gospodarczy. Z powodu stale rosnącego zapotrzebowania na energię wzrastało również wykorzystanie paliw konwencjonalnych, które wywierają negatywny wpływ na środowisko. Koniecznym stało się, aby znaleźć sposób pozyskiwania energii, który będzie przyjazny dla środowiska naturalnego. W związku z powyższym zdecydowano się na pozyskiwanie energii z odnawialnych źródeł energii, które opierają się m. in. na przetwarzaniu promieniowania słonecznego, energii wiatru, geotermalnej, fal, prądów i pływów morskich czy energii pozyskiwanej z biomasy i biogazu [1]. Dzięki dostępności, niewyczerpalności, powszechności odnawialnych źródeł energii oraz skutecznie prowadzonej polityce energetycznej nieprzerwanie wzrasta ich wykorzystanie podczas produkcji energii na świecie. Rozwój energii ze źródeł odnawialnych stał się kluczowym aspektem nowego podejścia w polityce rozwoju społeczno-gospodarczego, a także stanowi istotny element strategii zrównoważonego rozwoju krajów członkowskich Unii Europejskiej do 2020 r.

1.4.2. Prawne uwarunkowania rozwoju energetyki odnawialnej

W krajach członkowskich Unii Europejskiej wielkość pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych jest regulowana przez odpowiednie dokumenty oraz akty normatywne UE. Zawierają one ustalone cele ogólne i szczegółowe w odniesieniu do

* *Autorzy:* mgr **Amanda Majchrowska**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Bolesława Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: amanda_majchrowska@interia.pl

mgr **Rafał Czupryn**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Bolesława Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: czupryn.rafal@wp.pl

dr **Radosław Luft**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Bolesława Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: r.luft@uthrad.pl

dr inż. **Dariusz Całus**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: dc@el.pcz.czyst.pl

obowiązku osiągnięcia ustalonych wskaźników udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto. Do podstawowych dokumentów i aktów prawnych Unii Europejskiej w tym zakresie należą [3]:

- Decyzja Komisji z dnia 1 marca 2013 r. ustanawiająca wytyczne dla państw członkowskich dotyczące obliczania energii odnawialnej z pomp ciepła w odniesieniu do różnych technologii pomp ciepła na podstawie art. 5 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE (Dz. U. L 62 z 06.03.2013);
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE (Dz. U. L 140 z 05.06.2009);
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/1513 z dnia 9 września 2015 r. zmieniająca dyrektywę 98/70/WE odnosząca się do jakości benzyny i olejów napędowych oraz zmieniająca dyrektywę 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dz. U. L 239 z 15.09.2015);
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1099/2008 z dnia 22 października 2008 r. w sprawie statystyki energii (Dz. U. L 304 z 14.11.2008, z późn. zm.);
- Biała Księga „Energia dla przyszłości: Odnawialne źródła energii” (1997);
- Zielona Księga „Ku europejskiej strategii bezpieczeństwa energetycznego” (2001).

Cele i założenia dotyczące rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce zawarto w dokumencie rządowym „Strategia rozwoju energetyki odnawialnej” (przyjęty przez Sejm 23.08.2001 r.), a także w dokumentach: „Polityka energetyczna Polski do 2030 r.” (przyjęty przez Radę Ministrów 10.11.2009 r.) oraz w „Programie dla elektroenergetyki” (przyjęty przez Radę Ministrów 28.03.2006 r.). Za cel strategiczny polityki państwa ustalono zwiększenie wykorzystania zużycia zasobów energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r. na poziomie 15%. W „Krajowym planie działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych” (przyjęty przez Radę Ministrów 07.12.2010 r.) ustalono, że poprzez rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii zwiększy się możliwość zaspokojenia stale wzrastającego zapotrzebowania na energię, a także zwiększy się stopień uniezależnienia od dostaw energii z importu. Wyżej wymieniony dokument zawiera również prognozę dotyczącą osiągnięcia przez Polskę 15,5% udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r. Założono, iż filarem, który pozwoli osiągnąć wartość tego wskaźnika na poziomie 15,5%, będzie większe wykorzystanie biomasy i energii elektrycznej z wiatru [3].

1.4.3. Charakterystyka odnawialnych źródeł energii

Energia ze źródeł odnawialnych, inaczej OZE, to energia pochodząca z naturalnych, nieustannie powtarzających się procesów przyrodniczych. Pozyskiwana jest z odnawialnych niekopalnych źródeł energii, do których zaliczamy:

- energię spadku wód (energia wodna);
- promieniowanie słoneczne (energia słoneczna);
- energię geotermalną (energia gorących wód głębinowych);
- energię wiatru (energia wiatrowa);
- odpady komunalne;
- biopaliwa stałe;
- biogaz;
- biopaliwa ciekłe (dla transportu);
- biopłyny (inne biopaliwa ciekłe);
- pompy ciepła [8, 2].

Energia wodna, zarówno potencjalna, jak i kinetyczna, określana jest poprzez stopień energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wodnych. W przypadku energii odnawialnej wykorzystuje się tu tylko produkcję energii elektrycznej w elektrowniach na dopływie naturalnym (przepływowych) [2].

Energia słoneczna, a dokładniej energia promieniowania słonecznego, która transformowana jest na ciepło bądź na energię elektryczną dzięki zastosowaniu:

- płaskich, tubowo-próżniowych, cieczowych bądź powietrznych kolektorów słonecznych służących do podgrzewania ciepłej wody użytkowej, wody w basenach, ogrzewania pomieszczeń, w procesach chemicznych;
- ogniw fotowoltaicznych do bezpośredniego wytwarzania energii elektrycznej (fot.1);
- termicznych elektrowni słonecznych [3].



Fot. 1. Przykładowa instalacja fotowoltaicznej [4]

Energia geotermalna to ciepło pozyskiwane z wnętrza Ziemi w postaci gorącej pary wodnej bądź gorącej wody. Energia ta jest wykorzystywana bezpośrednio na potrzeby komunalne jako ciepło grzewcze bądź też w procesach produkcyjnych w rolnictwie lub do wytwarzania energii elektrycznej [2].

Energia wiatru to energia kinetyczna wiatru mająca zastosowanie przy produkcji energii elektrycznej w turbinach wiatrowych. Potencjał tych elektrowni, podobnie jak w przypadku elektrowni wodnych, określa się dzięki możliwości wytwarzania przez nie energii elektrycznej [3]. Na fot. 2, jako przykład elektrowni wiatrowej, zaprezentowano farmę wiatrową w Margoninie.



Fot. 2. Farma wiatrowa w Margoninie, Polska [6]

Odpady komunalne pochodzą z palnych odpadów przemysłowych oraz komunalnych, do których zaliczamy: gumę, tworzywa sztuczne, odpady olejów oraz innych podobnych produktów. Zalicza się je do paliw odnawialnych bądź nieodnawialnych, a za główny czynnik przyjmuje się to, czy ulegają one biodegradacji, czy też nie. W procesie wytwarzania energii wykorzystuje się paliwa odnawialne, a dokładniej odpady komunalne o pochodzeniu biologicznym, zawierające frakcje organiczne ulegające biodegradacji, które spalane są w specjalistycznych instalacjach. Źródłami pochodzenia tych odpadów są gospodarstwa domowe, szpitale i sektor usług (biomasa odpadowa) [3].

Biopaliwa stałe to organiczne, niekopalne substancje o pochodzeniu biologicznym. Wykorzystuje się je w charakterze paliwa podczas produkcji ciepła bądź wytwarzania energii elektrycznej. Za podstawowe biopaliwo stałe uznaje się biomasę leśną, czyli drewno opałowe. Jako osobną grupę uznaje się paliwa z biomasy rolniczej, które pochodzą z plantacji przeznaczonych na cele energetyczne, są to na przykład drzewa szybko rosnące, trawy wieloletnie, zboża uprawiane w celach energetycznych, jak również organiczne pozostałości z ogrodnictwa i rolnictwa, między innymi słoma, odchody zwierzęce, odpady z produkcji ogrodniczej [7]. Jako przykład, na fot. 3, zaprezentowano trawy uprawiane na potrzeby produkcji biomasy.



Fot. 3. Trawy uprawiane na potrzeby produkcji biomasy [5]

Biogaz jest to gaz palny, który głównie składa się z metanu i dwutlenku węgla. Uzyskiwany jest podczas procesu beztlenowej fermentacji biomasy. W sprawozdawczości statystycznej wyróżnia się biogazy, biorąc pod uwagę sposób pozyskiwania:

- biogaz wysypiskowy (pozyskiwany w wyniku fermentacji odpadów ze składowisk);
- biogaz z osadów ściekowych (powstaje w wyniku beztlenowej fermentacji osadów ściekowych);
- pozostałe biogazy:
 - biogaz rolniczy pozyskiwany w procesie beztlenowej fermentacji biomasy. Pochodzi on z upraw energetycznych, szczątków produkcji roślinnej oraz odchodów zwierzęcych;

- biogaz pozyskiwany w procesie beztlenowej fermentacji biomasy. Pochodzi on z pozostałości w browarach, rzeźniach oraz innych branżach żywnościowych [3].

Biopaliwa ciekłe powstają z surowców pochodzenia organicznego, a dokładniej z biomasy bądź biodegradowalnych frakcji odpadów. Powstają one z mechanicznego, termicznego bądź chemicznego przetworzenia biomasy. Biopaliwem mogą być również wykorzystywane naturalne oleje roślinne. Powyższe produkty biopaliw ciekłych stosuje się jako biokomponenty, które dodawane są do wytwarzanych z ropy naftowej paliw silnikowych. Dzięki stosowaniu biopaliw eliminuje się emisję niektórych szkodliwych substancji, takich jak rakotwórcze związki aromatyczne, tlenki siarki [9].

Biopłynny to wytwarzane z biomasy paliwa ciekłe. Produkcja ich skierowana jest dla celów energetycznych innych niż w transporcie [3].

Ciepło otoczenia (środowiska naturalnego) wychwytywane przez pompy ciepła jest to energia pobierana z otoczenia, a dokładniej: z powietrza atmosferycznego (zewnętrzny), gruntu (geotermia płytka), wód gruntowych i powierzchniowych (rzeki, jeziora, stawy) [2].

1.4.4. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce

W poniższej części pracy starano się dokonać analizy pozyskania energii pierwotnej w Polsce w latach 2012–2016 i porównania jej z pozyskaniem w tym samym okresie energii z różnych źródeł energii odnawialnej. Dane statystyczne uzyskano ze strony stat.gov.pl.

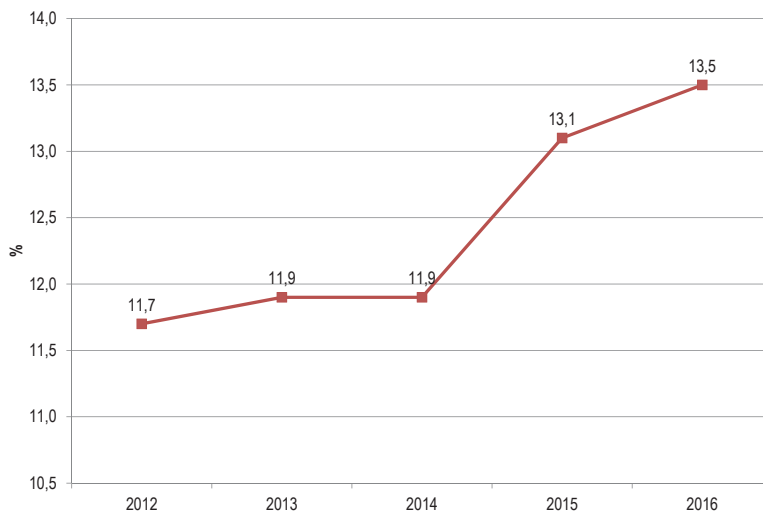
Dane dotyczące pozyskania energii pierwotnej ogółem, w latach 2012–2016 w Polsce, w tym energii ze źródeł odnawialnych zestawiono w tab. 1.

Tabela 1. Pozyskanie energii pierwotnej ogółem, w tym energii ze źródeł odnawialnych, w Polsce w latach 2012–2016

Wyszczególnienie/Rok	2012	2013	2014	2015	2016
Pozyskanie energii pierwotnej ogółem w TJ	3 038 921	3 006 461	2 853 825	2 869 751	2 804 263
W tym energii ze źródeł odnawialnych w TJ	356 474	358 337	339 810	377 158	379 687
Udział energii ze źródeł odnawialnych w energii pierwotnej ogółem w %	11,7	11,9	11,9	13,1	13,5

Źródło: oprac. własne na podst. danych GUS, 2017.

Z danych zawartych w powyższej tabeli wynika, że poziom wielkości pozyskania energii pierwotnej ogółem utrzymywał się na zbliżonym poziomie, natomiast wartość pozyskania energii ze źródeł odnawialnych stale wzrastała, w 2016 r. zwiększyła się o 6,5% w porównaniu do roku bazowego. Udział energii z OZE w energii pierwotnej ogółem wzrósł z 11,7% w 2012 r. do 13,5% w 2016 r. (rys. 1).



Rysunek 1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w energii pierwotnej ogółem w Polsce w latach 2012–2016

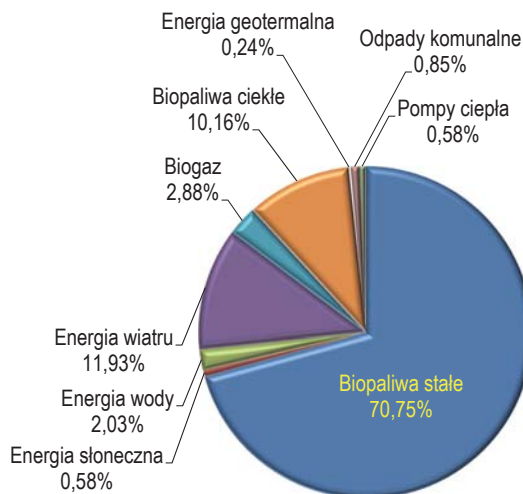
Źródło: oprac. własne na podst. danych GUS, 2017.

Dane dotyczące pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w latach 2012–2016 według udziału jej nośników zestawiono w tab. 2 oraz na rys. 2 dla roku 2016.

Tabela 2. Udział poszczególnych nośników energii odnawialnej w pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w latach 2012–2016 w %

Wyszczególnienie/Rok	2012	2013	2014	2015	2016
Biopaliwa stałe	82,07	79,88	76,14	73,23	70,74
Energia słoneczna	0,17	0,29	0,43	0,50	0,58
Energia wody	2,06	2,45	2,31	1,75	2,03
Energia wiatru	4,79	6,03	8,13	10,39	11,93
Biogaz	1,97	2,12	2,56	2,54	2,88
Biopaliwa ciekłe	7,96	8,18	9,18	10,39	10,16
Energia geotermalna	0,19	0,22	0,25	0,24	0,24
Odpady komunalne	0,38	0,39	0,45	0,44	0,85
Pompy ciepła	0,41	0,44	0,55	0,54	0,58

Źródło: oprac. własne na podst. danych GUS, 2017.



Rysunek 2. Struktura pozyskania energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2016 r.

Źródło: oprac. własne na podst. danych GUS, 2017.

W pozyskaniu i wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w latach 2012–2016 dominującą pozycję stanowiły biopaliwa stałe. Ich udział w pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w 2016 r. osiągnął 70,74% pozyskanej energii z OZE. Najmniejszy udział w pozyskaniu energii z OZE w 2016 r. stanowi energia geotermalna, która osiągnęła 0,24%.

W latach 2012–2016 odnotowano wzrost udziału czterech źródeł odnawialnych. Największy wzrost w 2016 r. w stosunku do roku bazowego osiągnęła energia wiatru, z 4,79% do 11,93%. W pozostałych źródłach energii odnawialnej zanotowano wzrost wśród biopaliw ciekłych z 7,96% do 10,16%, biogazu z 1,97% do 2,88% oraz energii słonecznej z 0,17% do 0,58%.

Odnotowano również jeden spadek udziału wśród źródeł energii odnawialnej, a był to udział energii wody, który spadł z 2,06% do poziomu 2,03%.

1.4.5. Podsumowanie

Dokonana analiza danych statystycznych dotyczących pozyskania energii pierwotnej w Polsce w latach 2012–2016 i porównania jej z pozyskaniem w tym samym okresie energii z różnych źródeł energii odnawialnej, pozwala stwierdzić, że zachodzi przeciwstawna tendencja – zmniejsza się produkcja energii pierwotnej i jednocześnie zwiększa się produkcja z odnawialnych źródeł energii. Analiza struktury technologii OZE w Polsce wskazuje nieustannie na dominację pozyskania energii z biopaliw stałych.

Rozwój energetyki odnawialnej ma niebanalne znaczenie dla realizacji kluczowych celów polityki klimatyczno-energetycznej. Wzrastający udział odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym w Polsce skutkuje poprawą efektywności wykorzystania, a także oszczędzania zasobów energetycznych. Wykorzystanie OZE w znacznym stopniu zmniejsza negatywne, szkodliwe oddziaływanie energetyki na środowisko naturalne. Przede wszystkim ogranicza emisję szkodliwych substancji, zwłaszcza gazów cieplarnianych, a także redukuje emisję zanieczyszczeń do wód. Przyczynia się także do redukcji ilości wytwarzanych odpadów.

Literatura

1. Chodkowska-Miszczuk J., Środa-Murawska S., Biegańska J., *Znaczenie edukacji w zakresie odnawialnych źródeł energii w upowszechnianiu zasad rozwoju zrównoważonego*, „Ekonomia i Środowisko” 2016, nr 56 (1), s. 180.
2. Dec B., Krupa J., *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w aspekcie ochrony środowiska*: <https://www.wsiz.rzeszow.pl/pl/Uczelnia/kadra/jkrupa/Documents/Wykorzystanie%20odnawialnych%20źródeł%20energii.pdf> (dostęp: 06.09.2018).
3. *Energia ze źródeł odnawialnych w 2016 r.*, GUS, Warszawa 2017.
4. Fordyma K., *Statystyczna analiza nośników energii ze źródeł odnawialnych w Polsce i wybranych krajach Unii Europejskiej*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie” 2014, nr 203.
5. Frączek J., Mudryk K., Wróbel M., *Rożnik przerośnięty silphium perfoliatum L. – źródło biomasy do produkcji biopaliw stałych*, „Inżynieria Rolnicza” 2011, nr 131 (6), s. 21.
6. <http://odnawialnezrodlaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/701-w-chodzą-w-życie-nowe-wytyczne-dotyczące-montażu-ogniw-fotowoltaicznych> (dostęp: 06.09.2018).
7. <http://www.margonin.pl/dla-mieszkanca/ochrona-srodowiska/farma-wiatrowa> (dostęp: 06.09.2018).
8. https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/11/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_2016.pdf (dostęp: 06.09.2018).
9. <https://www.ekologia.pl/srodowisko/zrodla-energii/pozyskiwanie-energii-a-ochrona-srodowiska,8738.html> (dostęp: 06.09.2018).
10. Klugmann-Radziemska E. (red.), *Możliwości szerokiego wykorzystania biopaliw w transporcie drogowym na terenie miasta Gdańska*, UM w Gdańsku, Gdańsk 2011, s. 34.

ROZDZIAŁ 2

Efektywność energetyczna

Racjonalne i gospodarne podejście do korzystania z zasobów energetycznych to nie tylko wymóg współczesności. To także trend społeczny, w którym podkreśla się odpowiedzialność wobec przyszłych pokoleń za to, co zostawiamy po sobie. Dbalność o środowisko i dążenie do jak najmniejszej, najlepiej zerowej, emisyjności zanieczyszczeń do powietrza z produkcji energii elektrycznej czy ciepła to już zjawisko powszechne. Ekologia jest także istotnym stymulatorem innowacyjności. Wrażając innowacyjne rozwiązania, uwzględnić należy również aspekty ekonomiczne. Ważne jest, aby wraz z odpowiednimi zapisami w przepisach prawa, wzrastała świadomość społeczeństwa w zakresie zrównoważonego rozwoju.

Efektywność energetyczna wiąże się ze zmniejszeniem zużycia energii, a w konsekwencji mniejszą emisją zanieczyszczeń do powietrza i ograniczeniem emisji CO₂. Na te cele uruchomione zostały programy pomocowe, zarówno dla przedsiębiorców, jak i dla osób fizycznych oraz innych podmiotów niekomercyjnych. Wspierane obszary to przede wszystkim budownictwo, przemysł i rolnictwo. Wsparcie dostępne jest w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich oraz regionalnych programów operacyjnych. Do tego dochodzi też znacząca pula środków krajowych (np. w NFOŚiGW, WFOŚiGW, BOŚ czy BGK).

Szczególne znaczenie ma rządowy program „Czyste Powietrze”, kierowany do osób fizycznych z przeznaczeniem na kompleksową termomodernizację budynków jednorodzinnych. Tego rodzaju budynki nie miały dotychczas tak powszechnego i szeroko dostępnego źródła finansowania. Dzięki poprawie efektywności energetycznej w takich rozmiarach spodziewane jest znaczące zmniejszenie zjawiska smogu, a dodatkowym efektem będzie zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych i szersze wykorzystywanie OZE.

Artur Michalski

2.1. Wpływ Technologii OZE na efektywność energetyczną budynku*

2.1.1. Wstęp

Energia elektryczna wytwarzana jest poprzez restrukturalizację rodzajów energii tj. energii mechanicznej, cieplnej i chemicznej. Źródła konwencjonalne, odnawialne źródła energii (OZE), energia jądrowa są podstawowymi źródłami energii elektrycznej w sektorach gospodarczych. Sektor budowlany jest znaczącym konsumentem energii, którego udział w całkowitym bilansie wynosi 30–50%. Obecnie racjonalna gospodarka zasobami i efektywne wykorzystanie energii są głównymi priorytetami UE, określając strategiczne kierunki zrównoważonego rozwoju. Tym samym stosowanie tej koncepcji obliuguje sektor budowlany do minimalizacji zużycia energii i zasobów naturalnych, a co za tym idzie do wykorzystywania w gospodarstwach domowych technologii OZE będącej czynnikiem redukcji energii.

2.1.2. Efektywność energetyczna w sektorze budowlanym

Najważniejsze analizy wpływu sektora budowlanego na środowisko naturalne biorą pod uwagę głównie zużycie energii, emisję CO₂, emisję zanieczyszczeń oraz wytwarzanie odpadów. Koszt zużycia energii w sektorze gospodarczym usług w Polsce ma rosnącą tendencję. Taka cecha jest charakterystyczna szczególnie dla krajów o wysokim wroście gospodarczym, gdzie notuje się wysokie tempo wzrostu zużycia energii w sektorze usług i transporcie, a spadek w sektorze przemysłu. Na rys. 1 przedstawiono zużycie energii w poszczególnych sektorach gospodarczych.

Wzrost popytu na energię jest nieodwracalnie związany z rozwojem potrzeb człowieka. Wzrost ten powoduje znaczne zużycie nieodnawialnych zasobów naturalnych Ziemi, zmiany klimatyczne i globalne ocieplenie. W wyniku ratyfikacji zbioru pakietu klimatyczno-energetycznego wzrasta nacisk Unii Europejskiej na ograniczenie niekorzystnego oddziaływania produkcji, dystrybucji oraz użytkowania energii elektrycznej na naturalne środowisko. W rezultacie nacisk Unii Europejskiej w kwestii poprawy jakości środowiska został ukierunkowany na „efektywność energetyczną”,

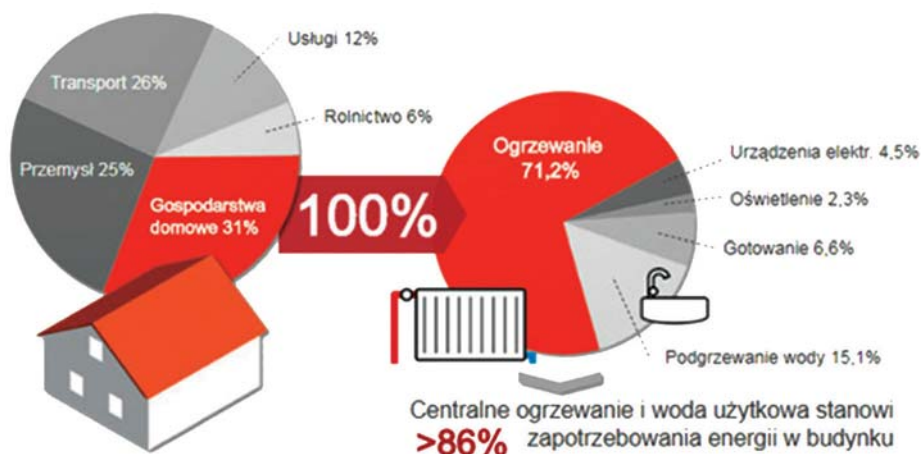
* *Autorzy:* mgr inż. **Patryk Gałuszkiewicz**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: p.galuszkiewicz@el.pcz.czyst.pl

mgr inż. **Ewelina Szymczykiewicz**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: ewelina.szymczykiewicz@gmail.com

dr inż. **Dariusz Całus**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: dc@el.pcz.czyst.pl

mgr inż. **Zbigniew Gałuszkiewicz**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: p.galuszkiewicz@el.pcz.czyst.pl

formułowaną jako stosunek wielkości obiektu użytkowego w fazie eksploatacji do ilości energii zużytej przez właśnie ten obiekt [10, 13].



Rysunek 1. Zużycie energii w poszczególnych sektorach gospodarczych [12]

Rokowania zaopatrzenia na energię przedstawione w *Prognozie zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 r.* charakteryzuje jednolitość polityki energetycznej Unii Europejskiej. Prognoza ta wskazuje najistotniejsze cele, do jakich zalicza się: produkcję energii po umiarkowanej cenie, propagowanie ekologicznej równowagi oraz zapobieganie zmianom klimatycznym. Wyodrębniono także polskie priorytety, takie jak: dystrybucję nośników energii pierwotnej, wzrost zagospodarowania odnawialnych źródeł energii, poprawę efektywności energetycznej oraz spełnienie wszystkich wymogów środowiska. W horyzoncie prognozy, to jest do 2030 r., szacuje się wzrost zużycia energii o około 29%, przy czym w sektorze usług zakładany jest największy wzrost o 90%, a w transporcie i budownictwie o 15%. Dlatego ograniczenie wykorzystywania zasobów naturalnych i paliw przez energochłonne sektory gospodarki jest priorytetowym zadaniem dla podtrzymania zrównoważonego rozwoju. Istotnym zadaniem, wynikającym z pakietu klimatyczno-energetycznego, jest zwiększenie udziału produkcji energii z odnawialnych źródeł, co zaowocuje znacznym obniżeniem emisji CO₂ [11].

Budownictwo jest jedną z gałęzi gospodarki w Unii Europejskiej, która ma kluczowe znaczenie, biorąc pod uwagę możliwości poszukiwania oszczędności zużycia energii, a także wykorzystywania energii z odnawialnych źródeł. Mniejsze zużycie energii będzie skutkowało zmniejszeniem negatywnego oddziaływania tego sektora gospodarki na naturalne środowisko oraz klimat (minimalizacja emisji cieplarnianych gazów), korzystnie wpłynie na zdrowie i samopoczucie użytkowników obiektów budowlanych w całej fazie eksploatacji obiektów.

Tabela 1. Energia, jaką zużywa budynek [12]

Energia wbudowana	Energia nagromadzona w czasie wznoszenia budynku w postaci zużytej energii do transportu oraz produkcji materiałów, przeprowadzenia konserwacji, remontów.
Energia eksploatacyjna	Energia używana podczas użytkowania budynku, tj. wentylacja, ogrzewanie, oświetlenie, klimatyzacja oraz energia zużyta podczas przeprowadzania remontu.
Energia przetworzona	Energia używana w procesie rozbiórki obiektu budowlanego i zagospodarowanych z niego odpadów.

2.1.3. Prawne i techniczne aspekty efektywności energetycznej budynków

Oceniając w Polsce efektywność energetyczną budynków, na podstawie wymagań prawnych ustanowionych w Dyrektywach Rady i Parlamentu Europejskiego oraz w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w ustawodawstwie polskim, należy stwierdzić, że istniejące budynki w Polsce cechują się niską efektywnością energetyczną, a zużycie energii jest bardzo duże stosunkowo do funkcjonowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem. Jest to spowodowane brakiem świadomości i dbałości o środowisko projektantów, kadry inżynierskiej oraz wykonawców, a także może to wynikać z niespójności obowiązującego prawa [6].

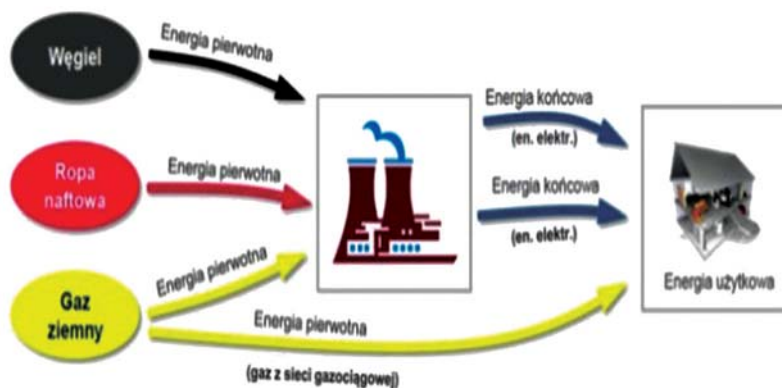
Stopniowe wprowadzenie regulacji zmierza do przystosowania się uczestników rynku budowlanego do obowiązujących przepisów prawnych, które mają na celu wypełnienie postanowień dyrektywy dotyczącej charakterystyki, zgodnie z którą do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowo wybudowane budynki winny osiągać zero-owe zużycie energii. Zmiany te odnoszą się do dopuszczalnych wartości wskaźnika określającego zapotrzebowanie na pierwotną energię nieodnawialną budynku (EP) i współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych. Wskaźniki te nie mogą przekroczyć granicznych wartości, uwarunkowanych przepisami Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2012 r. [7, 4].

Według prawa budynki mają posiadać świadectwo charakterystyki energetycznej, określające wielkość zapotrzebowania na energię niezbędną do zaspokojenia potrzeb użytkowników budynku w trakcie jego eksploatacji. W polskim ustawodawstwie termin ten został wprowadzony 1 stycznia 2009 r. poprzez wdrożenie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z 2002 r. Metodologię wyznaczenia charakterystyki energetycznej określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. (pozycja 376). Zgodnie z rozporządzeniem charakterystykę energetyczną budynku lub części budynku wyznacza się metodą opartą na standardowym sposobie użytkowania budynku lub części budynku (metoda obliczeniowa) albo metodą opartą na faktycznie zużytej ilości energii (metoda zużyciowa). Charakterystykę energetyczną określają wartości wskaźników rocznego zapotrzebowania na:

nieodnawialną energię pierwotną, energię końcową i energię użytkową (tab. 2). Świadcstwo wyznacza roczną wartość zapotrzebowania na EP i EK i jest ważne przez 10 lat.

Tabela 2. Definicja EP, EK oraz EU

Energia pierwotna	Jest to energia zawarta w paliwie wykorzystywanym do wytworzenia ciepła lub energii elektrycznej. Minimalna wartość wskaźnika EP to użytkowanie energii zgodnie z przeznaczeniem zrównoważonego rozwoju.
Energia końcowa	Jest to energia dostarczona do budynku, za którą płacimy. Zużycie jej zależne jest od efektywności energetycznej systemu instalacyjno-grzewczego, c.w.u i od ilości energii użytkowej.
Energia użytkowa	Energia dla zaspokojenia potrzeb użytkowników budynku, która wynika z ilości ogrzewania, okien, kształtu bryły, ilości c.w.u.

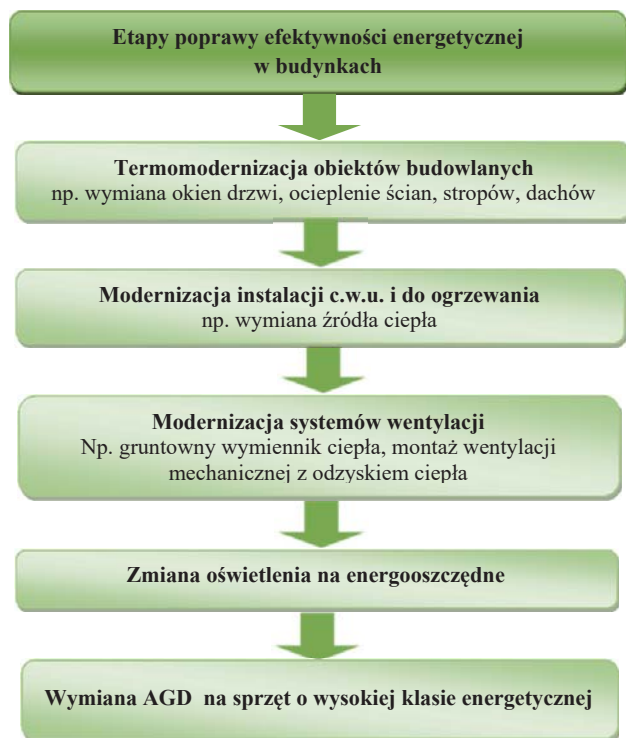


2.1.4. Technologie OZE w budynkach

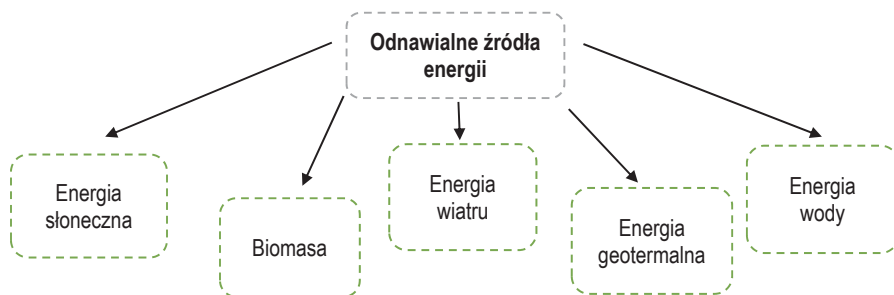
Wykorzystanie najnowocześniejszych technologii odnawialnych źródeł energii jest jednym z pierwszorzędnych priorytetów rozwoju wielu krajów. Strategia ta zapewnia większe bezpieczeństwo energetyczne państw, ochronę środowiska i różnorodność w dostawie energii elektrycznej. W Polsce głównymi nośnikami energii są nośniki konwencjonalne, tj. ropa, węgiel kamienny i brunatny oraz gaz ziemny, które wpływają negatywnie na środowisko i zwiększają koszty użytkowania w gospodarstwach domowych. Koszty te na przestrzeni lat znacznie wzrastają. Wymusza to na sektorze budowlanym rozwój energetycznej samowystarczalności. W budynkach eksploatowanych oraz nowo wybudowanych wykorzystanie w znacznym stopniu technologii OZE oraz zastosowanie dodatkowych źródeł niekonwencjonalnych jest jednym z ważnych elementów w zaspokojeniu potrzeb energetycznych.

Dzięki wykorzystaniu takich technologii możemy wytwarzać energię elektryczną, ogrzać pomieszczenie lub podgrzać wodę użytkową, idzie za tym większa korzyść ekonomiczna, energetyczna i ekologiczna.

Energetyczne technologie są to przedsięwzięcia zwiększające efektywność energetyczną, co wiąże się z zużyciem mniejszej ilości energii dla zaspokojenia dotychczas takich samych potrzeb oraz zastąpieniem konwencjonalnych nośników energii odnawialnymi źródłami energii.



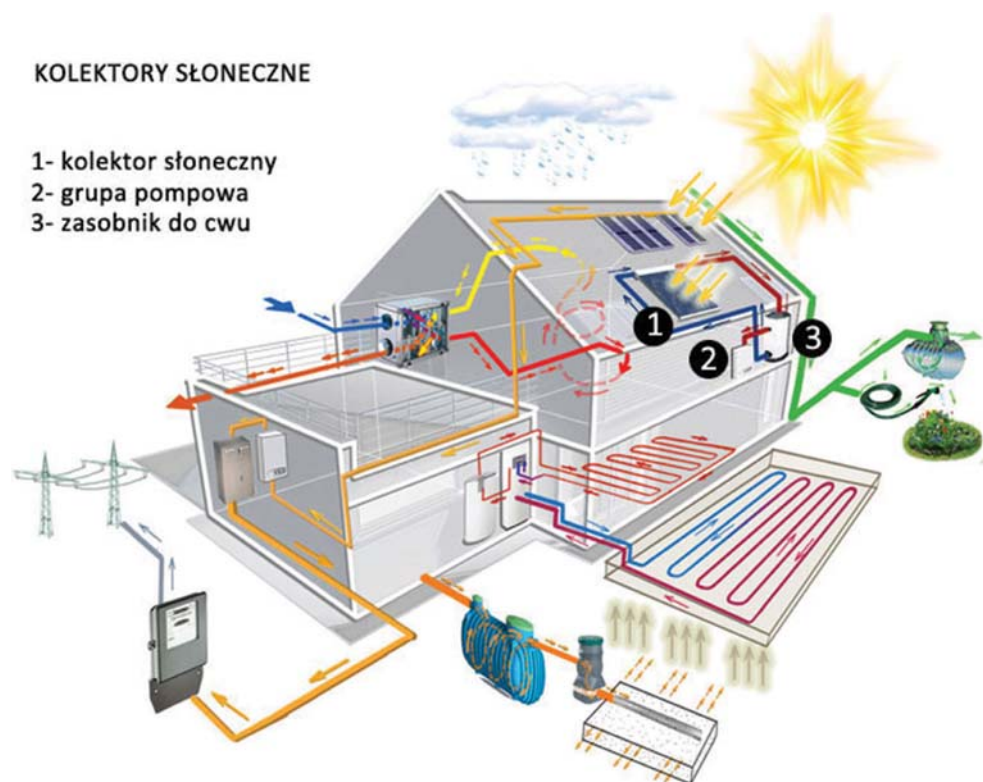
Strategia efektywności energetycznej budynku przedstawia technologie niewyczerpalnych źródeł energii, które pobierają źródło energii, wykorzystując w procesie przetwarzania energię promieniowania słonecznego, energię wiatru, energię źródeł geotermalnych, prądów morskich, fal, jak również energię, którą można pozyskać z biomasy, biogazu.



Rysunek 2. Źródła energii

Kolektory słoneczne

W naszym kraju najaktywniejszymi systemami słonecznymi są kolektory słoneczne. Mogą służyć one do podgrzania ciepłej wody użytkowej (c.w.u) lub wody basenowej lub nawet do produkcji energii elektrycznej. Zazwyczaj stosowane są dwa rodzaje kolektorów słonecznych, próżniowe i płaskie. Różnią się budową, która ma wpływ na ich sprawność. Większą sprawność mają kolektory próżniowe, mniejszą zaś płaskie. Kolektory płaskie należy montować pod kątem pochylenia od 35–60° oraz tam, gdzie jest największe nasłonecznienie.

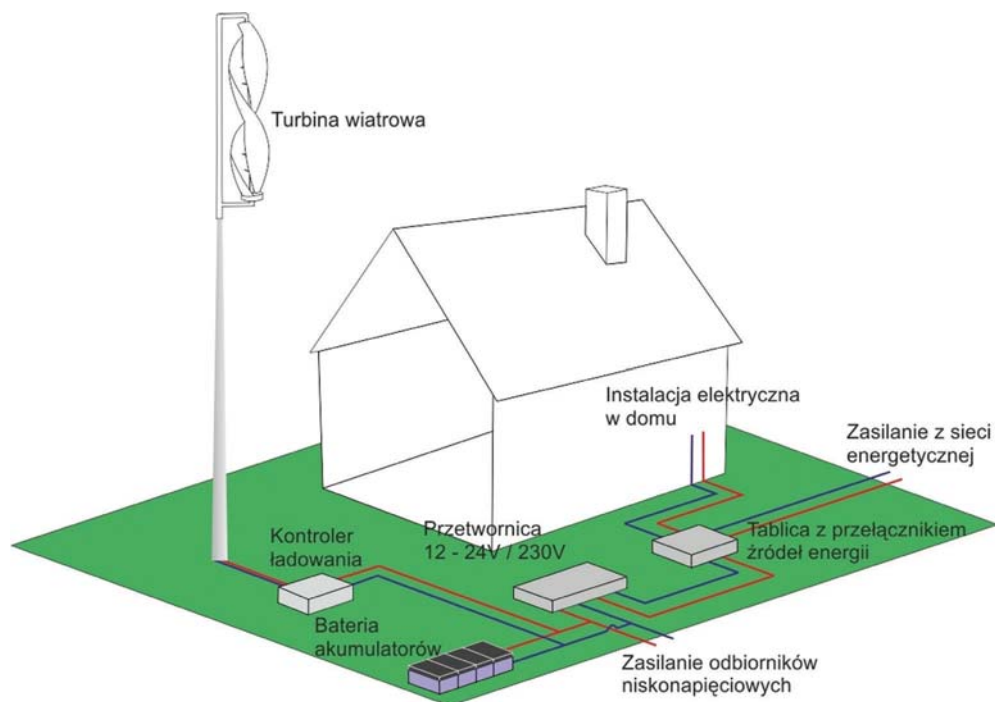


Rysunek 3. Schemat instalacji solarnej [1]

Małe elektrownie wiatrowe

Małe elektrownie wiatrowe o mocy od 100 W–50 kW lub mikro elektrownie o mocy poniżej 100 W są dodatkowymi źródłami do pozyskania energii elektrycznej w budynku. Przydomowe elektrownie wiatrowe zwiększają przede wszystkim bezpieczeństwo energetyczne budynku i zmniejszają koszt rachunków za energię elektryczną dostarczoną przez dystrybutora. Nadmiar wyprodukowanej energii elektrycznej

można sprzedać do centralnej sieci energetycznej. Małe elektrownie są stosunkowo tanie w eksploatacji, a przede wszystkim są cichsze niż duże elektrownie wiatrowe.

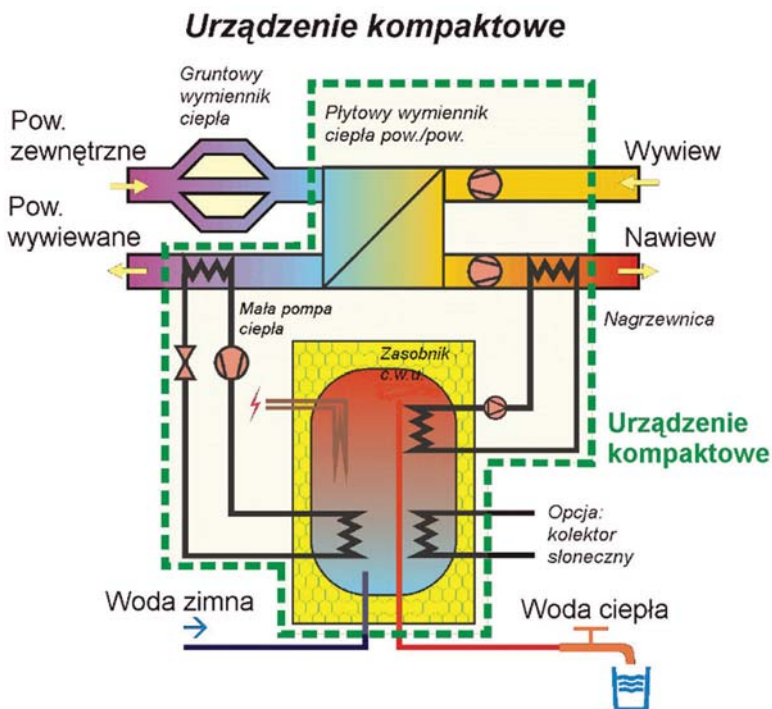


Rysunek 4. Schemat małej elektrowni wiatrowej [7]

Pompy ciepła

Pompy ciepła ogrzewają wodę użytkową oraz wentylację, wykorzystując wywiejane powietrze z wody lub gruntu. W kompaktowym urządzeniu grzewczym cały system złożony jest z rekuperatora, pompy ciepła, nagrzewnicy, wentylatorów, filtrów oraz sterowników.

Najpierw powietrze wstępnie podgrzane jest przez gruntowy wymiennik ciepła, w kompaktowej centrali świeże powietrze z zewnątrz jest pobierane, a następnie przeprowadzone przez rekuperator, gdzie jest ogrzane ciepłym powietrzem z zużytego powietrza. Powietrze zostaje doprowadzone przez kanały wentylacyjne do pomieszczeń. Przy pomocy pompy ciepła odbierane jest ciepło z powietrza i dostarczone do zbiornika wody użytkowej. Do ogrzania wody użytkowej mogą służyć też połączone do kompaktowego urządzenia kolektory słoneczne znajdujące się na zewnątrz budynku [13].



Rysunek 5. Kompaktowe grzewcze urządzenie do domu pasywnego

Biomasa

Przy doborze instalacji do wykorzystania biomasy jest potrzebny odpowiedni dobór kotła pod kątem mocy nominalnej oraz rodzaju paliwa drzewnego. Wykorzystanie w celach energetycznych biomasy polega na całkowitym spalaniu do uzyskania ciepła użytkowego lub podgrzania c.w.u. Biomasa spalana w celach energetycznych jest przyjazna dla środowiska, a przede wszystkim charakteryzuje się wysoką sprawnością.

Zintegrowany system zarządzania

Poprawa efektywności energetycznej budynków możliwa jest nie tylko dzięki termomodernizacji budynku czy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, które odpowiednio są magazynowane, ale możliwa jest również dzięki wykorzystaniu zintegrowanego systemu zarządzającego zasobami w obrębie budynku.

Dotychczas w gospodarstwach domowych pomiary zużycia energii elektrycznej lub cieplnej kontrolowane są okresowo w celu rozliczeniowym.

Współczesne technologie rejestrują i analizują zużycie energii w stosunku do technicznych parametrów umieszczonych urządzeń w budynku oraz możliwości in-

tegracji różnych podsystemów. Technologia ta optymalizuje i poprawia współczynniki efektywności energetycznej obiektów. Inaczej mówiąc, nowoczesne systemy sterowania rozproszonego zapewniają realizację algorytmów sterowania dążących do oszczędzania energii, dostosowujących zapotrzebowanie poboru mocy odbiorników energii od czynników tj. natężenia oświetlenia, wydajności systemów odnawialnych źródeł energii, temperatury wewnętrznej i zewnętrznej oraz od obecności użytkownika w domu.

2.1.5. Dofinansowanie

Właściciele domów jednorodzinnych (osoby fizyczne) w ramach rządowego programu mogą obecnie skorzystać z programu „Czyste Powietrze” i ubiegać się nie tylko o dofinansowanie na termomodernizację budynków, ale również na dofinansowanie i montaż instalacji źródeł energii odnawialnej, tj. kolektorów słonecznych i mikroinstalacji fotowoltaicznych. Program ma na celu poprawę efektywności energetycznej budynków, zmniejszenie emisji zanieczyszczeń i pyłów do atmosfery. Program będzie realizowany w latach 2018–2029. Wysokość dofinansowań jest zależna od dochodu na osobę, a wynosi ona 40–90% kosztów kwalifikowanych inwestycji. Maksymalne wsparcie, do jakiego doliczana jest dotacja, to 53 tys. zł kosztów kwalifikowanych [9, 8].

2.1.6. Podsumowanie

Aby uzyskać największą efektywność z odnawialnych źródeł energii, najlepiej zastosować rozwiązania hybrydowe, czyli łączenie więcej niż jednej technologii wytwarzania ciepła lub energii. Wszystkie technologie OZE nie zanieczyszczają środowiska podczas procesów produkcji energii w gospodarstwach domowych, tj. podgrzania wody użytkowej, wytwarzania energii elektrycznej lub ogrzania pomieszczeń. Ponadto rząd daje duże dofinansowanie do poprawienia efektywności energetycznej domów jednorodzinnych, co sprzyja naszym portfelom i środowisku. Dzięki programowi Czyste Powietrze w najbliższych latach możemy spodziewać się globalnego zastosowania OZE. Odnawialne źródła energii pozwalają gospodarstwom domowym na niezależność i bezpieczeństwo.

Literatura

1. Bukowski Z., *Konstytucyjne podstawy obowiązków państwa w zakresie ochrony środowiska*, „Prawo i Środowisko” 2002, nr 4.
2. Bukowski Z., *Podstawy prawa ochrony środowiska dla administracji*, Włocławek 2005.

3. Bukowski Z., *Pojęcie zrównoważonego rozwoju w prawie polskim*, [w:] Papuziński A. (red.), *Zrównoważony rozwój od utopii do praw człowieka*, Bydgoszcz 2005.
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/91/WE z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dz. Urz. L 1 z 4.1.2003 r., s. 65–71).
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylająca dyrektywę 2003/54/WE.
6. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dz. Urz. L 153 z 18.6.2010, s. 12–34).
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE, z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.
8. *Efektywność energetyczna budynków. Wymagania techniczno-budowlane oraz standardy projektowania*, Biuletyn informacji publicznej Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju.
9. <http://www.wfosigw.pl>.
10. <https://www.mos.gov.pl>.
11. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z 2 kwietnia 1997 r., Dz.U. 1997, nr 78, poz. 483 ze zm.
12. Korzeniowski P., *Zasady prawne ochrony środowiska*, Łódź 2010.
13. Ulewicz M., *Budownictwo zrównoważone szansą na lepsze jutro*, [w:] Ulewicz M., Selejda J. (red.), *Jakościowe i ekologiczne aspekty w technologiach budowlanych*, Wydawnictwo WZ PCZ, 2013, s.11–24.
14. Zasady ogólnych praw i obowiązków „Deklaracja z Rio de Janeiro w sprawie środowiska i rozwoju”. Konferencja Narodów Zjednoczonych „Środowisko i rozwój”: http://old.ko.poznan.pl/pub/ftp/Edukacja_zrownowazonego_rozwoju/DEKLARACJA_Z_RIO_1992.pdf (dostęp: 1.09.2017).
15. Żurawski J., *Poprawa efektywności energetycznej w budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej oraz sektora małych i średnich przedsiębiorstw*, Prezentacja komputerowa, Wrocław 2011.
16. Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska: www.cieplej.pl (dostęp: 19.09.2017).

2.2. Smart Metering jako element systemu monitorowania stanu sieci dystrybucyjnej*

2.2.1. Wstęp

Dzisiejsza energetyka ma do rozwiązania wiele zagadnień, do których można zaliczyć m.in. problemy związane z ciągle ubywającymi zasobami surowców energii pierwotnej, ze wzrostem zapotrzebowania na energię, małą efektywnością wykorzystania energii, e-mobilnością czy nadmierną emisją CO₂ i NO_x. To tylko wybrane problemy, które należy rozwiązać w jak najkrótszym czasie.

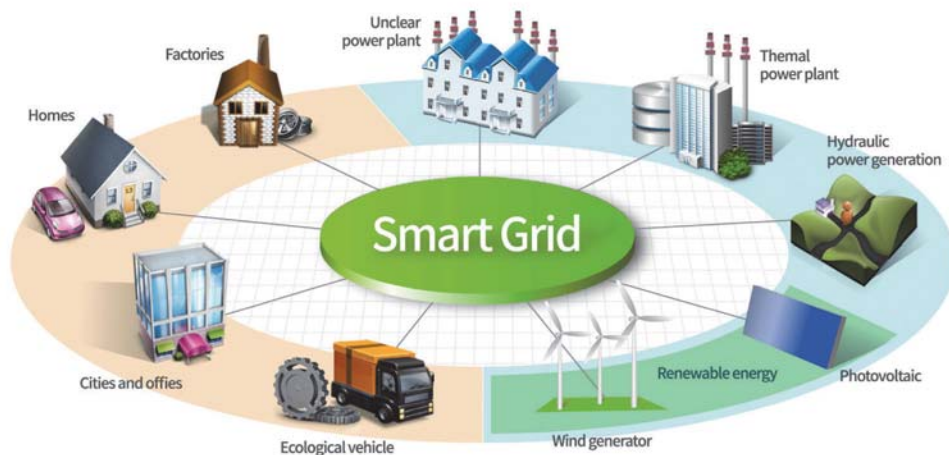
2.2.2. Smart Grid

W celu ograniczenia negatywnych skutków powyższych zagadnień została opracowana i sukcesywnie wdrażana jest koncepcja Smart Grid – SG (inteligentnej sieci energetycznej – ISE). Termin ten został oficjalnie użyty pierwszy raz w 2005 r. w artykule Bruce’a F. Wollenberberga i S. M. Armin w „Toward a Smart Grid – power delivery for the 21st century”. Aczkolwiek sama idea SG nie pojawiła się z dnia na dzień – jest ona wynikiem potrzeby modernizacji i wyposażania sieci elektroenergetycznej oraz wielu lat prób osiągnięcia tego wyniku. Zasadniczo termin SG dotyczy rozwiniętego technologicznie systemu elektroenergetycznego (SEE), w którym wykorzystywana jest komunikacja pomiędzy wszystkimi uczestnikami rynku (wytwórcami, dystrybutorami i odbiorcami), mająca za zadanie niezawodne dostarczanie najwyższej jakości usług energetycznych i gwarantująca równocześnie obniżenie kosztów oraz wykorzystanie rozproszonych źródeł energii, w tym z odnawialnych źródeł energii (OZE) [9]. Jednym z kluczowych i ważniejszych elementów, bez których nie może funkcjonować SG, są odbiorcy energii elektrycznej, w tym prosumenci, którzy również będą wytwarzać energię w miejscu ich przyłączenia do sieci.

Smart Grid obejmuje takie zagadnienia jak [2]:

- scalenie i zintegrowanie czynności wszystkich użytkowników SEE podłączonych do niej;
- gwarancje podwyższenia standardów ekonomicznych dostaw energii elektrycznej pochodzącej w głównej mierze z OZE;
- monitoring sieci elektroenergetycznej oraz szybką reakcją w przypadku wystąpienia awarii;
- promowanie postaw związanych z odpowiedzialnym korzystaniem z energii przez konsumentów.

* Autor: dr inż. Mirosław Kornatka, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny



Rysunek 1. Idea Smart Grid [4]

2.2.3. Smart Grid w sieci średniego napięcia

Idea Smart Grid już od wielu lat była realizowana w sieciach średniego napięcia (SN). W wielu napowietrznych liniach SN zostały zainstalowane reklozery oraz rozłączniki sterowane radiowo. Poza wizualizacją i telesygnalizacją opisanych elementów w systemie SCADA (ang. *Supervisory And Data Acquisition*) technologia ta pozwala na zdalne ich sterowanie. Funkcja zdalnego sterowania łącznikami w głębi sieci w istotny sposób przyczynia się do skrócenia czasu przełączeń w sieci po zlokalizowaniu miejsca uszkodzenia/zwarcia.

Smart Grid daje możliwość zdalnego monitorowania i zarządzania wybranymi punktami sieci elektroenergetycznej SN, a także usprawnienia przebiegu prac wykonywanych do tej pory przez dyspozytora i brygady pogotowia energetycznego. Automatykacja sieci SN dotyczy nie tylko wybranych punktów linii SN, ale również: stacji transformatorowych SN/nN, rozdzielni sieciowych, punktów zasilających, złącz kablowych oraz części rozłączników słupowych. SG na modernizowanej sieci SN ma za zadanie ogólną poprawę zapewnienia niezawodności ciągłości dostaw energii elektrycznej do odbiorców. Do oceny niezawodności powszechnie stosuje się takie wskaźniki jak [13, 12]:

- SAIDI (ang. *System Average Interruption Duration Index*) wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej;
- SAIFI (ang. *System Average Interruption Frequency Index*) wskaźnik przeciętnej systemowej częstości przerw długich i bardzo długich,

- MAIFI (ang. *Momentary Average Interruption Frequency Index*) wskaźnik przeciętnej częstości przerw krótkich.

Sieć elektroenergetyczna SN po wdrożeniu SG umożliwia pełniejsze jej monitorowanie oraz zautomatyzowanie wielu procesów. Przy użyciu urządzeń sterowniczych i pomiarowych można realizować następujące funkcje:

- zautomatyzowana identyfikacja i lokalizacja zwarców, ich izolacja i przywrócenie zasilania bez uczestnictwa operatora sieci;
- zminimalizowanie strat mających związek z optymalizacją lokalizacji i dynamicznej zmiany punktów podziału sieci SN i nN;
- sterowanie napięcia w miejscu zasilania z konkretnego transformatora po uwzględnieniu jego pomiaru;
- bieżące przeliczanie rozptyłów mocy w sieci oraz weryfikacja rzeczywistego stopnia obciążenia transformatorów i linii;
- rozbudowa sieci o dodatkowe źródła energii;
- projektowanie przebudowy sieci w oparciu o aktualne dane pochodzące także z systemu AMI.

Można sądzić, że zasadniczym elementem SG w SN jest automatyzacja przełączeń, a także detekcja miejsca zwarcia. Systematyczne modernizowanie sieci SN, poprzez instalację systemów wykrywających prądy zwarciove, dwukierunkową komunikację między urządzeniami a dyspozytorem, a także zdalnie sterowanych rozłączników, daje możliwość szybkiego wykrywania miejsca zwarcia, odseparowanie uszkodzonego odcinka i przywrócenie zasilania dla części odbiorców [7, 6]. Takie działania znacząco wpłyną na poprawę jakości dostarczanej przez dystrybutorów energii elektrycznej, a także znaczący sposób zmniejszenia wartości wskaźników SAIDI i SAIFI.

2.2.4. Smart Metering

Integralnym elementem Smart Grid, realizowanym obecnie w sieciach niskiego napięcia, jest Smart Metering (SM). SM składa się z zaawansowanej infrastruktury pomiarowej AMI (ang. *Advanced Metering Infrastructure*) oraz oprogramowania biznesowego do zarządzania danymi pomiarowymi MDM (ang. *Meter Data Management*) [14, 3].

Pojęciem SM określanym jest inteligentny system pomiarowy, za pomocą którego, oprócz pomiaru zużycia energii, możliwe jest uzyskanie większej liczby cennych informacji niż w przypadku konwencjonalnego licznika.

SM obejmują zarówno inteligentne liczniki energii elektrycznej odbiorców energii, liczniki bilansujące instalowane w stacjach transformatorowych, różnorodną infrastrukturę telekomunikacyjną, centralną bazę danych pomiarowych oraz system zarządzający. SM umożliwia w czasie rzeczywistym dwukierunkową komunikację pomiędzy systemem informatycznym a licznikami energii elektrycznej. Celowym

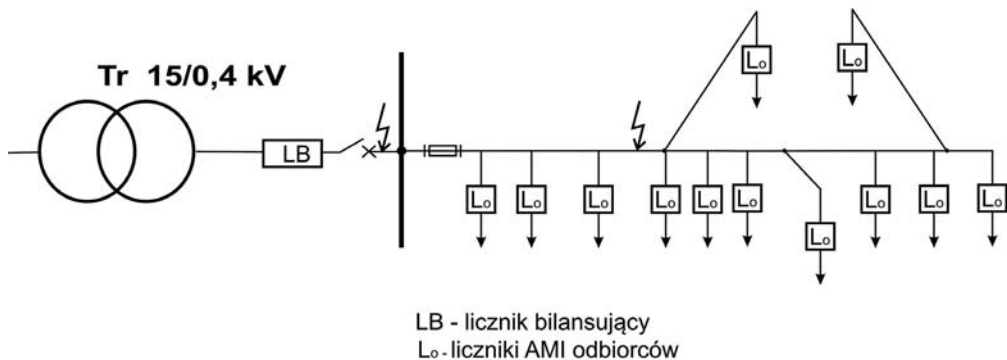
jest, aby automatyzować cały proces rozliczania odbiorców energii, od pozyskania danych pomiarowych, poprzez ich przetwarzanie i agregację, do wystawienia faktur.

Istotnym problemem, z którym muszą się mierzyć Operatorzy Systemu Dystrybucyjnego (OSD), jest przesyłanie i odbieranie danych pomiarowych z liczników, koncentratorów, przy wykorzystaniu różnych mediów łączności [15].

Instalacja i wdrożenie SM pozwala na korzystanie z bardzo zaawansowanych technologicznie rozwiązań prowadzących do poprawy funkcjonowania sieci elektroenergetycznej.

2.2.5. Advanced Metering Infrastructure

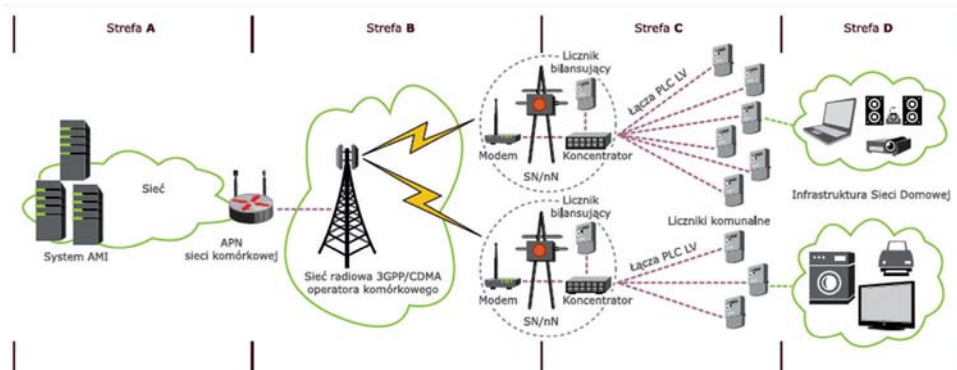
Advanced Metering Infrastructure to zespolony zbiór komponentów: modułów i systemów komunikacyjnych, inteligentnych liczników, rejestratorów i koncentratorów pozwalających na dwukierunkową komunikację pomiędzy centralnym systemem a wybranymi licznikami przy użyciu różnego rodzaju technologii i mediów. Wykorzystanie tych elementów daje możliwość pomiaru oraz przechowywania danych konkretnych odbiorców o ilości zużywanej energii, gazu, wody oraz ciepła [14, 3, 1].



Rysunek 2. Przykładowa struktura sieci niskiego napięcia

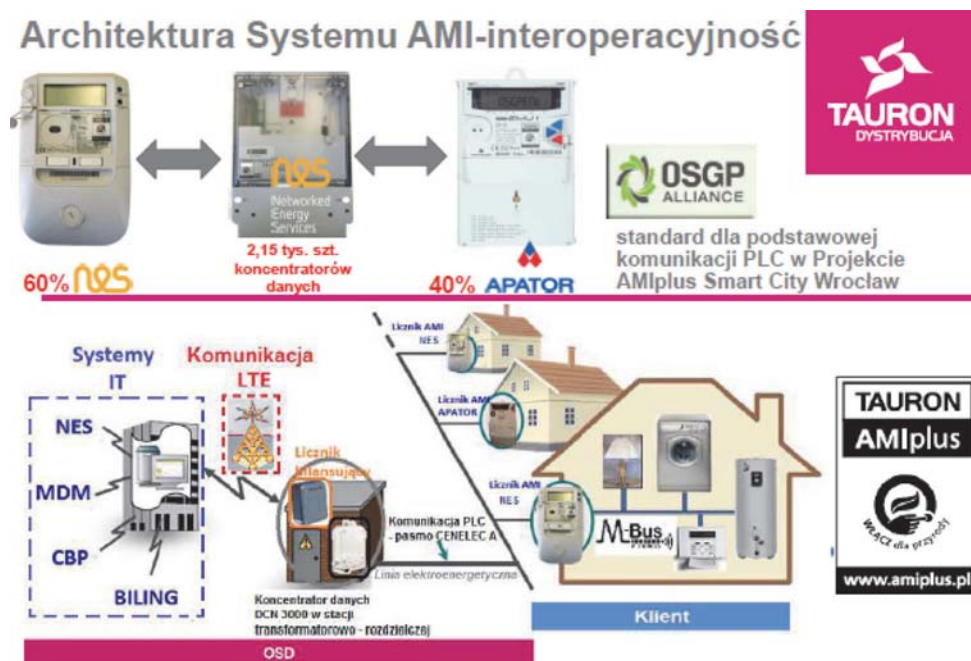
Na terenie Polski pierwsze przygotowania do wdrożenia takiego systemu rozpoczęły się w roku 2010. Zostały one poprzedzone różnymi analizami technicznymi, jak również ekonomicznymi, które wykazywały, jakie korzyści można osiągnąć poprzez wdrożenie takiego systemu. Dodatkowo były przeprowadzane systemy pilotażowe. Podstawową cechą takiego systemu jest możliwość zdalnej i dwukierunkowej transmisji danych między licznikiem energii elektrycznej a systemem odczytu, w którym są gromadzone dane. Taki zbiór odczytów nazywany jest CBP (Centralą Bazą Pomiarów). Podczas wdrożenia takich systemów jak AMI należy brać pod uwagę nie tylko opcje, które są powiązane z rozliczeniem zużywanej energii elektrycznej, ale również

jakie daje nam infrastruktura, dzięki której mamy możliwość budowy SG w sieci niskiego napięcia. Wiąże się to z wdrożeniem odpowiednich wymagań funkcjonalnych oraz technicznych dla infrastruktury AMI.

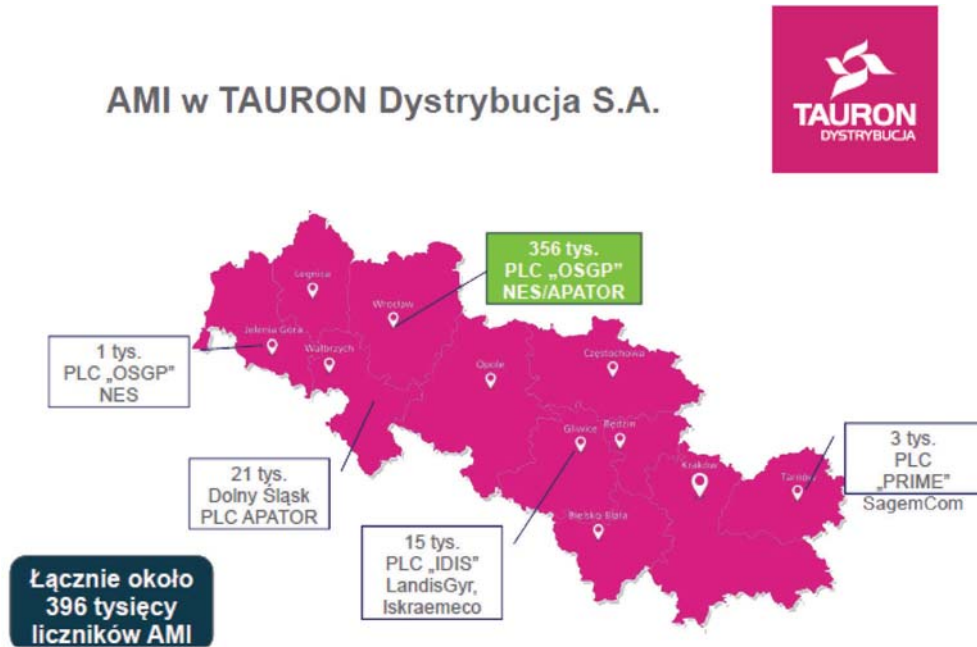


Rysunek 3. Przykładowa architektura systemu AMI opracowana przez Energa Operator na przykładzie [11]

Architektura Systemu AMI-interoperacyjność



Rysunek 4. Przykład architektury systemu AMI w Smart City Wrocław realizowanego przez TAURON Dystrybucja S.A. [8]



Rysunek 5. Przykład wdrożenia AMI w TAURON Dystrybucja S.A. [13]

AMI różni się tym od tradycyjnego AMR (ang. *Automated Metres Reading*), że istnieje możliwość bezprzewodowej dwukierunkowej komunikacji z licznikiem, integracje z SG oraz Smart Home, a także posiada dużo bardziej rozbudowaną technologię. Ponadto infrastruktura AMI gromadzi informacje o zdarzeniach (awariach, uszkodzeniach), które mogą wystąpić w sieci.

Zaawansowana struktura pomiarowa AMI posiada bardzo wiele przydanych i pożądaných funkcji. AMI wykorzystuje takie technologie jak [3]:

- standardowy interfejs komunikacyjny pozwalający na wykorzystywanie różnego rodzaju liczników i protokołów komunikacyjnych, a także dostęp do specyfikacji fizycznych, środowiskowych i elektrycznych;
- standardowy model danych umożliwiający wykorzystywanie urządzeń różnych producentów bez przymusu korzystania ze specjalnych adapterów;
- szyfrowania komunikacji urządzeń i aplikacji oraz identyfikacji i autoryzacji elementów systemu na wszystkich jego warstwach, zwiększając bezpieczeństwo przed atakami na sieć, a także zdolność do ochrony danych osobowych oraz pomiarowych;
- dwukierunkowa komunikacja dająca możliwość skutecznej i sprawnej transmisji danych do licznika odbiorcy oraz otrzymywania informacji od licznika odbiorcy;
- zdalny odczyt danych pozwalający na aktualizację oprogramowania wewnętrznego licznika oraz optymalizację pracy sieci i liczników;

- wielowarstwowe taryfy zapewniające rejestrację danych pomiarowych w różnych strefach czasowych w ciągu dnia, a także zmianę ich cykli;
- czterokwadratowe liczniki rejestrujące pobór oraz oddawanie energii w zależności od kierunku jej przepływu oraz rejestrujące i monitorujące generacje rozproszoną;
- brama do sieci domowej HAN monitorująca oraz sterująca obciążeniem i generacją rozproszoną, a także umożliwiająca integrację z systemami zarządzania budynkiem;
- analizatory jakości energii pozwalające optymalizować sieć dystrybucyjną dzięki dokonywaniu pomiaru oraz wysyłaniu informacji dotyczących jakości energii dostarczanej dla odbiorców;
- system wykrywania manipulacji licznika oraz kradzieży energii, który wykrywa, raportuje i sygnalizuje przypadki prób manipulacji przy liczniku, ingerencji w mechanizm licznika oraz podejrzenia kradzieży energii;
- system wykrywania przerw w dostawie energii, który w przypadku braku zasilania automatycznie sygnalizuje takie zdarzenie, skutkując przyspieszoną reakcją oraz interwencją odpowiednich służb;
- funkcjonalność „ostatnie tchnienie” (ang. *last gaps*) podtrzymująca zasilanie liczników, która w przypadku utraty zasilania odbiorcy umożliwia operatorowi sieci przesłanie informacji o jej stanie i przyczynie awarii.

AMI nie może istnieć bez efektywnej teletechnicznej sieci komunikacyjnej. Ze względu na obszar zasięgu komunikacji zaawansowanej infrastruktury pomiarowej AMI można podzielić na: sieć lokalną wykorzystywaną przez koncentratory lub inne urządzenia do bezpośredniego odczytu liczników, sieć lokalną HAN (ang. *Home Area Network*) służącą do wysyłania sygnałów sterujących oraz innych informacji do sieci domowej przy użyciu liczników inteligentnych oraz zasadnicza sieć rozległa, stosowana do wymiany danych pośród wybranymi serwerami przeznaczonymi do gromadzenia informacji a koncentratorami.

Liczniki AMI są wyposażone w port USB, dzięki czemu jest możliwość podłączenia do nich urządzeń zewnętrznych – od modemów komunikacyjnych do zdalnego sterowania sprzętem domowym, jak również na odczytywaniu danych innych mediów (np. wodomierze, gazomierze). Wykorzystanie sieci domowej będzie w dużej mierze zależne od samych OSD, którzy zobligowani są do oferowania produktów wykorzystujących sieć domową.

W zależności od ilości przekazywania danych, ich ważności, czy też wymaganej prędkości transferu mogą one wykorzystywać różne technologie i protokoły. Łączności, które będą wykorzystywane w takich sieciach komunikacyjnych, to połączenia LTE, GSM, LAN, GPRS, UMTS, CDMA, PLC, WiMax, a także znane już z systemów telemechaniki stacyjnej połączenia takie jak RS-232, RS-485, CL i inne. Za łączność pomiędzy technologią w sieciach HAN (ang. *Home Area Network*) odpowiedzialne będą standaryzowane rozwiązania technologiczne znane z inteligentnych instalacji,

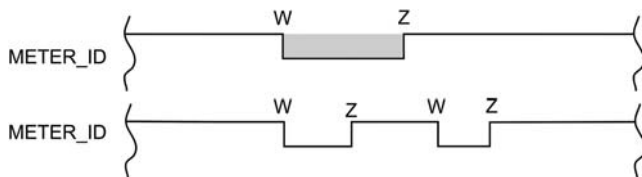
takie jak: Ethernet, WLAN/WiFi, Wireless Mesh, PLC, ZigBee, M-Bus, Z-Wave oraz inne protokoły komunikacyjne (otwarte i zamknięte) [5].



Rysunek 6. Zastosowanie portu USB w licznikach AMI [11]

Dlatego AMI to nie tylko „inteligentny” licznik, który służy do czterokwadratowego pomiaru energii i przesyłania wykonanych pomiarów do operatora sieci. W związku z zainstalowaniem AMI w sieci uzyskujemy możliwość ciągłego monitorowania objętych nią obszarów sieci niskiego napięcia oraz stacji SN/nN, a w konsekwencji tworzenia systemu SCADA na nN.

Parametry sieci nN, które podlegają monitorowaniu, można podzielić na kilka grup: parametry, które podlegają ciągłemu nadzorowi (napięcia, prądy, moce P, Q, S), parametry, które wystarczy pozyskiwać okresowo (straty sieciowe, obliczenia rozpływowe), parametry na tzw. żądanie (wykrywanie i lokalizacja uszkodzeń, kontrola jakości) oraz zdarzenia spontaniczne (zdarzenia na sieci).



Rysunek 7. Przykładowe zdarzenia wstępujące w sieci zarejestrowane przez licznik AMI (METER_ID)

Tabela 1. Przykładowe dane dotyczące zarejestrowanych zdarzeń uzyskane z liczników AMI

Id	METER_ID	W		Z		Duration	L. odb.
		Start Date	Start Time	End Date	End Time		
1	9012282	14.07.2017	18:01:38	14.07.2017	18:11:25	9.47	74
2	3475077	13.02.2017	15:59:03	13.02.2017	16:03:27	4.24	45
3	3475077	13.02.2017	16:03:43	13.02.2017	16:04:44	1.01	45
4	3475077	13.02.2017	16:04:58	13.02.2017	16:06:27	1.29	45
5	3475077	13.02.2017	16:06:44	13.02.2017	16:07:31	0.47	45
6	3475077	13.02.2017	16:08:32	13.02.2017	16:17:39	9.07	45
7	3475077	13.02.2017	16:19:06	13.02.2017	17:06:20	47.14	45
8	3475077	13.02.2017	17:07:18	13.02.2017	17:18:07	10.77	45
9	3475077	14.03.2017	20:17:07	14.03.2017	20:18:07	1.00	45
10	3475077	05.04.2017	12:14:19	05.04.2017	12:16:54	2.35	45

2.2.6. Technologie Demand Response oraz Demand-Side Management

Z koncepcjami Smart Grid i Smart Metering związane są technologie Demand Response oraz Demand-Side Management [10].

Technologią wykorzystywaną w systemie Smart Grid do zarządzania popytem jest DR (ang. *Demand Response*), służąca do regulacji obciążenia. Technologia ta przyczynia się do lepszego dopasowania profilu zapotrzebowania na moc z profilem podaży. Przy użyciu dwustronnej komunikacji redukcja zapotrzebowania na energię elektryczną może być bezpośrednio zapoczątkowane przez OSD. Najczęściej okres, w jakim wykorzystuje się tą aplikację, szacuje się na czas od 1 do 4 godzin. Przykładowymi możliwościami tego rozwiązania jest regulacja ogrzewania pomieszczeń, wyłączenie/przyciemnianie oświetlenia oraz ograniczanie części procesu produkcyjnego. Sposoby sterowania obciążeniem, poprzez wykorzystanie zmian napięcia zasilającego lub zarządzanie odbiornikami zależące od częstotliwości napięcia zasilania, należą również do technologii DR [10].

Technologia zarządzania stroną popytową to DSM (ang. *Demand-Side Management*). Pozwala ona na zarządzanie systemem po stronie odbioru. Rozwiązanie to umożliwia przekonanie i zachęcenie odbiorców do zmiany ich dobowych profili obciążenia. Celem DSM jest redukcja kosztów energii elektrycznej poprzez dopasowanie profili obciążeń odbiorców do efektywnych profili jednostek wytwórczych. DSM promuje energooszczędny styl życia, który przekłada się na realne korzyści finansowe odbiorców energii. W celu nakłonienia odbiorców do dopasowania się do możliwości systemu wykorzystane są odpowiednie taryfy, które mają wyższą cenę energii elektrycznej w szczytach obciążenia, a obniżoną w ich dolinie.

2.2.7. Wnioski

Smart Metering, służący do akwizycji i zarządzania danymi pomiarowymi, ma niewątpliwie wiele zalet. System AMI to podstawowy element Smart Grid, pozwalający na przekazywanie informacji również o zdarzeniach występujących w głębi sieci, stanowiąc istotny element budowy systemu SCADA dla sieci niskiego napięcia.

System AMI dostarcza najbardziej wiarygodnych danych umożliwiających w sposób precyzyjny zlokalizować miejsce uszkodzenia w sieci, jak również wyznaczyć wskaźniki niezawodnościowe poszczególnych odbiorców, ciągów sieciowych, stacji transformatorowych, jak również całych ciągów średniego napięcia.

Kluczowym elementem jest właściwa funkcjonalność całego systemu AMI, umożliwiająca rejestrację zdarzeń za pomocą liczników bilansujących oraz inteligentnych liczników odbiorców.

Dzięki ciągłemu monitorowaniu sieci niskiego i średniego napięcia ogranicza się czas przerwy w zasilaniu odbiorców. Poprzez bieżące kontrolowanie parametrów sieci ogranicza się możliwość wystąpienia awarii na sieci.

Literatura

1. Bartczak K., *Analiza korzyści i zagrożeń związanych ze stosowaniem w Polsce inteligentnych liczników energii elektrycznej*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2016, R. 92, nr 1, s. 170–176.
2. Billewicz K., *Smart Grids. Inteligentne sieci elektroenergetyczne*, IMD, 2015.
3. Billewicz K., *Smart metering – Inteligentny system pomiarowy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
4. <https://www.technocracy.news/smart-grid-dreams-fading-without-congressional-support/>.
5. *Infrastruktura Sieci Domowej (ISD) w ramach Inteligentnych Sieci / HAN within Smart Grid*, Raport technologiczny firmy ATKearney: <http://www.kigeit.org.pl>.
6. Kornatka M., *Automatyzacja pracy sieci średniego napięcia a poziom ich niezawodności*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2014, nr 8, s. 109–112.
7. Kornatka M., *Wybrane metody poprawy niezawodności linii napowietrznych średniego napięcia*, „Rynek Energii” 2010, nr 1, s. 50–56.
8. Marczyński B., *Infrastruktura w Projekcie AMI Smart City Wrocław*, 2018, wydano przez Tauron Dystrybucja S.A.: www.amiplus.pl, <http://www.k43.sep.wroclaw.pl/files/referaty/2015/3/3.pdf>
9. Moslehi K., Kumar R., *Smart Grid – a reliability perspective*, „Innovative Smart Grid Technologies” 2010, s. 1–8.

10. Palensky P., Dietrich D., *Demand Side Management: Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads*, „Ieee Transactions on Industrial Informatics” 2011, Vol. 7, No. 3.
11. *Podsumowanie pierwszego etapu wdrożenia systemu inteligentnego opomiarowania Gdańsk*, październik 2014 r., wydano przez Energa Operator S.A.
12. Rozporządzenie Ministra Gospodarki *Prawo Energetyczne* z dnia 10 kwietnia 1997 r.: Dz. U. 2006, nr 89, poz. 625.
13. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. *w sprawie szczególnych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego* (Dz. U. 2007, nr 93, poz. 623).
14. Smart Metering Implementation Programme: Response to Prospectus Consultation – Supporting Document 3 of 5 Design.
15. Stanowisko Prezesa URE w sprawie niezbędnych wymagań wobec wdrażanych przez OSD inteligentnych systemów pomiarowo-rozliczeniowych z uwzględnieniem funkcji celu oraz proponowanych mechanizmów wsparcia przy postulowanym modelu rynku, Warszawa 31.05.2011.

2.3. Nowoczesne przekładniki prądowe do zastosowań w sieciach Smart Grid*

2.3.1. Wstęp

Wraz z rozwojem elektryczności, jej wytwarzaniem i sprzedażą, zaistniała konieczność pomiarów energii elektrycznej. Wzrost zużycia energii oraz konieczność ograniczenia strat przesyłu, związane ze wzrostem odpowiednio prądu i napięcia przesyłu, doprowadziły do rozwoju półpośrednich i pośrednich metod pomiaru zużycia. Powstała jednocześnie konieczność pomiarów kontrolnych np. w stacjach transformatorowych. W tym celu stosowano najczęściej przekładniki prądowe i napięciowe.

Dokładny pomiar prądu zmiennego pobieranego lub dostarczanego do sieci energetycznej jest wymagany w elektronicznych licznikach energii elektrycznej w aplikacjach Smart Grid. Znaczna liczba współcześnie eksploatowanych odbiorników energii stanowi odbiorniki nieliniowe, w efekcie pobierany przez nie prąd ma charakter odkształcony i oprócz składowej podstawowej (50 Hz) zawiera również składowe harmoniczne. W licznikach elektronicznych jako przetworniki prądu stosuje się boczniki rezystancyjne, cewki Rogowskiego i przekładniki prądowe. Przy czym przekładniki prądowe zapewniają największy stosunek sygnału użytecznego do szumów, a dodatkowo zapewniają separację galwaniczną obwodu niskonapięciowego od wysokonapięciowego.

Idealny przekładnik prądowy charakteryzuje się liniową zależnością między prądem pierwotnym i wtórnym w szerokim zakresie i jest w stanie przekształcić kształt fali o dużym natężeniu w prąd o niskim natężeniu. Dokładność takiej transformacji zależy w dużej mierze od właściwości magnetycznych materiału użytego do budowy rdzenia magnetycznego przekładnika prądowego [5, 6]. Dwa główne parametry opisujące dokładność przekładnika prądowego to błąd przesunięcia fazowego $\epsilon\varphi$ i błąd amplitudowy ϵI_1 i oba są mierzone w warunkach sinusoidalnym kształtem fali prądu pierwotnego [12].

W sieciach Smart Grid przekładniki prądowe działają w bardzo niesprzyjających warunkach, tj. w warunkach odkształconego od sinusoidalnego przebiegu prądu na skutek działania różnego rodzaju przekształtników napięcia generujących wysokie harmoniczne i zewnętrzne pole magnetyczne prądu stałego (na przykład magnesy trwałe). Dlatego ważne jest, aby przekładniki prądowe spełniały wiele wymagań stawianych przez normy dotyczące przekładników prądowych, takich jak: IEEE C57.13 „Standard requirements for instrument transformers” IEEE C57.13.6 „Standard for

* Autor: dr inż. **Wojciech Pluta**, Wydział Elektryczny, Politechnika Częstochowska, 42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 17

high-accuracy instrument transformers” IEC 60044-1 „Current transformers” IEC 60044-6 „Requirements for protective current transformers for transient performance” IEC 61869-2 „Additional requirements for current transformers”.

Postęp w dziedzinie rozwoju nowoczesnych materiałów magnetycznych umożliwił konstruowanie przekładników prądowych o doskonałych właściwościach metrologicznych [3, 9]. Pomimo tego właściwości pomiarowe przekładników prądowych w zakresie częstotliwości składowych harmonicznym nie są zazwyczaj uwzględniane przy określaniu amplitud poszczególnych harmonicznym. W zależności od poziomu zniekształceń może to prowadzić do istotnych rozbieżności w uzyskiwanych wynikach. Celem pracy jest analiza nowoczesnych przekładników prądowych pod względem zastosowania w sieciach Smart Grid.

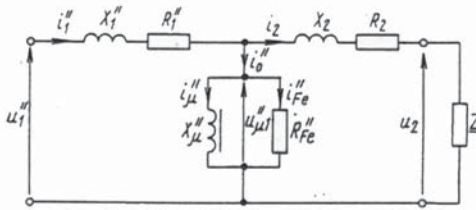
2.3.2. Parametry użytkowe przekładników prądowych

Przekładniki w systemie elektroenergetycznym pełnią funkcję przetwornika zapewniającego przetwarzanie wartości prądów pierwotnych na znormalizowane wielkości po stronie wtórnej. Galwaniczne odizolowanie obwodów pierwotnych i wtórnych chroni urządzenia pomiarowe przyłączone do strony wtórnej. W zależności od rodzaju przyłączonych urządzeń wtórnych i stawianych przed nimi zadań przekładniki muszą zapewnić odpowiednią dokładność w wymaganych zakresach natężeń prądu pracy.

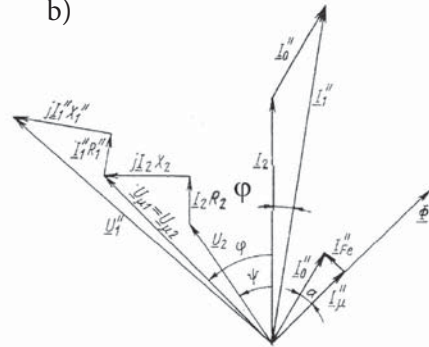
Przekładnik prądowy jest transformatorem pracującym w stanie zwarcia obniżającym prąd pierwotny I_1 o dużej wartości na wielokrotnie mniejszy prąd po stronie wtórnej I_2 . Głównym elementem składowym jest specjalnie skonstruowany rdzeń magnetyczny (często toroidalny) i dwa uzwojenia: pierwotne i wtórne. Prąd wtórny o obniżonej wartości w stosunku do prądu pierwotnego, w klasycznych przekładnikach prądowych, wynosi 5 A lub rzadziej 1 A. Takie wartości prądu mogą być zmierzone bezpośrednio.

Szczególnymi przykładem przekładników prądowych są przekładniki ułamkowej mocy. Stosuje się je najczęściej w elektronicznych licznikach energii elektrycznej. Tor prądowy tych przekładników stanowi zwykle jeden zwój $z_1 = 1$, a uzwojenie wtórne najczęściej ma $z_2 = 2\ 500$ lub 1 tys. zwojów. Uzwojenie wtórne jest obciążone rezystorem obciążającym dobranym odpowiednio do mocy przekładnika. Mierząc spadek napięcia na rezystorze, określa się wartość prądu wtórnego. W przekładnikach mocy ułamkowej spadek napięcia na rezystorze obciążającym wynosi zwykle 300 mV. Taki spadek napięcia odpowiada prądowi znamionowemu I_n przekładnika i dla przekładnika $I_n = 60$ A uzyskuje się go dla rezystora 12,5 Ω . Zależność prądu wtórnego od prądu pierwotnego jest bardzo zbliżona do liniowej w całym zakresie pomiarowym przekładnika. Schemat zastępczy przekładnika prądowego oraz wykres wskazowy przedstawiono na rys. 1 [2, 8].

a)



b)



Rysunek 1. Schemat zastępczy przekładnika prądowego odniesiony do strony wtórnej (a) i wykres wektorowy (b) [2, 8]

Równoważny układ transformatora prądowego pokazany na rys. 1 odniesiono do strony wtórnej. Reaktancję i rezystancję uzwojenia pierwotnego X_1'' i R_1'' można pominąć ze względu na ich niewielką wartość (jeden zwoj grubego drutu). Przesunięcie fazowe φ między pierwotnym I_1 i wtórnym prądem I_2 i błędem amplitudowym prądu ε_{I_1} (rys. 1) może wynosić zero dla idealnego transformatora. W rzeczywistych przekładnikach zależy to od właściwości materiału i geometrycznej konstrukcji przekładnika. Ważnymi właściwościami są przenikalność magnetyczna i określona całkowita strata (R_{Fe}''), jak również, na przekroju rdzenia, długość drogi magnetycznej (indukcyjność uzwojenia wtórnego) i rezystancji uzwojenia wtórnego (R_2). Przy czym dla poprawnie zaprojektowanego przekładnika musi być spełniona zależność $X_2 \gg R_2$.

W przekładniku idealnym strumień magnetyczny Φ_1 od prądu pierwotnego I_1 jest równy strumieniowi Φ_2 od prądu wtórnego I_2 i znoszą się one wzajemnie. Odpowiada to równowadze amperozwojów i spełniona jest zależność (1):

$$I_1 z_1 = I_2 z_2 \quad (1)$$

gdzie: z_1 – ilość zwojów uzwojenia pierwotnego, z_2 – ilość zwojów uzwojenia wtórnego.

Dokładność pomiaru rzeczywistego przekładnika opisują, jak wspomniano, dwa główne parametry. Pierwszy błąd prądowy (przekładni) ε_{I_1} związany jest z precyzją wykonania uzwojenia wtórnego oraz drugi – błąd kątowy ε_φ związany jest ze stratami w uzwojeniu wtórnym i rezystorze obciążającym, tj. ze stratami związanymi z przemagnesowaniem rdzenia oraz wartością indukcyjności L , zależnej od przenikalności magnetycznej względnej μ_r rdzenia. Błąd przekładni przekładnika to różnica pomiędzy wartością skuteczną prądu wtórnego I_2 , przemnożonego przez przekładnię zwojową z_2/z_1 , a wartością skuteczną prądu pierwotnego I_1 . W odniesieniu do prądu pierwotnego I_1 wyraża się ją w procentach (2), [12]:

$$\varepsilon I_1 = \frac{K_n I_2 - I_1}{I_2} 100 \quad (2)$$

gdzie:

K_n – znamionowa przekładnia zwojowa,

I_1 – wartość skuteczna prądu pierwotnego,

I_2 – wartość skuteczna prądu wtórnego.

W warunkach przemysłowych korektę tego błędu, wyrażonego wzorem (2), przeprowadza się, modyfikując nieznacznie wartość przekładni K_n .

2.3.3. Materiały magnetyczne na rdzenie przekładników prądowych

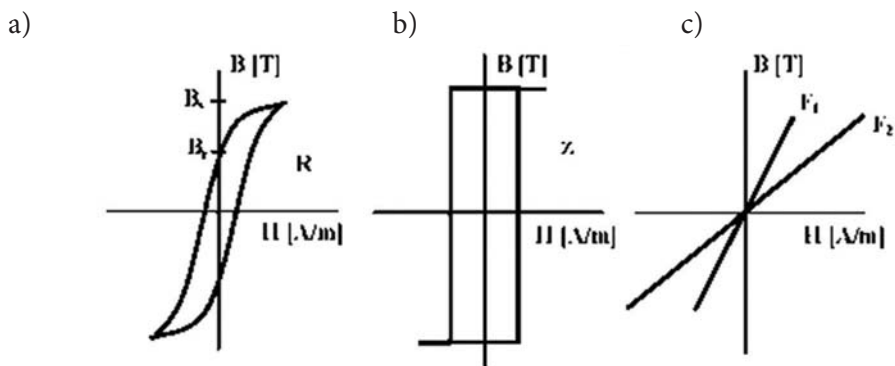
Rdzenie dużych przekładników prądowych buduje się najczęściej z blach elektrotechnicznych o ziarnie zorientowanym, ale w niektórych zastosowaniach wykorzystuje się także blachy o ziarnie niezorientowanym. Rdzenie te mogą być wykonane jako pakietowane lub zwijane. Na mniejsze i bardziej precyzyjne przekładniki prądowe stosuje się rdzenie wykonywane ze stopu Ni-Fe, charakteryzującego się mniejszą indukcją nasycenia i większą przenikalnością względną od blach elektrotechnicznych. Ze stopu NiFe wykonuje się najczęściej rdzenie toroidalne zwijane.

Właściwości magnetyczne materiałów magnetycznych ulegają znacznej degradacji wraz ze wzrostem częstotliwości magnesowania ze względu na wzrost strat wiropądowych. Dlatego na rdzenie przekładników do pomiaru podwyższonych częstotliwości stosuje się cienkie blachy o podwyższonej zawartości krzemu (6,5% SiFe), szkła metaliczne na bazie żelaza lub stopy nanokrystaliczne. Stosowane są również materiały proszkowe kompozytowe lub ferryty.

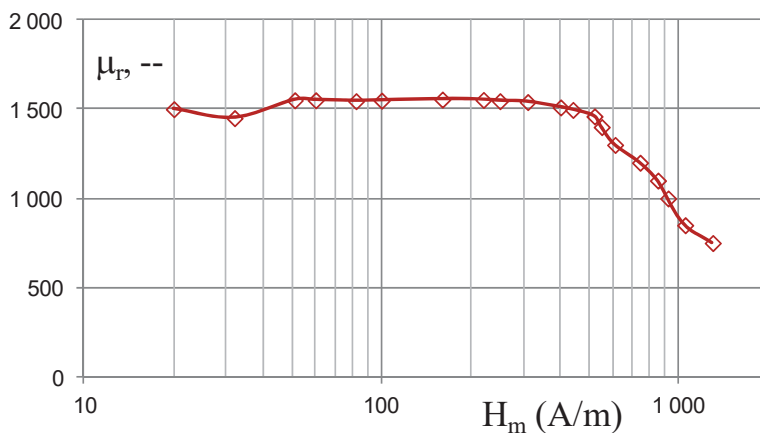
W przypadku szkieł metalicznych (materiałów amorficznych) i taśm nanokrystalicznych proces obróbki termomagnetycznej prowadzi się tak, aby uzyskać pożądane wartości przenikalności magnetycznej względnej μ_r , małe natężenie koercji H_c oraz niewielką stratność. Małe straty wiropądowe uzyskuje się ze względu na małe grubości taśm z zakresu 18 μm do 25 μm oraz stosunkowo dużą rezystywność ρ ok. 140 Ωcm [3].

Przykładowo można przeprowadzić obróbkę termomagnetyczną w polu magnetycznym o kierunku zgodnym z kierunkiem zwinięcia taśmy lub prostopadłym do osi zwiniętej taśmy w tzw. polu poprzecznym. Dzięki temu można uzyskać różne pętle histerezy, jak przedstawiono na rys. 2.

Rdzenie przekładników prądowych wykonuje się z materiałów o pętli histerezy (jak na rys. 2c) ze względu na liniowość przenikalności w całym zakresie prądu magnesującego aż do nasycenia. W zależności od wartości energii anizotropii indukowanej podczas procesu obróbki rdzenia zmienia się kąt nachylenia pętli histerezy magnetycznej (rys. 2c). Na rys. 3 przedstawiono zależność przenikalności magnetycznej względnej od wartości maksymalnej natężenia pola magnetycznego rdzenia.



Rysunek 2. Pętle histerezy magnetycznej rdzenia nanokrystalicznego a) zaokrąglona R – po obróbce termicznej, b) prostokątna Z – po obróbce termicznej w polu magnetycznym podłużnym, c) płaska F_1 , F_2 – po obróbce termicznej w polu magnetycznym poprzecznym o różnych wartościach (dane literaturowe za [3])



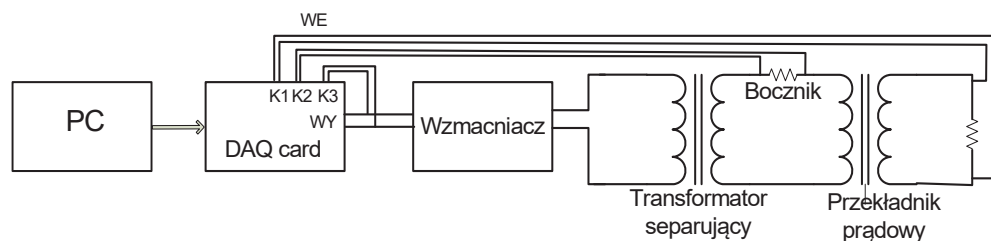
Rysunek 3. Zależność przenikalności magnetycznej względnej od wartości maksymalnej natężenia pola magnetycznego rdzenia przekładnika o prądzie znamionowym $I_n = 60$ A

Jak widać na rys. 3, przenikalność magnetyczna względna pozostaje stała w zakresie pola magnetycznego od 20 A/m do ok. 400 A/m. Powyżej 400 A/m przenikalność gwałtownie maleje, co prowadzi do znacznych błędów przekładników powyżej zakresu prądu znamionowego. Z tego też względu określone są błędy przetwarzania w zakresie do 120 % I_n .

2.3.4. Badania eksperymentalne przekładników prądowych

2.3.4.1. Układ pomiarowy

W pracy pomiary wykonywano, wykorzystując system pomiarowy oparty na karcie DAQ LabVIEW® i NI PCI-6123 [4], z jednoczesną akwizycją danych w celu pomiaru różnych atrybutów metrologicznych przekładników prądowych w rozważaniach. Schemat systemu przedstawiono na rys. 4.



Rysunek 4. Schemat ideowy układu pomiarowego [4]

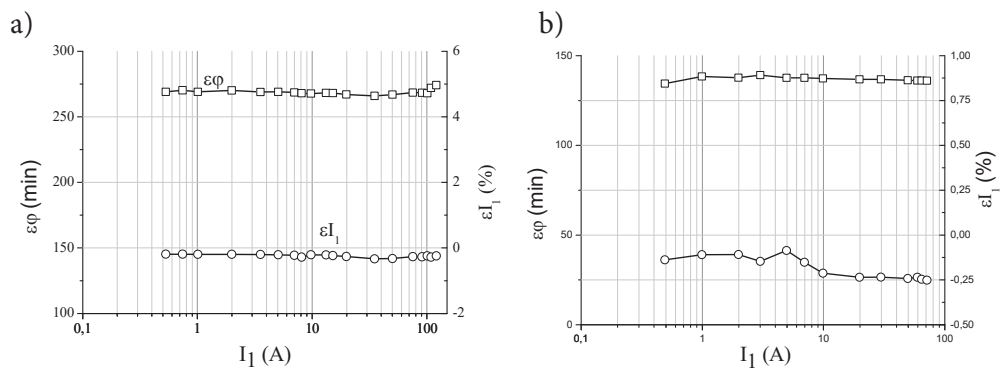
Prąd pierwotny jest mierzony za pomocą specjalnego rezystora o bardzo małej indukcyjności $L < 7 \text{ nH}$ i mocy dysypacji odpowiedniej do zakresu pomiarowego przekładnika. Transformator separujący, pokazany na rys. 2, może pracować w trybie ciągłym przy $7,5 \text{ V}$ i 300 A (2 kVA) i służy do filtrowania składowej stałej wzmacniacza mocy.

Przesunięcie fazowe zostało określone jako różnica kątowa między przejściem przez zero sygnału pierwotnego i wtórnego. Obliczano błędy przesunięcia kąтового $\varepsilon\varphi$ i amplitudy prądu εI_1 . Kontrolowano również całkowitą zawartość harmonicznych THD% i współczynnik kształtu FF%.

2.3.4.2. Podstawowe własności metrologiczne przekładników

Zmierzono różne parametry sygnałów wejściowych/wyjściowych, jak współczynnik zawartości harmonicznych THD%, kształtu FF%, a także przesunięcie fazowe φ między prądem pierwotnym i wtórnym. W przekładnikach prądowych mocy ułamkowej definicja błędów, inna niż w przekładnikach konwencjonalnych: błąd całkowity εI między wartościami chwilowymi rzeczywistego prądu wtórnego i prądu pierwotnego nie może być stosowany ze względu na znaczne przesunięcia fazowe rzędu kilku stopni. Błędy fazowe mogą być stosunkowo łatwo niwelowane, natomiast do oceny transformacji stosuje się błąd amplitudowy εI_1 .

Przykład pomiaru wykonanego za pomocą układu przedstawionego na rys. 4 kąta fazowego $\varepsilon\varphi$ i błędu prądu εI_1 dla przekładnika prądowego wykonanego z amorficznego rdzenia opartego na rdzeniu przedstawiono na rys. 5.



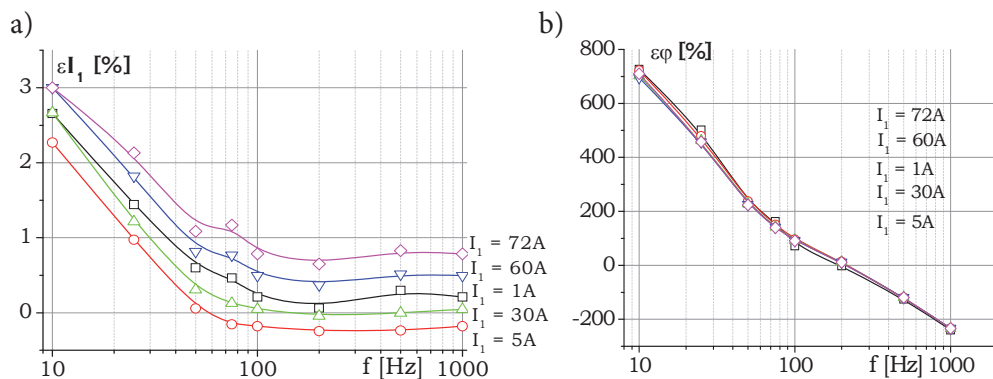
Rysunek 5. Błąd kąta fazowego $\varepsilon\varphi$ i błąd amplitudowy εI_1 od amplituda prądu pierwotnego dla przekładnika prądowego [11]: a) taśma amorficzna na bazie węgla i b) taśmy nanokrystaliczne na bazie Fe

Z rys. 5 widać, że oba błędy $\varepsilon\varphi$ i εI_1 są prawie stałe co do wartości w całym zakresie prądów pierwotnych przekładnika, ale kąt fazowy $\varepsilon\varphi$ wynosi około 270 minut (4 stopnie i 30 minut). Jak wspomniano, zjawisko to powoduje trudności w klasyfikacji takich przekładników prądowych, gdyż klasy dokładności określane są w odniesieniu do błędów całkowitych. Błąd całkowity w przypadku, jaki przedstawiono na rys. 5, jest znacznie większy ze względu na znaczny błąd kątowy. Jednak błędy kątowe w przypadku tych przekładników są prawie stałe w całym zakresie prądów przekładnika. Błąd taki może być łatwo skompensowany w nowoczesnych licznikach energii elektrycznej [10, 1, 7].

2.3.4.3. Zależność częstotliwościowa od błędów εI_1 i $\varepsilon\varphi$

W analizie zależności właściwości metrologicznych przekładników prądowych w zależności od częstotliwości należy uwzględnić dodatkowe zjawiska. Duża zawartość harmonicznych w prądzie pierwotnym, występująca w sieciach Smart Grid, spowodowana jest regulacją szerokości impulsu i przekształtnika, które są często stosowane w nowoczesnej sieci energetycznej. Wprowadzają one zniekształcenia harmoniczne, w wyniku czego prąd nie ma kształtu sinusoidalnego. Jednak nawet w takich warunkach wymagany jest dokładny pomiar energii wytworzonej lub wyprodukowanej w technologii Smart Grid.

Podstawowym zjawiskiem, które istotnie wpływa na kształt częstotliwościowych charakterystyk metrologicznych przekładników prądowych, są pojemności pasywność uzwojeń. Pojemności te są bardzo trudne do uwzględnienia na etapie projektowania przekładników, ze względu na rozłożony charakter i zależność od wielu parametrów konstrukcyjnych uzwojeń. Wpływ częstotliwości prądu pierwotnego na błąd pomiaru wartości prądu i błąd przesunięcia fazowego przedstawiono na rys. 6.



Rysunek 6. Błąd kątowy ε_φ i błąd amplitudowy ε_{I_1} w zależności od częstotliwości prądu pierwotnego z sinusoidalnym kształtem fali dla przekładnika prądowego wykonanego z taśmy nanokrystalicznej na bazie żelaza

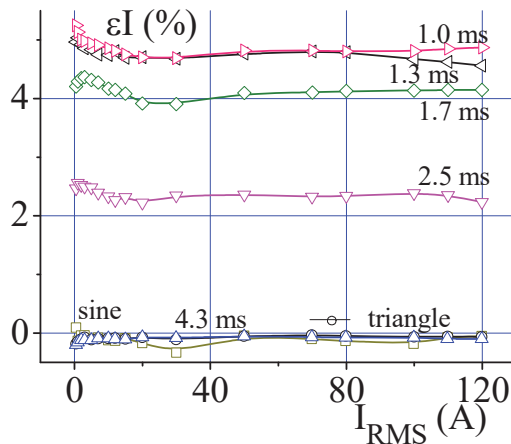
Wpływ częstotliwości na błąd pomiaru prądu ε_{I_1} jest względnie mały. Jedynie dla małych wartości częstotliwości poniżej 50 Hz to błąd pomiaru prądu. W przypadku błędu kąтового ε_φ w zakresie wpływu częstotliwości od 10 Hz do 1 kHz kąt przesunięcia fazowego φ zmienia się w granicach od ok. 700 min do ponad -200 min, rys. 4b). Takie zachowanie błędów ε_{I_1} i ε_φ było obserwowane w przypadku przekładników wykonanych z rdzeni amorficznych na bazie kobaltu i nanokrystalicznych na bazie żelaza. Na rys. 5 przedstawiono również zależność błędów pomiarowych od wartości szczytowej, jak i od kształtu fali prądu pierwotnego.

2.3.4.4. Wpływ kształtu mierzonego prądu

Na rys. 7 przedstawiono zależność zarówno błędów pomiarowych od wartości szczytowej, jak i od kształtu fali prądu pierwotnego. Wprawdzie zaobserwowano duży wpływ wyższych harmonicznych, jednak w przypadku odmiennego kształtu prądu pierwotnego (trójkątnego, trapezoidalnego) nie zaobserwowano znacznego wzrostu błędów.

W przypadku sinusoidy, trójkąta i trapezu (z długim czasem narastania boków) przebiegu błąd prądu ε_{I_1} nie zmienia się znacząco w zakresie wartości prądu pierwotnego znamionowego. Jednakże w przypadku trapezoidalnego kształtu fali o krótkim czasie narastania boków trapezu, bieżący błąd ε_{I_1} rośnie wraz z malejącym czasem narastania. Błąd przesunięcia fazowego ε_φ (niepokazany na rys. 7) nie zmienia się znacząco dla wspomnianych kształtów fal.

Nowoczesne przekładniki prądowe o ułamkowej mocy doskonale sobie radzą także z szybką zmianą prądu i są odporne na składową stałą, a z ekranem także na zewnętrzne pola magnetyczne.



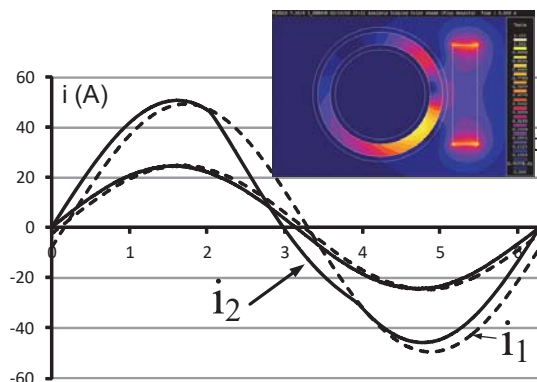
Rysunek 7. Błąd amplitudowy ϵI przekładnika prądowego wykonanego z taśmy nanokrystalicznej w zależności od wartości skutecznej prądu pierwotnego o kształcie sinusoidalnym, trójkątnym i trapezoidalnym i różnych czasach narastania przy częstotliwości 50 Hz

2.3.4.5. Wpływ magnesów stałych na przekładniki prądowe

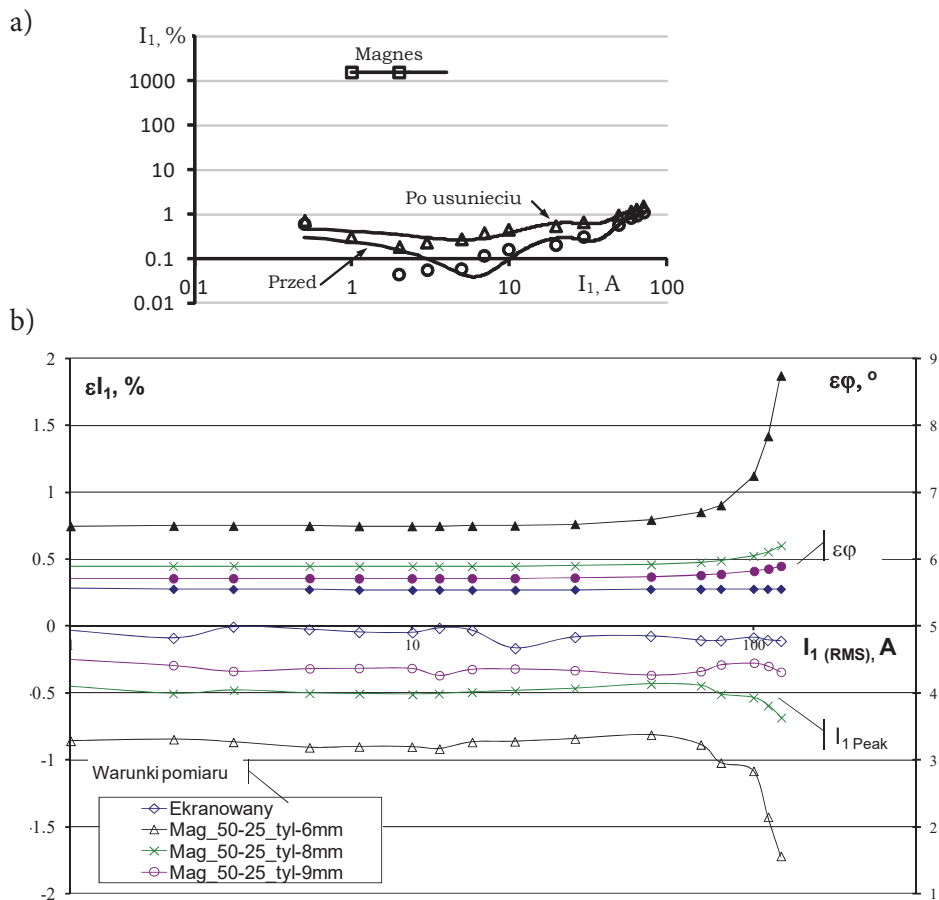
Taśmy nanokrystaliczne na bazie żelaza coraz częściej wypierają materiały amorficzne na bazie kobaltu w zastosowaniach na rdzenie przekładników prądowych. Głównym powodem jest znacznie niższa cena tych pierwszych i równie dobre właściwości metrologiczne, jak przedstawiono powyżej. W sieciach Smart Grid przekładniki prądowe w licznikach energii elektrycznej mogą być narażone na oddziaływanie pola magnetycznego od magnesów twardych [4]. Prowadzi to najczęściej do znacznych ujemnych błędów przetwarzania przekładników prądowych, jak pokazano na rys. 9. Na rys. 8 przedstawiono mechanizm oddziaływania magnesu trwałego na rdzeń przekładnika prądowego z taśmy nanokrystalicznej.

Wpływ magnesu stałego jest widoczny jako zniekształcony kształt fali mierzonego prądu wtórnego. Poprawnie zaprojektowany ekran magnetyczny przekładnika prądowego skutecznie usuwa negatywne oddziaływanie magnesu trwałego. Skuteczność działania ekranu determinuje jego grubość i materiał, z jakiego został wykonany. Zatem optymalny ekran musi być tani i skuteczny. Ze względu na fakt, że przekładniki są urządzeniami stacjonarnymi, ich ekrany wykonuje się ze stali i są stosunkowo ciężkie. Przy odległości ok. 1 cm od ekranu przekładnika zapewniają poprawne działanie przekładników w obecności magnesów neodymowych.

Dokładne pomiary błędów są prawie niemożliwe (rys. 8). Przykłady pomiarów dokładności przekładników prądowych ułamkowej mocy w obecności magnesów neodymowych, przekładników bez ekranu i z ekranem przedstawiono na rys. 9.



Rysunek 8. Wpływ magnesu stałego na kształt prądu wtórnego ekranowanego przekładnika prądowego z rdzeniem na bazie amorficznej Co



Rysunek 9. Wpływ magnesu stałego na błędy pomiarowe przekładników prądowych z rdzeniami wykonanymi z taśmy nanokrystalicznej na bazie kobaltu bez ekranu a) i z ekranem b)

Z rysunku 9 wynika, że wpływ magnesu stałego jest mniejszy, ale nadal znaczący, nawet w przypadku ekranowanego przekładnika prądowego. Jednak proces ten jest odwracalny i błędy zmniejszają się do poprzedniej wartości po usunięciu magnesu.

2.3.5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów własności metrologicznych różnych przekładników prądowych. Nowoczesne przekładniki prądowe mocy ułamkowej spełniają ostre wymagania stawiane urządzeniom kontroli sieci Smart Grid. Możliwe jest zbudowanie stosunkowo prostego i dokładnego systemu pomiarowego do pomiarów parametrów metrologicznych przekładników prądowych w oparciu o LabVIEW. Skonstruowany system pomiarowy oparty o platformę LabView umożliwia wszechstronne testy przekładników prądowych. Wpływ częstotliwości prądu pierwotnego na błąd przesunięcia fazy ϵ_φ i błąd bieżący ϵ_{I_1} jest znaczący i należy go uwzględnić we współczesnych licznikach energii elektrycznej.

Wpływ zewnętrznych pól magnetycznych może być wyeliminowany poprzez ekranowanie. Magnesy trwałe mają również wpływ na właściwości metrologiczne przekładników prądowych, ale zjawisko to jest odwracalne.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów własności metrologicznych różnych przekładników prądowych dla liczników energii elektrycznej. Właściwości metrologiczne przekładników prądowych wykonane z taśm nanokrystalicznych na bazie Fe ulegają pogorszeniu, gdy częstotliwość różni się od 50 Hz lub kształt fali pierwotnej różni się od sinusoidy i jest bliski prostokątnemu. Wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych wykazują, że w wyższych harmonicznych przekładniki prądowe mogą stanowić przyczynę znacznych błędów pomiarowych. Częstotliwości prądu pierwotnego mają znaczny wpływ na błędy kątowe, ale współczesne elektroniczne liczniki umożliwiają jego stosunkowo łatwą korekcję.

Literatura

1. Aparator product catalogues, <http://oferta.apator.eu>.
2. Bakshi U. A., Bakshi A. V., *Electrical Measurements And Measuring Instruments*, „Technical Publications” 2009, s. 3–18.
3. *Current transformers for electronic watt-hour meters*, VAC Catalogue: <http://www.vacuumschmelze.de>
4. DAQ S Series, S Series User Manual, National Instruments, May 2009.
5. Draxler K., Styblíková R., *Effect of magnetization on instrument transformer errors*, „Journal of Electrical Engineering” 2010, vol. 61, No. 7, pp. 50–53.

6. Hilzinger R., Rodewald W., *Magnetic materials*, Vacuumschmelze GmbH & Co. KG, Hanau, Publicis Publishing, Erlangen, 2013.
7. *JMTronik product catalogues*: <http://www.jmtronik.pl>
8. Koszmider A., Olak J., Piotrowski Z., *Current transformers* (in Polish: Przekładniki prądowe), WNT, Warszawa 1985.
9. NANOPERM® Products, Magnetec Catalogue: www.magnetec.de
10. *Pozyton product catalogues*: <http://www.pozyton.com.pl>.
11. Soiński M., Pluta W., Zurek S., Kozłowski A., *Metrological attributes of current transformers in electrical energy meters*, „International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics” 2014, Vol. 44, No. 3–4, pp. 279–284.
12. Standard IEC 60044-1 Instruments Transformers Part I. Current transformers.

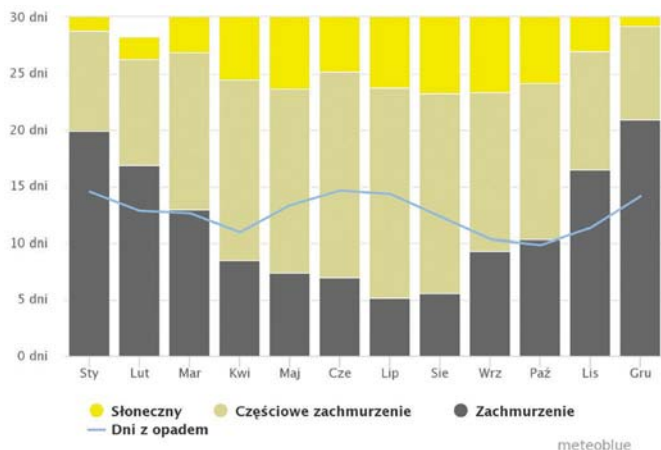
2.4. Opłacalność zastosowania małej elektrowni fotowoltaicznej w pensjonacie*

2.4.1. Wstęp

Rozdział stanowi studium przypadku. Nowością jest spojrzenie od strony inwestora. Firmy sprzedające elektrownie fotowoltaiczne używają narzędzi marketingowych służących sprzedaży. Umowa między firmą a klientem nie gwarantuje mu zwrotu nakładów, a jedynie instalację paneli i przetwornika. Podczas rozmów handlowych omija się niektóre problemy techniczno-ekonomiczne. Niektóre z nich są jednak decydujące o opłacalności [1]. Na przykład nasłonecznienie występujące w miejscu zainstalowania paneli. Słońce porusza się po łuku i tylko przez krótki czas jego promienie padają na panel, dając maksimum mocy. Przed i po tym momencie padające promienie zapewniają mniejszą moc generowaną przez panele. A sprzedający przedstawia na wykresie dzień słoneczny, nie uwzględniając tych zmian.

Wprowadzenie układów nadążnych rozwiązałyby ten problem – jednak podwaja ono koszty inwestycji. W omawianym studium przypadku nigdy nie udało się uzyskać mocy znamionowej! Wartość maksymalna była niższa minimum o około 10% mocy znamionowej.

Najobfitszym źródłem energii odnawialnej jest energia słoneczna. Do powierzchni Ziemi dociera 86 petawatów mocy, czyli około 5 tys. razy więcej niż wynosi zapotrzebowanie ludzkości (około 18 terawatów [575 EJ/rok] w 2015 r. według U.S. Energy Information Administration) [3].



Rysunek 1. Dni słoneczne, opady w Wielkopolsce [4]

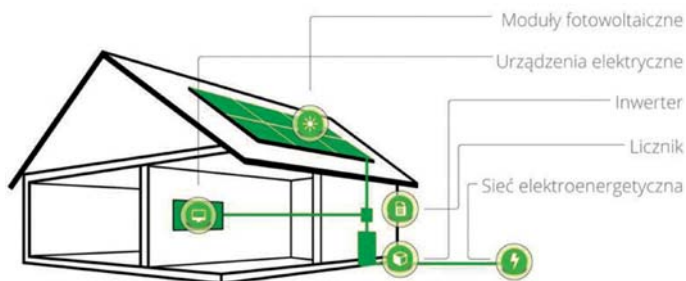
* Autor: mgr Okechukwu Nwafor, Wyższa Szkoła Komunikacji i Zarządzania, ul. św. Czesława 6, 61-575 Poznań, e-mail: exclusiveanalysisltd@gmail.com

Tabela 1. Liczba godzin słonecznych w ciągu doby (nasłonecznienie) uśredniona wartość w latach 2012–2018 [5]

Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik	Listopad	Grudzień	
3,0	4,0	5,7	7,6	9,3	8,7	9,7	9,1	6,6	5,0	2,8	2,7	[godz.]
47	65	73	89	93	95	95	97	89	74	53	43	Dostępność danych [%]

2.4.2. Opis działania instalacji fotowoltaicznej

Opis działania instalacji fotowoltaicznej jest dobrze nakreślony w źródłach literaturowych i internetowych. W skład instalacji fotowoltaicznej wchodzi panele fotowoltaiczne, inwerter DC/AC, specjalistyczne przewody połączeniowe, elementy montażowe. Schemat typowej instalacji fotowoltaicznej został pokazany na rys. 2.



Rysunek 2. Schemat instalacji fotowoltaicznej [13]

2.4.3. Studium przypadku

Elektrownia fotowoltaiczna została zamontowana w Pensjonacie HELENA w Opalenicy w czerwcu 2016 r. Moc znamionowa instalacji to 6,0 kW. Składa się z 27 paneli fotowoltaicznych umieszczonych na 170 m² dachu. Moc zainstalowana w obiekcie to około 56,3 kW. Szczegółowo pokazano to w tab. 2.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną jest nierównomierne. Rano po godz. 6.00 goście korzystają z czajników elektrycznych (1,5 kW) oraz oświetlenia.

Tabela 2. Elektryczne wyposażenie pokoi

Pokój	Bojler	Kuchenska	Grzejnik	Lodówka	TV	Inne	SUMA [kW]
1	1,5	1,5	2,0	0,2	0,1	0,4	5,7
2	1,5	1,5	2,0	0,2	0,1	0,4	5,7
3		1,5	1,5	0,2	0,1	0,3	3,6
4	1,5	1,5	2,0	0,2	0,1	0,4	5,7
5		1,5	1,5	0,2	0,1	0,3	3,6
6	1,5	1,5	2,0	0,2	0,1	0,3	5,6
7	1,0		1,0		0,1	0,3	2,4
8	1,5	1,5	1,5	0,2	0,1	0,3	5,1
9			3,0		0,3	0,5	3,8
10	1,5	1,5	1,5	0,2	0,1	0,3	5,1
11	1,5	1,5	1,5	0,2	0,1	0,2	5,0
12	1,5	1,5	1,5	0,2	0,1	0,2	5,0
SUMA [kW]	13,0	15,0	30,0	2,0	1,4	3,9	56,3

Źródło: oprac. własne.

Latem grzejniki olejowe są wyłączone. Do godz. 16.00 zapotrzebowanie jest bliższe zeru. Po 16.00 uruchamiane są kuchenki elektryczne oraz zaczynają ponownie nagrzewać wodę bojleru. Zatem można by założyć, że od maja do sierpnia układ powinien wygenerować od 8.00 do 16.00 energię na sprzedaż. Prosty rachunek daje tu $120 \text{ dni} \cdot 8 \text{ godz.} \cdot 5 \text{ kW} = 4\,800 \text{ kWh}$.

Projektant instalacji jako cel przyjął pokrycie zapotrzebowania energii elektrycznej, która jest używana do podgrzewania ciepłej wody. Założenie okazało się błędne, gdyż w większości goście korzystają z natrysków wieczorem, co powoduje podgrzewanie wody wieczorem lub w nocy.

W tab. 3 zebrano dane na podstawie obserwacji. Kolumna energia zużyta stanowi odczyt z licznika energii elektrycznej pozycji 180, co oznacza energię pobraną z sieci energetycznej na określony dzień. Jest ona pokazywana narastająco. Kolumna energia oddana to odczyt pozycji 280 licznika, który pokazuje energię elektryczną oddaną do sieci. Wartość pokazywana jest narastająco. Produkcja dzienna odczytywana jest z inwertera. Wskazuje ona na energię wyprodukowaną przez panele przez cały dzień. Energia chwilowa to aktualna (chwilowa) wartość energii generowana w mierzonym momencie.

Idealne wartości dla inwestora to 48 kW generowanych w ciągu dnia, a 6,0 kW generowana chwilowo. Te wartości nigdy nie zostały osiągnięte. Nawet w słoneczne dni promienie słoneczne padające na panel nie padają pod kątem prostym, który pozwoliłby na osiągnięcie oczekiwań. Jest to wynikiem kompromisu wynikającego z różnych wysokości pozycji słońca w różnych porach roku.

Tabela 3. Produkcja i zużycie energii elektrycznej HELENA 2016–2018

Data	Energia zużyta (pozycja 180)	Energia oddana (pozycja 280)	Produkcja dzienna (kW)	Produkcja chwilowa (kW, godz. 13.00)
27.08.2016	1502	334	9,6	
28.08.2016	1528	347	1,3	
02.09.2016	1709	442	25,1	
14.09.2016	2070	651	20,7	
18.09.2016	2195	721	1,6	
27.01.2017	22346	181	0,1	
13.04.2017	39500	342	11,3	
14.04.2017	39962	343	9,9	
16.04.2017	40264	346	0,14	
20.04.2017	40702	358	2,7	
03.05.2017	42607	406	1,9	
08.05.2017	43900	407	0,74	
16.06.2017	46119	1004		
14.07.2017	47226	1364	4,2	
16.07.2017	47257	1405	7,1	
28.07.2017	47754	1562	27,4	3,35
10.08.2017	48000	1764	16,9	0,89
17.09.2017	49500	2150	1	2,93
21.11.2017	57172	2402		
18.01.2018	71297	2414,1		
21.01.2018	71911	2414,6	0,188	0,1
09.03.2018	84448	2414,6		
28.12.2018	116666	5036	0,65	0,6

Źródło: oprac. własne na podstawie obserwacji.

Nadwyżki energii elektrycznej wyprodukowane przez tę małą instalację fotowoltaiczną rozliczane są z Zakładem Energetycznym na podstawie faktury wystawionej przez właściciela małej instalacji fotowoltaicznej. Kwotę, na którą przedsiębiorca wystawia fakturę, określa się jako iloczyn ilości energii wprowadzonej do sieci publicznej i średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym. Informacje dotyczące ceny energii publikowane są na stronie internetowej URE na każdy kwartał danego roku. W roku 2017 średnia cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym wynosiła 163,70 zł/MWh [14]. Wartość sprzedanej energii na dzień 20.12.2018 r. wynosi: $2\,500\text{ kWh} \cdot 0,1637 = 409,25\text{ zł}$ za 30 miesięcy. Zysk miesięczny: 13,64 zł. Zwrot z inwestycji nastąpi po 2 493 miesiącach, czyli po 208 latach. Jest to uproszczenie, bo nie jest tu liczona energia wykorzystana w systemie, zmniejszająca ilość dostarczonej energii.

Instalacja została włączona do sieci energetycznej 1 lipca 2016 r. W tym samym momencie nastąpiła zmiana dostawcy energii z grupy ENEA na PGE. Kosztami prze-

syłu obciąża inwestora nadal ENEA Dystrybucja. Koszt całej instalacji wraz z montażem wyniósł 34 000,89 zł.

W roku 2016 w Opalenicy powstały dwie podobnej wielkości instalacje fotoelektryczne. Opisywana instalacja była większa. Druga to instalacja właściciela znanego hotelu Remes.

Ta niewielka liczba powstałych instalacji była wynikiem przede wszystkim braku środków w Banku Ochrony Środowiska, który uruchamiał projekt dla osób indywidualnych Prosumer.

Szczegółowe zestawienia zużycia energii elektrycznej pokazane zostały w tabelach rocznych z lat 2016–2018.

Tabela 4. Szczegółowe zestawienia zużycia energii elektrycznej za rok 2016

Sprzedawca	Data wystawienia faktury	Zużycie [kWh]	Kwota brutto [zł]
ENEA Dystrybucja	2016.01.25	13 960	9 848,14
ENEA Dystrybucja	2016.03.25	12 280	8 621,38
ENEA Dystrybucja	2016.05.19	7 109	5 085,80
ENEA Dystrybucja	2016.07.20	3 022	2 273,69
ENEA Dystrybucja	2016.08.31	2 176	1 599,52
ENEA Dystrybucja	2016.11.07	15 992	11 947,38
Suma 2016			39 375,91

Źródło: oprac. własne.

Faktury wystawione od lipca zawierają udział OZE w zużyciu energii elektrycznej. Wartość energii zużytej w roku 2016 wyniosła 39 375,91 zł. Średnia miesięczna to koszt około 3 281,33 zł.

Tabela 5. Szczegółowe zestawienia zużycia energii elektrycznej za rok 2017

Sprzedawca	Data wystawienia faktury	Zużycie [kWh]	Kwota brutto [zł]
PGE Obrót SA	2017.01.09		0,00
ENEA Dystrybucja	2017.01.05		0,00
PGE Obrót SA	2017.03.08		6 674,30
ENEA Dystrybucja	2017.03.05		3 187,37
PGE Obrót SA	2017.05.08		4 847,31
ENEA Dystrybucja	2017.05.08		2 352,23
PGE Obrót SA	2017.07.05		1 838,15
ENEA Dystrybucja	2017.07.04		976,71
PGE Obrót SA	2017.09.07		964,57
ENEA Dystrybucja	2017.09.05		577,37
PGE Obrót SA	2017.11.13		2 102,73
ENEA Dystrybucja	2017.11.07		1 097,64
Suma 2017			24 618,38

Źródło: oprac. własne.

W roku 2017 koszt całkowity zużytej energii wyniósł 24 618,38 zł. Miesięczna wartość średnia wynosiła w 2017 r. około: 2 051,53 zł. Ta znacząca obniżka kosztów zawierała zarówno udział generowanej energii przez OZE, jak również obniżenie ok. 12% kosztów energii i jej dystrybucji. Nastąpiła bowiem zmiana firmy dostarczającej energię z ENEA Operator na PGE. Koszt 1 kWh obniżył się z 0,3999 do poziomu 0,3509 zł i niektórych innych opłat.

Tabela 6. Szczegółowe zestawienia zużycia energii elektrycznej za rok 2018

Sprzedawca	Data wystawienia faktury	Zużycie [kWh]	Kwota brutto [zł]
PGE Obrót SA	2018.01.09	12 621	5 499,58
ENEA Dystrybucja	2018.01.05	12 621	2 567,81
PGE Obrót SA	2018.03.08	15 653	6 797,75
ENEA Dystrybucja	2018.03.05	15 653	3 205,07
PGE Obrót SA	2018.05.08	11 587	5 042,83
ENEA Dystrybucja	2018.05.08	11 587	2 413,38
PGE Obrót SA	2018.07.05	3 784	1 657,01
ENEA Dystrybucja	2018.07.04	3 784	894,07
PGE Obrót SA	2018.09.07	3 143	1 410,06
ENEA Dystrybucja	2018.09.05	3 143	769,27
PGE Obrót SA	2018.11.13	5 249	2 307,30
ENEA Dystrybucja	2018.11.07	5 249	1 179,31
Suma 2018			33 743,44

Źródło: oprac. własne.

Koszt zużytej energii w 2018 r. wzrósł do 33 743,44 zł. Miesięczna wartość kosztu energii (uśredniona) wyniosła 2 811,95 zł. Wzrost wynikał ze średniej wartości współczynnika wynajmu pokoi. Wzrósł on do poziomu 70% w całym roku.

Udział kosztów energii elektrycznej w przychodach pensjonatu jest bardzo wysoki. W badanym okresie wahał się od 0,43 do 0,46.

Analizując wpływ poszczególnych czynników i ich wzajemną zależność, określono współczynniki korelacji liniowej. Badaniu podlegały takie czynniki jak: przychody, koszty energii zużytej, koszty zużytej wody, ilość dni słonecznych oraz ilość dni grzewczych. Obliczone wartości przedstawiały się jak niżej.

Tabela 7. Współczynniki korelacji 2016–2018

Zależność korelacyjna między	Współczynnik
Przychody – energia zużyta	0,99877
Przychody – woda	0,496526
Energia zużyta – woda	0,452881
Energia zużyta – dni słoneczne	-0,19639
Energia zużyta – dnie grzewcze	-0,99852

Źródło: oprac. własne.

Bardzo silna korelacja występuje między przychodami i kosztami zużycia energii elektrycznej. Jest ona na poziomie 0,999. Słaba korelacja jest między energią zużytą a dniami słonecznymi – 0,19. Oznacza to, że im więcej dni słonecznych, tym niższe koszty. Słabość tej korelacji udowadnia tezę o niewłaściwym doborze mocy instalacji fotoelektrycznej.

Również bardzo silna korelacja (ujemna) występuje między energią zużytą a dniami grzewczymi. Im więcej dni grzewczych, tym mniejsze zużycie energii elektrycznej. Wartość tego współczynnika wynosi -0,999. Ciepło się akumuluje w ścianach pomieszczeń.

2.4.4. Podsumowanie

Reasumując, inwestycja w system fotowoltaiczny jest bardziej opłacalna pod warunkiem doboru odpowiedniej mocy systemu, która umożliwi, w przypadku osób prywatnych, pokrycie 100% zapotrzebowania na energię elektryczną i dodatkowo magazynowanie części energii w sieci i jej bezpłatny odbiór. W przypadku firm odpowiednia moc instalacji PV zapewni pokrycie ok 60% zapotrzebowania energetycznego przedsiębiorstwa, tak aby produkcja energii z systemu fotowoltaicznego była na bieżąco konsumowana i nie powstawały nadwyżki energetyczne, które trzeba odsprzedać do sieci publicznej po niekorzystnych stawkach, zapewniając korzystny rachunek ekonomiczny [2]. W sytuacji opisywanego przedsiębiorstwa zainstalowanie instalacji 6,0 kW jest słabo odczuwalne. Moc, którą powinien zaproponować projektant, powinna być około 8 razy większa, czyli powinna wynosić optymalnie 48 kW. Jednak wtedy wzrost nakładów inwestycyjnych wzrósłby około pięciokrotnie do kwoty przekraczającej 150 tys. zł. Wtedy zmalałyby koszty poboru energii elektrycznej (jednak nigdy do zera), a pozostałyby koszty pozyskania kapitału.

Sytuację mogłoby poprawić rozwiązanie, w którym uczestniczy rząd. Zrównanie kwot za 1 kWh i wprowadzenie dotacji lub preferencji podatkowych. A może nawet jeszcze szerszej – pomocy publicznej.

Literatura

1. http://elektromasters.pl/pl/baza_wiedzy/jak_dziala_system_pv (dostęp: 20.09.2018).
2. http://elektromasters.pl/pl/baza_wiedzy/rozliczenie_instalacji_pv (dostęp: 20.09.2018).
3. https://pl.wikipedia.org/wiki/Odnawialne_%C5%BAr%C3%B3d%C5%82a_energii (dostęp: 20.09.2018).
4. https://www.meteoblue.com/pl/pogoda/prognoza/modelclimate/pozna%C5%84_polska_3088171 (dostęp: 20.09.2018).

5. <https://www.weatheronline.pl/weather/maps/city?FMM=1&FYY=2012&LM-M=12&LYY=2018&WMO=12330&CONT=plpl®ION=0001&LAND=PL&ART=SON&R=0&NOREGION=0&LEVEL=162&LANG=pl&MOD=tab>
6. Jeleń K., Cały M., *Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2012.
7. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 grudnia 2005 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii, Dz. U. 2005, nr 261, poz. 2187.
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 lutego 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii, Dz. U. 2010, nr 34, poz. 182.
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 3 listopada 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii, Dz. U. 2006, nr 205, poz. 1510.
10. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 roku o odnawialnych źródłach energii, Dz. U. 2018, poz. 2389.
11. Ustawa z dnia 8 stycznia 2010 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz o zmianie niektórych innych ustaw, Dz. U. 2010, nr 21, poz. 104.
12. World Energy Outlook 2017 Executive Summary, International Energy Agency, Paris 2017.
13. www.pulsar-bielsko.pl (dostęp: 20.09.2018).
14. www.ure.gov.pl (dostęp: 20.09.2018).

ROZDZIAŁ 3

Nowoczesne technologie

Surowe obostrzenia dotyczące emisji CO₂, kurczące się zasoby surowców i szybko rosnące zapotrzebowanie na energię powoduje, że tradycyjne modele produkcji energii wyczerpują się. Unijny pakiet klimatyczny narzuca nam odpowiednie limity emisji dwutlenku węgla oraz konieczność uzyskania 15% udziału OZE w miksie energetycznym do 2020 r. Praktycznie wszyscy eksperci zgodnie twierdzą, że kluczowym elementem rozwoju współczesnej energetyki, warunkującym wzrost konkurencyjności tego sektora, a jednocześnie zapewniającym zrównoważony rozwój gospodarczo-środowiskowy, będą nowoczesne technologie i innowacje. We współczesnym świecie nie jest możliwe odniesienie sukcesu gospodarczego bez połączenia wyspecjalizowanej wiedzy w tworzeniu innowacyjnych rozwiązań oraz zastosowaniu odpowiednich technologii pozwalających przełamać pewne wzorce postępowania.

W rozdziale trzecim tej monografii zwrócono uwagę na kilka aspektów, które współcześnie bardzo dynamicznie się rozwijają. Pierwszym elementem jest magazynowanie energii. W podrozdziale 3.1 opisano innowacyjne rozwiązanie dotyczące systemu przetwarzania energii, opierającego się na magazynie energii kinetycznej zbudowanym na bazie silnika PM BLDC. Podrozdział 3.2 opisuje natomiast inne możliwości budowy magazynów energii opartych na układach supramolekularnych wykorzystujących specyficzne cechy nanomateriałów i nanostruktur do magazynowania energii na poziomie molekularnym. Niezbędnym elementem funkcjonowania systemu elektroenergetycznego są transformatory energetyczne. Efektywność ich pracy związana jest z ich konstrukcją. Podrozdział 3.3 poświęcono opisowi technologii wyrobu blach o podwyższonej zawartości krzemu. Ostatni podrozdział poświęcono adsorbcyjnym urządzeniom chłodniczym i opisano w nim koncepcję sterowania adsorbcyjnego układu chłodniczego małej mocy.

Katarzyna Oźga

3.1. System przetwarzania energii – magazyn energii kinetycznej na bazie silnika PM BLDC*

3.1.1. Wstęp

Od kilku lat jednym z najważniejszych problemów technologicznych jest sposób magazynowania dużych partii energii. Ludzkość potrafi wytworzyć coraz więcej energii korzystając z odnawialnych źródeł, które są coraz bardziej popularne również w Polsce, natomiast problem magazynowania pozostaje. W przypadku wytwarzania i zużywania energii, problem jest znacznie mniej widoczny, jednak gdyby wziąć pod uwagę wytwarzanie energii nocą, gdy większość firm, fabryk nie ma takiego zużycia, producenci energii zmuszeni są do ograniczania ilości wytwarzanej energii – a to powoduje spadek efektywności wytwarzania energii w tym czasie. Posiadając bardzo duże i wydajne magazyny energii, można być pewnym również bardzo dużych oszczędności w aspektach ekonomicznych. Magazynowana energia nocą i zużywana w ciągu dnia jest tańsza. Magazyny energii oparte na magazynach kinetycznych, których podstawą są silniki PM BLDC, pozwalają na osiąganie stosunkowo dużych mocy oraz, co jest bardzo istotne, przekraczanie maksymalnych mocy do 5, a nawet 7 razy w stosunku do mocy nominalnej w krótkotrwałych odstępach czasowych lub do przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej temperatury.

Układy magazynowania energii składają się z trzech elementów:

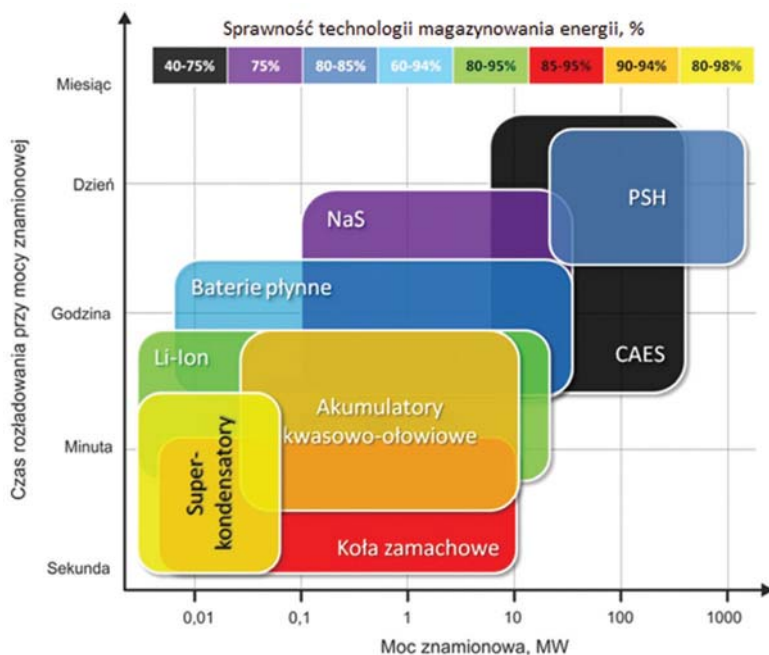
- magazynów właściwych (akumulatory, superkondensatory, zbiorniki powietrza, wirująca masa, itd. – przechowywanie energii);
- układów przetwarzania (konwersja energii z jednej postaci w drugą);
- układów peryferyjnych (kontrola, regulowanie oraz nadzór nad pracą magazynu oraz środowiskiem).

* *Autorzy:* mgr inż. **Zbigniew Gałuszkiewicz**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: z.galuszkiewicz@el.pcz.czest.pl

mgr inż. **Patryk Gałuszkiewicz**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: p.galuszkiewicz@el.pcz.czest.pl

dr inż. **Dariusz Całus**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: dc@el.pcz.czest.pl

mgr inż. **Ewelina Szymczykiewicz**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych, e-mail: ewelina.szymczykiewicz@gmail.com



Rysunek 1. Porównanie różnych technologii magazynowania energii na podstawie mocy znamionowej oraz całkowitego czasu rozładowania [3]

Z przedstawionego na rysunku 1 schematu można wywnioskować, iż układami zapewniającymi najdłuższe okresy dostaw energii są układy PSH oraz CAES. W przypadku układów CAES można jednak zauważyć niezbyt dużą sprawność technologii wahającą się pomiędzy 40–75%. W przypadku magazynów chemicznych, opartych na bateriach na przykład litowo-jonowych, mamy wyższą sprawność niż w przypadku magazynów szczytowo-pompowych oraz sprężonego powietrza, ale znacznie mniejsze moce i pojemności, a także pozwalające na niewielkie przekroczenia mocy w stosunku do mocy nominalnej. Magazyny energii oparte na magazynach kinetycznych, których podstawą są silniki PM BLDC, pozwalają na osiągnięcie stosunkowo dużych mocy oraz, co jest bardzo istotne, przekraczanie maksymalnych mocy do 5, a nawet 7 razy w stosunku do mocy nominalnej w krótkotrwałych odstępach czasu lub do przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej temperatury.

3.1.2. Akumulatory

Zgodnie z danymi przedstawionymi na rysunku 1, akumulatory kwasowo-ołowiowe posiadają wysoką sprawność sięgającą 94%. Najbardziej rozpowszechnionymi typami baterii kwasowo-ołowiowych są:

- z roztworem wodnym kwasu siarkowego, spełniającego funkcję elektrolitu;

– z żelowym elektrolitem powstałym w wyniku zmieszania kwasu siarkowego z krzemionką (tzw. akumulatory kwasowo-ołowiowe z zaworami – VRLA).

Problemem w przypadku tych baterii pozostaje ilość cykli ładowania oraz rozładowania. Dla akumulatorów kwasowo-ołowiowych oscyluje ona w przedziale 100–2 000 cykli. Dla porównania, w przypadku baterii NaS oscyluje ona w przedziale 2 500–4 500 cykli. Dodając do tego niską gęstość energii, znacznie korzystniejsza wydaje się budować akumulatory litowo-jonowe, których gęstość energii jest większa, a ilość cykli ładowania i rozładowania sięga 10 tys. W tabeli 1 zostały przedstawione cele rozwojowe układów magazynowania energii opartych na bateriach litowo-jonowych. W komercyjnych zastosowaniach energetycznych największą popularność zyskały ogniwa NaS, charakteryzujące się wprawdzie niższą sprawnością ($\leq 75\%$), ale zapewniające jednocześnie dłuższy czas rozładowania przy zachowaniu wysokich mocy znamionowych. Przykładem instalacji zbudowanej na bazie tego typu ogniw jest farma wiatrowa Rokkasho-Futamata w Japonii o mocy 34 MW [1].

Tabela 1. Cele rozwojowe układów magazynowania energii opartych na bateriach Li-Ion [2]

Typ baterii	Parametry bieżące	Cele 2020–2030 r.	Cel 2050 r.
Li-Ion do zastosowań w instalacjach dużej mocy	<ul style="list-style-type: none"> – 50–90 Wh/kg – 105–190 Wh/dm³ – ok. 3 kW/kg – ok. 10000 cykli – temp. pracy: -10–+60°C – koszt: > 1000 €/kWh 	<ul style="list-style-type: none"> – > 5 kW/kg – 170–220 Wh/dm³ – trwałość: > 15 lat – temp. pracy: -20–+70°C – koszt: ok. 20 €/kW – ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko 	<ul style="list-style-type: none"> – ok. 10 kW/kg – > 100 Wh/kg – > 220 Wh/dm³ – trwałość: > 15 lat – temp. pracy: -20–+70°C – koszt: ok. 20 €/kW lub mniej – ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko

3.1.3. Superkondensatory

Największym problemem superkondensatorów jest ich aktualna cena. Dołączając do kosztu samych kondensatorów czujniki, balansery, połączenia wysokoprądowe, koszt takiego układu przewyższa możliwości finansowe większości firm. Sprawność ładowania oraz rozładowania, jak można zaobserwować na rysunku 1, sięga nawet 98%. Jeśli na rynku pojawią się tańsze rozwiązania oparte na superkondensatorach, mogą stać się najbardziej korzystnym wyborem.

3.1.4. Magazyny kinetyczne

Biorąc pod uwagę magazyny kinetyczne, najkorzystniejszym rozwiązaniem jest opatentowany układ oparty na silniku PM BLDC w wersji odwrotnej (typ: outrunner) [6]. Sprawność takiego systemu oscyluje w granicach 92–93%, a koszt kompletnego magazynu 1MWh wyniesie około 6–7 mln zł.

Magazyn tego typu można wykonać w różnych wersjach, dostosowanych do wybranych zastosowań. Przykładem mogą być tutaj kuźnie, odlewnie, pracujące jedynie w ciągu dnia, w których zastosowanie tego typu magazynu pozwoli magazynować energię nocą i odzyskiwać w ciągu dnia. Kolejnym przykładem może być magazynowanie energii pozyskanej z OZE. Przedstawione rozwiązanie może być rozwiązaniem problemów dotyczących samochodów elektrycznych na świecie. Przykładowo, jak podaje producent Tesli, samochody tej marki, można naładować na 170 mil (273,5 km) w ciągu 30 min z wykorzystaniem superszybkiej ładowarki (w zależności od modelu – za dodatkową opłatą). W przypadku przedstawionego rozwiązania z wykorzystaniem silnika PM BLDC będzie można osiągnąć to samo w ciągu 5–7 min bez dodatkowej opłaty. Magazyn kinetyczny w tym rozwiązaniu może pozwolić na magazynowanie nawet 20 MWh z jednoczesnym odzyskiwaniem zgromadzonej energii na poziomie 5-krotnie wyższym od mocy nominalnej w czasie ładowania.

3.1.5. Magazyny energii kinetycznej

Jednym z podstawowych problemów występujących przy budowie kinetycznych magazynów energii jest wytrzymałość materiałów służących do budowy.

Naprężenie obwodowe, które decyduje o wytrzymałości materiałowej zastosowanego materiału do budowy wirującej masy, możemy wyznaczyć z następującego wzoru:

$$\sigma_{tmax} = \frac{3 + \nu}{4} \frac{\gamma R}{g} \frac{2}{z} \omega^2 \left[\frac{1 - \nu}{3 + \nu} \left(\frac{R_w}{R_z} \right)^2 + 1 \right] \quad (1)$$

gdzie:

ω – prędkość kątowna wirnika;

ν – liczba Poissona, dla stali $\nu = 0,3$;

γ – ciężar właściwy stali, $\gamma = 78000 \text{ Nm}^{-3}$;

g – przyspieszenie ziemskie $g = 10 \text{ ms}^{-2}$;

R_z – promień zewnętrzny walca, $R_z = D_z/2 = 0,9/2 = 0,45 \text{ m}$;

R_w – promień wydrążonego otworu, $R_w = D_w/2 = 0,4/2 = 0,2 \text{ m}$.

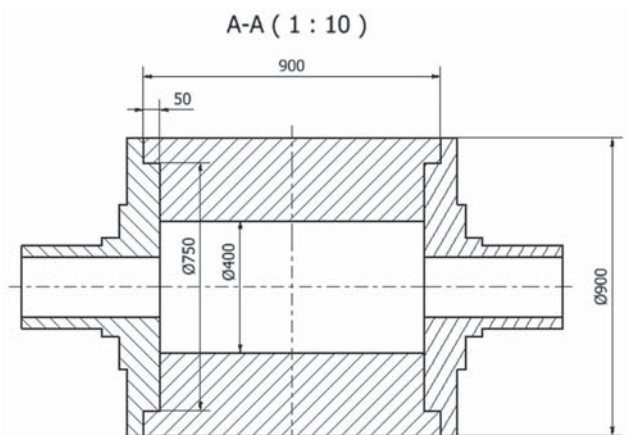
Przyjęto prędkość kątowną $\omega = 837 \text{ s}^{-1}$, a po podstawieniu odpowiednich wartości otrzymujemy

$$\sigma_{tmax} = 951 \text{ MPa}$$

Otrzymana wartość naprężenia oznacza, że 99% procent stali nie spełnia tego warunku, ponieważ współczynnik plastyczności, uwzględniając współczynnik bezpieczeństwa 1,2, powinien wynosić $R_{e0,2} = 1141 \text{ MPa}$.

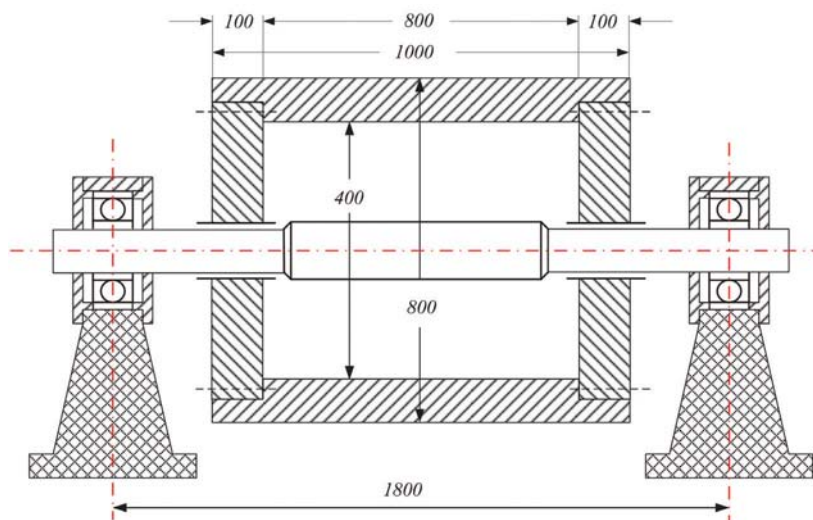
Dla przykładowego rozwiązania, przedstawionego na rysunku 2, wykonano symulacje przedstawiające naprężenia w różnych punktach konstrukcji.

3.1.5.1. Wariant 1



Rysunek 2. Przekrój przez wirującą masę silnika PM BLDC

Na rysunku 3 zostało przedstawione rozwiązanie pokazujące sposób mocowania zewnętrznej części silnika PM BLDC oraz łożyskowanie całego układu wirującej masy ze wstępną propozycją wymiarów. Na rysunku tym nie zostały uwzględnione szczegóły dotyczące wewnętrznej konstrukcji obwodów magnetycznych silnika PM BLDC.

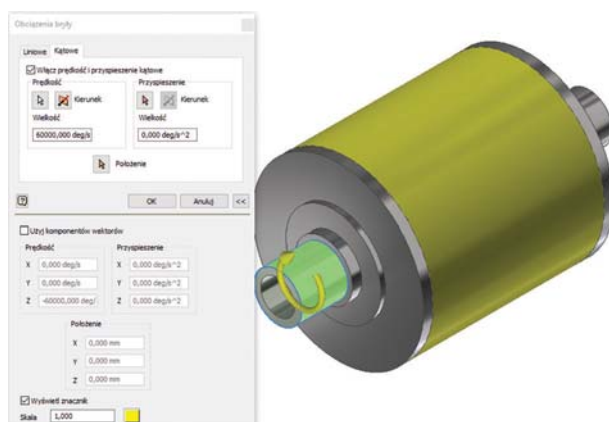


Rysunek 3. Przykładowe rozwiązanie przedstawiające zasadę działania i konstrukcję fizyczną magazynu kinetycznego, bez szczegółów związanych z konstrukcją silnika PM BLDC

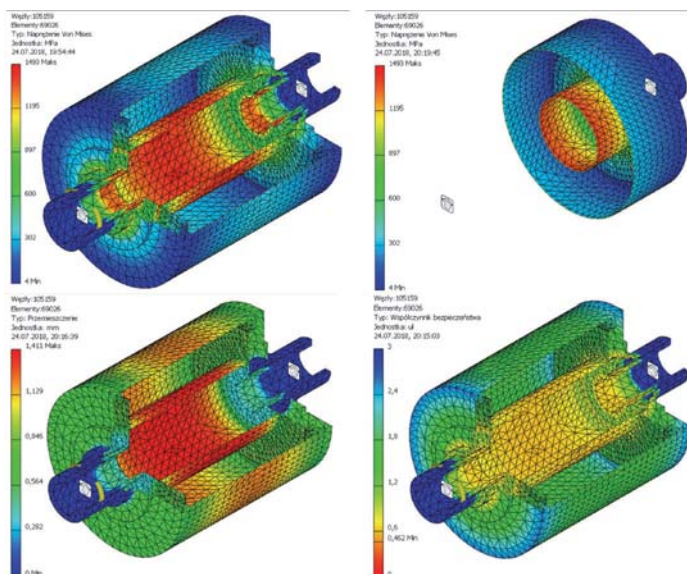
Rysunek 4 przedstawia założenia geometryczne wirującej masy oraz dane do obliczeń obciążenia siłą uzależnioną od prędkości obrotowej.

Analiza wyników wskazuje, że inerter o zadanych wymiarach i założonym materiale konstrukcyjnym pod wpływem obciążeń przekracza dopuszczalne wartości naprężeń dopuszczalnych. Jest duże prawdopodobieństwo (a właściwie pewność) zniszczenia konstrukcji.

W dalszej kolejności przeprowadzono obliczenia dla tej konstrukcji, ale z mniejszymi wymuszeniami. Poniżej zestawiono wyniki. Jako kluczowe przyjęto kryterium współczynnika bezpieczeństwa, którego minimalna wartość powinna być większa od 1. Rysunek 5 przedstawia wyniki symulacji w zakresie naprężeń, przemieszczeń oraz współczynnika bezpieczeństwa > 1 dla prędkości obrotowej 1047 rad/s.



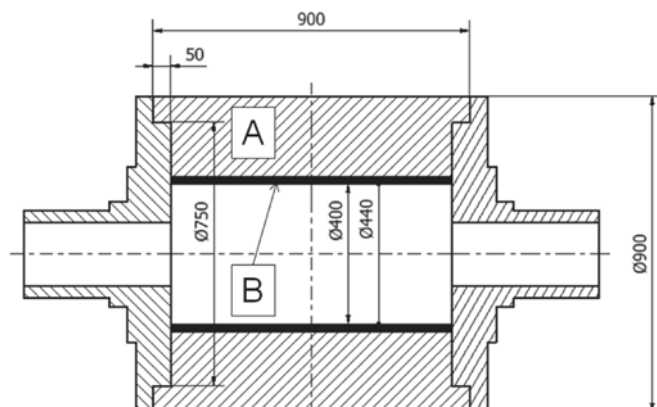
Rysunek 4. Przykładowa konfiguracja danych do obliczeń obciążenia siłą uzależnioną od prędkości obrotowej



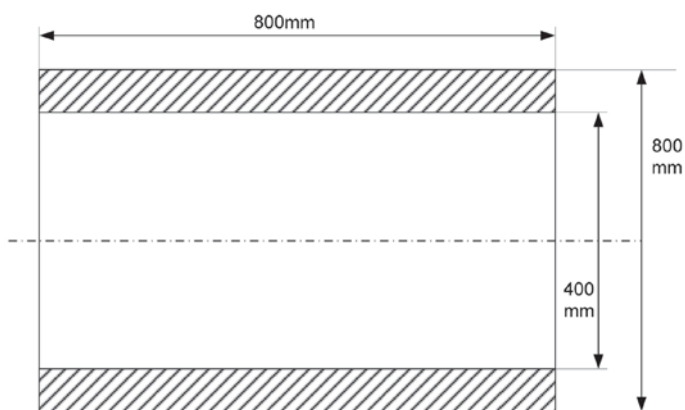
Rysunek 5. Wyniki dla prędkości $n = 10000$ obr/min – stal nierdzewna 440 C

3.1.5.2. Wariant 2

W wariantcie 2 (rys. 6 i 7) wprowadzono dodatkowy element w postaci tulei wewnętrznej, w której docelowo będą osadzone magnesy trwałe. Na rysunku poniższym oznaczony jest kolorem czarnym (średnica wewnętrzna 400 mm, średnica zewnętrzna 440 mm).



Rysunek 6. Przekrój przez wałek bezwładnościowy inertera (wariant 2)



Rysunek 7. Rura stalowa o wymiarach jak na rysunku

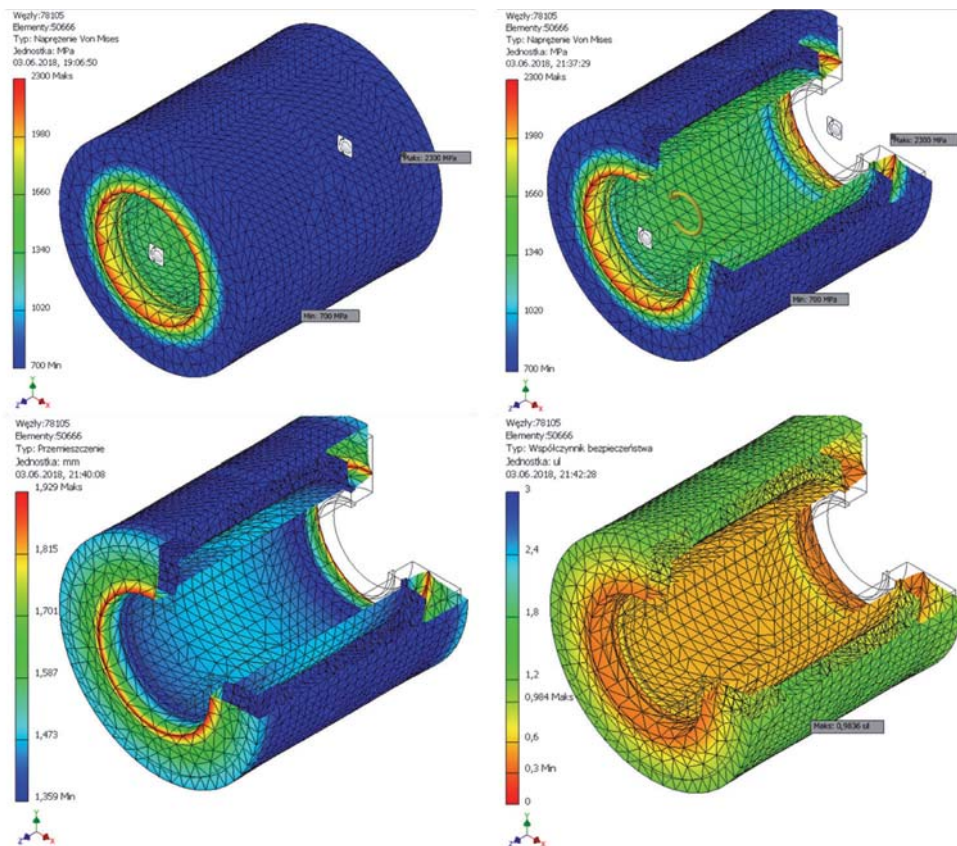
Wiruje względem osi z prędkością 1 256 rad/s (12 000 obr/min).

Wyniki przeprowadzonych obliczeń przedstawiono na kolejnych rysunkach.

Analiza wyników wskazuje, że inerter o zadanych wymiarach i założonym materiale konstrukcyjnym pod wpływem obciążeń przekracza wartości naprężeń do-

puszczalnych. Jest duże prawdopodobieństwo zniszczenia konstrukcji, graniczące z pewnością.

Rysunek 8 przedstawia wyniki symulacji w zakresie naprężeń, przemieszczeń oraz współczynnika bezpieczeństwa > 1 dla prędkości obrotowej 1 256 rad/s.



Rysunek 8. Wyniki dla prędkości $n = 12\ 000$ obr/min

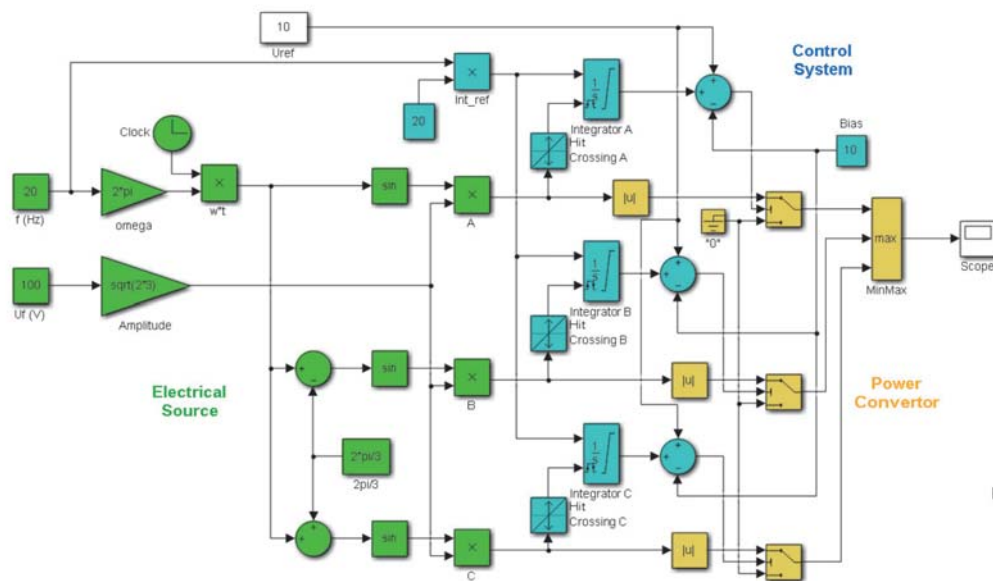
Przeprowadzone, kolejne symulacje wykazały, że prędkością, z jaką może wirować inerter, która nie wywołuje naprężeń niebezpiecznych dla konstrukcji, jest prędkość około 6 500 obr/min.

W tej sytuacji należy opracować inną wersję wirującej masy lub ograniczyć maksymalną prędkość do $\omega = 680\ \text{s}^{-1}$.

Bardzo ważnymi elementami konstrukcji magazynu energii są zagadnienia związane z instalacją uzwojeń oraz synchronizacja położenia biegunów magnesów w stosunku do tych uzwojeń [4]. Prawidłowe ustawienie położenia impulsów synchronizujących w istotny sposób wpływa na kształt sił elektromotorycznych [5], a co z tym jest związane na wartość napięć na tranzystorach komutatora energoelektronicznego

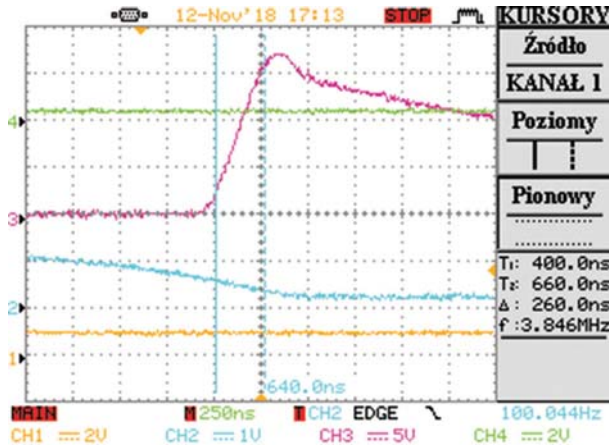
sterującego silnikiem. Każde opóźnienie lub przyspieszenie kąta załączenia skutkuje wzrostem wartości tego napięcia oraz zmianą kształtu powodującego niestabilną pracę przy podwyższonych wartościach prądu. Zmiany te powodują wzrost wymagań w stosunku do tranzystorów sterujących uzwojeniami silnika. Kolejnym istotnym problemem jest sposób mocowania magnesów do wirującej części silnika, biorąc pod uwagę, że biegun dodatni i ujemny silnika składa się z kilku magnesów ustawionych w stosunku do siebie tymi samymi biegunami, powodując ich wzajemne odpychanie. Najważniejszym problemem związanym ze stabilną pracą w zakresie elektromechaniki jest prawidłowe wyważenie wirującej masy z odpowiednią dokładnością na poziomie 1 g lub mniej. Fizycznie jest to realizowane poprzez odejmowanie lub dodawanie masy w ściśle określonych miejscach. Niewyważenie ma bardzo duży wpływ na pracę i żywotność łożysk oraz w konsekwencji na bezpieczeństwo pracy magazynu. Uszkodzenie łożysk i zablokowanie wirującej masy w czasie jednej sekundy powoduje wyzwolenie energii w magazynie 100 kWh o wartości 360 MWs lub 360 MJ.

Dla prawidłowej i stabilnej pracy bardzo wysoko są postawione wymagania dla całej energoelektroniki [7] zarówno w torze doładowywania energii, jak i odzyskiwania. Przedstawiony poniżej, na rysunku 9, model symulacyjny pracy na rysunku 9 dla prostownika 50 Hz, jak i w torze odzyskiwania 300 Hz, zapewnia wykonanie symulacji dla obydwu rodzajów prostownika. Szczególnie ważnym zagadnieniem jest prawidłowe wyzwalanie układów tyrystorowych dla prostownika 300 Hz.

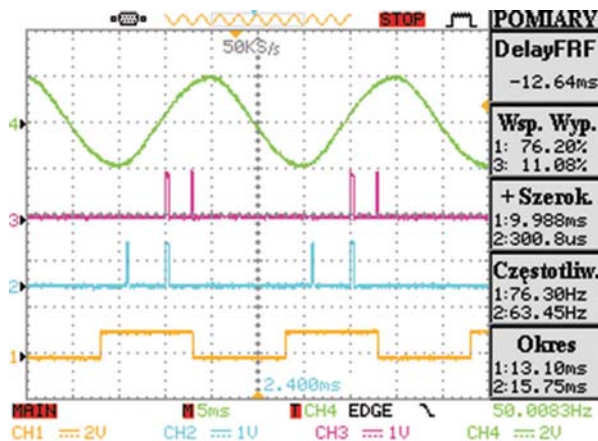


Rysunek 9. Model matematyczny prostowników 50 i 300 Hz

Rysunek 10 przedstawia zmierzone wartości przebiegu impulsu bramkowego di/dt o wartości 260 ns, zapewniający prawidłowe i bardzo szybkie załączenie całej struktury tyrystora dla 300 Hz. Tak szybkie załączenie powoduje niskie straty oraz utrzymywanie temperatury struktury tyrystora na możliwie najniższym poziomie, dając pewność i stabilność długotrwałej pracy. Rysunek 11 przedstawia rzeczywiste przebiegi impulsów sterujących bramkowych w stosunku do różnych faz, przebieg na wyjściu komparatora przejścia przebiegu sinusoidalnego przez zero, impulsy bramkowe dla ujemnych połówek sinusoidy, impulsy bramkowe skorelowane z impulsami kanału 2, kanał 4 przebieg sinusoidalny na wejściu układu synchronizacji.



Rysunek 10. Rzeczywista zmierzona wartość di/dt dla impulsu bramkowego



Rysunek 11. Rzeczywiste przebiegi impulsów sterujących bramkowych w stosunku do różnych faz, kanał 1 przebieg na wyjściu komparatora przejścia przebiegu sinusoidalnego przez zero, kanał 2 impulsy bramkowe dla ujemnych połówek sinusoidy, kanał 3 impulsy bramkowe skorelowane z impulsami kanału 2, kanał 4 przebieg sinusoidalny na wejściu układu synchronizacji

3.1.6. Podsumowanie

W artykule został omówiony jeden z podstawowych problemów występujących przy budowie kinetycznych magazynów energii, jakim jest wytrzymałość materiałów służących do budowy. Przedstawiono obliczenia, symulacje naprężeń, przemieszczeń oraz współczynnika bezpieczeństwa > 1 dla dwóch różnych wariantów, a także model matematyczny prostowników 50 i 300 Hz. W artykule zostało również przedstawione porównanie najpopularniejszych metod magazynowania energii, ich sprawność oraz czas rozładowywania przy mocy znamionowej. Przedstawione przebiegi i symulacje zostały wykonane w ramach prowadzonych prac nad kinetycznym magazynem energii prowadzonych przez firmę MEGATECH Technology Sp. z o.o. W materiale tym zostały przedstawione tylko niektóre zagadnienia w postaci osiągniętych efektów, jak i występujące problemy i trudności, nad którymi należy w dalszym ciągu pracować. W kolejnych artykułach zostaną przedstawione dalsze postępy prac związane z tym rozwiązaniem.

Literatura

1. Electricity storage, Factbook, Schlumberger Business Consulting Energy Institute.
2. *European energy storage technology development roadmap towards 2030*. European Association for Storage of Energy, European Energy Research Alliance. Editor Deborah Martens (2014).
3. Gałuszkiewicz Z., Gałuszkiewicz P., Całus D., Szymczykiwicz E., *Magazyny energii jako element poprawy efektywności ekonomicznej i samowystarczalności energetycznej indywidualnych gospodarstw domowych*, [w:] Całus D., Flaszka J., Szczepański K., Michalski A., Luft R. (red. nauk.), *Możliwości i Horyzonty Eko-innowacyjności. Samowystarczalność energetyczna i poprawa jakości powietrza*, Warszawa (2017), 31–44.
4. Krykowski K., Hetmańczyk J., Gałuszkiewicz Z., *Impact of windings switching on torque-speed curves of PM BLDC motor*, XXII Symposium Electromagnetic Phenomena in Nonlinear Circuits, EPNC 2012 Dortmund and Essen (2012), 87–88, 99.
5. Krykowski K., *Silnik PM BLDC w napędzie elektrycznym, analiza, właściwości, modelowanie* (An analysis of a PM BLDC motor with an electric drive – its properties and modeling), Monografia (Monograph), Gliwice (2011), 1010.
6. Patent polski 225294.
7. Ruddell A.J., Schoennenbeck G.S., Jones R., Bleijs J.A.M., *Power converters fly-wheel energy storage systems*, Final Report of EU Project No JOR3-CT95-0070 (1998).

3.2. Wybrane układy supramolekularne jako magazyny energii*

3.2.1. Wstęp

W ostatnich czasach coraz prężniej rozwija się tworzenie heterostrukturizowanych materiałów kompozytowych. Uwagę badaczy przyciągają do tej tematyki nowe możliwości, w znacznie mierze jeszcze nieopisane w literaturze naukowej. Nowe materiały o nowych cechach dają nowe możliwości. To opracowanie ograniczone jest do układów supramolekularnych i to w zakresie oddziaływania, jakie dają struktury supramolekularne jako magazyny energii elektrycznej. Rozpatrywano układy nieorganiczne/organiczne, cząstki nieorganiczne/organiczne i materiałów Bio/nieorganicznych. Znane są sposoby otrzymywania materiałów kompozytowych, takich jak: osadzanie próżniowe, techniką fotolitografii, syntezą Langmuira-Blodgetta. Różne metody budzą różne zastrzeżenia, które dotyczą głównie ograniczonego wpływu zmienności konfiguracji heterostrukturizowanych i problematycznej syntezy „gość-gospodarz” (z ang. *host-guest*, dalej h/g). Jednak w najnowszych układach supramolekularnych można wytworzyć na poziomie molekularnym i atomowym pewne struktury zdolne do osiągnięcia założonych celów poprzez wytworzenie bloków funkcyjnych umożliwiających interkalację, tzn. wprowadzenie elementów struktur krystalicznych gościa w zakresie zmian atomowych oryginalnych struktur. Uzyskać to można, m.in. wykorzystując siły van der Waalsa. Technika interkalacji pozwala tworzyć klatraty. W celu utworzenia złożonych układów cząsteczek na poziomie atomowym (klatratów) stosuje się specyficzną sekwencję reakcji chemicznych. Dzisiaj zainteresowanie klatratami jest większe niż kiedykolwiek. Do tej pory prawie nikt nie badał interkalacji materiałów półprzewodnikowych dla układów h/g. Oczekuje się, że architektury takie będą w stanie przewyciężyć obecnie istniejące rozbieżności między tradycyjną funkcjonalnością nanomateriałów i nanostruktur (kwantowo spójna spintronika, nanofotonika). Najpilniejsza i najbardziej pożądana cecha to magazynowanie energii na poziomie molekularnym. To co sprawia, że należy zwrócić uwagę na rzeczywiste struktury supramolekularne jako obiekty, które są często związane z możliwością wykorzystania unikalnych właściwości, to właściwości fizyczne i chemiczne, w pewnej części – będące paradoksem.

Wszystkie supramolekularne zespoły receptorowe („*host*”) zawierające centra molekularne skonfigurowane do selektywnego wiązania się z określonym podłożem („*guest*”), powinny wykorzystywać tzw. zasadę „zamek/klucz”.

* *Autorzy:* dr inż. **Fedir Ivashchyshyn**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, e-mail: fedirivashchyshyn@gmail.com

dr **Igor Bordun**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, e-mail: bordun.igor@gmail.com

mgr **Piotr Chabecki**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, e-mail: piotr.chabecki@el.pcz.czyst.pl

W tym przypadku podejście do interkalacji nie tylko zwiększa zmienność syntezowanych układów supramolekularnych, ale również stwarza możliwość tworzenia hierarchicznej wstęgi subcząsteczkowej. Oczekuje się, że ta ostatnia stanie się nowym punktem zwrotnym w nanomateriałoznawstwie – głównie w tworzeniu funkcjonalnych hybrydowych czujników dotykowych nowej generacji.

Jednocześnie rozwój nanotechnologii wymaga integracji nanometrycznych bloków energetycznych z nanostrukturalną architekturą. Jednak takie zadanie dopiero niedawno zaczęto formułować. Aby przewyżżyć te problemy, które są uznane za jedno z 10 najważniejszych problemów, przed którymi stoi ludzkość, nie ma innego wyjścia, jak przenieść się do nowego, kwantowego gromadzenia i przechowywania energii. Pozwoli to zidentyfikować i zrozumieć nowe zjawiska i ich mechanizmy związane z nagromadzeniem się nie tylko elektronów, lecz własnym ruchem wirowym. Wiedza ta pozwoli na utworzenie nowego rozwiązania – stworzenie kwantowych baterii kondensatorów, spinów i mechanizmów, które zapewnią możliwość osiągnięcia wartości określonej energii i mocy nieosiągalnych dla procesów elektrochemicznych.

Osiągnięć dokonanych w ten sposób nie można jeszcze uznać za imponujące. Do tej pory zgromadzono jedynie niewielkie doświadczenie i podjęto tylko pierwsze kroki. Ułatwiają one jednak dalszy rozwój nowego kierunku nauki – technologii subcząstek z zespołami supramolekularnymi, który pomoże rozwinąć nowe podejście do ich praktycznego zastosowania.

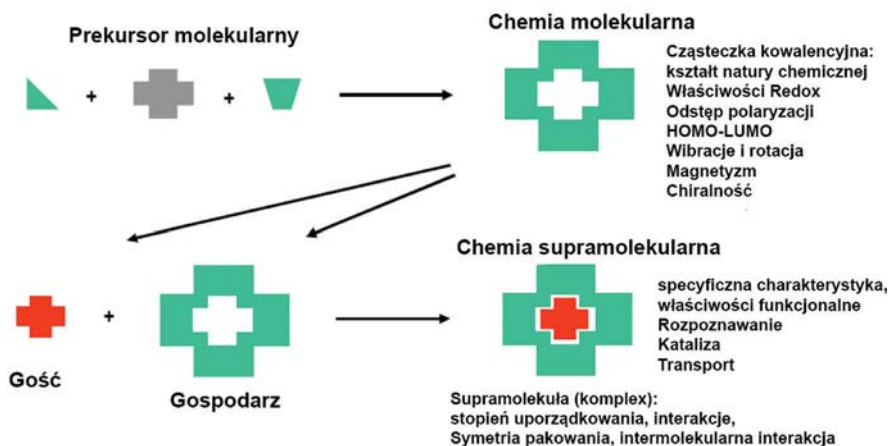
3.2.2. Czym jest układ supramolekularny

Na każdym etapie rozwoju nauki i technologii ogromne znaczenie ma organizacja wcześniej istniejącej i nowej terminologii naukowej. Wzrost zainteresowania tą sprawą w konkretnej branży świadczy o jej wysokim poziomie rozwoju. Ten w pełni stosuje się do zespołów supramolekularnych i interkalacyjnych – jako jedną z najbardziej obiecujących metod tworzenia i modyfikowania.

Dzisiaj supramolekularna nauka materiałowa jest jednym z najbardziej dynamicznych obszarów badań. Jej interdyscyplinarność doprowadziła do szerokiej współpracy fizyków, ekspertów modelowania komputerowego, krytalografii, chemików nieorganicznych, organicznych, syntetycznych, biochemików i biologów. Autorem określenia „chemia supramolekularna” jako chemicznych „zespołów supramolekularnych i wiązań międzycząsteczkowych” jest jeden z jej twórców – laureat nagrody Nobla 1987 J.-M. Len [7]. Wyrażając to potocznie, możemy powiedzieć, że jest to „chemia poza cząsteczką”. Niektórzy badacze nazywają to socjologią molekularną.

Określenie „związki supramolekularne” możemy rozwinąć jako grupa składników cząsteczkowych, w których poszczególne elementy są zintegrowane z właściwościami całego zespołu. Przykładowo: kowalencyjną cząsteczkę, która zawiera chromofor,

który przesuwa się w centrum *erdoks*, można uznać za supramolekularność chromoforu i jego zdolność do bycia centrum ORP, odpowiednio absorbując światło lub zmienić stan utlenienia. Czyli stanowią one część *supra* (Super) cząsteczki. Różnicę między elementami chemii molekularnej i supramolekularnej można zilustrować za pomocą rysunku 1.



Rysunek 1. Porównanie zakresów chemii molekularnej i supramolekularnej wg J.-M. Lena

Wszystkie zespoły receptorów supramolekularnych („*host*”) zawierają centra molekularne skonfigurowane do selektywnego wiązania się z określonym podłożem („*guest*”), tzw. zasada „na klucz”. W takich systemach jedną z najważniejszych jest zasada komplementarności – korespondencja geometryczna, topologiczna i ładunkowa gościa-gospodarza (z ang. *host/guest*).

3.2.3. Charakterystyka oddziaływań supramolekularnych i ich wpływ na strukturę i właściwości materii. Komplementarność i molekularne rozpoznawanie „zamek/klucz”

Według J.-M. Lena chemię supramolekularną można podzielić na dwie części tak, że w obszarze zachodzenia na siebie supercząstki chemicznej [7] – oznakowanych cząstek oligomolekularnych otrzymywanych z kilku składników międzycząsteczkowych – jak i substrat jego receptora (substrat), a opiera się na zasadzie rozpoznawania cząsteczkowego. Chemia zespołów molekularnych – moduły wielkocząsteczkowe wynikające ze spontanicznej asocjacji nieokreślonej liczby elementów o określonym przejściu fazowym, które jest bardziej lub mniej wyraźnie zaznaczone i organizacja mikroskopowa zależą od jego właściwości fizycznych (takich jak klatraty, pęcherzyki błonowe, micelle). Tworzenie supramolekularne można scharakteryzować jako prze-

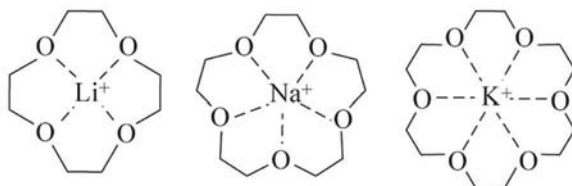
strzenne rozmieszczanie się składników powstającej architektury jako „nadbudówki” i powstające na tej podstawie typy oddziaływań, które posiadają elementy łączone ze sobą. Supramolekularne zespoły mają dobrze zdefiniowane strukturalne termodynamiczne i kinetyczne oraz dynamiczne właściwości. Mogą one być przypisane do różnych typów interakcji, które różnią się swoją siłą, wyrazistością, niezależnie od odległości i kąta: koordynowanie interakcji z jonami metali, sił elektrostatycznych, wiązań wodorowych wiązania van der Waalsa. Oddziaływanie siłowe akceptora i donora, może zmieniać się w szerokim zakresie, od słabego do umiarkowanego. Takim przykładem jest tworzenie się wiązań wodorowych i sił, jakie towarzyszą tworzeniu wiązań koordynacyjnych z metalem. Ogólnie jednak oddziaływania międzycząsteczkowe są słabsze niż wiązania kowalencyjne. Poszczególne elementy układów supramolekularnych są mniej stabilne i termodynamicznie nietrwałe. Kinetyczne i dynamiczne oddziaływania są bardziej elastyczne niż oddziaływania w chemii cząsteczkowej [1]. Najprostszym przykładem struktur supramolekularnych jest zestaw „host/guest”, utworzonego na „key lock”. „Właściciel” (receptora) często występuje jako wnęka w środku dużej cząsteczki organicznej, w środku której może być umieszczony „gość” – prosta cząstka lub jon.

Supramolekuły, w najszerszym tego słowa znaczeniu, są agregatami łączonymi ze sobą spontanicznie lub w sposób wymuszony. Na rysunku 2 pokazano wzór strukturalny hydrochinonu mający strukturę krystaliczną z wnękami zdolnymi do utrzymania cząsteczki gościa [7]. Innymi słowy, jest to „host” (*cavitund*), który ma wgłębienie, w którym można wprowadzić inne cząsteczki podczas słabej interakcji z „gospodarzem”.



Rysunek 2. Wzór strukturalny hydrochinonu

Innym rodzajem kawitatów są etery koronowe – cykliczne poliestry różnych rozmiarów (zawierające w swoich cyklach więcej niż 11 atomów). Są wystarczająco szczelne, aby wiązać jony metali alkalicznych (rys. 3).

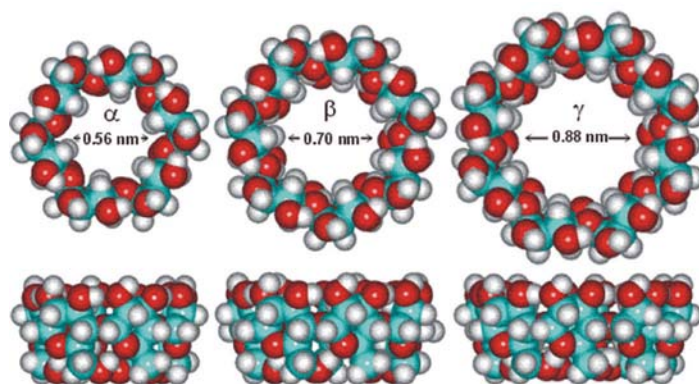


Rysunek 3. Kompleksy typu „host-gość”, utworzone przez etery koronowe i jony metali alkalicznych

Etery koronowe to lepkie ciecze lub substancje krystaliczne, dobrze rozpuszczalne w większości rozpuszczalników organicznych i słabo rozpuszczalne w wodzie. Ich właściwości chemiczne zależą od natury heteroatomów i grup funkcyjnych w cyklu [8].

Etery koronowe tworzą stabilne lipofilowe kompleksy z kationami metali, zwłaszcza metali alkalicznych i ziem rzadkich. Kation ten znajduje się w przestrzeni wewnętrznej eteru koronowego i jest tam utrzymywany oddziaływaniami jonów dipoli heteroatomów. Najbardziej stabilne są kompleksy o wymiarach jonów współmiernych do wielkości wnęki.

Grupę kawitantów obejmują węglowodany organiczne i cyklodekstryny, enzymatyczne cykliczne oligomery glukozy pochodzące ze skrobi [8]. Jako część pozostałości cyklodekstryny D-(+) – hlyukopiranozu połączone w wiązanie polipropylenu α -D-1,4-glikozydowe. Właściwości cyklodekstryny różnią się znacznie od zwykłej (liniowej) dekstryny. Czasami nazywane cyklodekstrynocykloamilozamami, cyklo-maltooligosaharydami, cyklomaltodekstrynami. Nazwa historyczna to krystaliczna dekstryna Shardingera. Wszystkie cyklodekstryny są białymi, nietoksycznymi, krystalicznymi proszkami, praktycznie niearomatyzującymi. Zewnętrznie – to białe krystaliczne i amorficzne substancje. Cyklodekstryny są rozróżniane przez ilość reszt glukozy zawartych w jednej z ich cząsteczek. Tak więc najprostszy reprezentant to układ składający się z 6 jednostek α -cyklodekstryny, 7 cząstek β -cyklodekstryny, i 8 cząstek γ -cyklodekstryny. Te 3 typy są najczęściej występujące i badane. Cząsteczki cyklodekstryny tworzą w przybliżeniu *torus*, podobny do wydrążonego ściętego stożka, co pokazuje rysunek 4.



Rysunek 4. α -, β -, γ -cyklodekstryny

Ta forma jest stabilizowana przez wiązania wodorowe między grupami OH, a także wiązania α -D-1, 4-glikozydowe. Wszystkie grupy OH w cyklodekstrynach znajdują się na zewnętrznej powierzchni cząsteczki. W związku z tym wewnętrzna wnęka cyklodekstryny jest hydrofobowa i może tworzyć kompleksy w roztworach

wodnych z innymi cząsteczkami, zarówno natury organicznej, jak i nieorganicznej. W kompleksach inkluzyjnych pierścien cyklodekstryny jest „cząsteczką gospodarza”.

W powyższym kontekście niezwykle interesującym pośrednim gospodarzem są cykliczne formy β cyklodekstryny. Jego unikalna cecha strukturalna, a mianowicie podział grup hydrofilowych i hydrofobowych, powoduje niezwykle właściwości fizykochemiczne. Najważniejszą z nich jest zdolność do odwrotnego i selektywnego wiązania organicznych, nieorganicznych cząsteczek biologicznych, tworząc kompleksy inkluzyjne typu „gość-gospodarz”. Wysoka gęstość elektronów wewnątrz wgłębienia β -cyklodekstryny umożliwia włączenie elektronów cząsteczek „gości”, co prowadzi do zmiany właściwości widmowych cząsteczek zaangażowanych. Tworzenie kompleksu z β -CD może znacząco zmienić początkowe widmo absorpcji cząsteczek. Tworzenie kompleksów inkluzyjnych z β -CD również prowadzi do wzrostu wydajności kwantowej fluorescencji wielu związków. Tworzenie kompleksów inkluzyjnych opiera się na interakcji niekowalencyjnej natury – elektrostatyki van der Waalsa, wiązań π - π i efektów sterycznych. Siły napędowe tworzenia kompleksów inkluzyjnych to oddziaływania van der Waalsa (lub hydrofobowe) między hydrofobową cząsteczką gościa a jamą P-CD oraz wiązania wodorowe między polarnymi grupami funkcyjnymi cząsteczki „gościa” i grupami hydroksylowymi β -CD. Ważnym czynnikiem w tworzeniu kompleksów jest zgodność między wielkością jamy β -CD a przekrojem cząsteczki gościa. Oprócz wymiarów zgodności z tworzeniem kompleksów inkluzyjnych wymaga się odpowiednich związków tworzących kompleks z geometryczną linią „gość”. Obie części wnętrza izolowanych cząsteczek β -BD są otwarte, dlatego cząsteczki „gościa” można wprowadzić do pierścienia β -CD po obu stronach. Ostatnio pojawiło się zainteresowanie jako składnikiem pierścienia w projektowaniu różnych architektur supramolekularnych, takich jak rotaksany, polirotaksany, pseudorotaksany i katenany. Zespoły te mają unikalną strukturę i właściwości ze względu na ich potencjalne zastosowanie jako przełączniki i maszyny molekularne. Po ogrzaniu powyżej 50–60°C kompleksy rozkładają się całkowicie i zwykle po schłodzeniu przywracają swoją strukturę.

3.2.4. Wybrane układy supramolekularne jako magazyny energii na przykładzie wykorzystania struktur spupramolekularnych jako akumulatory i kondensatory kwantowe

Istniejące dziś podstawowe systemy elektrochemiczne opracowano ponad 100 lat temu, a postęp, jaki dokonał się od tego czasu, można przypisać super-kondensatorom i akumulatorom litowo-jonowym. Jednak uzyskane wartości mocy właściwej dla tych ostatnich nie przekraczają 200 mA/g, co jest niewystarczające dla stale rosnących wymagań nowoczesnych rozwiązań w zakresie projektowania obwodów, pojazdów z alternatywnymi źródłami energii i pojazdów elektrycznych. Jednocześnie

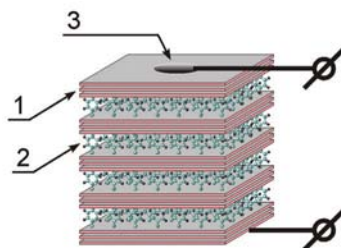
rozwój nanotechnologii wymaga integracji nanotechnologicznych bloków energetycznych z architekturą nanochipów, nanorobotów itp. Jednak dopiero od niedawna zaczęto takie zadanie formułować.

Aby przezwyciężyć te problemy, które są przypisane do jednego z dziesięciu najważniejszych problemów, przed którymi stoi ludzkość, nie ma innego wyjścia, jak przenieść się do nowego – kwantowego poziomu gromadzenia i przechowywania energii. Umożliwi to tworzenie kwantowych akumulatorów i kondensatorów, których mechanizmy działania zapewnią podstawową możliwość osiągnięcia konkretnych (znacznie wyższych niż dziś dostępnych) wartości energii i mocy, które nie są osiągalne dla dziś stosowanych procesów elektrochemicznych. Integralną częścią arbitralnego systemu zapewniającego niezależność energetyczną urządzeń jest akumulator elektryczny. Obecnie zwykle akumulatory ołowiowe mają energię właściwą 0,08 MJ/kg, nikielowo-kadmowe 0,2 MJ/kg, siarkowo-sodowy 0,4–0,6 MJ/kg w temperaturach roboczych większych niż 500 K i litowo-polimerowych – 0,6–0,7 MJ/kg w temperaturze pokojowej. Wymienione wartości są znacznie gorsze od energii właściwej benzyny, która wynosi 44 MJ/kg, co w szczególności sprawia, że masowe tworzenie ekonomicznego pojazdu elektrycznego jest problematyczne. Ponadto ograniczona liczba cykli ładowania (200–1000) ogranicza żywotność akumulatorów do 1,5–2 lat. Do tej pory wielka nadzieja tkwiła w superkondensatorach elektrochemicznych. Mają one dobre charakterystyki dynamiczne, dużą liczbę cykli ładowania/rozładowania, ale ich specyficzna pojemność jest kilkakrotnie mniejsza niż w przypadku akumulatorów ołowiowych. I jak dotąd nie było widocznych sposobów na znaczne poprawienie tego. Oczywiście jest, że bez zintegrowanego z rynkiem energii rozwiązania baterii poprawa tej sytuacji nie będzie możliwe.

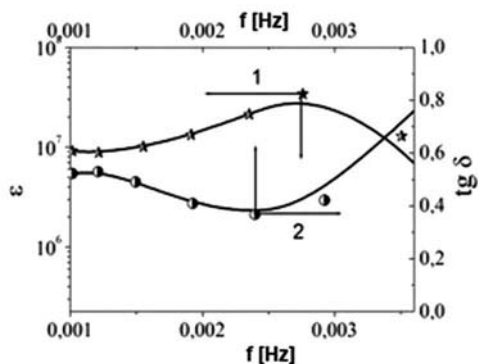
Rozwój nanonauki pozwolił spojrzeć na problemy zidentyfikowane w innej perspektywie, obracając się, paradoksalnie, w najstarszy pomysł przechowywania energii elektrycznej w materiałach dielektrycznych. Aż do ery nanotechnologii nie rozwijała się z powodu braku odpowiednich, skutecznych struktur. Do realizacji tej teorii zakłada konieczność syntezy materiałów o stałej dielektrycznej nie mniej niż 10^5 . Jednakże należy zauważyć, że istnieje potrzeba połączenia takiego materiału z materiałem o niższej wartości strat, zwłaszcza w przypadku niskiej częstotliwości 10^{-2} Hz.

Istotny postęp w tym kierunku może być osiągnięty przez klatraty, których supramolekularna natura komunikacji „gość-gospodarz”, tworzy taką strukturę zasilania, w której możliwe staje się połączenie bez interakcji ze studnią kwantową. Ten warunek, na przykład, odpowiada konfiguracji potrójnej ekspansji klatratowej $\text{GaSe} \langle \text{C}_{14}\text{H}_{10} \rangle$. Przedstawia to schematycznie zależność $\epsilon(\omega)$ i $\text{tg}\delta(\omega)$, co pokazano odpowiednio na rysunku 5 i 6.

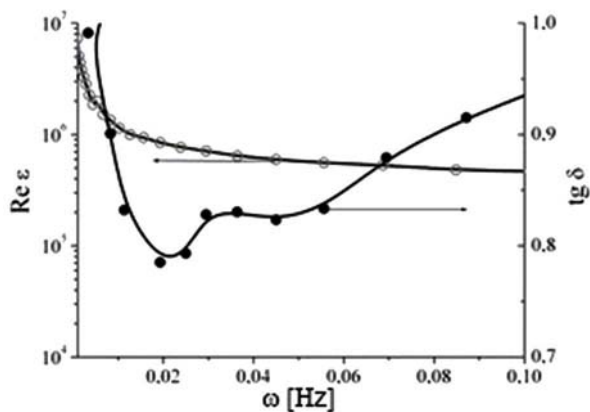
Podobna sytuacja występuje na ilustracji MSM-41 $\langle \text{FeSO}_4 \rangle$ (rys. 7). W porównaniu do poprzedniej nadbudowy styczna kąta prądu jest tu nieco wyższa.



Rysunek 5. Obraz struktury baterii kwantowej



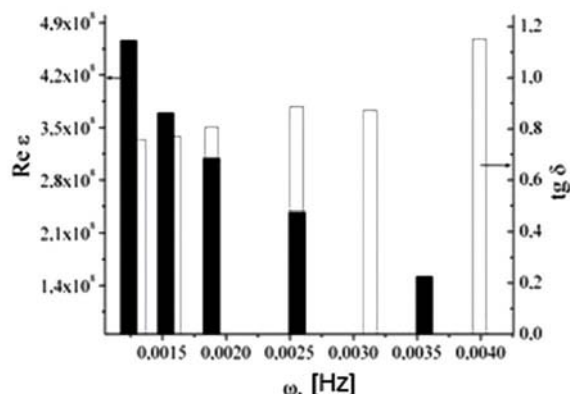
Rysunek 6. Zależności częstotliwościowe przenikalności dielektrycznej (1) i stycznej kąta strat elektrycznych (2) wzdłuż osi krystalograficznej C są mierzone dla nanostruktury GaSe<C₁₄H₁₀>



Rysunek 7. Zależności niskiej częstotliwości stałej dielektrycznej od stycznej kąta strat MSM-41 <FeSO₄> dla niskich częstotliwości

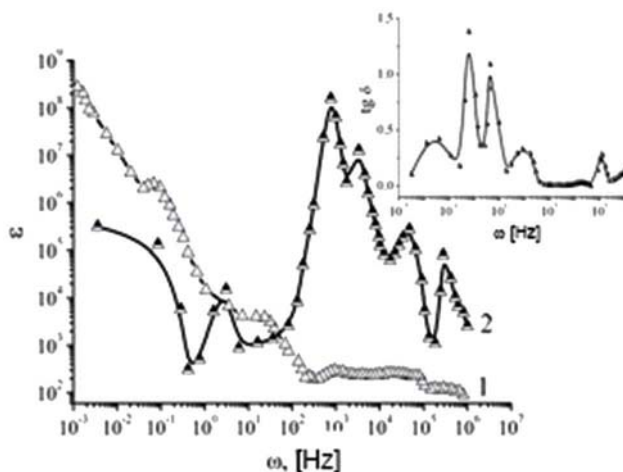
Rozwój badań w tej dziedzinie doprowadził do odkrycia niezwykle efektów. Polegają one na tym, że żadne normalne warunki nie pozwalają na dokonanie pomiaru dla powyższej kombinacji. Dla stałej dielektrycznej i wartości poniżej 1 tangensa

kąta strat elektrycznych realizuje się w zewnętrznych polach fizycznych. Tak więc, niskie (<1) wartości tangensa pola elektrycznego strat dla nieznacznych częstotliwości ($0,001 \div 0,004$ Hz), z dużymi wartościami stałej dielektrycznej ($1,1 \cdot 10^9 \div 5,5 \cdot 10^8$) wprowadzonymi w nanohybrydach MCM-41 <R6RZ> z oświetleniem (rys. 8).



Rysunek 8. Reakcja na podczerwień $\epsilon(\omega) - 1$ i $\text{tg } \delta(\omega) - 2$ dla MSM-41 <P6> przy oświetleniu

Inicjowanie magazynowania energii na poziomie kwantowym jest realizowane klatratem o hierarchicznej architekturze $\text{InSe} < \beta\text{-CD} < \text{FeSO}_4 > >$, syntetyzowanej w polu elektrycznym i oświetleniu (rys. 9). W tym przypadku, nałożenie stałego pola magnetycznego stanowi połączenie niskiej wartości strat elektrycznych ze styczną o wysokiej stałej dielektrycznej.



Rysunek 9. Zależności między przepięciami w zależności od częstotliwości zmierzono prostopadle do $\beta\text{-CD} < \text{FeSO}_4 >$ Nanostruktury, syntezowane w polu elektrycznym z równoczesnym oświetleniem, mierzone bez pola magnetycznego (1) i pod jego nakładką (2). Przy wprowadzaniu, zależność częstotliwościowa stycznej kąta strat elektrycznych, odpowiadająca krzywej (2)

Porównanie znanych i zsyntetyzowanych parametrów akumulatorów kwantowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Konstrukcje akumulatorów kwantowych

Struktura	Współczynnik przenikalności ϵ	$\text{tg}\delta$	Zakres częstotliwości [Hz]	Zakres temperatur [K]
$La_{15/8}Sr_{1/8}NiO_4$ [6]	$300 \div 10^6$	$0,05 \div 1$	$1 \div 106$	$45 \div 300$
$CaCu_3Ti_4O_{12}$ [4]	10^5	–	$1 \div 106$	$100 \div 600$
$MCM-41 < FeSO_4 >$	$10^6 \div 2 \cdot 10^6$	$0,7 \div 0,95$	$0,001 \div 0,1$	$230 \div 330$
$MCM-41 < P6K >$	$1,1 \cdot 10^9 \div 5,5 \cdot 10^8$	$0,7 \div 0,9$	$0,001 \div 0,004$	$230 \div 330$
$GaSe < NaNO_2 + FeSO_4 >$	$7 \cdot 10^9 \div 1,3 \cdot 10^9$	$0,6 \div 0,96$	$0,001 \div 0,070$	$230 \div 330$

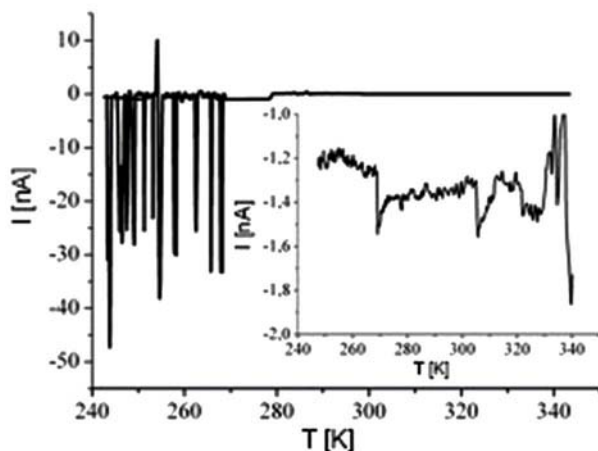
Tabela 2 pokazuje zestawienie parametrów modelu laboratoryjnego (wyprodukowanego w Laboratorium Superkondensatorów i Magazynów Energii na WE Politechniki Częstochowskiej) z najnowszymi systemami elektrochemicznymi akumulacji energii elektrycznej w porównaniu ze specyficzną energią spalanej benzyny.

Tabela 2. Parametry baterii kwantowej w porównaniu do systemów alternatywnych

System energetyczny	Energia właściwa, MJ/kg
Akumulatory ołowiane	0,08 (2,0 V)
Akumulatory sodowo-siarkowe	0,4–0,6 (2,8 V)
Akumulatory litowo-polimerowe	0,6–0,7 (3,7 V)
Benzyna	44
Klatrat uzyskany w Laboratorium Superkondensatorów i Magazynów Energii WE PCz	14 (10 V)

Powszechnie wiadomo, że prawo Faradaya EMF jest proporcjonalne do szybkości zmian strumienia magnetycznego i nie powinno być zależne od układu statycznego [3]. Jednakże wpływ wytwarzania SEM (~ 21 mV) wirowania pochodzenia od nanostruktury zakręca magnetyczne i niemagnetyczne nanopory, wewnątrz którego został utworzony węzeł, który zawierał dużą ilość nanomagnetyki kwantowej stałego pola magnetycznego z indukcją 1 T w 3 K, co daje podstawy do poszerzenia prawa indukcji w przypadku pochodzenia sił odspinu. W tym przypadku EMF rejestrowano przez $100 \div 1000$ sekund. Jego charakter polega na tym, że energia magnetyczna została przekształcona w energię elektryczną w procesie magnetycznego tunelowania kwantowego. Jest oczywiste, że wartość EMF z wirowania i jego wartości mocy nie jest całkowicie przygotowany do powszechnego stosowania z baterii. Ten problem został pokonany przez formowanie klatratów *host-guest Magnetic guest*. Właściwie w tej architekturze może zapewnić efektywne wykorzystanie równowagi statusu implementacji SUPER i transport wirowania spolaryzowanego przez

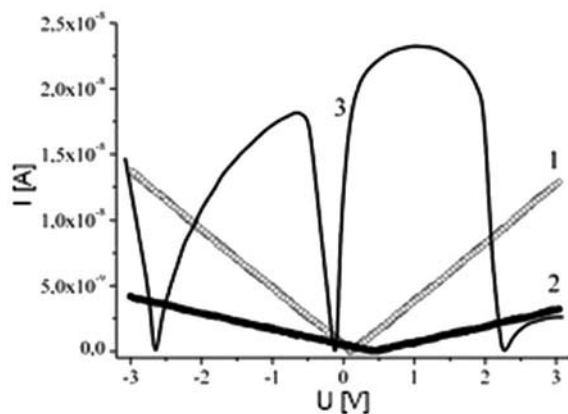
skrzyżowanie w tunelu magnetycznym w temperaturze pokojowej. W istocie, zastosowanie stałego natężenia pola magnetycznego 2,75 CFU prostopadłe do struktury nanoproszkivInSe< β cukrzycy <FeSO₄>> Q od 5,4% zawartości masy kavitatu β -CD <FeSO₄> rejestrowano w temperaturze pokojowej wygląd wartości SEM 18 mV Dla nanostruktur o wyższej zawartości treści Gości (P = 11,7%), w podobnych warunkach, to 12 mV z przeciwnym znakiem. Należy zauważyć, że wykryte różnice w manifestacji efekt «spinowego baterii» w tym przypadku, w połączeniu z inną energią topologii Zjednoczone wad. Jak można zobaczyć na rysunku 10, zwiększając jego zakres zawartości 2-krotnie TCP jest przekształcony do wąskiego paska o zasadniczo wyższej gęstości stanów.



Rysunek 10. Spektrum prądów termostymulowanych wyładowań INSe< β -CD <FeSO₄>> przy 5,4% (wstawka) i 11,7% masy β -CD <FeSO₄>

Próbując nanohybrydę przez syntetyzowanie go w polu elektrycznym o natężeniu 15,4 V/mm prostopadłym do nanoporów, oświetlenie oznaczało, że efekt wirowania baterii znacząco stracił na wartości (<1 mV). Jednak w tym przypadku określono zależność magnetooporu od częstotliwości.

Zwiększenie wartości wirowania EMF osiągnięto w zespołach supramolekularnych hierarchicznej architektury GASE < β cukrzycy <FeSO₄>> Q, który subhospodar – rozszerzony matrycy 4-krotnie GASE właściciel – kavitand β -cyklodekstryny SUPER gość – FeSO₄. Ustalono, że w temperaturze pokojowej natężenie pola magnetycznego 2,75 CFU podziału napięcia w zależności od obciążenia i wzrostu kavitatnoho w ostatnim Q = 3, 7 i 10% wag. zwiększa się odpowiednio od 0~12 0, 51 i 2, 3 V (rys. 11). Co do zawartości wagowej kavitatu dla Q = 10% nietypowe charakterystyki kształtu napięcia teoretycznie mogą wskazywać na tworzenie wielu obszarów o różnych parametrach efekt «baterii wirowania». Architektura i wdrożone z tych efektów ustawienia «spinowego baterii» dla struktur syntetycznych znane są i wymienione w tabeli 4.



Rysunek 11. VAC są rozmazane w kierunku osi C gromady GaSe$\beta\text{-CD}$$\langle\text{FeSO}_4\rangle\rangle\text{Q}$ w polu magnetycznym dla $Q = 3(1)$, $Q = 7(2)$ i $Q = 10(3)$ masy%

Tabela 3. Konstrukcje dla kondensatorów kwantowych

	EPC [mV]	T [K]
<p>[3]</p>	21	3
<p>[2]</p>	18	298
<p>GaSe<math>\beta\text{-CD}</math><math>\langle\text{FeSO}_4\rangle\rangle,0,1</p>	2300	298

Tabela 4 pokazuje wartości prądów rozładowania i moc właściwą kondensatorów kwantowych wykonanych przy różnych prędkościach ich rozładowania.

Tabela 4. Wartości prądów rozładowania i moc właściwą kondensatorów kwantowych

	10^{-4} [s]	10^{-5} [s]	10^{-6} [s]
Prąd rozładowania [mA]	0,15	1,4	15
Konkretna moc [W/kg]	3,9	37	398

Literatura

1. Flax J.-M., *Chemia supramolekularna. Koncepcje i perspektywy*. Nowosybirsk: Science (1998), 334.
2. Григорчак І. І., Іващишин Ф. О., Швець Р. Я., *Квантовий акумулятор*, Національний університет «Львівська політехніка». Реєстраційний номер заявки а 2017 02334.
3. Hai P. N., Ohya S., Tanaka M., Barnes S., & Maekawa S. *Electromotive force and huge magnetoresistance in magnetic tunnel junctions*. Nature, (2009), 458(7237), 489–492.
4. Homes C.C., Vogt T., S. Shapiro S.M., Wakimoto S., Ramirez A.P., *Optical Response of High-Dielectric-Constant Perovskite-Related Oxide*, Science (2001), Vol. 293, p. 673–676.
5. Ivaschyshyn F., *Фізичні ефекти в супрамолекулярних клатратних структурах та пристрої на основі електроніки на їх основі – Дисертація*, Lwów (2017).
6. Krohns S., *Colossal dielectric constant up to gigahertz at room temperature*, Applied Physics Letters (2009), Vol. 94.
7. Lehn J.-M., *Struct, Bonding* (1973), 16. p. 1.
8. Steed J. V., Atwood J. L., *Supramolecular Chemistry*, Academkniga (2007).
9. Григорчак І. І., Іващишин Ф. О., Швець Р. Я., *Квантовий акумулятор*, Національний університет «Львівська політехніка». Реєстраційний номер заявки а 2017 02334.

3.3. Blachy o podwyższonej zawartości krzemu*

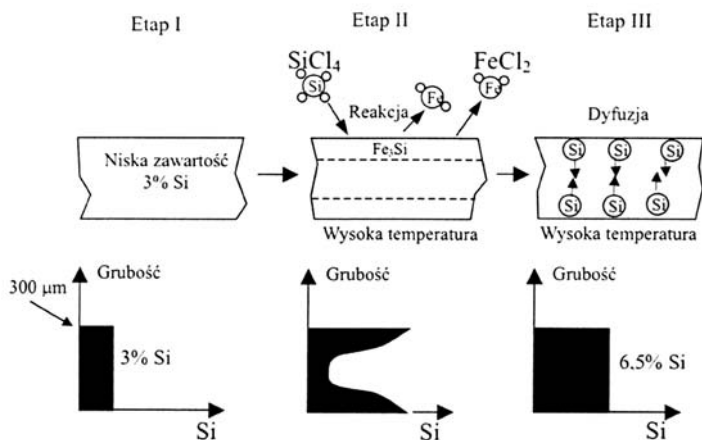
3.3.1. Wstęp

Opracowanie technologii wyrobu blach o podwyższonej zawartości krzemu stanowi jedno z najnowszych osiągnięć we współczesnej inżynierii materiałów magnetycznych. Prace nad wdrożeniem do produkcji tej nowoczesnej grupy materiałów rdzeniowych prowadzone były od około 1990 r. w Japonii [14, 15, 13, 16]. Wyłącznym producentem blach i rdzeni z materiałów mikrokrystalicznych o podwyższonej zawartości krzemu w skali przemysłowej jest japońskie konsorcjum JFE Steel Corporation (dawniej NKK Steel).

3.3.2. Technologia wytwarzania blach o podwyższonej zawartości krzemu

Materiał o podwyższonej zawartości krzemu uzyskuje się w złożonym procesie technologicznym, którego istotą jest napylanie w kontrolowany sposób czterochloru krzemu na powierzchnię konwencjonalnej blachy (3,2% Si) – technologia CVD (*Chemical Vapour Deposition*). Proces ten przedstawiono schematycznie na rys. 1 i 2.

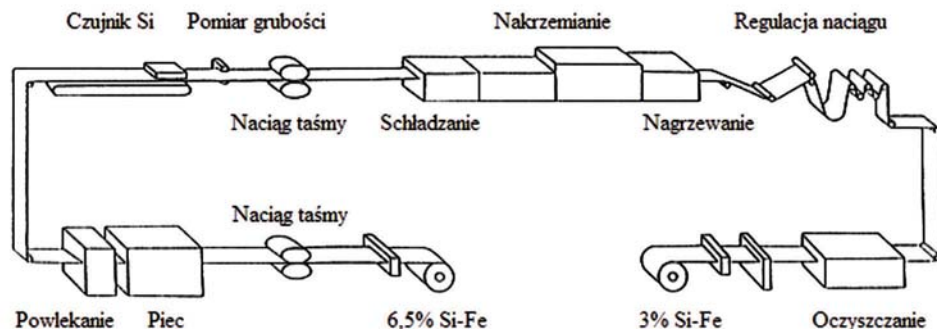
Produkcja blachy wysokokrzemowej metodą CVD przebiega w trakcie dwuetapowego procesu, w wyniku którego następuje wzbogacenie w krzem walcowanej na zimno blachy elektrotechnicznej 3% Si, co przedstawiono na rys. 1.



Rysunek 1. Etapy produkcji blachy 6,5% Si-Fe w procesie nakrzemiania chemicznego CVD [11]

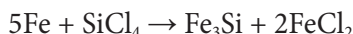
* Autor: dr hab. inż. **Krzysztof Chwastek**, prof. PCz, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki, e-mail: krzysztof.chwastek@gmail.com

dr hab. inż. **Mariusz Najgebauer**, prof. PCz, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki, e-mail: najgebauer@el.pcz.czest.pl



Rysunek 2. Schemat linii technologicznej ciągłego nakrzemiania CVD firmy JFE Steel [11]

Pierwszy etap obejmuje obróbkę termiczną materiału w atmosferze SiCl_4 . W wyniku reakcji chemicznej



na powierzchni materiału tworzy się warstwa Fe_3Si . W kolejnym etapie, podczas powtórnego wygrzewania w atmosferze czystego wodoru, atomy krzemu dyfundują z wysokokrzemowej warstwy powierzchniowej w głąb materiału. Otrzymany materiał charakteryzuje się równomiernym rozkładem atomów krzemu w całej objętości. Czas nakrzemiania niezbędny do uzyskania równomiernego rozkładu atomów krzemu w blasze wynosi nawet do kilkunastu godzin. W efekcie otrzymuje się blachę o praktycznie zerowej anizotropii strat i magnetostrykcji, indukcji nasycenia 1,80–1,94 T oraz niskiej stratności. Blachy o strukturze mikrokryształicznej o zawartości 6,5% Si łączą w sobie zalety blach elektrotechnicznych (duża indukcja) z zaletami taśm amorficznych (np. mała stratność). W porównaniu z taśmami amorficznymi cechują się większą grubością, co jest korzystne ze względu na konstrukcję rdzeni. Dzięki dużej zawartości krzemu proces starzenia blachy jest spowolniony, co oznacza ograniczenie spadku przenikalności oraz wzrostu stratności w czasie eksploatacji. Materiał ten należy do najbardziej perspektywicznych materiałów rdzeniowych dla zastosowań w magnetowodach urządzeń elektrycznych pracujących przy podwyższonej częstotliwości $f > 50$ Hz, w których wymagane są niskie straty oraz izotropowe cechy materiału.

Aktualnie produkowane są 2 gatunki blach o podwyższonej zawartości krzemu: JNEX (grubości 0,05 i 0,10 mm) oraz JNHF (grubości 0,10 i 0,20 mm). Różnica między nimi polega na tym, że w blachach JNEX zawartość krzemu pozostaje stała na poziomie 6,5% Si w całej objętości materiału, natomiast blachy JNHF charakteryzują się zmienną zawartością procentową krzemu w materiale — niską (3,2 %) wewnątrz arkusza, podwyższoną do 6,5% Si przy jego powierzchni (rys. 3).



Rysunek 3. Schematyczne przedstawienie profilu zawartości krzemu w arkuszu blachy JNHf

Specyficzny profil zawartości krzemu umożliwia ograniczenie stratności w paśmie wysokich częstotliwości powyżej 5 kHz. Poglądową ilustrację podstawowych właściwości blach z materiałów mikrokryształicznych o podwyższonej zawartości krzemu oraz innych nowoczesnych materiałów magnetycznych przedstawia tab. 1. W drugim wierszu tabeli podano warunki wyznaczania stratności, np. 10/50 – stratność wyznaczona przy indukcji 1 T (= 10 kG) dla częstotliwości 50 Hz. Metglas to powszechnie stosowana nazwa (marka handlowa) materiału amorficznego na bazie żelaza o składzie chemicznym Fe₇₈Si₁₃B₉. Skrót GO oznacza stal o ziarnie orientowanym, natomiast NO – nieorientowanym.

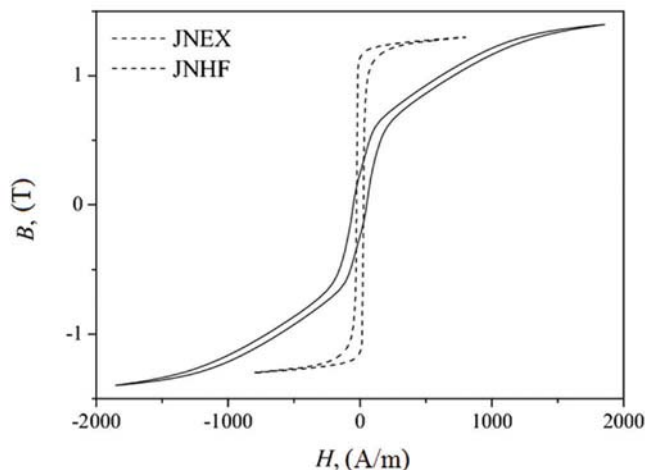
Tabela 1. Podstawowe dane materiałowe blach JNHf oraz JNEX o zawartości krzemu 6,5% (w kierunku walcowania, porównywalny przekrój próbki; opracowanie na podstawie materiałów reklamowych firmy JFE Steel)

	Materiał							
	Rdzeń typu JNHf		Rdzeń typu JNEX		Błacha orientowana	Błacha nieorientowana	Stop amorficzny	
Grubość (mm)	0,10	0,20	0,05	0,10	0,10	0,35	0,025	
Maksymalna przenikalność względna DC	4·10 ³	3,9·10 ³	16·10 ³	23·10 ³	24·10 ³	18·10 ³	300·10 ³	
Indukcja nasycenia (T)	1,88	1,94	1,80	1,80	2,03	1,96	1,50	
Indukcja B8 (T)	1,15	1,09	1,28	1,29	1,84	1,45	–	
Indukcja B25 (T)	1,44	1,47	1,38	1,40	1,91	1,56	–	
Straty w rdzeniu (W/kg)	W10/50	1,1	1,2	0,7	0,5	0,7	0,7	0,1
	W10/400	10,1	14,5	6,5	5,7	6,0	14,4	1,5
	W10/1k	30,0	51,6	18,8	18,7	22,7	62,0	5,5
	W5/2k	20,2	29,1	11,8	13,7	22,0	50,2	8,1
	W2/5k	11,5	17,9	8,6	11,3	20,0	38,0	4,0
	W1/10k	7,1	12,7	5,3	8,3	18,0	33,0	3,6
	W0.5/20k	8,0	9,5	4,1	6,9	14,0	–	3,3

* W10/50 – straty w rdzeniu przy 50 Hz, 1 T (= 10 kG), w przypadku sinusoidalnego przebiegu indukcji.

* B8 – indukcja przy 800 A/m.

Interesująco przedstawiają się charakterystyki magnesowania blachy o gradientowej zawartości krzemu, co przedstawiono na rys. 4. Wyraźnie widoczne jest załamanie krzywych pętli histerezy związane z występowaniem w materiale obszarów o różnej strukturze i właściwościach.



Rysunek 4. Pomiarowe charakterystyki blach o podwyższonej zawartości krzemu: JNEX – blacha o stałej zawartości krzemu, $d = 0.1$ mm, JNHF – blacha o gradientowej zawartości krzemu, $d = 0.2$ mm. Częstotliwość przemagnesowania $f = 50$ Hz

Korzystne, z punktu widzenia zastosowań, właściwości blach elektrotechnicznych o podwyższonej zawartości krzemu związane są m.in. z ich strukturą mikrokryształiczną (rozmiarem ziarna).

Wraz ze zwiększaniem zawartości krzemu:

- wzrasta rezystywność od około $0,5 \mu\Omega\text{m}$ dla blachy 3,2% Si do $0,82 \mu\Omega\text{m}$ dla blachy 6,5% Si. Ta cecha jest korzystna z uwagi na ograniczenie wpływu prądów wirowych w warunkach pracy przy podwyższonej częstotliwości,
- indukcja nasycenia ulega obniżeniu z około 2 T dla blachy 3,2% Si do około 1,8 T dla blachy 6,5% Si,
- maleją wartości współczynników anizotropii i magnetostrykcji blachy,
- przenikalność μ_i wzrasta do wartości rzędu 20 tys. dla blachy 6,5% Si (μ_i dla konwencjonalnych blach nieorientowanych 3,2% Si jest rzędu 4 tys.).

Wyżej wymienione cechy oraz niewielka wartość natężenia koercji sprawiają, że materiał o podwyższonej zawartości krzemu można uznać jako charakteryzujący się optymalnymi właściwościami i bardzo perspektywiczny [11, 12]. Przeszkody w szerszym wdrożeniu tego rodzaju materiału do aplikacji przemysłowych stanowią natomiast kruchość uzyskiwanych blach oraz skomplikowany i złożony proces produkcyjny.

3.3.3. Modelowanie właściwości blach o podwyższonej zawartości krzemu

W nowoczesnej inżynierii materiałów magnetycznych prowadzone i rozwijane są obecnie prace nad modelowaniem właściwości materiałów magnetycznych stosowanych w konstrukcji magnetowodów urządzeń elektrycznych. Podstawowym źródłem informacji o nich jest dynamiczna charakterystyka magnesowania wyrażona w postaci pętli histerezy magnetycznej. W oparciu o nią określane są takie podstawowe parametry materiałowe jak przenikalność magnetyczna, natężenie koercji, indukcja remanencji, stratność materiału oraz współczynnik anizotropii. Z drugiej strony analityczny opis pętli umożliwia analizę obwodów elektrycznych zawierających elementy indukcyjne. Najczęściej rzeczywista pętla histerezy jest odcinkami linearyzowana ($\mu = \text{const}$), a w skrajnym przypadku pomija się również straty energii w materiale.

Bardziej złożone i dokładne opisy dynamicznych krzywych magnesowania można otrzymać, korzystając z modeli matematycznych i fenomenologicznych pętli histerezy. W praktyce inżynierskiej duże znaczenie praktyczne zyskały w ostatnich latach model zaproponowany przez F. Preisacha i rozwijany m.in. przez I. D. Mayergoysza [10] oraz propozycja D. C. Jilesa i D. L. Athertona [8]. Ten ostatni opis jest przedmiotem niniejszego opracowania. Charakteryzuje się on stosunkowo prostą postacią równań i jest łatwy do implementacji numerycznej, np. w środowisku Matlab. Model jest często stosowany w praktyce. O jego znaczeniu świadczy fakt zaimplementowania go w wielu programach do symulacji obwodów elektronicznych zawierających rdzenie magnetyczne, np. PSPICE, przyborniku Matlab SimPowerSystems czy w symulatorze SABER opracowanym przez CERN, służącym do symulacji w środowiskach rozproszonych.

Model Jilesa-Athertona oparty jest na założeniu, że proces magnesowania materiału odbywa się poprzez przesunięcia ścian domenowych pod wpływem pola magnetycznego. Ruch ścian domenowych może mieć charakter nieodwracalny, jak i odwracalny. Nieodwracalne przeskoki ścian domenowych w ośrodkach wielodomenowych, jakimi są blachy elektrotechniczne, przez różnego rodzaju defekty w materiale, są przyczyną występowania zjawiska histerezy. Istnienie defektów wynika z niejednorodności strukturalnych, dyslokacji, wtrąceń czy też przypadkowych naprężeń mechanicznych, które mogą powstać podczas wytwarzania materiału. W literaturze anglojęzycznej noszą one nazwę centrów zaczepiania się ścian domenowych (ang. „pinning sites”).

Koncepcja ugięcia lub przeskoku ściany domenowej na tych centrach prowadzi do dwóch składowych podatności magnetycznej dM/dH – składowej odwracalnej, związanej z ugięciem ścian oraz składowej nieodwracalnej, związanej z nieodwracalnym przeskokiem ścian domenowych na centrach zaczepiania. Za ich opis odpowiada w modelu Jilesa-Athertona bezwymiarowy parametr c .

W celu zamodelowania pętli histerezy dla quasi-statycznego przemagnesowania, w warunkach określonych normami IEC 60404 (zakładających sinusoidalny kształt indukcji magnetycznej), należy scałkować numerycznie wyrażenie

$$\frac{dM}{dB} = \frac{\delta_M (M_{an} - M) + ck\delta \frac{dM_{an}}{dH_{eff}}}{k\delta - \alpha \left[\delta_M (M_{an} - M) + ck\delta \frac{dM_{an}}{dH_{eff}} \right]} \quad (1)$$

i rozwiązać układ równań

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dt} &= \frac{dM}{dB} \frac{dB}{dt} \\ \frac{dH}{dt} &= \frac{1}{\mu_0} \frac{dB}{dt} - \frac{dM}{dt} \end{aligned}$$

W wyrażeniu (1) M oznacza magnetyzację w materiale, M_{an} to tzw. magnetyzacja bezhisterezowa, opisana za pomocą równania

$$M_{an} = M_s \left[\coth \frac{H_{eff}}{a} - \frac{a}{H_{eff}} \right] \quad (2)$$

w którym tzw. pole efektywne H_{eff} dane jest jako $H_{eff} = H + \alpha M$, gdzie $\alpha(-)$ to jeden z parametrów modelu opisujący kooperatywny efekt oddziaływania pomiędzy momentami magnetycznymi w materiale, natomiast α (A/m) to inny parametr modelu, opisujący nachylenie zmodyfikowanej krzywej Langevina (2). M_s (A/m) oznacza magnetyzację nasycenia, natomiast parametr k występujący w równaniu (1) determinuje szerokość pętli histerezy osiagającej nasycenie. Występujące w powyższym równaniu wielkości δ i δ_M oznaczają odpowiednio znak pochodnej dB/dt i $\delta_M = 0.5[1 + \text{sign}(M_{an} - M_{irr})dB/dt]$, gdzie M_{irr} to składowa nieodwracalna magnetyzacji, $M_{irr} = \frac{M - cM_{an}}{1 - c}$. Do wyznaczenia wartości parametrów modelu quasi-statycznego, tj. wielkości α , a , c , k , M_s , wykorzystano autorską metodę estymacji, wykorzystującą twierdzenie Banacha o odwzorowaniu zwężającym [7, 5, 2].

Rozszerzenie wyżej opisanego modelu na warunki przemagnesowania, przy podwyższonej częstotliwości, jest możliwe przykładowo poprzez wprowadzenie do wyrażenia (*) dodatkowych składowych natężenia pola magnetycznego, związanych z prądami wirowymi indukowanymi w materiale pod wpływem zmiennego pola magnetycznego [9]. Składowe te wyznaczone są na podstawie teorii Bertottiego [1].

Zmodyfikowane wyrażenie (1) ma postać:

$$\frac{dM}{dB} = \frac{\delta_M(M_{an} - M) + ck\delta \frac{dM_{an}}{dH_{eff}} - H_{clas} - H_{exc}}{k\delta - \alpha \left[\delta_M(M_{an} - M) + ck\delta \frac{dM_{an}}{dH_{eff}} \right]}$$

w którym

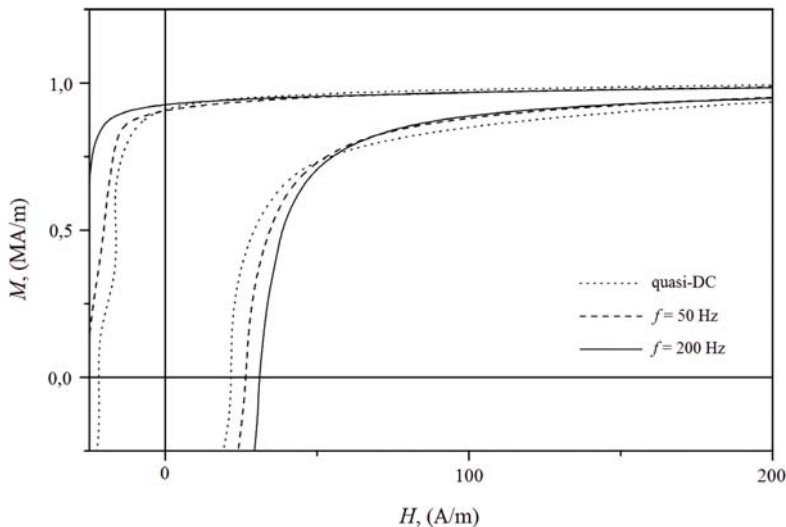
$$H_{clas} = \frac{\sigma d^2}{12} \frac{dB}{dt}$$

$$H_{exc} = \sqrt{\sigma G S V_0 \left| \frac{dB}{dt} \right|}$$
(3)

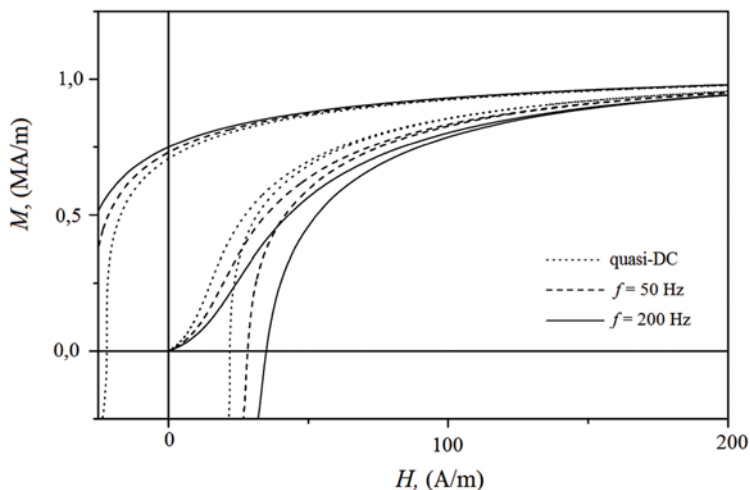
W wyrażeniach (3) σ oznacza konduktywność materiału, d to grubość arkusza blachy, $G \approx 0,1356$, natomiast S jest przekrojem poprzecznym próbki. V_0 jest parametrem empirycznym, którego wartość jest określona strukturą materiału magnetycznego.

Zasadniczym celem modelowania jest odzwierciedlenie jakościowych zmian kształtu pętli histerezy pod wpływem zmiany częstotliwości magnesowania materiału, co przedstawiono na rys. 5 i 6.

Poprzez scałkowanie pola objętego pętlą histerezy można otrzymać informację na temat stratności (strat energii przypadających na jeden cykl przemagnesowania, odniesionych do jednostki masy lub objętości materiału).

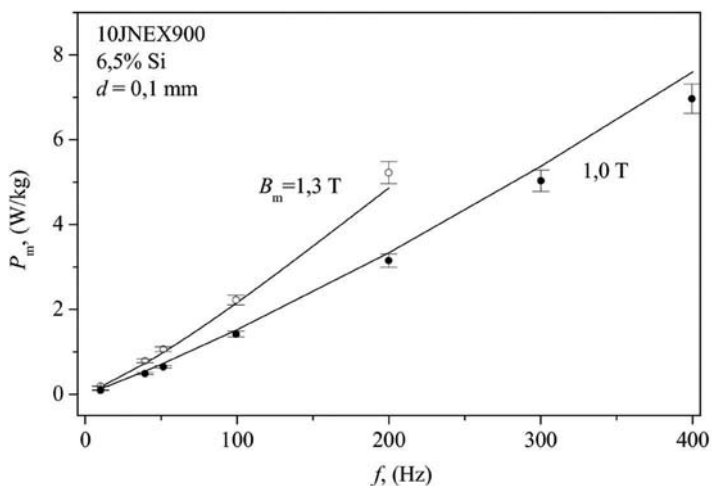


Rysunek 5. Pomiarowe charakterystyki magnesowania $M = M(H)$ dla blachy o podwyższonej zawartości krzemu



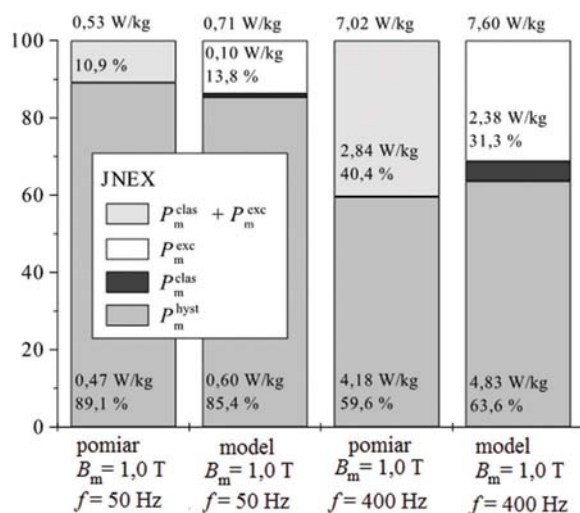
Rysunek 6. Modelowane charakterystyki magnesowania $M = M(H)$ dla blachy o podwyższonej zawartości krzemu

Należy stwierdzić, że zmiana kształtu pętli wraz ze zmianą częstotliwości została odzwierciedlona w sposób jakościowy. Występują pewne różnice w kształcie modelowanych i pomiarowych charakterystyk, ponadto modelowane wartości stratności są nieco zawyżone, co można stwierdzić na podstawie rys. 7.



Rysunek 7. Modelowana zależność strat energii na jednostkę masy od częstotliwości uzyskana z numerycznego planimetrowania pola pętli histerezy łącznie z punktami pomiarowymi i błędami dla blachy elektrotechnicznej nieorientowanej 10JNEX900

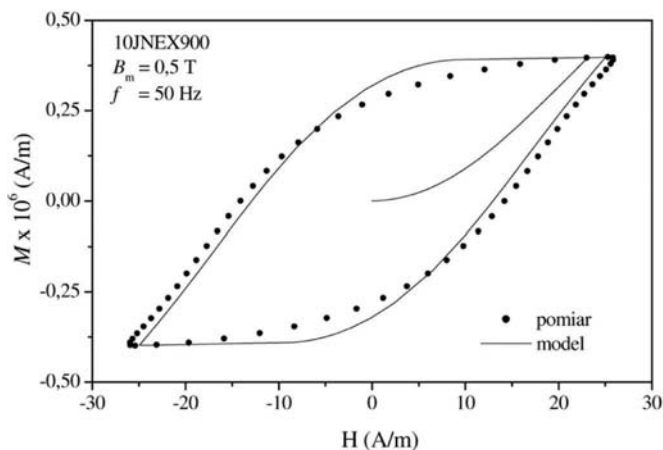
Mimo pewnych niedoskonałości przedstawionego wyżej opisu [17] można postawić tezę, że pozwala on, w pewnym ograniczonym zakresie, na wyznaczenie wartości stratności i innych ważnych z punktu widzenia projektanta wielkości fizycznych, które można otrzymać na podstawie dynamicznych pętli histerezy magnetycznej. W szczególności możliwe jest oszacowanie procentowego udziału poszczególnych składowych strat w stratach całkowitych. Przeprowadzone obliczenia składowej strat związanych z histerezą oraz prądami wirowymi są w zadowalającej zgodności z wynikami uzyskanymi z pomiarów, gdzie rozdział strat jest dokonywany metodą dwóch częstotliwości (por. rys. 8).



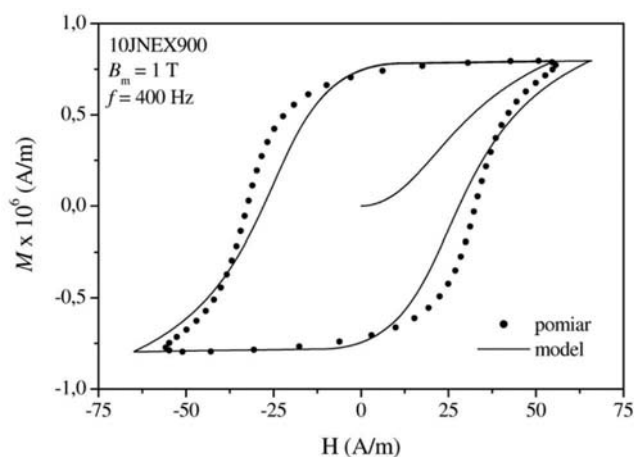
Rysunek 8. Rozdział strat całkowitych na składowe strat dla blachy nieorientowanej 10JNEX900 przy dwóch wartościach częstotliwości 50Hz oraz 400 Hz [7]

Poprawę dokładności opracowanego modelu otrzymano poprzez wprowadzenie modyfikacji do równań dla quasi-statycznego modelu Jilesa-Athertona [6]. Modyfikacje te miały na celu poprawę odwzorowania krzywych nie osiagających nasycenia, w tym tzw. pętli cząstkowych. Cel ten osiągnięto m.in. poprzez wyeliminowanie parametru c z równań modelu i wprowadzenie nowej zależności na całkowitą podatność magnetyczną, wyrażonej jako modulowana suma składnika stałego i składowej nieodwracalnej podatności magnetycznej. Czynnikiem modulującym była funkcja paraboliczna związana z chwilową wartością całkowitej magnetyzacji M . Zmodyfikowany model Jilesa-Athertona był przedmiotem analizy m.in. w pracach [3, 4].

Na rysunkach przedstawiono przykładowe wyniki modelowania pętli cząstkowych z wykorzystaniem zmodyfikowanego modelu Jilesa-Athertona dla różnych wartości częstotliwości przemagnesowania. Należy stwierdzić, że w obu przedstawionych przypadkach otrzymano bardzo dobrą zgodność odwzorowania kształtu pętli.

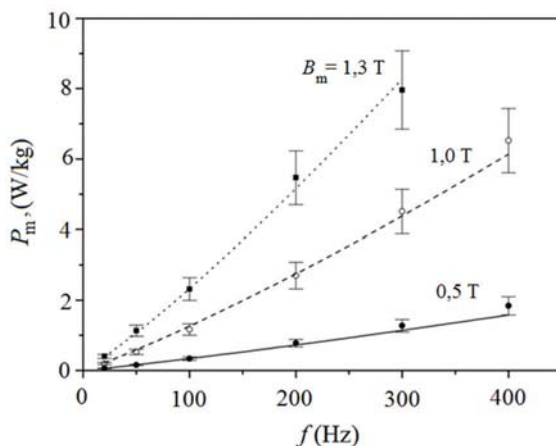


Rysunek 9. Obliczona i zmierzona dynamiczna pętla histerezy magnetycznej dla blachy izotropowej 10JNEX900 o zawartości krzemu 6,5% dla częstotliwości 50 Hz i indukcji magnetycznej 0,5 T [4]

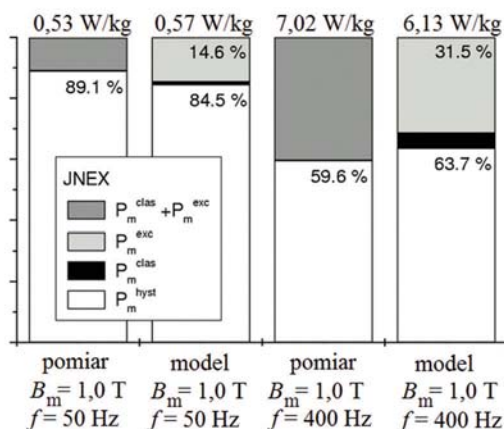


Rysunek 10. Obliczona i zmierzona dynamiczna pętla histerezy magnetycznej dla blachy izotropowej 10JNEX900 o zawartości krzemu 6,5% dla częstotliwości 400 Hz i indukcji magnetycznej 1,0 T [4]

Rysunek 11 przedstawia modelowaną zależność strat energii na jednostkę masy od częstotliwości dla wybranych poziomów indukcji. Należy stwierdzić, że wartości modelowe stratności znajdują się w zakresie mierzonych stratności dla wartości indukcji magnetycznej i częstotliwości pola magnesującego materiał, dla których określa się właściwości blach dla celów użytkowych. Na rys. 12 przedstawiono wyniki rozdziału strat. Można stwierdzić, że zarówno otrzymane modelowane wartości strat całkowitych, jak też poziomy składowych, pozostają w lepszej zgodności z wartościami otrzymanymi z pomiarów.



Rysunek 11. Modelowana zależność strat energii na jednostkę masy od częstotliwości uzyskana z numerycznego planimetrowania pola pętli histerezy łącznie z punktami pomiarowymi i błędami dla blachy elektrotechnicznej nieorientowanej 10JNEX900



Rysunek 12. Rozdział strat całkowitych na składowe straty dla blachy nieorientowanej 10JNEX900 przy dwóch wartościach częstotliwości 50 Hz oraz 400 Hz. Wykorzystano zmodyfikowany model Jilesa-Athertona

3.3.4. Zastosowania blach o podwyższonej zawartości krzemu

Bliska zeru magnetostrykcja oraz mniejsza stratność materiałów 6,5% Si-Fe, w porównaniu z blachami anizotropowymi, stwarza szerokie możliwości ich wykorzystania. Materiały te są głównie stosowane do produkcji rdzeni pakietowanych dla urządzeń pracujących przy podwyższonych częstotliwościach (energoelektronika), jak również w urządzeniach o obniżonym poziomie emitowanego hałasu. Typowe zastosowania blach elektrotechnicznych 6,5% Si-Fe obejmują m. in.:

- zasilacze przekształtnikowe,
- przekształtniki MOS-FET,
- silniki elektryczne z modulacją PWM,
- transformatory separujące,
- zasilacze UPS,
- systemy klimatyzacji,
- dławiki energetyczne,
- układy zasilania grzania indukcyjnego,
- układy zasilania kolei elektrycznej.

Zastosowanie blachy 6,5% Si-Fe na obwody magnetyczne urządzeń elektrycznych przy podwyższonych częstotliwościach przynosi dodatkowe korzyści w postaci zmniejszenia masy urządzenia, co przedstawiono w tab. 2. Wraz ze wzrostem częstotliwości zwiększa się redukcja masy – nawet do 50% [11].

Tabela 2. Porównanie masy i emitowanego hałasu transformatorów o różnym materiale rdzenia [11]

	Transformator z rdzeniem z blachy orientowanej	Transformator z rdzeniem z blachy 6,5% Si-Fe
Typ: 200 kVA, f = 400 Hz		
Masa:		
– całkowita	550 kg	420 kg
– rdzenia	320 kg	250kg
– uzwojeń	160 kg	125 kg
Hałas	80 dB	70 dB
Typ: 135 kVA, f = 2 kHz		
Masa:		
– całkowita	225 kg	113 kg
– rdzenia	119 kg	48 kg
– uzwojeń	72 kg	38 kg
Hałas	64 dB	64 dB

Z uwagi na bardzo niską magnetostrykcję blachy 6,5% Si-Fe o grubości 0,05 mm mogą być także z powodzeniem stosowane do produkcji rdzeni zwijanych ciętych. Niekorzystny wpływ magnetostrykcji w procesie formowania rdzenia ciętego jest w tych materiałach pomijalny, w przeciwieństwie do taśm amorficznych [13].

Literatura

1. Bertotti G., *Hysteresis in magnetism*, Academic Press, San Diego 1998.
2. Chwastek K., Najgebauer M., Szczygłowski J., *Wybrane zastosowania twierdzenia Banacha w elektromagnetyzmie obliczeniowym*, praca przedstawiona na VIII Seminarium Naukowym „WZEE’2008” Białystok–Białowieża, 22–24.09.2008, pełny tekst na CD.

3. Chwastek K., Szczygłowski J., Wilczyński W., Marion R., Raulet M.-A., Zitouni Y., Krähenbühl L., *Modelling minor hysteresis loops of high silicon steel using the modified Jiles-Atherton approach*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2009, nr 1, s. 68–70.
4. Chwastek K., Szczygłowski J., Wilczyński W., *Modelling magnetic properties of high silicon steel*, „Journal of Magnetism and Magnetic Materials” 2010, No. 322, pp. 799–803.
5. Chwastek K., Szczygłowski J., *An alternative method to estimate the parameters of Jiles-Atherton model*, „Journal of Magnetism and Magnetic Materials” 2007, No. 314, pp. 47–51.
6. Chwastek K., *Frequency behaviour of the modified Jiles-Atherton model*, „Physica B” 2008, No. 43, pp. 2484–2487.
7. Chwastek K., *Zastosowanie teorii pola efektywnego w modelowaniu dynamicznej pętli histerezy magnetycznej*, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, 2007.
8. Jiles D. C., Atherton D. L., *Theory of ferromagnetic hysteresis*, „J. Magn. Magn. Mater.” 1986, No. 61, pp. 48–60.
9. Jiles D. C., *Frequency dependence of hysteresis curves in conducting magnetic materials*, „J. Appl. Phys.” 1994, No. 76 (10), pp. 5849–5855.
10. Mayergoyz I. D., *Mathematical models of hysteresis and their applications*, Academic Press, San Diego 2003.
11. Najgebauer M., Chwastek K., Szczygłowski J., *Blachy elektrotechniczne o wyższej zawartości krzemu – właściwości i zastosowanie*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2004, nr 12, s. 1225–1227.
12. Namikawa M., Ninomiya H., Yamaji T., *High silicon steel sheets realizing excellent high frequency reactor performance*, „JFE Technical Report” 2005, No. 6, pp. 12–17.
13. Ninomiya H., Tanaka Y., Hiura A., Takada Y., *Magnetostriction and applications of 6.5% Si steel sheet*, „Journal of Applied Physics” 1991, No. 69 (8), pp. 5358–5360.
14. Takada Y., Abe M., Masuda S., Inagaki J., *Commercial scale production of Fe 6.5 wt. % Si sheet and its magnetic properties*, „Journal of Applied Physics” 1988, No. 64 (10), pp. 5367–5369.
15. Tanaka Y., Takada Y., Abe M., Masuda S., *Magnetic properties of 6.5% Si-Fe sheet and its applications*, „Journal of Magnetism and Magnetic Materials” 1990, No. 83, pp. 375–376.
16. Yamaji T., Abe M., Takada Y., Okada K., Hiratani T., *Magnetic properties and workability of 6.5% silicon steel sheet manufactured in continuous CVD siliconizing line*, „Journal of Magnetism and Magnetic Materials” 1994, No. 133, pp. 187–189.
17. Zirka S. E., Moroz Yu. I., Harrison R. G., Chwastek K., *On physical aspects of Jiles-Atherton models*, „Journal of Applied Physics” 2012, No. 112.

3.4. Koncepcja sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego małej mocy*

3.4.1. Wstęp

Adsorpcyjne układy chłodnicze wykorzystują proces pochłaniania powierzchniowego adsorbentu na powierzchni adsorbentu. Typowy cykl procesu adsorpcji można podzielić na dwie główne fazy: desorpcję i adsorpcję substancji [19, 10].

Jedną z faz jest operacja ogrzewania adsorbentu, podczas której następuje uwolnienie się adsorbentu z powierzchni adsorbentu (złoża), w ten sposób zachodzi desorpcja. Uwolniony adsorbat w postaci pary trafia do skraplacza adsorpcyjnego układu chłodniczego, gdzie następuje kondensacja czynnika chłodniczego i oddawanie ciepła. Ogrzewanie złoża w tej fazie jest realizowane ciepłem o temperaturze umożliwiającej regenerację adsorbentu, zwykle jest to temperatura powyżej 55°C [18]. Możliwość wykorzystania ciepła niskotemperaturowego pozwala na zastosowanie źródeł ciepła niskotemperaturowego, takich jak: energia słoneczna, wody geotermalne, płyny eksploatacyjne z chłodzenia maszyn, spaliny z procesów spalania, woda pochodząca z upustów ciepłowniczych w okresie letnim czy ciepło odpadowe z innych procesów przemysłowych [21, 11]. Ciepło z tych źródeł jest obecnie w minimalnym stopniu wykorzystywane, w większości przypadków jest oddawane do otoczenia, pogarszając w ten sposób warunki środowiskowe i bilans energetyczny procesów wytwórczych.

Przebieg fazy adsorpcji polega na ochładzaniu złoża układu adsorpcyjnego, w wyniku czego na powierzchni adsorbentu zachodzi pochłanianie powierzchniowe adsorbentu. Powoduje to efekt odparowania czynnika chłodniczego w przestrzeni parownika układu chłodniczego, który jest następnie adsorbowany przez złożo. Sam proces odparowania czynnika chłodniczego powoduje odbieranie ciepła w parowniku. Proces odbierania ciepła w parowniku jest wykorzystywany do chłodzenia różnych substancji, między innymi takich jak: powietrze, woda czy inne płyny chłodnicze [1].

W adsorpcyjnych układach chłodniczych główny element stanowi para adsorbent–adsorbat, a jako adsorbat i adsorbent stosowane są różne substancje oraz tworzone są różnorodne zestawienia substancji stanowiących daną parę. Adsorbentami fizycznymi są m.in.: węgiel aktywny, zeolity i silikażel, a adsorbenty chemiczne to m.in.: chlorki metalu, hydraty metali, tlenki metali i sól [17]. Jako adsorbaty stosowane są głównie takie substancje jak: metanol, etanol i woda [9, 3, 20].

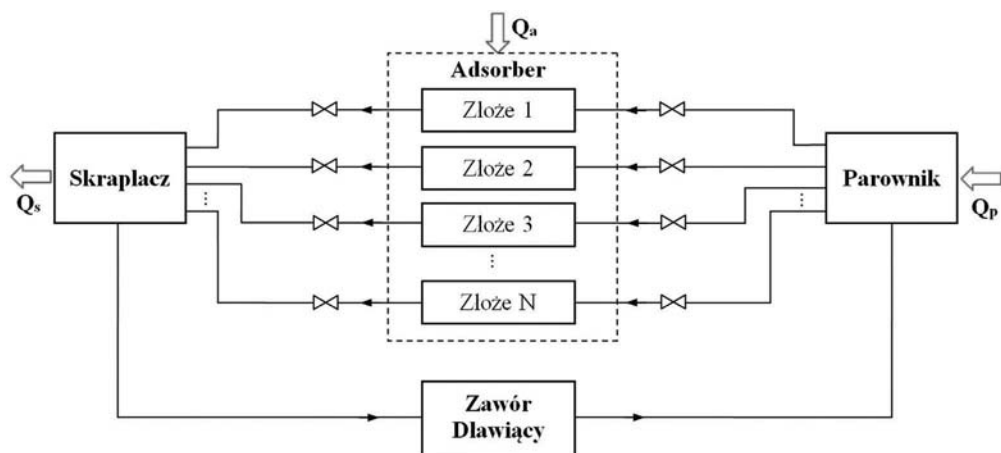
* *Autorzy:* mgr inż. **Mirosław Neska**, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, 26-600 Radom, ul. K. Pułaskiego 6/10, e-mail: miroslaw.neska@itee.radom.pl

dr inż. **Andrzej Majcher**, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, 26-600 Radom, ul. K. Pułaskiego 6/10, e-mail: andrzej.majcher@itee.radom.pl

Adsorpcyjne urządzenia chłodnicze stanowią alternatywę do urządzeń sprężarkowych czy absorpcyjnych, przeznaczonych do wytwarzania chłodu, odznaczających się większym zużyciem energii elektrycznej. Układy adsorpcyjne są obecnie ciągle rozwijane, a ich aplikacje znajdują zastosowania w takich rozwiązaniach jak: wytwornice wody lodowej, wytwornice lodu [2], pompy ciepła czy układy klimatyzacji [14].

3.4.2. Struktura układu

Głównymi elementami, stanowiącymi konstrukcję adsorpcyjnego układu chłodniczego, są: adsorber, skraplacz, zawór dławiący i parownik (rys. 1). W adsorberze układu chłodniczego znajduje się adsorbent, na którym zachodzą przemienne adsorpcja i desorpcja adsorbentu. Adsorbent w adsorberze może stanowić pojedyncze złożo [7] lub może być podzielony na szereg złożo [6, 15], których eksploatacja polega na naprzemiennym, cyklicznym wymuszaniu procesu adsorpcji i desorpcji. Stosowanie adsorbentu w formie adsorbentu wielozłożowego, w którym każde złożo można eksploatować indywidualnie, daje możliwość wydłużenia procesu pochłaniania powierzchniowego adsorbentu oraz zwiększa funkcjonalność sterowania procesami adsorpcji i desorpcji, co wpływa na poprawę parametrów pracy całego adsorpcyjnego układu chłodniczego.

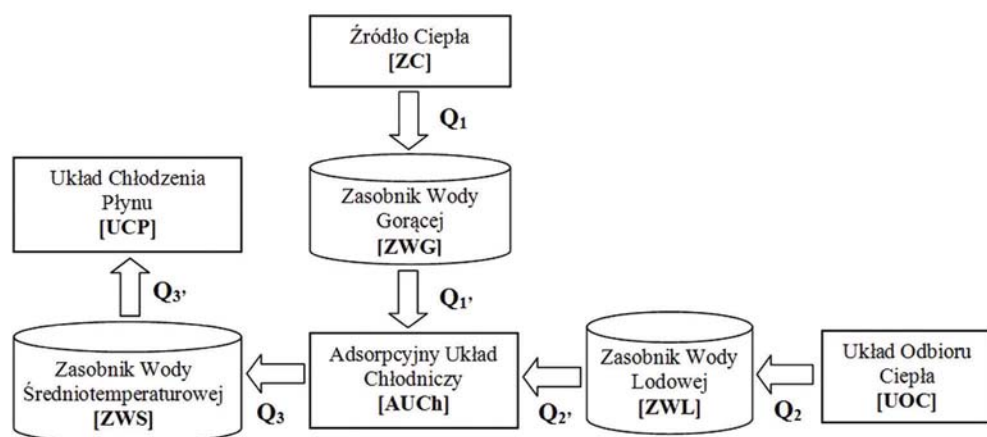


Rysunek 1. Schemat blokowy adsorpcyjnego układu chłodniczego z adsorberem wielozłożowym

Podczas procesu uwalniania adsorbentu do fazy gazowej z powierzchni adsorbentu, rozpoczyna się desorpcja złożo w adsorberze, wówczas odparowany czynnik chłodniczy przepływa z adsorbentu do skraplacza. W skraplaczu następuje kondensacja czynnika chłodniczego i wydzielanie ciepła, które jest sumą ciepła pochłoniętego w adsorberze i odebranego w parowniku.

Czynnik chłodniczy w postaci fazy ciekłej trafia do przestrzeni przed zaworem dławiącym, skąd jest dozowany do parownika. Czynniki chłodnicze w postaci ciekłej podawany jest przez zawór dławiący do przestrzeni parownika. W parowniku czynnik chłodniczy odparowuje, w wyniku czego powstające pary adsorbentu trafiają do adsorbenta, gdzie ulegają adsorpcji na złożu adsorbentu. Odparowanie adsorbentu w parowniku powoduje obniżanie się jego temperatury, co spowodowane jest procesem odbierania ciepła przez adsorbent z przestrzeni parownika, w wyniku czego w parowniku adsorpcyjnego układu chłodniczego powstaje efekt chłodzenia.

Koncepcja adsorpcyjnego układu chłodniczego obejmuje, obok samego układu, elementy i moduły niezbędne do zapewnienia poprawnej pracy układu adsorpcyjnego. Wspomniane elementy i moduły wspólnie tworzą stanowisko z obiegiem energii cieplnej (rys. 2), w którym przepływ energii wymuszony jest energią cieplną o najwyższej temperaturze. Stanowisko to posiada trzy różne zasobniki wody: zasobnik wody gorącej, wody lodowej i wody średniotemperaturowej, które realizują różne funkcje.



Rysunek 2. Schemat blokowy modułów stanowiska z adsorpcyjnym układem chłodniczym

Zasobnik wody gorącej [ZWG] ma za zadanie dostarczać czynnik grzewczy, o ustalonej temperaturze i z określonym przepływem, do wymiennika adsorbentu adsorpcyjnego układu chłodniczego, zapewniając dostarczenie odpowiedniej ilości energii cieplnej o wyższej temperaturze do złoża adsorbentu układu adsorpcyjnego. Moduł ZWG spełnia rolę akumulatora energii cieplnej o wyższej temperaturze, który jest zasilany energią cieplną pochodzącą z różnych źródeł ciepła modułu ZC. Moduły ZC mogą stanowić: pojedyncze źródło lub grupa źródeł ciepła, takich jak: kolektory słoneczne, wymienniki wód geotermalnych, wymienniki procesów spalania (ekonomizery, nagrzewnice, rekuperatory), wymienniki upustów ciepłowniczych czy wymienniki ciepła odpadowego z procesów przemysłowych [4].

Zadaniem zasobnika wody lodowej [ZWL] jest akumulacja wody o niskiej temperaturze, która może być wykorzystywana w procesach chłodniczych. Zamknięty obieg wody lodowej pomiędzy jej zasobnikiem a układem adsorpcyjnym ma za zadanie utrzymanie odpowiedniego poziomu przepływu cieczy, tak by osiągnąć optymalne parametry procesu adsorpcji: jak najniższą temperaturę wody lodowej w zasobniku oraz jak najwyższą moc chłodniczą układu.

Moduł ZWL, podobnie jak poprzedni moduł ZWG, spełnia rolę akumulatora, lecz w tym przypadku energii cieplnej o niskiej temperaturze. Moduł ZWL może być sprzężony z różnymi układami odbioru ciepła [UOC], którymi mogą być takie układy jak: układ klimatyzacji, wentylacji, układy chłodnicze artykułów spożywczych czy środków medycznych [2, 6].

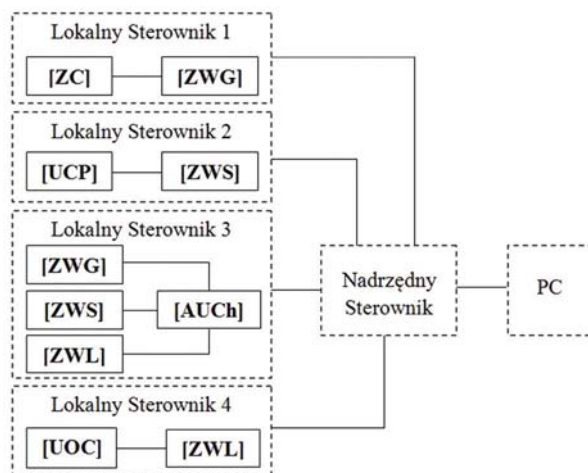
Cały przepływ energii cieplnej w stanowisku odbywa się poprzez główny moduł układu, moduł *AUCh*. W module tym suma pochłoniętego ciepła przez adsorber i odebranego ciepła w parowniku przekazywana jest do zasobnika wody średniotemperaturowej [ZWS], nie uwzględniając strat. Zadaniem wody przepływającej w obiegu pomiędzy modułami *AUCh* i ZWS jest jak najlepsze odebranie energii cieplnej z modułu *AUCh* poprzez sterowanie parametrami prędkości przepływu wody w obiegu i temperaturą wody w module zasobnika. Moduł ZWS sprzężony jest z układem chłodzenia płynu [UCP], którego zadaniem jest rozproszenie energii cieplnej o średniej temperaturze, gromadzonej w module ZWS. Wymagania stawiane modułowi UCP wynikają z konieczności utrzymania zadanych parametrów wody w module ZWS. Spełnienie tych wymagań polega na wymuszeniu odpowiednich parametrów temperatury i przepływu cieczy w obiegu modułów UCP i ZWS, tak by skutecznie realizować proces rozpraszania energii cieplnej. Przykładami układów chłodzenia płynów w tego typu aplikacjach mogą być rozwiązania takie jak: chłodnie wentylatorowe suche i mokre czy sprężarkowe agregaty chłodnicze.

3.4.3. System sterowania układu

Koncepcja systemu sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego obejmuje obsługę i sterowanie samego układu adsorpcyjnego, jak również elementów dodatkowego wyposażenia otoczenia układu adsorpcyjnego, które mogą posiadać lokalne jednostki sterujące, tworząc lokalne układy sterowania stanowiska (rys. 3). Budowa modułowa stanowiska z adsorpcyjnym układem chłodniczym pozwala na jego szybką modernizację i dowolną rozbudowę o nowe moduły i układy, co jest szczególnie istotne w przypadku stanowisk badawczych [12].

Zadaniem lokalnych sterowników jest bezpośrednie zarządzanie pracą ich modułów, realizacja funkcji nadzoru podukładów i komunikacja z jednostką nadrzędną, sprzężoną z komputerem *PC*. Ten system sterowania jest systemem wielopoziomym i może stanowić podsystem drzewa hierarchicznego rozproszonego systemu

sterowania DCS [16]. Zastosowanie tego typu systemu sterowania pozwala na przyspieszenie pracy lokalnych układów i modułów, redukcję ilości połączeń pomiędzy poszczególnymi podzespołami i modułami stanowiska, zwiększenie niezawodności pracy oraz rekonfigurowalność lokalnych układów, które są połączone z nadrzędnym sterownikiem poprzez standardowe magistrale polowe i sieci przemysłowe [13].



Rysunek 3. Schemat blokowy systemu sterowania stanowiska z adsorpcyjnym układem chłodniczym

Zadaniem nadrzędnego sterownika jest wymiana danych pomiędzy lokalnymi sterownikami i komputerem *PC*. Dane pomiarowe z nadrzędnej jednostki sterującej, poprzez interfejs *Ethernet*, przekazywane są do komputera *PC*, gdzie mogą być magazynowane i wykorzystywane w procesie wnioskowania do generowania głównych komend sterujących oprogramowania typu *SCADA* oraz monitorowania procesów przez urządzenia ze zdalnym dostępem.

Najniższy poziom w systemie sterowania stanowią lokalne sterowniki (rys. 3), które realizują różne zadania, zależnie od typu obsługiwanych przez nich modułów. Zadaniem lokalnego sterownika 1 jest nadzór nad modułami *ZWG* i *ZC*. Sterownik ten kontroluje temperaturę, ciśnienie i przepływ cieczy w zasobniku modułu *ZWG* oraz parametry związane z bezpieczeństwem lokalnego układu sterowania. Dodatkową funkcją sterownika 1 jest nadzór nad generacją i transferem energii cieplnej o wyższej temperaturze z modułu *ZC* oraz pomiar i regulacja w tym module parametrów czynników roboczych, takich jak: temperatura, ciśnienie, przepływ czy poziom czynnika.

Zadaniem lokalnego sterownika 2 jest kontrola pracy modułów *UCP* i *ZWS*. W module *ZWS* sterownik ten nadzoruje parametry cieczy średnotemperaturowej, m.in. takie jak: temperatura, przepływ czy poziom czynnika. Kolejną funkcją realizowaną przez sterownik 2 jest dalsza kontrola transferu i rozpraszania energii cieplnej

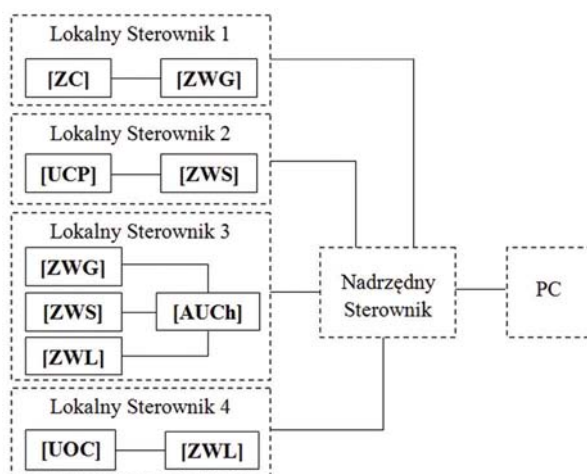
cieczy średnotemperaturowej w module *UCP*. W tym module sterownik nadzoruje i reguluje między innymi takie parametry jak: temperaturę, ciśnienie i przepływ chłodzonej cieczy oraz parametry środowiska otoczenia tego modułu. Dodatkową funkcją realizowaną przez sterownik 2 w module *UCP* jest kontrola pracy elementów wykonawczych modułu, których praca wpływa na bezpośrednie i całkowite rozpraszanie średnotemperaturowej energii cieplnej, do tego celu mogą być wykorzystywane takie elementy jak: wentylatory, pompy czy sprężarki.

Zadaniem kolejnego lokalnego sterownika 4 jest nadzór nad pracą modułów *ZWL* i *UOC*. Sterownik 4 w module *ZWL* kontroluje temperaturę, ciśnienie i przepływ cieczy o niskiej temperaturze oraz reguluje parametry cieczy, zabezpieczając przed jej zamrożeniem. Sterownik 4 może również nadzorować pracę modułu *UOC*, którego zadaniem jest bezpośredni odbiór i transfer ciepła o niskiej temperaturze, wywołując proces chłodzenia. W module tym sterownik może kontrolować pracę elementów wykonawczych w postaci: wentylatorów, sprężarek czy pomp, jednocześnie realizując pomiar parametrów procesu chłodzenia, takich jak: temperatura, ciśnienie, przepływ czy poziom cieczy.

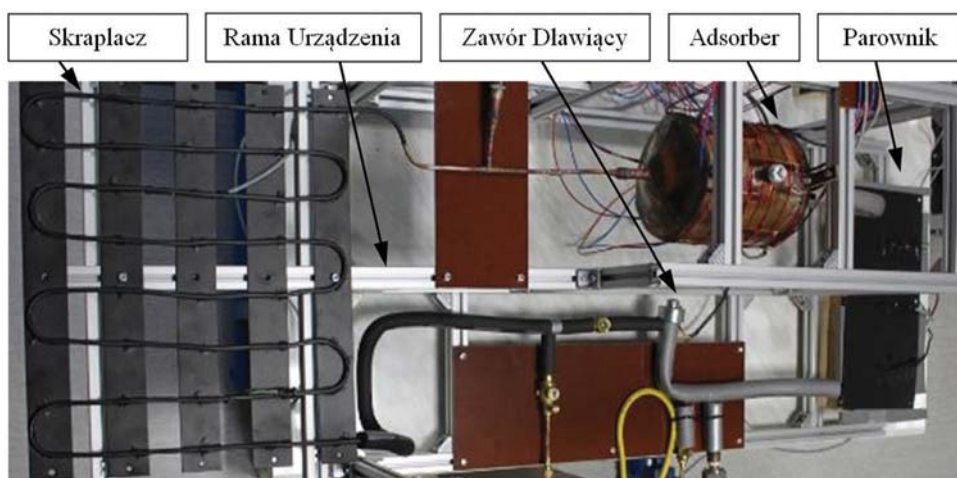
Głównym elementem lokalnego układu sterowania, w stanowisku przedstawionym na rys. 3, jest lokalny sterownik 3. Sterownik ten nadzoruje pracę i współpracę głównego modułu stanowiska modułu *AUCh* z modułami wspomagającymi: *ZWG*, *ZWS* i *ZWL*. Współpraca modułu *AUCh* ze wspomnianymi modułami może polegać na wymianie i transferze ciepła, zgodnie z wymaganiami realizacji w module *AUCh* procesów adsorpcji i desorpcji. Regulacja parametrów przepływu ciepła przez moduł *AUCh* z różnych kierunków, modułów *ZWG*, *ZWS* i *ZWL*, jest realizowana z poziomu samego modułu układu adsorpcyjnego, z wykorzystaniem lokalnego sterownika 3, którym może być sterownik *PLC* (rys. 4). Do wspomnianej regulacji mogą być wykorzystywane elementy wykonawcze w postaci zaworów i pomp obsługujących lokalne obiegi zamknięte oraz elementy pomiarowe do monitorowania parametrów, takich jak: przepływ, temperatura czy ciśnienie czynnika chłodniczego wewnątrz samego modułu *AUCh*, jak również parametrów czynnika wymiany ciepła pomiędzy modułem *AUCh*, a modułami wspomagającymi *ZWG*, *ZWS* i *ZWL*.

Prezentowana koncepcja sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego została zweryfikowana, w opracowanym modelowym, jednozłożowym adsorpcyjnym układzie chłodniczym małej mocy. Opracowany układ chłodzenia adsorpcyjnego wyposażony jest w szereg elementów pomiarowych i wykonawczych, które na etapie prototypu instalacji umożliwiają zbieranie, wizualizację i akwizycję danych opisujących adsorpcyjny proces chłodniczy. Jako czujniki do pomiaru temperatury poszczególnych elementów instalacji zastosowano czujniki typu *LM35DZ* (*Texas Instruments*), realizujące pomiar z dokładnością $\pm 0,9^{\circ}\text{C}$. Do pomiaru ciśnienia w instalacji zastosowano czujniki ciśnienia absolutnego typu: *Cerabar TPMC131* (*Endress+Hauser AG*) o dokładności pomiaru mniejszej niż 0,5%. Dostarczanie energii cieplnej do

adsorbera, dla celów badań laboratoryjnych, zrealizowano z zastosowaniem ceramicznych grzałek elektrycznych o mocy jednostkowej 60 W. W opracowanym układzie jako zawór dławiący użyto zaworu typu: VKV (*Saginomiya Seisakusho INC*). Prototyp modelowego adsorpcyjnego układu chłodniczego wykonany jest z miedzi i zamontowany na ramie z profili aluminiowych (rys. 5). Głównymi obiektami tworzącymi układ są następujące elementy: parownik, adsorber, skraplacz i zawór dławiący. Parownik wykonany jest w postaci płyty miedzianej z dolutowanymi od spodu rurkami miedzianymi, w których przepływa czynnik chłodniczy.



Rysunek 4. Schemat blokowy podsystemu sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego



Rysunek 5. Widok modelowego adsorpcyjnego układu chłodniczego

Adsorber wykonany jest w postaci cylindra z otworem znajdującym się w jego bocznej części, który służy do napełniania i opróżniania adsorbentu adsorbentem oraz dodatkowo wyposażony jest z dwóch stron osiowo w przyłącza służące cyrkulacji adsorbentu. Skraplacz zbudowany jest z rurek miedzianych, połączonych paskami blachy miedzianej, służącej lepszemu odprowadzaniu ciepła podczas kondensacji czynnika chłodniczego. Zawór dławiący spełnia w instalacji rolę elektrycznego elementu wykonawczego, którego główną funkcją jest precyzyjne dozowanie czynnika chłodniczego do przestrzeni parownika. Elektroniczny zawór dławiący kontrolowany jest bezpośrednio przez własny kontroler typu: LNE (*Saginomiya Seisakusho INC*), który komunikuje się i jest nadzorowany przez lokalny sterownik PLC.

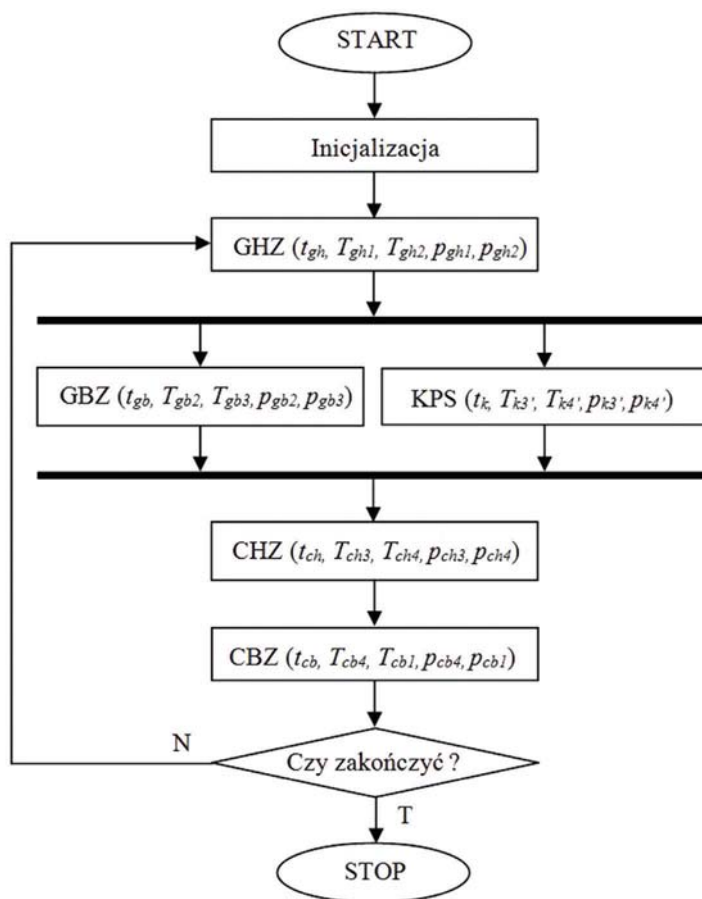
Jako lokalny sterownik PLC układu sterowania zastosowano sterownik typu: M258 rodziny Modicon (*Schneider Electric*). Zbierane dane pomiarowe przekazywane są do komputera PC poprzez interfejs *Modbus Ethernet TCP/IP*, gdzie realizowana jest wizualizacja danych i ich archiwizacja. Do długookresowego monitorowania i zapisu danych pomiarowych w plikach bazy danych zastosowano autorskie oprogramowanie, opracowane w środowisku LabVIEW (*National Instruments*).

3.4.4. Algorytm sterowania

Opracowane modelowe rozwiązanie adsorpcyjnego układu chłodniczego zawiera jako parę adsorbent–adsorbent: żel krzemionkowy (silikażel) i wodę. Proces realizowany przez adsorpcyjny układ chłodniczy polega na naprzemiennej adsorpcji i desorpcji adsorbentu na powierzchni adsorbentu. System sterowania układu realizuje ten proces zgodnie z opracowanym algorytmem (rys. 6).

Praca systemu sterowania rozpoczyna się od inicjalizacji, podczas której następuje uruchomienie i sprawdzenie poprawności uruchomienia wszystkich bloków układu oraz zgłaszanych przez nich potwierdzeń i parametrów stanu pracy. Przykładami tych parametrów są wartości: poziomu niskiej próżni w instalacji układu, temperatury na poszczególnych obiektach czy poziomu otwarcia zaworu dławiącego. Po osiągnięciu wymaganych wartości parametrów i sygnałów zwrotnych z poszczególnych obiektów układu następuje przejście do kroku GHZ algorytmu, w którym następuje proces izochorycznego grzania złoża adsorbentu. W kroku tym system sterowania kontroluje proces ogrzewania złoża, realizując fazę 1–2. Podczas tej fazy następuje dostarczanie ciepła do adsorbentu nasyconego adsorbentem, wówczas w ogrzewanym adsorberze jednocześnie wzrasta ciśnienie (p_{gh}) i temperatura (T_{gh}): z wartości w punkcie 1 do wartości w punkcie 2, przebiegając w określonym czasie (t_{gh}). Po osiągnięciu wymaganych parametrów punktu 2 fazy następuje przejście do kolejnego kroku GBZ w algorytmie. W kroku tym prowadzona jest faza 2–3, podczas której system sterowania realizuje dalszy cykl grzania złoża i zachodzi proces desorpcji adsorbentu. Podczas tej fazy następuje dalszy wzrost temperatury (T_{gb}) złoża z warto-

ści w punkcie 2 do wartości w punkcie 3, jednocześnie monitorowane są parametry ciśnienia (p_{gb}) i czasu trwania fazy (t_{gb}).



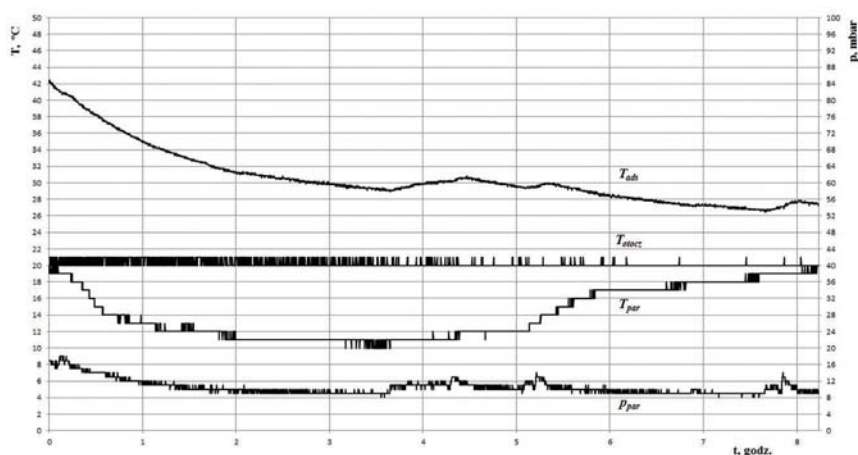
Rysunek 6. Schemat algorytmu pracy adsorpcyjnego układu chłodniczego

Równoległe do kroku *GBZ* realizowany jest przez system sterowania krok *KPS*, w którym odparowany czynnik chłodniczy przepływa z adsorbera do skraplacza, realizując fazę 3'–4'. Podczas tej fazy następuje kondensacja czynnika chłodniczego i gromadzenie go przed zaworem dławiącym. Podczas fazy 3'–4' kontrolowane są wartości parametrów temperatury (T_k), ciśnienia (p_k) i czasu (t_k) trwania procesu kondensacji czynnika. Po zakończeniu kroków *GBZ* i *KPS* algorytmu, gdy złożo jest zregenerowane, następuje przejście do kroku *CHZ*, w którym prowadzona jest faza 3–4 izochorycznego chłodzenia. Podczas tej fazy następuje chłodzenie złoża w wyniku oddawania ciepła z układu, wówczas system sterowania kontroluje czas (t_{ch}) i wartości parametrów procesu odbierania ciepła, takie jak spadek temperatury (T_{ch})

i ciśnienia (p_{ch}) w adsorberze. Po osiągnięciu wymaganych parametrów punktu 4 fazy następuje przejście do kroku CBZ algorytmu i fazy 4–1. W fazie tej rozpoczyna się proces adsorpcji adsorbentu, podczas którego ciepło jest nadal oddawane z układu przy regulowanych i monitorowanych parametrach procesu, takich jak: czas (t_{cb}), temperatura (T_{cb}) i ciśnienie (p_{cb}). Po zakończeniu tej fazy pracy układu, algorytm systemu sterowania przewiduje możliwość zakończenia pracy układu lub dalsze cykliczne prowadzenie procesu desorpcji i adsorpcji adsorbentu

3.4.5. Weryfikacja pracy układu

Opracowany modelowy, jednozłożowy adsorpcyjny układ chłodniczy małej mocy poddano weryfikacji w długookresowych badaniach, uruchamiając cyklicznie procesy desorpcji i adsorpcji. Prowadzone procesy desorpcji adsorbentu realizowano przy zadanej temperaturze grzania adsorbentu w zakresie od 70°C do 100°C . Po zakończeniu cyklu grzania adsorbentu uruchamiano proces izochorycznego obniżania temperatury w adsorberze, który trwał do momentu osiągnięcia odpowiednich parametrów ciśnienia i temperatury. Po ich osiągnięciu rozpoczął się proces adsorpcji adsorbentu na powierzchni adsorbentu poprzez odparowanie czynnika chłodniczego w przestrzeni parownika, odbierając ciepło w parowniku i tym samym wywołując efekt chłodzenia. Proces ten przebiegał dzięki regulacji zaworu dławiącego przez regulator sterownika PLC systemu sterowania układu. W wyniku odpowiedniej regulacji następował odbiór ciepła w parowniku i obniżanie się jego temperatury. W efekcie pracy modelowego jednozłożowego adsorpcyjnego układu chłodniczego małej mocy uzyskano długookresowo minimalną średnią temperaturę chłodzenia parownika na poziomie około 11°C (rys. 7).



Rysunek 7. Wykres parametrów procesu odbierania ciepła w parowniku; T_{ads} – średnia temperatura adsorbentu, p_{par} – ciśnienie parowania czynnika, T_{otocz} – temperatura otoczenia, T_{par} – temperatura parownika

W wyniku przeprowadzonych testów cyklicznej adsorpcji i desorpcji adsorbentu wyznaczono parametry i charakterystyki adsorpcyjnego układu chłodniczego oraz współczynnik wydajności chłodniczej (*COP*), który osiągnął średnią wartość na poziomie 0,44.

3.4.6. Podsumowanie

Prezentowana koncepcja sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego małej mocy przewiduje możliwość regulacji i kontroli parametrów układu adsorpcyjnego na poziomie lokalnym. Koncepcja uwzględnia możliwość sterowania układem adsorpcyjnym, w którym adsorber ma postać zarówno pojedynczego złoża, jak również postać rozbudowaną, wielozłożową. Prezentowane rozwiązanie systemu sterowania układu adsorpcyjnego zakłada możliwość zastosowania i funkcjonowania układu w wielopoziomowej strukturze sterowania, rozbudowanej o dodatkowe moduły wspomagające pracę adsorpcyjnego układu chłodniczego, takie jak moduły wody gorącej, lodowej i średnotemperaturowej. Analizowana koncepcja sterowania zakłada również możliwość współpracy i komunikacji adsorpcyjnego układu chłodniczego znajdującego się na poziomie lokalnym, z nadrzędną jednostką sterującą stanowiska oraz z komputerem PC, stanowiących elementy wyższych poziomów zarządzania systemem sterowania. Celem współpracy i komunikacji układu znajdującego się na poziomie lokalnym z jednostkami nadrzędnymi może być wymiana informacji i archiwizacja danych pomiarowych oraz formułowanie komend w procesie wnioskowania, stąd prezentowany system sterowania adsorpcyjnego układu chłodniczego małej mocy może stanowić podsystem wielopoziomowego systemu *DCS*.

Koncepcja sterowania układu adsorpcyjnego została poddana weryfikacji w autorskiej, modelowej instalacji adsorpcyjnego układu chłodniczego małej mocy. W wyniku przeprowadzanych długookresowych badań układu, uzyskano układ umożliwiający prowadzenie cyklicznych, wielogodzinnych procesów chłodniczych, przy minimalnej średniej temperaturze chłodzenia parownika, na poziomie około 11°C. Współczynnik wydajności chłodniczej w układzie osiągnięto na średnim poziomie równym 0,44. Poprawę parametrów funkcjonalnych tego typu układu można osiągnąć poprzez zwiększenie złoża i rozbudowę adsorbera o kolejne złoże adsorbentu. Może to pozwolić na wydłużenie cyklu odbierania ciepła w parowniku oraz zwiększenie mocy chłodniczej układu.

Tendencje rozwoju systemów sterowania adsorpcyjnymi układami chłodniczymi i budowy samych układów skupiają się głównie na poprawie wartości współczynnika *COP*, poprzez ich modyfikacje, ulepszając główne elementy układów: pary adsorbent-adsorbent, konstrukcję i optymalizując parametry pracy [17, 15, 8]. Optymalizacja parametrów pracy systemu sterowania układów ma na celu uzyskanie efektywniejszego chłodzenia i grzania adsorbentu poprzez wykorzystanie m. in. wsparcia

systemu sterowania o nowe algorytmy do wyznaczania zużycia energii cieplnej [5], co wpływa na poprawę efektywności i niezawodności całego adsorpcyjnego układu chłodniczego.

Literatura

1. Abas N., Kalair A. R., Khan N., Haider A., Saleem Z., Saleem M. S., *Natural and synthetic refrigerants, global Warming*, „A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2018, No. 90, pp. 557–569.
2. Ambarita H., Kawai H., *Experimental study on solar-powered adsorption refrigeration cycle with activated alumina and activated carbon as adsorbent*, „Case Studies in Thermal Engineering” 2016, No. 7, pp. 36–46.
3. Brancato V., Frazzica A., Sapienza A., Gordeeva L., Freni A., *Ethanol adsorption onto carbonaceous and composite adsorbents for adsorptive cooling system*, „Energy” 2015, No. 84, pp. 77–185.
4. Dane katalogowe firm: M.A.S., Secespol, Juwent, Thesla Green.
5. Dudzik S., *Investigations of a heat exchanger using infrared thermography and artificial neural networks. Sensors and Actuators*, „Physical” 2011, No. 166, pp. 149–156.
6. Goyal P., Baredar P., Mittal A., Siddiqui A. R., *Adsorption refrigeration technology – An overview of theory and its solar energy applications*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2016, No. 53, pp. 1389–1410.
7. Khattab N. M., *A novel solar-powered adsorption refrigeration module*, „Applied Thermal Engineering”, 2004, No. 24, pp. 2747–2760.
8. Li X. H., Hou X. H., Zhang X., Yuan Z. X., *A review on development of adsorption cooling – Novel beds and advanced cycles*, „Energy Conversion and Management” 2015, No. 94, pp. 221–232.
9. Lu Z., Wang R., Xia Z., Gong L., *Experimental investigation adsorption chillers using micro-porous silica gel-water and compound adsorbent-methanol*, „Energy Conversion and Management” 2013, No. 65, pp. 430–437.
10. Neska M., *Analiza adsorpcyjnych układów chłodzenia*, [w:] Całus D. i in. (red.), *Możliwości i horyzonty ekoinnovazioneści. Samowystarczalność energetyczna i poprawa jakości powietrza*, Wyd. Instytut Ochrony Środowiska-PIB, Warszawa, 2017, s. 96–108.
11. Oliveira R. G., *Solar powered sorption refrigeration and air conditioning, Refrigeration, Theory, Technology and Applications*, Nova Science Publishers, Inc. New York 2011, 4, pp. 205–238.
12. Przybylski J., Majcher A., Neska M., *A reconfigurable control system for a PA-PVD technology test stand*, *Solid State Phenomena*, 2015, pp. 220–221, pp. 504–509.

13. Przybylski J., Neska M., *System sterowania stanowiska do personalizacji i zabezpieczenia mechanicznego dokumentów z układami RFID*, [w:] Całus D. i in. (red.), *Możliwości i horyzonty ekoinnowacyjności. Energetyka odnawialna i magazynowanie energii*, Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 2016, s. 143–152.
14. Ramji H. R., Leo S. L., Tan I. A. W., Abdullah M. O., *Comparative study of three different adsorbent-adsorbate working pairs for a waste heat driven adsorption air conditioning system based on simulation*, IJRRAS, 2014, 18, 2, pp. 109–121.
15. Shmroukh A. N., Ali A. H. H., Ookawara S., *Adsorption working pairs for adsorption cooling chillers, A review based on adsorption capacity and environmental impact*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2015, No. 50, pp. 445–456.
16. Trybus L., *Rozproszone systemy sterowania DCS*, „Pomiary. Automatyka. Kontrola” 2006, r. 52, nr 1, s. 26–29.
17. Wang L. W., Wang R. Z., Oliveira R. G., *A review on adsorption working pairs for refrigeration*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2009, 13, 3, pp. 518–534.
18. Wang R. Z., Oliveira R. G., *Adsorption refrigeration – An efficient way to make good use of waste heat and solar Energy*, „Progress in Energy and Combustion Science” 2006, 32, 4, pp. 424–458.
19. Wu J. W., Hu E. J., Biggs M. J., *Thermodynamic cycles of adsorption desalination system*, „Applied Energy” 2012, No. 90, pp. 316–322.
20. Xia Z., Wang D., Zhang J., *Experimental study on improved two-bed silica gel-water adsorption chiller*, „Energy Conversion and Management” 2008, No. 49, pp. 1469–1479.
21. Zarzycki R., *Wykorzystanie ciepła odpadowego z układu sprężania CO₂ do produkcji wody lodowej*, „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią” Polskiej Akademii Nauk 2016, nr 95, s. 169–180.

ROZDZIAŁ 4

Ekorozwój

Pojęcie ekorozwój (*sustainable development*) po raz pierwszy zostało zdefiniowane w 1972 r. w Sztokholmie w deklaracji konwencji Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ). Mimo tego ludzkość potrzebowała aż dwóch dekad na sformułowanie szczegółowych wytycznych jego stosowania i zobowiązania rządów do wdrażania zasad nowego (zrównoważonego) rozwoju. Dokonano tego dopiero podczas Konferencji ONZ w Rio de Janeiro w 1992 r. na tzw. „Szczycie Ziemi”. Od tego wydarzenia musiało minąć kolejne dwadzieścia lat, aby zasady zrównoważonego rozwoju były powszechnie stosowane przez władze, przedsiębiorców i ogół społeczeństwa. Kolejny krok został zrobiony przez wszystkie kraje zrzeszone w ONZ we wrześniu 2015 r., ustalając 17-lecie celów zrównoważonego rozwoju do roku 2030. Dziś możemy powiedzieć, że zrównoważony rozwój w Polsce, który jest ujęty w naszej Konstytucji w art. 5, spowodował swojego rodzaju synergii w działaniach polityczno-gospodarczo-społecznych, zapewniając tym dbałość o środowisko. Niniejszy rozdział został poświęcony właśnie temu niezwykle ważnemu zagadnieniu.

Tematyka poruszana w niniejszym rozdziale pokazuje horyzontalny charakter ekorozwoju i tylko kompleksowe podejście, uwzględniające zasady gospodarki o obiegu zamkniętym (ang. *circular economy*), może przynieść wymierny, oczekiwany i efektywny wzrost gospodarczy z poszanowaniem zasobów naturalnych i środowiska. W kolejnych podrozdziałach zaprezentowano przykłady wykorzystania marki „Green City” w miastach Europy Środkowej, perspektywy rozwoju OZE w Polsce i Niemczech, ekologiczne technologie energetyczne, gospodarkę wodną w zrównoważonym rozwoju, skutki środowiskowe wykorzystania genetycznie modyfikowanych roślin oraz koncepcję zastosowania zielonych dachów.

Krystian Szczepański

4.1. Analiza możliwości wykorzystania marki „Green City” przez miasta Europy Środkowej – przykład Warszawy, Pragi i Budapesztu*

4.1.1. Wstęp

Wieloaspektowość współczesnego miasta oraz liczne problemy, które należy w nim rozwiązać, wpływają na znaczne trudności w jego zarządzaniu. Nielatwym wyzwaniem jest kształtowanie polityki środowiskowej w myśl zasady zrównoważonego rozwoju, a nieodzownym elementem polityki środowiskowej jest umiejętność dobrego zarządzania środowiskiem, inwestycjami środowiskowymi, edukacją ekologiczną oraz promocją środowiskową. Jest to swego rodzaju zależność w zarządzaniu miastem, która politykę środowiskową traktuje nieco szerzej i nie sprowadza jej jedynie do opracowania programów ochrony środowiska. Ważne miejsce zajmuje także marketing, w tym wykorzystanie obecnych lub potencjalnych walorów środowiskowych w tworzeniu nowej marki miasta o nazwie „Green City” („Miasto zielone”). Eko-marketing daje podstawę dla lepszego postrzegania miasta przez mieszkańców, turystów i przedsiębiorców.

Celem niniejszego rozdziału jest sporządzenie analizy możliwości wykorzystania marki „Green City” przez miasta Europy Środkowej na przykładzie Warszawy, Pragi i Budapesztu. Miasta te są stolicami i metropoliami powyżej 1 mln mieszkańców, dlatego stwarzają najlepsze warunki dla wspierania i promowania idei „Green City” (duże miasta) oraz wykorzystania jej w swojej promocji. W artykule dokonano dogłębnej analizy polityki pro-środowiskowej miast, w tym strategii rozwoju i dokumentów promocyjnych, a także ich stron internetowych, w tym portali społecznościowych Facebook i Twitter, które w XXI w. pełnią znaczącą rolę marketingową. Przedmiotem oceny była potencjalna możliwość wykorzystania przez miasta nazwy „Green City” jako marki, którą miasta mogą tworzyć i kształtować. Należy podkreślić, iż termin „Green City” jest tu używany naprzemiennie z terminem „Miasto zielone”.

Słowo „zielony” wzbudza pozytywne skojarzenia. Zazwyczaj kojarzy się z czymś ekologicznym, modnym i pożądanym. Dlatego w badaniu analizy dokumentów strategicznych i promocyjnych, a także stron internetowych Warszawy, Pragi i Budapesztu zwrócono uwagę na następujące zagadnienia:

- czy w dokumentach strategicznych pojawia się informacja lub wzmianka o „mieście zielonym” lub „zrównoważonym”?
- czy w programie ochrony środowiska uwzględniono proces tworzenia „miasta zielonego”/zrównoważonego?

* Autorki: mgr **Anna Hulicka**, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków, e-mail: anna.hulicka@uj.edu.pl

mgr **Joanna Tarnawska**, e-mail: tarnawska.jm@gmail.com

4.1.2. Zarządzanie miastem a tworzenie marki miasta

Zarządzanie marką urosło na znaczeniu w całym procesie marketingu terytorialnego. Ma to związek z rozwojem technologii informacyjnych i możliwością przesyłania danych i informacji, znacznych procesów globalizacyjnych, wzrastających potrzeb społeczeństwa oraz promowania obszarów unikatowych [4].

Idea tzw. „brandingu miejsca” jest stosunkowo nowym obszarem badań naukowców, przypadająca na okres początku XXI w. Głównymi decydentami w formowaniu marki miejsca jest władza samorządowa [4]. To samorząd lokalny skupia podmioty, tj. osoby, organizacje gospodarcze i społeczne, które są ze sobą powiązane wspólnymi interesami i konfliktami. Władze samorządowe mają do wykorzystania cały wachlarz instrumentów marketingowych, dzięki czemu mają oni możliwość dotarcia do każdej z tych grup [11].

Jednym z elementów marketingu miejsca jest budowanie jego marki. To właśnie marka sprawia, że miasto jest rozpoznawalne, a jego popularność wpływa na rozwój mikro- i makroregionów [4]. Miasto jest zakorzenione w swojej historii, kulturze i ekosystemie. Powoduje to także pewne konsekwencje, takie jak niemożność tworzenia marki miasta bez miasta czy „zarządzanie miastem przez markę” [4].

Miasto może być rozumiane jako produkt złożony z ulic, budowli, mieszkań, ludzi, historii, ale powinno ono posiadać także elementy pozafizyczne, które budują jego wyjątkowość. Mogą odwoływać się do swoich walorów, korzyści fizycznych, emocjonalnych, a nawet atmosfery. Zadaniem władz miasta jest wybrać „to coś”, co pozwoli odróżnić daną markę od innych [5]. Tym „czymś” może być również tworzenie i kreowanie idei „Green City”.

4.1.3. „Green City” jako marka miasta – przykład ze świata

Władze miejskie mogą promować się jako ekologiczne i przyjazne do życia. Słowo „zielone” nawiązuje do pozytywnych skojarzeń. Jeśli połączymy to z odpowiednim hasłem promocyjnym czy sloganem, wpłynie to korzystnie na rozwój lokalny [13]. W tym przypadku możemy mówić o sloganie „Green City”, które odnosi się do pozytywnych skojarzeń z zielenią, ekologią i zrównoważonym rozwojem.

Miastem, które po raz pierwszy wykorzystało ideę „Green City” w swojej promocji, jest kanadyjskie Vancouver. Władze tego miasta od samego początku wiedziały, iż chcą promować miasto jako zdrowe i zielone miejsce do życia. W tym celu utworzono strategię rozwoju o nazwie „Action Plan”, która do 2020 r. określa kierunki rozwoju miasta, w nawiązaniu do ekologii i zrównoważonego rozwoju. Warto wspomnieć, iż wszelkie działania, które władze podejmują, są związane z ideą „Green City”. Utworzone zostało specjalne logo, przedstawiające 2 drzewa oraz slogan „City of Vancouver – Greenest City 2020”. Warto podkreślić, że logo zostało oficjalnie zgło-

szone i zarejestrowane jako znak towarowy. W ramach programu „City of Vancouver – Greenest City 2020” założonych zostało 10 celów, które jednoznacznie nawiązują do idei „Green City”, tj. brak zalegających na wysypiskach odpadów, najczystsza na świecie woda i powietrze. Vancouver przyjął sobie cel stać się „najbardziej zielonym miastem na świecie”. W tym celu miasto zgłosiło do urzędu patentowego nowy znak towarowy – hasło „Vancouver – Green Capital”. Chwaląc się każdym swoim sukcesem i wspierając markę miasta, władze publikują wszystkie swoje osiągnięcia na stronie internetowej oraz portalach społecznościowych Facebook i Twitter [19].

Świadome kreowanie marki „Green City” jest stosowane także przez Komisję Europejską poprzez organizację konkursu „European Green Capital”. Uzyskanie tytułu „Zielnej stolicy Europy” niesie za sobą wiele korzyści, takich jak odnotowany wzrost w turystyce, nowe miejsca pracy, poprawa ekonomiczna miasta, większe zainteresowanie środowiskiem naturalnym i zwiększenie wydatków na jej ochronę, a także, co najważniejsze, duża promocja marketingowa miasta. Głównym założeniem konkursu jest integracja, współpraca i zainspirowanie „zielonymi” pomysłami. Tytuł „Zielonej Stolicy Europy” otrzymały już miasta takie jak Sztokholm, Hamburg, Victoria-Gasteliz, Nanes, Kopenhaga, Bristol, Ljubijana, Essen. Uzyskanie nagrody przez miasto daje mu możliwość posługiwania się znakiem towarowym oraz stworzenie ekologicznej marki miasta. Zarówno logo, które odwołuje się do natury poprzez kształt (*leaf*) oraz kolory (*green-nature and blue-water*), jak i slogan „Green Cities – Fit for Life” są chronione prawem autorskim i są zastrzeżone jako znak towarowy. Od 2014 r. konkurs jest organizowany także dla małych miast od 20 tys. do 100 tys. mieszkańców. Podobnie jak w przypadku „European Green Capital”, miasta-laureaci mogą posługiwać się znakiem towarowym, logo „European Green Leaf” oraz sloganem „*Towns and Cities, Growing Greener*” czy „*Smaller Cities, Growing Green*” [3].

4.1.4. Analiza możliwości wykorzystania marki „Green City” przez miasta Europy Środkowej – przykład Warszawy, Pragi i Budapesztu

Warszawa, Praga i Budapeszt są stolicami państw należących do Unii Europejskiej. Obowiązuje je zatem zasada rozwoju w oparciu o inteligentny i zrównoważony wzrost gospodarczy zgodny z programem *Europa 2020*. Miasta są zobligowane do tworzenia strategii rozwoju oraz programów ochrony środowiska. Warto o tym pamiętać w kontekście badań i oceny strategii miasta, gdyż w każdym z nich znajdzie się informacja o zrównoważonym rozwoju [18].

Należy zatem zwrócić uwagę na dwa aspekty. Pierwszy określa, czy w dokumentach strategicznych pojawia się informacja o „Mieście zielonym” lub wybranych kryteriach idei „Green City”. W tym miejscu należy przypomnieć, iż „Green City” to miasto, które przejawia się kompleksowością działań proekologicznych, które nawią-

zuje do koncepcji urbanistycznej „miasta zwartej”. W Mieście zielonym oszczędnie gospodaruje się energią, zmniejsza ruch kołowy i ogranicza „rozlewanie się miasta” [10]. Drugi aspekt odnosi się do programu środowiskowego i polega na celowym tworzeniu i kreowaniu „Miasta zielonego”.

4.1.4.1. Warszawa

Miasto Warszawa w strategii rozwoju (do roku 2020) dąży do „osiągnięcia jak najwyższego poziomu zaspokojenia potrzeb mieszkańców oraz zajęcia znacznego miejsca wśród najważniejszych metropolii europejskich”. Ponadto władze miejskie w 2020 r. widzą Warszawę jako miasto atrakcyjne, nowoczesne, środkowoeuropejskie centrum finansowe o wysokiej jakości życia. W ramach strategii stworzono 5 celów strategicznych. Tym ostatnim jest „osiągnięcie w Warszawie trwałego ładu przestrzennego”, w ramach którego planowane jest: „uporządkowanie struktury przestrzennej miasta z wyłączeniem spod zabudowy zwartych terenów zieleni tworzących układ przyrodniczy”, „zorganizowanie reprezentacyjnych przestrzeni publicznych w centralnym obszarze miasta”, „integracja przestrzenna lewo- i prawobrzeżnej Warszawy” i „rewitalizacja terenów zdegradowanych”. Ponadto władze poddały sobie na cel poprawić jakość życia mieszkańców, m.in. poprzez wykorzystanie walorów i zapewnienie stałej poprawy stanu środowiska przyrodniczego”, w tym poprawę jakości wód, powietrza, ochrona i zagospodarowanie systemu zieleni miejskiej, redukcji hałasu, racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych i efektywną gospodarkę odpadami [21].

Należy jednak zaznaczyć, iż działania te są typowe dla miast powyżej 1 mln mieszkańców i nie wyróżniają się niczym znaczącym. Większość miast w Polsce, Europie i na świecie uwzględnia w planach zachowanie ładu przestrzennego oraz zrównoważonego rozwoju. W strategii Warszawy nie znalazła się informacja na temat promowania miasta jako miasta ekologicznego, zielonego, otwartego na nowe innowacje ekologiczne.

Program ochrony środowiska dla miasta Warszawy został opracowany na lata 2017–2020 z perspektywą do 2023 r. W ramach programu zostały uwzględnione 3 cele: zrównoważone gospodarowanie zasobami środowiska, zapewnienie gospodarce krajowej bezpiecznego i konkurencyjnego zaopatrzenia w energię oraz poprawę stanu środowiska. Jedynym z głównych priorytetów w programie ochrony środowiska dla Warszawy jest poprawa jakości powietrza, kształtowanie świadomości ekologicznej mieszkańców poprzez akcje i kampanie społeczne. Dodatkowo w mieście wprowadzony będzie specjalny program o nazwie „Adaptacja do zmian klimatu”, w ramach którego zidentyfikowane zostaną potencjalne skutki wichur, burz i deszczy nawaalnych, jakie mogą w mieście wystąpić oraz ocena ich znaczenia dla Warszawy. Projekt realizowany jest przy współudziale Ministerstwa Środowiska i współfinansowany ze środków LIFE+ oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska [16].

W programie ochrony środowiska wymieniono wiele projektów (wewnętrznych czy zewnętrznych) oraz działań, jakie podejmują władze samorządowe, aby Warszawa rozwijała się w sposób zrównoważony. Jednakże z punktu widzenia badań nad marką „Miasta zielonego” Warszawa nie jest opisywana jako miasto zrównoważone, „zielone” czy proekologiczne, a w wymiennych celach strategicznych nie odszuka się zdania, które jednoznacznie wskazują na celową promocję „Miasta zielonego”.

4.1.4.2. Budapeszt

Budapeszt jest miastem specyficznym. W dalszym ciągu poszukuje się dla miasta roli, która pomogłyby mu zaistnieć na arenie międzynarodowej. Władze miasta Budapesztu uchwałyły dwa dokumenty – strategie rozwoju. Pierwsza to krótkoterminowa strategia rozwoju do 2020 r. Druga długoterminowa koncepcja rozwoju miasta przedstawia założenia i plany które należy osiągnąć do 2030 r. [23].

Władze miasta przyjęły 3 obszary, które rozwija: „Budapeszt jako centrum innowacji i rozwoju przedsiębiorczości”, „jako centrum przemysłu medycznego” i „jako cel turystyczny”. W strategii określone zostały dwa cele strategiczne: podnoszenie wyników gospodarczych (na arenie międzynarodowej) oraz podniesienie jakości życia mieszkańców [17].

Znacznie bardziej rozbudowana jest Długoterminowa koncepcja rozwoju miasta. W niej można jednoznacznie odszukać, iż władze miasta w dalszej perspektywie pragną rozwijać i promować Budapeszt jako miasto zdrowe, ekologiczne i przyjazne do życia. W wielu zdaniach jest odwołanie do zrównoważonego rozwoju oraz pojęcia „zielony”. W długoletniej strategii rozwoju przedstawiono zadania, które władze Budapesztu mają zrealizować. Wśród nich znalazły się projekty takie jak: „Budapeszt jako dom” (zdrowe i ekologiczne miejsca do życia), jako „życie społeczności miejskiej” (zapewnienie miejsc społeczności lokalnej), „Budapeszt jako miejsce pracy”, „Miasto jako system” (współpraca uczestników z różnych grup społeczno-ekonomicznych). W kontekście zagadnień środowiskowych szczególne miejsce zajmuje projekt „Budapeszt jako dom”. Znajduje się w nim jednoznaczne odwołanie do zrównoważonego rozwoju i podnoszenia jakości życia mieszkańców, także w kontekście środowiskowym. Zwrócono uwagę na czystość środowiska naturalnego, w tym jakości powietrza w mieście, racjonalnym wykorzystaniu wód i zmniejszeniu produkcji odpadów. Zaproponowano utworzenie systemu zieleni miejskiej, zielonych stref buforowych oraz nowych terenów zielonych w mieście. Także w projekcie „życie społeczności miejskiej” uwzględniono tworzenie ekologicznych miejsc spotkań czy podnoszenia świadomości ekologicznej mieszkańców [2].

Program ochrony środowiska Budapesztu został opracowany na lata 2017–2021. W programie tym szczególnie nacisk został położony na wyrażanie zasad zrównoważonego rozwoju, który w programie opisane jest jako społeczna odpowiedzialność za zapewnienie rozwoju społeczno-gospodarczego przy jednoczesnym braku

degradacji środowiska. W programie zwrócono uwagę na poprawę jakości życia i warunków środowiskowych, racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych oraz poprawę efektywności ich wykorzystania. Zgodnie z programem krajowym państwa Węgier wytyczono również cel horyzontalny, który dotyczy wzmocnienia świadomości ekologicznej społeczeństwa poprzez lokalne działania zmniejszająca emisję zanieczyszczeń do atmosfery. Wytyczono również cele tematyczne, takie jak: ochrona wartości krajobrazowej, odbudowa systemu zieleni, rewitalizacja niewykorzystanych obszarów, prawidłowe gospodarowanie odpadami, racjonalna gospodarka wodna, poprawa jakości powietrza i zmniejszenie natężenia hałasu. Program ochrony środowiska dla Budapesztu został opracowany w oparciu o wytyczne Unijne. W ramach zobowiązań złożonych Unii Europejskiej miasto do 2020 r. zobowiązało się również do zahamowania utraty bioróżnorodności środowiskowej oraz osiągnięcia takiego poziomu jakości powietrza, który nie wpływa negatywnie na zdrowie i życie ludzkie. Przy wielu odniesieniach do zrównoważonego rozwoju nie wspomniano w powyższym programie o „Mieście zielonym” [15].

Na pochwałę, w długoterminowej strategii rozwoju, zasługuje jednak projekt „Budapeszt dla domu”, dotyczący odbudowy i rozwoju systemu zieleni miejskiej. Z pewnością przyczyni się on do poprawy jakości życia mieszkańców. Jest on również zgodny z ideą „Green City”.

4.1.4.3. Praga

Władze samorządowe Pragi do roku 2030 planują rozwijać miasto o wysokiej jakości życia i międzynarodowej renomie. W planie rozwoju miasta do roku 2050 można odnaleźć jednoznaczne odniesienie pomysłu promowania i kreowania Pragi jako miasta inteligentnego „Smart City”. „Inteligenta Praga” wspierać będzie koncepcje miasta zintegrowanego rozwoju, wzmocnienie efektywności i trwałości poprzez aspekt gospodarczy, społeczny i innowacje technologiczne. W strategii rozwoju miasta znajduje się odniesienie do celu utworzenia „zdrowego miasta”. Praga pragnie osiągnąć zdrowe środowisko miejskie, poprawiając warunki życia ludzi oraz stanu środowiska, w szczególności poprzez poprawę jakości powietrza oraz tworzenie miasta zwarteo oraz tworzenia systemu zieleni miejskiej [20].

Program ochrony środowiska Pragi jest obecnie tworzony, dlatego nie jest możliwa jego ocena. Wśród aktualnych programów i projektów ekologicznych Pragi wymienić można Regionalną Koncepcję Edukacji Ekologicznej Miasta Praga na lata 2016–2025, program poprawy jakości powietrza aglomeracji praskiej oraz plan gospodarki odpadami dla Pragi.

Na uwagę zasługuje Program „Inteligenta Praga”, który dzieli się na 8 innych projektów o nazwie „Smart”. Z punktu widzenia ekologii najważniejsze z nich to mobilność elektryczna i wspieranie elektrycznych samochodów, inteligentne budynki z systemem LEED oraz ekologicznymi rozwiązaniami, racjonalne gospodarowanie

odpadami, w tym budowanie miasta bez odpadów, a także tworzenie łatwo dostępnego ekologicznego środowiska miejskiego [14].

4.1.5. Promocja internetowa a marka „Miasta zielonego” – przykład Warszawy, Pragi i Budapesztu

Marketing miasta „zielonego” nie powinien być wiodącą formą promocyjną miasta, a jedynie wartością dodaną. Postrzeganie miejsca jako „zielonego” jest działaniem nowym i modnym, które ma za zadanie wspomóc istniejącą promocję miasta, zmienić jego wizerunek na bardziej proekologiczne. Miasto postrzegane jako „zielone” wpływa również pozytywnie na edukację samych mieszkańców i przyczynia się do ich większej świadomości ekologicznej.

Pod względem marketingowym to Warszawa jest miastem najlepiej dbającym o „zielony” wizerunek (tab. 1).

Tabela 1. Promocja internetowa „Green City” Warszawy, Pragi i Budapesztu

Miasto	Strona internetowa miasta – zakładka „zrównoważony rozwój”	Własne logo	Hasło promocyjne	Profil na portalach społecznościowych
Warszawa	+	+	„Zakochaj się w Warszawie – zielonej”	+ „Zakochaj się w Warszawie” („Fall in love with Warsaw” (Facebook: ostatni aktywny wpis 30.09.2017 r.)
Praga	+	+ elementy „Miasta zielonego” (Smart Prague)	+ „Smart Prague”; „Innowacje dla lepszego życia w Pradze”	+ „Smart Prague” (Facebook: ostatni aktywny wpis) 25.09.2017 r.
Budapeszt	+	-	-	-

Źródło: oprac. własne na podst. wykonanych badań.

Władze Warszawy stworzyły specjalny „Przewodnik po marce Warszawa”, a w ramach promocji zieleni i wszelkich działań związanych ze zrównoważonym rozwojem powstało specjalne hasło „Zakochaj się w Warszawie – zielonej” wraz z logo – syrenką z napisem, w kolorze zielonym (rys. 1).

Wszystkie akcje promocyjne Warszawy skupione są wokół jednego hasła z logo, do którego każdorazowo dopisywane są inne słowa – końcówki np. „Zakochaj się w Warszawie... np. zielonej, rowerowej, komunikacyjnej, zimowej”. Większość ulotek promocyjnych i plakatów informujących o działaniach proekologicznych posiada hasło i logo o nazwie „Zakochaj się w Warszawie – zielonej”. Wpływa to bezpośrednio na percepcję wzrokową mieszkańców i utrwala się w pamięci. Warto jednak pod-

kreślić, iż miasto w swojej ogólnej promocji wykorzystuje jedynie hasło „Zakochaj się w Warszawie”, bez dodanej końcówki – „zielonej”, co potwierdza także profil na portalu społecznościowym Facebook [22].



Rysunek 1. Logo „Zakochaj się w Warszawie – zielonej” [6]

Z kolei władze Budapesztu na swojej stronie internetowej odwołują się do działań w ramach idei „Green City”, jednakże nie promują miasta w taki sposób. Na potrzeby marketingu nie utworzono ani hasła, ani logo, które jednoznacznie odwoływałby się do ekologii czy zrównoważonego rozwoju (tab. 1).

Inaczej jest w przypadku Pragi, która celowo tworzy markę miasta o nazwie „Smart Prague”. Marka ta odwołuje się jednak bardziej do koncepcji „Smart City”. Ponieważ posiada ona pewne wspólne cechy z ideą „Green City”, została wcześniej po krótkce opisana. Władze Pragi utworzyły specjalne logo oraz hasło promocyjne „Innowacje dla lepszego życia w Pradze”, które jednoznacznie odwołują się do koncepcji „Smart City” (rys. 2). Projekt posiada również własną stronę internetową oraz konto na portalu społecznościowym Facebook [24].



Rysunek 2. Logo „Smart Prague”

Źródło: <https://www.smartprague.eu/o-smart-prague>

Warto podkreślić, że władze Warszawy (kandydat w 2018 r. – konkurs organizowany jest z wyprzedzeniem) i Budapesztu (kandydat lata 2012–2013) brały udział we wspomnianym wyżej konkursie „European Green Capital” [3], nie otrzymawszy jednak tego tytułu. Władze samorządowe tych miast myślą jednak o promowaniu ich jako zielone. Świadczy o tym ponowna kandydatura Budapesztu w konkursie na Zieloną Europejską Stolicę w 2020 r. [1].

4.1.6. Podsumowanie

Warszawa, Praga czy Budapeszt posiadają swoją tożsamość i były kształtowane przez wieki. Liczne zabytki i duża atrakcyjność turystyczna Pragi jest jednym z powodów jej mocnej pozycji na arenie międzynarodowej. Praga jest kojarzona przede wszystkim z jej dużych walorów turystyczno-krajobrazowych i ma przewagę nad Budapesztem i Warszawą, które podczas II wojny światowej zostały niemalże całkowicie zniszczone.

Praga rozwija markę – Smart Prague (Inteligenta Praga), która nawiązuje do koncepcji „Smart City”. Wykorzystuje w niej swoje walory turystyczne, promując tzw. innowacje w turystyce oraz wspierając działania „smart”, które podnoszą jakość życia mieszkańców. Koncepcja „Smart City” oraz idea „Green City” są ze sobą współzależne, gdyż pewne elementy miasta inteligentnego można odnaleźć w koncepcji „Miasta zielonego”. W strategii rozwoju Pragi są nimi: mobilność elektryczna i wspieranie elektrycznych samochodów, inteligentne budynki z systemem LEED czy racjonalne gospodarowanie odpadami. Koncepcja „Smart Prague” nie była jednak przedmiotem powyższego badania, dlatego została w artykule opisana pobieżnie, nawiązując jedynie do celów współzależnych z ideą „Green City”.

Z badań wynika, że w swoich strategiach i działaniach miasta odwołują się do zrównoważonego rozwoju, jednakże nie kreują marki „Green City” umyślnie. Warszawa, jako najbardziej zniszczone podczas II wojny światowej miasto, promuje się jako nowoczesny ośrodek miejski i ma najlepiej zorganizowaną promocję marketingową. W ramach działania promocyjnego utworzono logo i hasło Zakochaj się w Warszawie – zielonej. Samorząd nie kreuje jednak marki umyślnie, a samo słowo „zielone” jest dopisane do przyjętego hasła promocyjnego „Zakochaj się w Warszawie”. W dokumentach strategicznych nie ma informacji, jakoby Warszawa miała promować się jako „Zielone miasto”, a jej cele strategiczne są nastawione głównie na kreowaniu miasta „atrakcyjnego, nowoczesnego, środkowoeuropejskiego centrum finansowego o wysokiej jakości życia”.

Na szczególną uwagę zasługuje miasto Budapeszt, który w długoterminowej perspektywie zakłada, iż priorytetem dla jego rozwoju będzie tworzenie „Miasta zielonego” oraz poprawa jakości życia jego mieszkańców. Być może w promocji pomógłby mu tytuł „Europejskiej Zielonej Stolicy”, o który po raz drugi się ubiega.

Sama analiza dokumentów strategicznych nie wykazała jednak, iż obecny marketing Budapesztu opiera się o ideę „Green City”. Miasto w swojej promocji wykorzystuje inne walory, takie jak ekonomia, przemysł, zabytki i walory turystyczno-krajobrazowe.

Literatura

1. 2020 EGCA: <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/applying-for-the-award/2020-competition/>
2. *Długoterminowa strategia rozwoju dla Budapesztu do 2030 r.*: http://budapest.hu/sites/english/Documents/Urban%20Development%20Plans/Budapest2030_ENG_summary.pdf (dostęp: 15.08.2017).
3. *European Green Capital*: http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/index_en.htm (dostęp: 07.07.2017).
4. Glińska E., *Budowanie marki miasta. Koncepcje, warunki, modele*, Wolters Kluwer, Warszawa 2016.
5. Gołębicka A., Musioł M., *Miasto jako marka*, „Marketing w praktyce” 2009, nr 1.
6. <http://symbole.um.warszawa.pl/znak-promocyjny-z-dopiskiem-pliki-do-pobrania>
7. <http://vancouver.ca/green-vancouver/greenest-city-action-plan.aspx>
8. <https://www.smartprague.eu/>
9. <https://zielona.um.warszawa.pl/>
10. Hulicka A., „*Miasto Zielone*” – *Miasto Zrównoważone. Sposoby kształtowania miejskich terenów zieleni w nawiązaniu do idei Green City*, [w:] Trzepacz P., *Prace Geograficzne UJ*, Kraków 2015.
11. Korbus P., Zrobek J., *Marketing terytorialny a wdrażanie idei zrównoważonego rozwoju*, „Nierówności Społeczne, a Wzrost Gospodarczy”, 2011, Z. 19, Uniwersytet Rzeszowski.
12. Korzyńska K., *Zarządzanie marką miasta, siła marki*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego „Finanse, Rynki Finansowe i Ubezpieczenia” 2013, nr 64/2 (786).
13. Pomeroy A., Noble G., Johnson, L. W., *Conceptualising a contemporary marketing mix for sustainable tourism*, „Journal of Sustainable Tourism” 2011, 19(8).
14. *Program „Inteligenta Praga” – Smart Prague*: <http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/index.html> (dostęp: 16.08.2017).
15. *Program Ochrony Środowiska Budapesztu Budapest Környezet Programja 2017–2021*: http://budapest.hu/Documents/Bp%202017_2021%20K%C3%B6rnyezet%20Program.pdf (dostęp: 8.08.2017).
16. *Program Ochrony Środowiska Warszawy*: http://konsultacje.um.warszawa.pl/sites/konsultacje.um.warszawa.pl/files/program_ochrony_srodowiska_-_projekt_do_konsultacji.pdf (dostęp: 16.08.2017).

17. *Strategia rozwoju Budapesztu do 2020 r.*: http://budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/Budapest2020_ENG_summary.pdf (dostęp: 15.08.2017).
18. *Strategia rozwoju Europa2020*, strona Komisji Europejskiej: https://ec.europa.eu/info/strategy/europeansemester/framework/europe-2020-strategy_en (dostęp: 15.08.2017).
19. *Strategia rozwoju miasta Vancouver*: <http://vancouver.ca/green-vancouver/greenest-city-action-plan.aspx> (dostęp: 10.07.2017).
20. *Strategia rozwoju Pragi do 2030 r.*: <http://www.iprpraha.cz/uploads/assets/dokumenty/ssp/SP/FINAL/strategicky-plan-hl-m-prahy-navrhova-cast.pdf> (dostęp: 15.08.2017).
21. *Strategia rozwoju Warszawy*: <http://2030.um.warszawa.pl/> (dostęp 7.07.2017).
22. Strona internetowa „Zielonej Warszawy” (dostęp: 1.08.2017).
23. Strona internetowa Budapesztu: <http://budapest.hu/Lapok/default.aspx> (dostęp: 17.08.2017).
24. Strona internetowa *Smart Prague*: <https://smartprague.eu/> (dostęp: 15.09. 2017).

4.2. Perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce i Niemczech*

4.2.1. Rozwój odnawialnych źródeł energii w Polsce

W latach 90. nie było zainteresowania rozwojem odnawialnych źródeł energii. W założeniach polityki energetycznej Rzeczypospolitej Polskiej na lata 1990–2010 OZE były tylko alternatywą, długoterminową opcją dla realizacji ochrony środowiska. Na podstawie ustawy z 1997 r. (*Prawo Energetyczne*) zostało uchwalone Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 2.02.1999 r. o obowiązkowym zakupie energii elektrycznej z niekonwencjonalnych źródeł, co doprowadziło do pogorszenia sytuacji wytwórców energii odnawialnej. Powodem było zniesienie ustalonych cen na zieloną energię i od tamtej pory cena nie mogła przekraczać ceny detalicznej energii wytworzonej przez źródła konwencjonalne. To doprowadziło do tego, że dystrybutorzy sami mogli rozstrzygać, czy zakupić zieloną energię, czy nie. Z powodu powolnego spadku kosztów odnawialnych źródeł energii dochodziło do konfliktów pomiędzy wytwórcami i spółkami obrotu energią. Warto wspomnieć, że lata 90. to okres transformacji gospodarczej, co nie usprawiedliwia zaprzepaszczonej szansy ekologicznej modernizacji całej polskiej gospodarki.

Lata dwutysięczne to okres dużych zmian w zakresie odnawialnych źródeł energii, kiedy to przede wszystkim zrezygnowano z systemu regulacji cen i zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 15.12.2000 r. odnośnie obowiązku zakupu energii elektrycznej z niekonwencjonalnych, odnawialnych źródeł energii, wprowadzono model kwotowy. Pozwala on z jednej strony na produkcję energii elektrycznej, sprzedaż, handel, przesył, a z drugiej strony – na zakup certyfikatów z wymaganymi kwotami. W innym przypadku grożą kary pieniężne lub inne sankcje. Oprócz modelu kwotowego istnieje w Europie jeszcze model taryfowy. Ważnymi punktami rozporządzenia z 15.12.2000 r. były:

- zniesienie limitu mocy dla odnawialnych źródeł energii;
- cena energii odnawialnej została ustalona na bazie kosztów uzasadnionych;
- przywrócenie obowiązku zakupu energii odnawialnej w kontekście scentralizowanych inwestycji lub z OZE należących do firm obrotu energią;
- obowiązku nabycia energii elektrycznej przez firmy energetyczne z OZE;
- ustalenie limitu wzrostu kosztów dla odbiorców końcowych przy zakupie energii z OZE.

* Autorzy: mgr inż. **Romuald Larisch**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki, e-mail: romuald@larisch.pl

mgr inż. **Maria Sepek**, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki, e-mail: maria.sepek@gmail.com

W tabeli 1 przedstawiono obowiązkowy zakup energii odnawialnej.

Tabela 1. Obowiązkowy zakup energii odnawialnej [1, 2]

Rok	Kwota zakupu OZE [%] wg [1]	Kwota zakupu OZE [%] wg [2]
2001	2,40	-
2002	2,50	-
2003	2,65	-
2004	2,85	-
2005	3,10	-
2006	3,60	-
2007	4,20	5,10
2008	5,00	7,00
2009	6,00	8,70
2010	7,50	10,40

W ramach negocjacji akcesyjnych, a szczególnie w negocjacjach w sprawie dyrektywy 2001/77/EG, Komisja Europejska zaproponowała jako cel ze strategii rozwoju energetyki odnawialnej 12,5% udziału energii odnawialnej w roku 2010 w zużyciu energii elektrycznej brutto. Ponieważ 7,5% w strategii odnosiło się do produkcji energii elektrycznej brutto, zostało to zaakceptowane [1].

Na podstawie Zarządzenia Ministerstwa Gospodarki z dnia 3.11.2006 r. zmieniono wysokość kwot obowiązkowego zakupu energii odnawialnej tak, aby odpowiadały one dyrektywie 2001/77/EG [2].

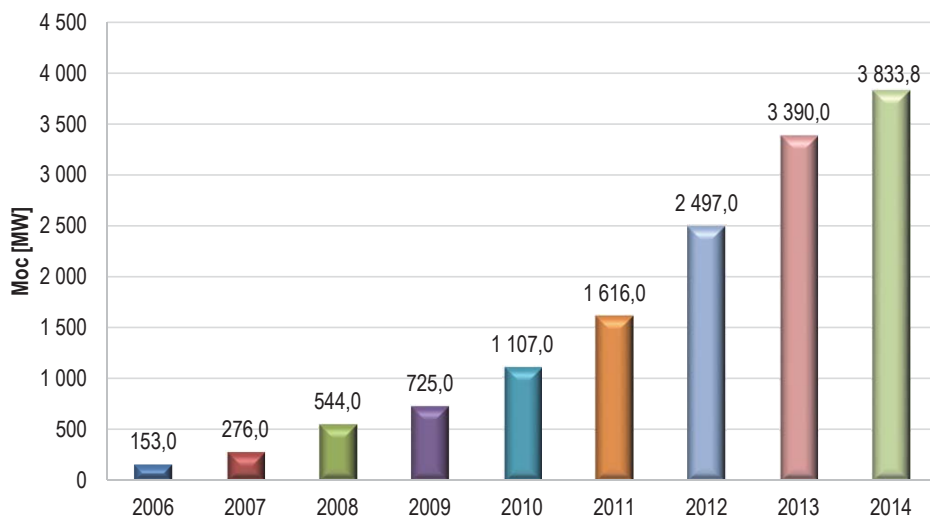
W owym czasie dla wielu ekspertów wprowadzenie handlu certyfikatami było logiczną konsekwencją modelu kwotowego. W Polsce jednakże przez długi czas handel odbywał się bez certyfikatów, dopiero zostało to zmienione nowelizacją ustawy w marcu 2005 r.

Obecnie Polska ma nową ustawę wspierającą odnawialne źródła energii (OZE1 z dnia 20 lutego 2015 r.). Tak więc właściciele małych źródeł wytwórczych o mocy do 10 kW będą mogli korzystać z taryfy *feed-in*, która gwarantuje zakup energii elektrycznej przez 15 lat od czasu oddania instalacji do użytku. Mimo to polska energetyka jest wciąż na rozdrożu.

Przyjęcie taryf gwarantowanych jest na pewno zwrotem w polityce energetycznej, niemniej prawdą jest, że całkowita moc instalacji, które mogą korzystać z tych taryf, została ograniczona do maksymalnie 800 MW. Oczekuje się, że z powodu ograniczenia do 10 kW oraz lepszych warunków dla instalacji do 3 kW około 200 tys. prosumentów będzie korzystać z nowego prawa, dzięki czemu produkcja energii elektrycznej przez prosumentów rozwinie się na masową skalę tak, jak już się stało w innych krajach zachodnich, co może prowadzić do zmian priorytetów.

Oprócz dobrych zmian pojawiają się również złe rozwiązania. Dla dużych instalacji mają zostać rozpisane przetargi, ale inaczej niż w Niemczech, nie są planowane żadne projekty pilotażowe. Tak więc w przypadku dużych instalacji rynek nadal będzie zdominowany przez duże przedsiębiorstwa energetyczne.

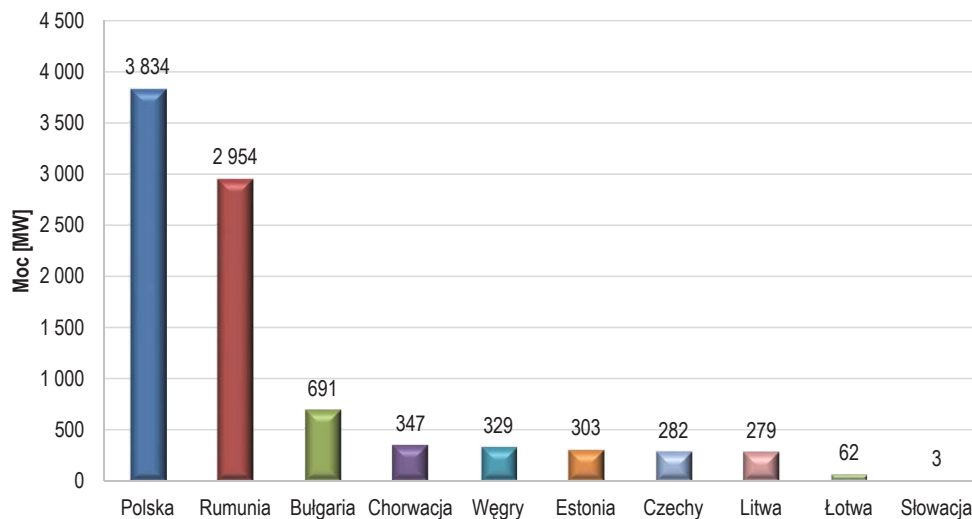
Na rysunku 1 pokazano moc zainstalowaną w farmach wiatrowych w Polsce w latach 2006–2014. Dynamika wzrostu mocy zainstalowanej była około 1,50 rocznie w latach 2009–2012. W ostatnich latach wzrost mocy zainstalowanej w farmach wiatrowych został spowolniony.



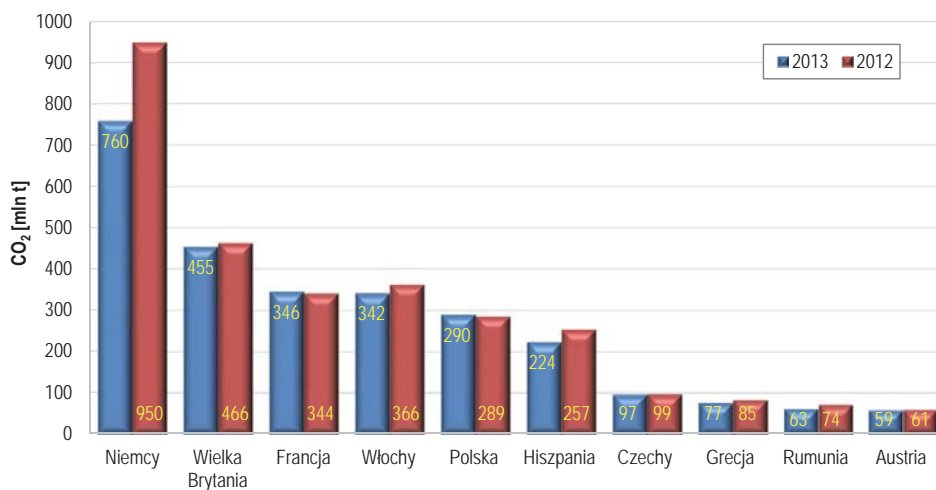
Rysunek 1. Moc zainstalowana w farmach wiatrowych w Polsce w latach 2006–2014 [5]

Na rysunku 2 przedstawiono skumulowaną moc znamionową farm wiatrowych w państwach Europy środkowo-wschodniej w roku 2014. Polska zajmuje pierwsze miejsce i posiada 3834 MW, druga jest Rumunia ze stanem 2954 MW, pozostałe kraje Europy środkowo-wschodniej mają moce zainstalowane w farmach wiatrowych poniżej 1000 MW.

Na rysunku 3 pokazano emisję dwutlenku węgla w mln ton w wybranych krajach Europy w latach 2012–2013. W większości krajów emisja dwutlenku węgla w roku 2013 wyraźnie wzrosła, najwięcej bo o 25% w Niemczech. Tylko we Francji, Polsce i Czechach pozostała praktycznie na tym samym poziomie.



Rysunek 2. Skumulowana moc znamionowa farm wiatrowych w państwach Europy środkowo-wschodniej w 2014 r. [5]



Rysunek 3. Emisja CO₂ w wybranych krajach Europy w latach 2012–2013 [5]

Procentowy udział OZE w zużyciu energii elektrycznej brutto w krajach członkowskich Unii Europejskiej w roku 2013 oraz wartość docelową w 2020 r. Bułgaria i Łotwamiąły już w 2013 r. wyższy udział OZE w produkcji energii elektrycznej w stosunku do docelowego, także Włochy, Czechy, Litwa, Rumunia, Estonia, Austria i Finlandia miały niewiele niższy udział OZE w produkcji energii elektrycznej od założonego.

Ceny energii elektrycznej w wybranych krajach świata w 2014 r. w centach US\$ za kWh. Najdroższa energia ze źródeł odnawialnych jest we Włoszech -21,01 US\$ i Niemczech - 19,21 US\$; najtańsza w Szwecji - 7,87 US\$ i Kanadzie - 8,11 US\$. W Polsce za kWh energii płaci się około 10 US\$, podobnie jak w Czechach, Austrii, Holandii czy USA.

Na rysunku 4 pokazano strukturę mocy osiągalnej w elektrowniach krajowych w dniu 31.12.2013 r. OZE stanowią 9% mocy osiągalnej, najwięcej bo 52% mocy w Polsce jest z elektrowni na węgiel kamienny.



Rysunek 4. Struktura mocy osiągalnej w elektrowniach krajowych w dniu 31.12.2013 r. [4]

4.2.2. Rozwój odnawialnych źródeł energii w Niemczech

Po raz pierwszy słowo 'Energiewende' pojawiło się w książce wydanej przez Instytut Ekologiczny z Fryburga (FreiburgerÖko-Institut) w 1980r. pod tytułem *Energiewende. Wieundwannkann Deutschland ohne Atomkraft und ohne Erdöl auskommen?* (*Transformacja Energetyczna. Jak i kiedy Niemcy mogą poradzić sobie bez energii atomowej i oleju napędowego?*). W języku polskim słowo 'Energiewende' tłumaczone jest jako, transformacja energetyczna.

W roku 1990 powstała tzw. „Stromeinspeisungsgesetz” (StromEinspG, data wejścia w życie: 01.01.1991 r., ustawa o zasilaniu sieci), która jest regulacją prawną tworzącą ramy dla Energiewende. Prawo to nakłada obowiązek zakupu oraz promocji zielonej energii elektrycznej. Ta regulacja prawna obowiązuje do dzisiaj i zobowiązuje operatorów sieci do zakupu energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, a po drugie gwarantuje dostawcom odnawialnych źródeł energii ustawowe wynagrodzenia za kilowatogodzinę.

Filarów tego prawa nie naruszyła również ustawa o OZE (niem. EEG), która weszła w życie w 2000 r. StromEinspG jest jednym z nielicznych przepisów prawnych,

które nie zostały przygotowane przez rząd, a przez posłów. Głównymi powodami podpisania tego projektu były:

- traktowanie ochrony środowiska pod koniec lat 80. jako kwestii politycznej,
- korzystna sytuacja polityczna,
- nieznanostwo zagadnienia przez polityków.

W 1996 r. została uchwalona ustawa o budownictwie należąca do filarów transformacji energetycznej, która ma na celu otwarcie drogi dla budowy farm wiatrowych.

Farmy wiatrowe muszą być budowane poza miastami, wsiami i osadami. Na początku lat 90. dzięki sprzyjającej sytuacji politycznej wzrosła liczba wniosków na budowę farm wiatrowych, a jednostki, które wydawały zezwolenie, musiały także uzasadniać odmowę wydania pozwolenia. Biurokracja została ograniczona dzięki uprzywilejowaniu farm wiatrowych dla budynków rolniczych. Pozwolono rolnikom na rozbudowę ich gospodarstw bez zezwolenia. Regulacja ta ma zastosowanie dla turbin wiatrowych i powoduje, że nawet w przypadku, kiedy mieszkańcy sąsiedniej miejscowości są przeciwko budowie farmy wiatrowej, nie wolno odmówić zezwolenia na budowę. Politycy lokalni otrzymali instrument planowania skoncentrowanego, pozwalający na wydzielanie obszarów pod zabudowę farm wiatrowych.

W 1990 r. energia wodna była jedyną energią odnawialną w Niemczech, która w znaczący sposób przyczyniała się do produkcji energii elektrycznej. Energia wiatrowa nie odgrywała wtedy żadnej roli. W Niemczech było w tym czasie zainstalowanych dopiero 200 turbin wiatrowych, które były bardzo małe w porównaniu do dzisiejszych. Założono, że ustawa StromEinspG przyniesie dostawcom energii wodnej około 40 mln € dodatkowego zysku, a dostawcom energii wiatrowej tylko 200 tys. €.

Jeszcze w 1995 r. udział energii wiatrowej był na poziomie 0,4% produkcji energii elektrycznej w Niemczech. Oczekiwano rozwoju energii wiatrowej na około 1,4% do roku 2005. Ta wartość została już wyraźnie przekroczona w 1999 roku, u operatora EWE udział energii wiatrowej był nawet powyżej 5%. Liczba turbin wiatrowych wzrosła w tym czasie do 7,5 tys.

Ustawa StromEinspG nie tylko stymulowała budowę farm wiatrowych, ale także powodowała rozwój turbin wiatrowych. W 1990 r. najpotężniejsze turbiny miały moc znamionową 300 kW. W 1995 r. pojawiły się pierwsze turbiny o mocy znamionowej powyżej 1 MW (E66 z Enercon), a trzy lata później rozpoczęła się już produkcja seryjna turbin o mocy 1,5 MW. W 1993 r. wszedł na rynek pierwszy system bezprzekładniowy firmy Enercon o mocy znamionowej 500 kW, rok później firma Vestas wprowadziła na rynek system o mocy 600 kW.

25 lutego 2000 r. niemiecki Bundestag przyjął ustawę o odnawialnych źródłach energii (EEG), która zastąpiła dotychczasową ustawę StromEinspG z 1990 r. Od tego czasu OZE jest nierozłącznie kojarzone ze słowem 'Energiewende', a ustawa ta zyskała poparcie także chadeków z CDU/CSU.

Mimo że udział energii odnawialnej wzrósł znacząco, to ówczesna koalicja rządowa nie była zadowolona z efektów. Przy rezygnacji z energetyki jądrowej i braku szybkiego rozwoju OZE Niemcy nie byłyby w stanie osiągnąć celu obniżenia emisji dwutlenku węgla. W grudniu 1999 roku postanowiono więc podwoić energię z OZE w określonym przedziale czasowym, tj. do roku 2010. Przy podwojeniu energii z OZE udział wzrósłby według założeń w 2010 roku do 10%, wyniósł jednakże 16%, czyli 6% więcej aniżeli zakładano. Dzisiaj energia z OZE stanowi około $\frac{1}{4}$ całej produkcji energii elektrycznej w Niemczech.

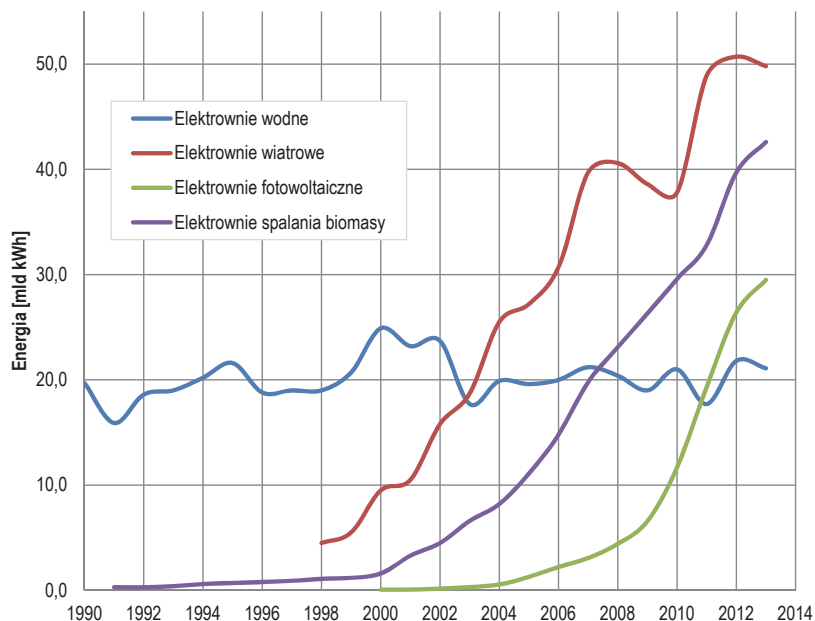
Ustawa o OZE wprowadziła następujące zmiany:

- operator sieci został nie tylko zobowiązany do odbioru energii, ale także do podłączenia OZE do sieci, rozbudowy sieci oraz do priorytetowego odbioru energii z OZE;
- regulacja obciążenia sieci miała zostać dostosowana do OZE;
- przy nadwyżce energii elektrycznej muszą w pierwszej linii zostać zdjęte inne źródła zasilania.

Jeszcze latem 2010 roku chadecki rząd kanclerz Angeli Merkel postanowił przedłużyć okres pracy elektrowni atomowych (wszystkie elektrownie, które zostały podłączone do sieci przed 1980 rokiem, miały pracować dłużej o 8 lat, a młodszym przedłużono żywotność o 14 lat). Na skutek katastrofy w Fukushima nie zaaprobowano planów dalszego użytkowania energii atomowej i w konsekwencji odstąpiono od planów przedłużania pracy elektrowni atomowych. Zgodnie z ustawą Bundestagu z 30.06.2011 r. (13 ustawa o zmianie ustawy o energii atomowej) w 2022 r. w Niemczech musi zostać wyłączona ostatnia elektrownia atomowa.

Na rysunku 5 przedstawiono produkcję energii elektrycznej z elektrowni wodnych i wiatrowych w Niemczech w latach 1990–2013. Produkcja energii elektrycznej z elektrowni wodnych kształtuje się na stałym poziomie około 20 TWh rocznie, natomiast z elektrowni wiatrowych wzrosła ponad 5-krotnie za ostatnie 13 lat.

Pod koniec 2012 r. według Agencji Federalnej ds. Sieci (niem. Bundesnetzagentur) w Niemczech było zainstalowanych 1,3 mln systemów PV z mocą znamionową 32,4 GW. Na rysunku 5 przedstawiono również produkcję energii elektrycznej z elektrowni fotowoltaicznych. Udział fotowoltaiki w zużyciu energii elektrycznej brutto wyniósł około 4,6%. W słoneczne dni elektryczność PV pokrywa nawet do 35% obecnego zużycia energii elektrycznej, a tym samym dużą część dziennego szczytu. Patrząc na rozwój udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii elektrycznej, fotowoltaika może wykazać się najwyższym wzrostem.



Rysunek 5. Produkcja energii elektrycznej (brutto) z OZE w Niemczech od 1990–2013 r.[5]

Tabela 2. Produkcja energii elektrycznej (brutto) z OZE w Niemczech od 1990–2013 r.[5]

Rok	Elektrownie wodne	Elektrownie wiatrowe	Elektrownie fotowoltaiczne	Elektrownie spalania biomasy
	mld kWh			
1990	19,7	-	-	-
1991	15,9	-	-	0,3
1992	18,6	-	-	0,3
1993	19,0	-	-	0,4
1994	20,2	-	-	0,6
1995	21,6	-	-	0,7
1996	18,8	-	-	0,8
1997	19,0	-	-	0,9
1998	19,0	4,5	-	1,1
1999	20,7	5,5	-	1,2
2000	24,9	9,5	0,1	1,6
2001	23,2	10,5	0,1	3,3
2002	23,7	15,8	0,2	4,5
2003	17,7	18,7	0,3	6,6
2004	19,9	25,5	0,6	8,2
2005	19,6	27,2	1,3	11,1
2006	20,0	30,7	2,2	14,8
2007	21,2	39,7	3,1	19,8
2008	20,4	40,6	4,4	23,1
2009	19,0	38,6	6,6	26,3
2010	21,0	37,8	11,7	29,6
2011	17,7	48,9	19,3	32,8
2012	21,8	50,7	26,4	39,7
2013	21,1	49,8	29,5	42,6

Od 1 października 2013 r. obowiązuje nowa regulacja dotycząca wspierania instalacji solarnych i tak np. na otwartych przestrzeniach i szczególnie dużych dachach wsparcie wynosi 9,88 ct/kWh i zbliża się do ceny rynkowej. Dla małych i średnich instalacji wsparcie wynosi od 12,08 do 14,27 ct/kWh. Nowa regulacja poddana jest krytyce szczególnie przez producentów instalacji solarnych.

Duże biogazownie o mocy znamionowej ponad 11 MW zasilają bezpośrednio sieć gazociągów. Z uwagi na duże koszty związane z budową biogazowni ich budowa staje się opłacalna ekonomicznie powyżej mocy znamionowej 10 MW. Zgodnie z obecną nowelizacją ustawy o OZE rozbudowa źródeł energii z biomasy wynosi 100 MW rocznie dla nowych instalacji. Według planów federalnego ministerstwa rolnictwa rozwój bioenergii ma być skoncentrowany na odpadach. Zgodnie z tą dyrektywą może powstawać rocznie do 8 instalacji do wytwarzania metanu. Na rysunku 5 przedstawiono produkcję energii elektrycznej z biomasy. Dynamika wzrostu jest bardzo duża, jednak mniejsza niż z elektrowni fotowoltaicznych

Odpady biogenne w dużej części poddawane są recyklingowi poprzez kompostowanie oraz humifikację. Szczególnie suche i drzewne odpady nadają się do użycia w elektrowniach jako biomasa do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Oprócz możliwości użytkowej w rolnictwie można wytwarzać biogaz, który może zostać wykorzystany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Znaczenie odpadów biogenych wzrasta również dzięki produkcji biodiesla, metanolu i oddzielania celulozy. Na rys. 5 przedstawiono produkcję energii elektrycznej z odpadów biogenych.

Według BDEW (Federalne Stowarzyszenie Niemieckiej Gospodarki Energetycznej i Wodnej) udział energii odnawialnej wzrósł w 2013 r. do rekordowego poziomu 23,4% (2012: 22,8%). Zmniejszył się natomiast udział energii z elektrowni wiatrowych, który był spowodowany warunkami pogodowymi w poprzednim roku.

Najwięcej energii elektrycznej jest wytwarzanych z elektrowni na węgiel brunatny – 25,8% produkcji energii elektrycznej.

Według szacunków BDEW udział energii pochodzącej z elektrowni opalanych węglem (łącznie: kamiennym i brunatnym) wzrósł do 45,5% (2012: 44%). Elektrownie te przyczyniły się w 19,7% (18,5%) do produkcji energii elektrycznej. Elektrownie opalane węglem brunatnym mają nadal największy udział 25,8% (25,5).

Wzrost emisji dwutlenku węgla w 2013 r. nie wynika tylko ze wzrostu energii elektrycznej pochodzącej z węgla. Ważną rolę odgrywają także niskie ceny dla certyfikatów emisji CO₂. Ponadto chłodne warunki pogodowe w pierwszej połowie 2013 r. spowodowały większe zużycie gazu ziemnego oraz oleju opałowego.

W planowanej transformacji energetycznej zawsze było jasne, że Niemcy na początku muszą odejść od energetyki jądrowej i że w dalszym ciągu muszą istnieć elektrownie opalane węglem, aby zapewnić bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej. Nowoczesne elektrownie opalane węglem brunatnym mają znacznie mniejszą emisyjność CO₂ aniżeli starsze.

Dane BDEW (tymczasowe) wykazały nadwyżkę energii elektrycznej w 2013 r. w wysokości około 33 mld kWh, które zostały sprzedane za granicę (2012: 23 mld kWh). Zasadniczo Niemcy posiadają nadwyżkę energii elektrycznej, co gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa energetycznego.

Obecnie rząd federalny ma zamiar przeprowadzić reformę odnawialnych źródeł energetycznych. Jednym z głównych jej punktów ma być zwiększenie efektywności systemów ogrzewczych, oprócz tego ma zostać uzupełniona ustawa o odnawialnych źródłach ciepła, między innymi mają powstać normy ciepła dla budownictwa.

4.2.3. Podsumowanie

1. Polska energetyka odnawialna jest oparta na modelu kwotowym, podczas gdy w Niemczech na modelu taryfowym.
2. Energia elektryczna zarówno w Polsce, jak i w Niemczech jest produkowana z elektrowni na węgiel, przy czym w Polsce udział tych elektrowni stanowi 76,92%, podczas gdy w Niemczech 45,5%.
3. Udział OZE w produkcji energii elektrycznej w Niemczech wynosi 23,4%; w Polsce tylko 9,00%.
4. W Niemczech rozwój OZE jest wielokierunkowy, podczas gdy Polska skoncentrowała się przede wszystkim na rozwoju energetyki wiatrowej.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 grudnia 2000 r. w sprawie obowiązku zakupu energii elektrycznej ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych oraz wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, a także ciepła ze źródeł niekonwencjonalnych i odnawialnych oraz zakresu tego obowiązku: Dz. U. 2000 nr 122, poz. 1336.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 3 listopada 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii: Dz.U. 2006, nr 205, poz. 1510.
3. www.bdew.de
4. www.pse.pl
5. www.statista.de

4.3. Stosowanie ekologicznych technologii energetycznych jako sposób na walkę o czyste środowisko*

4.3.1. Wstęp

Szybki wzrost stężenia gazów cieplarnianych zauważono od połowy XX w. i na początku XXI w., co doprowadziło do gwałtownych zmian klimatycznych. Szereg prowadzonych w tym okresie badań naukowych, również przez zespoły międzynarodowe, potwierdziło te zatrważające fakty o zmianie warunków klimatycznych. Przykładem jest zachwianie równowagi w warstwie ozonowej (dziura ozonowa), czyli wzrost ilości dwutlenku węgla i innych gazów w atmosferze (efekt cieplarniany). Dla przykładu można porównać następujące dane: na początku XXI w. ilość CO₂ w powietrzu to o ponad 100 cząsteczek więcej niż w połowie XIX wieku. W roku 1850 wynosiła 275 ppm, a w roku 2010 już 385 ppm. W tym okresie średnia temperatura na poziomie morza wzrosła od 13,65 do 14,65°C, a stężenie metanu wzrosło o prawie 1000 cząstek – z 715 do 1774 ppb [6].

4.3.2. Międzynarodowe i krajowe dokumenty normatywne

Z powodu wymienionych zmian klimatycznych i zanieczyszczenia środowiska większość uprzemysłowionych państw, po szeregu spotkań w połowie lat dziewięćdziesiątych minionego wieku, przystąpiło do porozumienia o ograniczeniu emisji substancji powodujących zanieczyszczenia powietrza, tzw. *Protokół z Kioto* (grudzień 1997 r.), który obowiązywał do 2012 roku. Z powodu szeregu nieudanych starań na Konferencji ONZ COP 14 do COP 20 nie doszło do zatwierdzenia nowego dokumentu. Dopiero w 2015 na konferencji klimatycznej ONZ COP 21 w Paryżu, z udziałem przedstawicieli z prawie 200 państw, zostało zawarte dnia 12 grudnia nowe światowe porozumienie klimatyczne. Według zapisów obowiązujących w tym dokumencie, głównym celem jest zatrzymanie globalnego ocieplenia na poziomie znacznie poniżej 2°C (1,5°C) [1]. W przeciwieństwie do zapisów protokołu z Kioto, obniżenia stężenia CO₂ i gazów cieplarnianych powinno być realizowane na dwa sposoby – poprzez redukcję emisji z wykorzystaniem nowych technologii i przez sekwestrację gazów cieplarnianych przez lasy. Porozumienie Paryskie jest pierwszą w historii umową międzynarodową, która zobowiązuje wszystkie państwa świata do działań na rzecz ochrony klimatu. Dnia 7 października 2016 roku polska premier Beata Szydło złożyła w Nowym Jorku kompletną dokumentację zgodnie z harmonogramem, co oznaczało przyjęcie i ratyfikację porozumie paryskie.

* *Autorka:* dr inż. **Iwa Pavlova-Marciniak**, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: iva@el.pcz.czyst.pl

Do następnej konferencji ONZ COP22 doszło w Marrakeszu (Maroko). Umowa została ratyfikowana przez: Chiny, Stany Zjednoczone, Brazylię, Kanadę, Meksyk i państwa członkowskie UE: Polskę, Austrię, Francję, Niemcy, Węgry, Maltę, Portugalię i Słowację. Ponieważ Polska była jednym z niewielu państw członkowskich UE, które ratyfikowały porozumienie, pozwoliło to na indywidualną reprezentację naszego kraju na konferencji ONZ COP 22, która odbyła się w Marrakeszu (Maroko) w dniach 7–18 listopada 2016 r. Polska aktywnie uczestniczyła w negocjacjach posiedzenia stron porozumienia paryskiego (CMA), ponieważ zależało nam na rozpowszechnieniu postulatu, aby wykorzystywać lasy do zmniejszania koncentracji dwutlenku węgla (CO₂) w atmosferze poprzez jego absorpcję.

W dniach od 6 do 17 listopada 2017 roku odbyła się w Bonn kolejna Konferencja Państw Stron – Ramowa Konwencja Zmian Klimatu COP 23. Termin konferencji odbył po zmianie na stanowisku Prezydenta Stanów Zjednoczonych i przejścia rządów przez Donalda Trumpa, który zadeklarował wycofanie się rządu przez niego kraju z Porozumienia Paryskiego (roczna emisja CO₂ 16%). Skutkiem tego międzynarodowe działania w zakresie redukcji emisji CO₂ i ochrony klimatu będą wymagały zmian, a bez mocnego przywództwa i narzucania regulacji państwom niechętnym wobec redukcji emisji CO₂ nie nastąpi znaczący postęp w tym zakresie, który ochroniłby Ziemię przed głębokimi konsekwencjami zmian klimatu, których jesteśmy świadkami. Szczególne znaczenie ma to dla Chińskiej Republiki Ludowej (ChRL – 27,3% emisji), największego truciciela oraz Indii (6,8%), które w sposób dynamiczny zwiększają emisyjność. W okresie od 2005 do 2015 roku zmniejszono emisję CO₂ odpowiednio: w Polsce o 0,6%, Niemczech o 0,9%, Unii Europejskiej o 2%, Stanach Zjednoczonych o 1,1 %. Z kolei zwiększyły emisję: Chiny o 4,2%, a Indie o 6,8%. Obrady zostały zamknięte spotkaniem na najwyższym szczeblu państw stron COP, CMA (Konferencja Państw Stron Porozumienia Paryskiego), CMP (13 Konferencja Państw stron Protokołu z Kioto). Następną konferencja COP 24 odbędzie się w Katowicach w tym roku.

4.3.3. Zanieczyszczenia środowiska a ustawa antyśmogowa

Smog kwaśny tworzą zanieczyszczenia pierwotne (pyły, gazy i pary emitowane przez zakłady przemysłowe, energetyczne, silniki spalinowe pojazdy mechaniczne itp.). Powstaje w wilgotnym powietrzu, silnie zanieczyszczonym tak zwanymi gazami kwaśnymi, przez spalanie węgla i innych paliw stałych, głównie dwutlenku siarki (SO₂) i dwutlenku węgla (CO₂) oraz pyłu węglowego PM10 (pył zawieszony o średnicy ziaren poniżej 10 μm). Smog fotochemiczny, zwany też utleniającym, tworzy się w wyniku fotochemicznych przemian występujących w warunkach dużego stężenia tlenków azotu, węglowodorów, zwłaszcza nienasyconych (alkeny) i innych składników spalin (głównie samochodowych) w przypadku silnego nasłonecznienia

danego obszaru ziemskiego. Smog, ze względu na dużą koncentrację agresywnych czynników chemicznych, stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt, wywołuje choroby układu krążenia, astmę, zwiększa ryzyko nowotworów, powoduje bezpośrednie zgony z powodu przewlekłej, obturacyjnej choroby płuc (POCHP), niszczy materiały. Źródłami emisji małych cząstek pyłu PM10 (tj. cząstek stałych o średnicy mniejszej niż 10 mikronów) są przemysł, pojazdy, domowe systemy grzewcze i rolnictwo. W odpowiedzi na zastrzone wymogi ze strony UE dnia 5 sierpnia 2015 r. została uchwalona przez Sejm Ustawa antysmogowa, która zakłada między innymi, że samorzady ustalają, jakim paliwem będzie można palić w piecach i wyznaczają normy techniczne dla kotłów energetycznych. Na początku września tego samego roku minister środowiska ogłosił Krajowy Program Ochrony Powietrza (KPOP), głównym celem którego jest osiągnięcie bezpiecznych poziomów stężeń niektórych niebezpiecznych substancji w powietrzu, w szczególności pyłu zawieszonego PM2,5, PM10 oraz benzo(a)pirenu. Z kolei wprowadzona dnia 15 października 2015 roku nowelizacja Prawa Ochrony Środowiska obejmuje założenia, według których sejmiki wojewódzkie są zobowiązane zatwierdzić uchwały zakazujące stosowania określonych instalacji [7]. W grudniu 2015 r. Komisja Europejska podjęła decyzję o postawieniu Polski przed Trybunałem Sprawiedliwości UE w związku z utrzymującym się wysokim poziomem cząstek pyłu zawieszonego w powietrzu. Sprawa została ostatecznie zarejestrowana w ETS w czerwcu 2016 r. Jak wynika z raportu Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*) przedstawionego w maju 2016 r., nie w Krakowie, ale w Żywcu powietrze jest najbardziej skażone – tab. 1 [2].

Tabela 1. Najbardziej zanieczyszczone miasta w Polsce [2]

Miasto	Średnioroczne stężenie pyłu PM10, g/m ³	Miasto	Średnioroczne stężenie pyłu PM10, g/m ³	Miasto	Średnioroczne stężenie pyłu PM10, g/m ³
Żywiec	58	Tychów	48	Tychy	43
Pszczyna	58	Knurów	48	Nowy Tomysł	42
Kraków	57	Nakło	48	Mielec	42
Opoczno	56	Niepołomice	48	Otwock	42
Rybnik	53	Wadowice	47	Zawiercie	42
Sucha Beskidzka	53	Zabrze	47	Łowicz	41
Wodzisław Śląski	53	Brzeziny	46	Jelenia Góra	41
Godów	51	Nowy Sącz	46	Wągrowiec	41
Gliwice	50	Zduńska Wola	45	Myszków	41
Skawina	50	Żory	45	Bielsko-Biała	41
Katowice	49	Sosnowiec	44	Bochnia	40
Nowa Ruda	49	Jarosław	44	Olesno	40
Proszowice	49	Tarnowskie Góry	43	Pabianice	40
Zakopane	49	Dąbrowa Górnicza	43		
Częstochowa	48	Piotrków Trybunalski	43		

Stężenie PM 2,5, który dostaje się do organizmu ludzkiego i układu krwionośnego w ciągu jednej minuty, jest dużo bardziej niebezpieczny i rakotwórczy, niż gruboziarnisty pył PM10. Przeprowadzona analiza pokazała, że czołowe miejsca na liście WHO zajmują duże miejscowości z woj. śląskiego i małopolskiego.

Unijne przepisy dotyczące jakości czystego powietrza dla Europy, zawarte w Dyrektywie 2008/50/WE, nakładają na państwa członkowskie obowiązek ograniczenia narażenia obywateli na pył zawieszony. Corocznie w Polsce z powodu smogu umiera w wyniku przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POCHP) i raka płuc ok. 48 tys. osób. Prawo UE wymaga, by średnioroczne stężenie pyłów PM10 nie przekraczało 40 g/m^3 , jak i dobowej dopuszczalnej wartości stężenia w ciągu doby ($50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$), której nie można przekroczyć więcej niż 35 dni w ciągu roku kalendarzowego. Także średnioroczna wartość pyłu PM2,5 nie powinna wynosić więcej niż 25 g/m^3 [2]. Jednak w niektórych najbardziej zanieczyszczonych miastach Polski poziom pyłu PM2,5 przekracza te normy, jak na przykład: w Żywcu sięga nawet 43 g/m^3 , w Opczynie i Pszczynie 41 g/m^3 . Z kolei tylko w ciągu pierwszych dni 2016 r. w Zakopanem sześciokrotnie zanotowano poziom PM10 przekraczający $400 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, a prawo wymaga od urzędników poinformowania obywateli, jeśli średni dobowy poziom PM10 w powietrzu przekroczy $300 \text{ }\mu\text{g/m}^3$. Dlatego Trybunał Sprawiedliwości w Luksemburgu nakazał natychmiastową poprawę powietrza. W przeciwnym razie zostanie nałożona kara i zapłacimy, tak jak Bułgaria z powodu nie wykonania tych wymogów dnia 5 kwietnia 2017 r. Wówczas Trybunał wydał wyrok w sprawie Bułgarii, w którym potwierdził, że ten kraj nie spełnia norm jakości powietrza obowiązujących we wszystkich państwach UE.

4.3.4. Rządowy program zamiany starych technologii

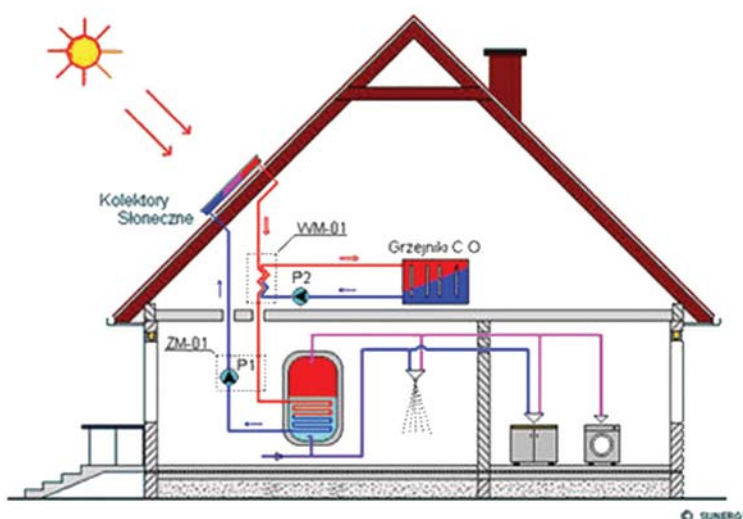
Powstanie dużych zanieczyszczeń jest skutkiem stosowania w Polsce tradycyjnego ogrzewania domów węglem w okresie grzewczym. Wicepremier Mateusz Morawiecki we wrześniu 2017 r. podpisał rozporządzenie, przygotowane przez Ministerstwo Rozwoju, zakazujące sprzedaży pieców na węgiel, szkodzących środowisku. Przepisy eliminujące przestarzałe kotły to efekt rządowego programu walki ze smogiem. Od 1 października firmy nie mogą ich produkować, a od lipca 2018 r. nie będą mogły sprzedawać w Polsce. Od 2 maja 2018 roku ruszyła realizacja 10-letniego rządowego programu zamiany z dofinansowaniem starych pieców klasycznych na dwufunkcyjne piece gazowe. Przedstawiony kondensacyjny piec gazowy może dostarczyć ciepłą wodę użytkową oraz zapewni ciepło w domu o powierzchni do 240 m^2 . Zamknięta komora spalania, wraz z płynną modulacją mocy, zapewnia wysoką wydajność oraz oszczędność paliwa. Dane techniczne takiego pieca to: $25,6 \text{ kW}$, sprawność $\eta - 90\%$ (0,9) (rys. 1).



Rysunek 1. Piec dwufunkcyjny gazowy typu CERAPUR MIDI firmy Viessmann [5]

Przedstawiony kondensacyjny piec gazowy może dostarczyć ciepłą wodę. Takie rozwiązanie z zastosowaniem kotłów gazowych jest również brane pod uwagę dla nowobudowanych osiedli mieszkaniowych w miastach, gdzie przyłączenie budynków do WPEC-u jest niemożliwe z powodów dużej odległości lub braku mocy. Celem możliwości przyłączenia nowych odbiorników stosuje się gazowe lokalne kotłownie.

Innym nowoczesnym sposobem rozwiązania problemu z ogrzewaniem jest stosowanie instalacji, bazującej na wykorzystaniu energii odnawialnej, jaką jest energia słoneczna. Chodzi o panele słoneczne płaskie lub próżniowo-rurowe, jak widać na rysunku 2.



Rysunek 2. Elementy instalacji z kolektorami słonecznymi [4]

Parametry takiej instalacji w przeliczeniu dla 4 osobowej rodziny można oszacować według algorytmu: przeciętne roczne zapotrzebowanie na ciepłą wodę przez czteroosobową rodzinę przy dobowym zużyciu 60 l/dobę na osobę wynosi:

$$V = n \cdot l \cdot a \quad (1)$$

gdzie: n – liczba osób, l – dobowe zużycie wody na jedną osobę (litry/osobę), a – liczba dni w roku.

Obliczamy zapotrzebowanie na energię potrzebną do podgrzewania wyliczonej wody:

$$Q = V \cdot c_w \cdot (t_{wc} - t_{wz}) = V \cdot c_w \cdot \Delta t \cdot \eta \quad (2)$$

gdzie: $c_w = 4,185 \approx 4,19$ kJ/(kg · K) – ciepło właściwe dla wody, $\Delta t = t_{wc} - t_{wz}$ – różnica temperatury wody zimnej i ciepłej (gorącej), zazwyczaj ok. 30°C (30 K), η – sprawność, 90% (0,9).

Koszt dobranej instalacji według cen katalogowych różnych producentów nie przekracza 15–20 tys. zł, a okres zwrotu jest w granicach 10–15 lat. Okres eksploatacji oszacowano na 30–35 lat.

Sposobem rozwiązania problemów ekologicznych jest także elektryczne ogrzewanie budynków, które może być realizowane kilkoma sposobami. Można zastosować elektryczne piece akumulacyjne, które wykorzystują do ogrzewania tańszą zakumulowaną energię elektryczną przetwarzaną na ciepłą, pobieraną dla taryfy G12 w godzinach najmniejszego dobowego obciążenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE). Współczesne konstrukcje są bardziej komfortowe w użyciu oraz zdecydowanie oszczędniejsze w eksploatacji. Następnym rozwiązaniem mogą być promienniki na podczerwień, stosowane także do ogrzewania zewnętrznego, ponieważ posiadają klasę ochronności IP55, czyli są odporne na warunki atmosferyczne takie, jak deszcz, wiatr, śnieg.

Szeroko stosowane są także klimatyzatory, które w okresie letnim chłodzą pomieszczenia, a w okresie zimowym grzeją. Można zastosować taki klimatyzator, którego zakres pracy jest szeroki, nawet do 25°C (np. firma Mitsubishi). Stosunek pomiędzy uzyskaną energią a włożoną jest różny, w zależności od konstrukcji klimatyzatora, oznaczany jest jako COP. Wskaźnik ten ma najczęściej wartości pomiędzy 3 a 5 (COP = 3÷5) i oznacza to, że klimatyzator zużywając 1 kW energii elektrycznej oddaje (dostarcza do pomieszczenia ogrzewanego) od 3 do 5 kW energii cieplnej.

Popularne stało się również ogrzewanie podłogowe za pomocą kabli grzewczych, stosowane od pewnego czasu przez powiększającą się liczbę użytkowników. Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania elektrycznego jest różna. Inna, gdy rozpatrujemy zastosowanie na przykład dla domu energooszczędnego, w którym roczne zapotrzebowanie na energię teoretycznie wynosi nie więcej niż 80 kWh/m², a inna

w tak zwanych pasywnych domach – nawet 15 kWh/m². W dużym i niezbyt dobrze ocieplonym domu wynosi ona 120 kWh/m².

4.3.5. Transport

W większość państw Unii Europejskiej, jak również i w Polsce, rozwijana jest elektromobilność. W niektórych polskich miastach jest również wprowadzany elektryczny transport na zasadzie wypożyczenia samochodu i opłaty za minutę przejazdu. Również są pewne przywileje przy parkowaniu – wyznaczane są specjalne miejsca tylko dla pojazdów elektrycznych.

Zastosowanie w transporcie ogólnym znalazły silniki hybrydowe, gazowo-elektryczne oraz elektryczne. Większość miast takie pojazdy wprowadziło już do publicznego użytku. Również jest rozważany dalszy rozwój sieci trakcyjnej i budowa nowych linii tramwajowych, tam gdzie w minionych latach z braku środków finansowych te projekty były zaniechane. Zaletą transportu tramwajowego jest to, że pojazdy te nie potrzebują stacji ładowania, tak jak auta elektryczne.

Szeroko została rozwinięta sieć miejskich rowerów, które można używać na zasadzie wypożyczenia, ponieważ one są zero emisyjne.

4.3.6. Stosowane nowoczesne technologie węglowe

Nad nowymi gatunkami węgla pracują naukowcy z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla (IChPW) w Zabrze. Ich sukcesem były stosowane już od paru lat piece grzewcze na tzw. paliwo ekologiczne ekogroszek [3]. Paliwo to o rozmiarach od 5 do 25 mm wytwarzane jest z wysokokalorycznego węgla brunatnego lub kamiennego o wartości opalowej $Q_d \geq 24$ MJ/kg, o niskiej zawartości siarki $S \leq 1\%$ i wilgotności, dzięki czemu w procesie spalania powstają niskie ilości SO_2 i mało popiołu.

Następnym wielkim osiągnięciem naukowców z zabrzańskiego IChPW jest opracowany tzw. Błękitny Węgiel lub niskoemisyjny, otrzymany drogą poddania zwykłego węgla kamiennego typu 31 i 32 z wartością opalową $Q_d \geq 24 \div 29$ MJ/kg procesowi niemal całkowitego odgazowywania.

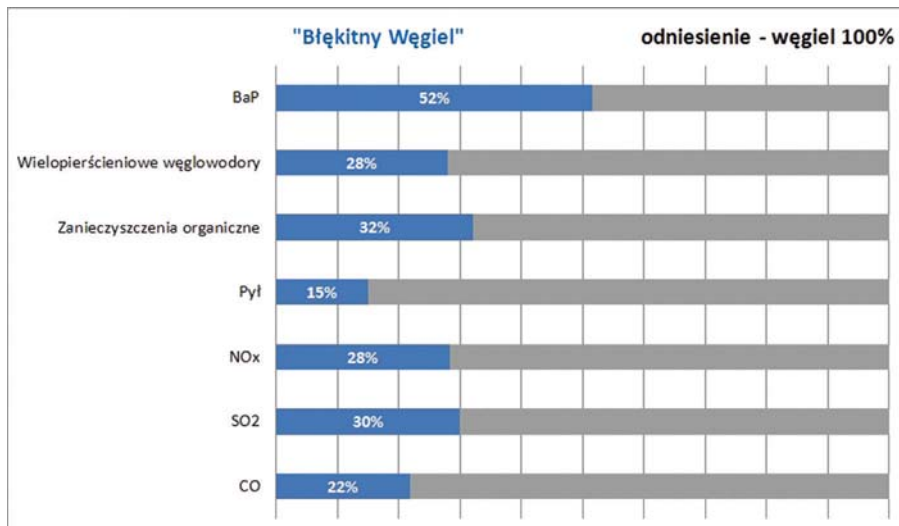
Dla paliw stałych emisja dwutlenku siarki, dwutlenku węgla, dwutlenku azotu, dwutlenku węgla BaP, jest obliczana według wzoru:

$$E = B \cdot w \cdot S \cdot A \quad (3)$$

gdzie: B – ilość spalonego paliwa w Mg (tonach), w – emisje jednostkowe dla poszczególnych zanieczyszczeń, S – zawartość siarki (%), A – zawartość popiołu (%).

W wyniku odgazowania, podczas spalania w klasycznych, prostych paleniskach (kotły zasypowe, kuchnie węglowe, piece konwencjonalne, kominki), emisja py-

łów spada o 40%, substancji smolistych o 75% oraz trującego benzo(a)pirenu nawet o 90%. Zawartość pozostałych substancji w porównaniu do zwykłego węgla to: $NO_x = 28\%$, $SO_2 = 30\%$ i $CO = 22\%$ w porównaniu do zwykłego węgla, jak widać na rysunku 3.



Rysunek 3. Wskaźniki emisji substancji zanieczyszczających środowisko [3]

Według wstępnych szacunków naukowców z IChPW, Węgiel Błękitny może być droższy o 10–20% w porównaniu do węgla typu ekogroszek, przeznaczanego z kolei do znacznie droższych, zautomatyzowanych i trudniejszych w eksploatacji, szczególnie dla osób starszych, kotłów energetycznych.

4.3.7. Energetyka jądrowa

Na szczycie ONZ COP 18 w Dausze, Katar w 2012 roku, ekspert w dziedzinie energetyki jądrowej, Alan Mc Donald, przedstawił raport Międzynarodowej Agencji Atomistyki (IAEA), w którym energetykę jądrową zaliczono do czystych źródeł. We Francji wytwarzana energia w elektrowniach jądrowych wynosi ok. 85%. Zanieczyszczenia z powietrza są w normie, a zapotrzebowanie na zezwolenia na emisję CO_2 jest znikome. Państwa posiadające elektrownie jądrowe poprzedniej generacji, po opracowaniu przez światowe koncerny reaktory jądrowe III i III+ generacji, wznowili budowę nowych bloków energetycznych.

Polska energetyka jest oparta przede wszystkim na węglu. Prawie 80% potrzebnej energii elektrycznej pochodzi z elektrowni konwencjonalnych. Niezależnie, że odnawialne źródła energii (OZE) zajmują już istotne miejsce w bilansie energetycznym, aby spełnić założenia polityki energetycznej UE oraz Paryskiego porozumienia, te

rozwiązania mogą się okazać niewystarczające. Rozwój energetyki jądrowej może rozwiązać problemy z rosnącym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, jak również doprowadzić do redukcji CO₂ i gazów cieplarnianych.

4.3.8. Podsumowanie

1. Protokół z Kioto obowiązywał do 2012 roku, dlatego po długich staraniach w grudniu 2015 roku, na konferencji klimatycznej ONZ COP 21 w Paryżu, z uczestnictwem przedstawicieli z prawie 200 krajów, zostało zawarte światowe porozumienie klimatyczne, a celem jego jest zatrzymanie globalnego ocieplenia na poziomie znacznie poniżej 2°C.
2. Największe zanieczyszczenia w Europie są na terenie Polski, a konkretne na Śląsku. Tak wynika z raportu Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, *World Health Organization*).
3. Wicepremier Mateusz Morawiecki we wrześniu 2017 roku podpisał rozporządzenie przygotowane przez Ministerstwo Rozwoju, zakazujące sprzedaży pieców na węgiel, szkodzących środowisku. Przepisy eliminujące przestarzałe kotły to efekt rządowego programu walki ze smogiem. Od 1 października firmy nie mogą ich produkować, a od lipca 2018 r. nie będą mogły sprzedawać w Polsce.
4. Dla Polski, z punktu widzenia efektywności ekonomicznej oraz bezpieczeństwa energetycznego kraju, jednoznacznie wygrywają bloki konwencjonalne na węgiel, jednak biorąc pod uwagę wymogi klimatyczne – pierwszeństwo mają jądrowe.

Literatura

1. <http://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/porozumienie-klimatyczne-w-paryzu-124> (dostęp: 4.06.2018).
2. <http://tvn24bis.pl/ze-swiata,75/raport-who-najbardziej-zanieczyszczone-miasta,643576.html> (dostęp: 4.06.2018).
3. <http://www.agh.edu.pl/blog-naukowy/info/article/blekitny-wegiel-blog-naukowy/> (dostęp: 4.06.2018).
4. <https://www.budujemydom.pl/kolektory-sloneczne/20478> (dostęp: 4.06.2018).
5. <https://www.taniomania.pl/s/?search=kociol+viessman&se> (dostęp: 4.06.2018).
6. Pavlova-Marciniak I., *Szczyty klimatyczne, dyrektywy UE i ustawa o OZE oraz realizacja ich założeń*, [w:] Całus D. i in., *Możliwości i horyzonty ekoinowacyjności. Zrównoważony rozwój i ekoinowacyjność w elektroenergetyce*, Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 2017, s. 66–75.
7. Ustawa z dnia 10 września 2015 r. o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska, Dz.U. 2015, poz. 1593.

4.4. Znaczenie wody i człowieka dla ochrony środowiska – jednego z elementów zrównoważonego rozwoju*

4.4.1. Wstęp

Bez człowieka nie byłoby cywilizacji, a bez wody – życia. Świat to otaczające nas ze wszystkich stron elementy, które powiązane ze sobą tworzą całość, spełniając określone funkcje, co nazywane jest powszechnie systemem. Człowiek rodzi się i już jest wychowywany w pewnym systemie wartości, edukacji, polityki, uwarunkowań kulturalnych, społecznych czy gospodarczych obowiązujących w danym czasie. W większości przypadków człowiek nawet nie zastanawia się, co z czego wynika, dlaczego jest tak, a nie inaczej. Przyjmuje za pewnik, że tak ma być. To tak jak z rozumieniem – można wiedzieć, a nie rozumieć i nie być świadomym. Taka wiedza jest bezużyteczna. Najważniejsze jest, by być świadomym odpowiedzi na pytanie DLACZEGO? Jak często człowiek zadaje sobie to pytanie? Czy obecny system panujący na świecie, zmierzający do życia w ciągłym pośpiechu, automatyzacji nie spowalnia procesu myślenia u człowieka, zagłuszając tym samym naturalny głos w każdym – głos intuicji? Z jednej strony postępujący proces rozwoju technologii skraca czas wielu działań w codziennym życiu, czas transakcji czy operacji, jednak z drugiej powoduje, że człowiek staje się wygodny, nie docenia i nie zauważa tego, co otacza go wokół. Zapomina o pewnych kwestiach, np. środowiskowych, dążąc jedynie do rozwoju gospodarczego. Złotym środkiem w zachowaniu płynności wszelkich poczynań jest harmonia i zrównoważony rozwój. Jednak należy pamiętać, że aby o tym mówić na skalę globalną, należy zacząć od jednostki. Jeśli każdy człowiek zachowa równowagę w życiu, dążąc do harmonii w sferze fizycznej, duchowej, emocjonalnej i mentalnej, będzie to miało bezpośrednie przełożenie na zachowanie zrównoważonego rozwoju w kraju i na świecie. Najważniejsze jest to, by każdy był świadomy swoich myśli, poczynań, znał przyczynę zachowań, możliwe ich konsekwencje i skutki, jakie mogą przynieść. Mieć informacje to nie wszystko, to sposób jej wykorzystania w praktyce sprawia, że człowiek staje się mądry i bogaty w wiedzę. Cytując Ignacego Balińskiego, polskiego pisarza, „...*Nauka to potęgi klucz, w tym moc, co więcej umie*” [16]. Zatem celem artykułu jest uświadomienie odbiorcom istotności problemu znaczenia wody

* *Autorzy:* dr **Radosław Luft**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: r.luft@uthrad.pl
mgr inż. **Anna Szymonik**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: a.szymonik@uthrad.pl

mgr inż. **Magdalena Zwierzchowska**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: Zwierzchowska.magdalena@o2.pl

i oddziaływania człowieka na ochronę środowiska, z nadzieją na realny wpływ wykorzystania tej wiedzy w praktyce, czego skutkiem będzie podwyższenie jakości życia społeczeństwa. Należy nadmienić, iż referat ma charakter interdyscyplinarny i wiąże się z holistycznym podejściem do człowieka.

4.4.2. Zrównoważony rozwój i ochrona środowiska

W celu lepszego i dogłębnego zrozumienia zagadnienia niezbędne jest wyjaśnienie podstawowych pojęć związanych z podejmowanym tematem pracy. Na początku wyjaśnione zostanie pojęcie zrównoważonego rozwoju (ZR) i ochrony środowiska. Koncepcja zrównoważonego rozwoju ma swoje podstawy prawne uchwalone podczas konferencji w Rio de Janeiro w 1992 r. Podstawową zasadą jest stwierdzenie, że *„na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie”* [7]. Za przyjęciem strategii zrównoważonego rozwoju przemawiają jednocześnie trzy filary: ekologia (równowaga przyrodnicza, ochrona cennych elementów środowiska, zmniejszenie zanieczyszczenia, utrzymanie stałej ilości zasobów naturalnych), ekonomia (ochrona natury jest mniej kosztowana niż działania naprawcze, konkurencyjność przedsiębiorstwa zwiększa się poprzez oszczędzanie zasobów naturalnych) oraz społeczeństwo (poprawa warunków życia, wzrost stopy życiowej, stabilność ekonomiczna i społeczna) [3]. Polska podjęła się stosowania i przestrzegania zasad ZR, dlatego został opracowany i przyjęty program Strategia Zrównoważonego Rozwoju Polski do 2025 r., w założeniach którego jest m.in. poprawa stanu środowiska poprzez redukcję jakości i ilości zanieczyszczeń oraz działania podnoszące świadomość społeczeństwa [13, 4, 1, 8]. Zatem treść artykułu jest jednym z kroków przyczyniających się do realizacji zasad zrównoważonego rozwoju poprzez edukację.

Człowiek w swoim działaniu zależny jest od otaczającej go natury, co nazywane jest w literaturze determinizmem geograficznym [20], dlatego tak ważna jest jej ochrona, która definiowana jest jako działania, które człowiek podejmuje na rzecz zachowania środowiska naturalnego w jak najlepszym stanie. Do działań tych zalicza się naprawianie wyrządzonych szkód, jak i zaniechanie destrukcyjnych posunięć w stosunku do przyrody. Celem jest zachowanie i przywracanie równowagi przyrodniczej. W Polsce podstawowymi aktami prawnymi służącymi ochronie środowiska są m.in.: Konstytucja RP, która w rozdziale II art. 86 przedstawia treść: *„Każdy jest obowiązany do dbałości o stan środowiska i ponosi odpowiedzialność za spowodowane przez siebie jego pogorszenie. Zasady tej odpowiedzialności określa ustawa”*, następnie Prawo ochrony środowiska z dnia 27 IV 2001 r. (tekst jednolity, Dz.U. 2013, poz. 1232) [10], gdzie w art. 3 czytamy, że *„ochrona środowiska polega przede wszystkim na racjonalnym kształtowaniu środowiska i gospodarowaniu zasobami środowi-*

ska zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, przeciwdziałaniu zanieczyszczeniom, przywracaniu elementów przyrodniczych do stanu właściwego” [18], Prawo wodne z dnia 18 VII 2001 r. (tekst jednolity, Dz. U. z 2015, poz. 469), czy Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 IV 2004 r. (tekst jednolity, Dz. U. 2015, poz. 1651) [9].

4.4.3. Woda i jej znaczenie dla człowieka i środowiska

Woda definiowana jest jako ciecz bezbarwna, bez smaku, bez zapachu. To trwały związek wodoru z tlenem o wzorze chemicznym H_2O . Jest podstawowym składnikiem organizmów żywych i najbardziej rozpowszechnionym związkiem w przyrodzie, występującym w trzech stanach skupienia: lotnym (para wodna), ciekłym (woda) i stałym (lód), który stanowi 72% powierzchni kuli ziemskiej [19]. „Wszystko jest z wody, z wody powstało i z wody się składa. To, co żywe, żyje wilgocią, martwe wysycha, zarodki wszystkiego są mokre, a pokarm soczysty” – tak twierdził Tales z Miletu, grecki filozof, matematyk, astronom, inżynier i podróżnik, który uważał, że prapoczątkiem wszelkiego bytu jest woda [6]. Szent Gyorgi – węgierski biochemik, laureat Nagrody Nobla w dziedzinie medycyny 1937, uważał, że „Woda jest matrycą życia”, co niewątpliwie podkreśla fakt, iż bez niej nie mogą zachodzić żadne procesy życiowe [24]. Zasoby hydrosfery ziemskiej można podzielić na wodę słoną w oceanach i morzach, wodę słodką w rzekach, jeziorach i innych zbiornikach powierzchniowych, wodę w atmosferze ziemskiej pod postacią chmur i pary wodnej, wodę w lodowcach i lądolodach, wodę w organizmach żywych oraz wodę glebową [23]. Statystycznie ok. 97% wody na Ziemi jest w morzach i oceanach, ok. 2% znajduje się w lodowcach górskich i lądolodach, ok. 0,6% stanowią wody podziemne, pozostałe 0,4% to jeziora, rzeki, bagna, wilgoć glebowa i atmosferyczna [17].

Organizm człowieka składa się z 1% węglowodanów, 4% soli mineralnych, 10% tłuszczu, 20% białka i 65% wody. Woda, która jest tematem referatu, stanowi największą część masy ludzkiego ciała, bowiem jej zawartość w organizmie waha się w przedziale od 45% do nawet 80%, a zależy to od kilku czynników, m.in.: płci, wieku, budowy ciała, klimatu, zawartości tkanki mięśniowej i tłuszczowej. Niewątpliwie na jej ilość wpływa odżywianie i nawadnianie z zewnątrz przez nas samych [25]. W organizmie człowieka spełnia wiele istotnych biologicznych i fizjologicznych funkcji, m.in.: rozpuszcza i transportuje pokarm, wspomaga wchłanianie pożywienia, dostarcza komórkom niezbędne składniki odżywcze, reguluje temperaturę ciała, oczyszcza organizm z toksyn, po prostu tworzy życie [15]. Ważne jest, aby utrzymywać stałą jej poziom i regularnie uzupełniać jej niedobory. Stałe nawadnianie wpływa na stan zdrowia i samopoczucia, a tym samym sposób odbierania zewnętrznej rzeczywistości, uzależniając emocje, którymi człowiek kieruje się w codziennym życiu. Nasuwa się więc pytanie, jaka jest zależność między człowiekiem a stanem czystości wód w rzekach, jeziorach czy zbiornikach wodnych? Czy jego emocje mają na to wpływ?

Jaki związek ma woda z jego emocjami? W celu uzyskania odpowiedzi na te pytania, została przeprowadzona krytyczna analiza literatury.

Na początku należy pogłębić niewątpliwie ważne zagadnienie, które odnosi się nie tylko do ochrony środowiska, ale włącza wszystkie dziedziny życia, a jest nim świadomość człowieka. Zależność jest prosta, im jest ona większa, tym bardziej świadome społeczeństwo tworzymy, kształtując tym samym to, w jakim środowisku żyjemy. Cytując David'a Hawkins'a – doktora medycyny i filozofii: „*Najważniejszym elementem ułatwiającym wzrost świadomości jest postawa gotowości, która dostarcza nowych środków do oceniania wiarygodności nowych hipotez i dzięki temu otwiera umysł*” [5]. Według dokonań fizyki kwantowej, wszystko co nas otacza jest energią, która wyrażona jest w częstotliwościach. Hawkins stworzył model zależności pomiędzy stanem umysłu a poziomem wibracji, przedstawiając go w formie tabeli, w której każdemu stanowi umysłu przypisana jest wartość od 1–1 000.

Tabela 1. Tabela świadomości

Stan umysłu	Wartość	Emocja
Oświecenie	700–1 000	Świadomość
Spokój	600	Szczęście
Radość	540	Pogoda ducha
Miłość	500	Szacunek
Rozsądek	400	Zrozumienie
Akceptacja	350	Wybaczenie
Gotowość	310	Optymizm
Neutralność	250	Zaufanie
Odwaga	200	Afirmacja
Duma	175	Pogarda
Gniew	150	Nienawiść
Pragnienie	125	Pożądanie
Lęk	100	Niepokój
Smutek	75	Żal
Apatia	50	Rozpacz
Poczucie winy	30	Potępienie
Wstyd	20	Upokorzenie

Interpretując powyższą tablicę świadomości, widać, że każdy stan energetyczny odpowiada danej emocji. Emocja według encyklopedii PWN definiowana jest jako „system obejmujący uczucia, uznawane za składnik subiektywny, pobudzenie fizjologiczne wraz ze specyficzną ekspresją oraz zmiany zachowania” [21]. Punktem krytycznym na skali jest wartość 200, poniżej której celem człowieka staje się przetrwanie. W efekcie całe otoczenie osoby o takiej wibracji łatwo staje się energetycz-

nie negatywne. Powyżej tego punktu osoba zaczyna mieć na uwadze dobro innych w równym stopniu jak własne, czego skutkiem jest pozytywne oddziaływanie na całe pole energetyczne wokół siebie. Hawkins podaje, że osoba z wibracją około 350 równoważy 200 tys. osób poniżej 200, a osoba z wibracją 500 aż 750 tys. osób. Przyczyną takiego stanu jest fakt, że ludzie o wysokiej wibracji mają większość pozytywnych emocji i przekonań. Są szczęśliwi, uśmiechnięci, radośni, kreatywni, życzliwi, mają jasne i otwarte umysły, a wynika to z odczuwanych uczuć: wdzięczności, miłości, współczucia czy pokory. Przez to, że emocje i uczucia jakie odczuwają są pozytywne, słowa jakich używają również są takie, a wszystko znajduje odzwierciedlenie w ich mowie ciała, które emanuje zdrowym i pięknym wyglądem. Przeciwnieństwem są ludzie o niskiej wibracji, którzy charakteryzują się negatywnymi emocjami i przekonaniami, stale doświadczając gniewu, lęku, urazy, zazdrości czy apatii [11]. Takie osoby szybciej ulegają nałogom związanym m.in. z alkoholem, narkotykami czy jedzeniem. Są również są bardziej podatne na choroby, a wynika to z faktu, że bakterie, wirusy i grzyby rozwijają się w środowisku o niskich częstotliwościach [2].

4.4.4. Jakość wody

Jakość wody, która nas otacza, jak i ta spożywana przez człowieka, jest niezwykle istotna. Polska charakteryzuje się skromnymi zasobami wody w porównaniu do innych krajów europejskich [12]. Ilość wody zdatnej do picia jest stale monitorowana przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska, a jej jakość klasyfikowana jest w zależności od stopnia jej zanieczyszczenia. Określone to zostało w tzw. prawie wodnym, według którego rozróżnia się 3 klasy jej czystości. Zachowanie fizykochemicznych i biologicznych wskaźników w dopuszczalnych granicach jest warunkiem zakwalifikowania wody do jednej z klas. Do I klasy czystości zalicza się wody, które mogą być używane do hodowli ryb łososiowatych, a po uzdatnieniu – do picia. W II klasie znajdują się wody nadające się do hodowli ryb, zwierząt gospodarskich, rekreacji, natomiast III klasa czystości obejmuje wody przeznaczone do niektórych celów przemysłowych i rolniczych. Wody, które nie spełniają wymagań III klasy czystości, mogą być użytkowane tylko do żeglugi [14]. Polska jest zagrożona deficytem wody. Obecnie w Polsce na jednego mieszkańca przypada ok. 1 600 m³/rok wody, podczas gdy dla porównania na jednego mieszkańca Europy przypada średnio w ciągu roku ok. 4 500 m³, a na Ziemi ok. 7 300 m³ [22]. Rolnictwo, przemysł i infrastruktura, a także ciągły wzrost potrzeb indywidualnych jednostek przyczynia się do spadku ilości wody słodkiej. Poza tym występuje duży stopień ich zanieczyszczenia. Największym źródłem zanieczyszczenia i przyczyną niskiej jakości wód są zrzuty ładunków zanieczyszczeń oraz stale rosnąca ilość ścieków przemysłowych, komunalnych i rolniczych, co może doprowadzić do wyczerpania się zdolności wody do samooczyszczania. Niebezpieczny jest także dopływ pestycydów zawierających

w swoim składzie metale ciężkie oraz węglowodory chlorowane, które kumulują się w organizmach. Pozostając w wodzie w formie toksycznej, powodują wymarcie wielu gatunków roślin i zwierząt, co również oddziałuje na ludzi. Zła jakość wód uniemożliwia pełnienie przez nią funkcji społecznych, gospodarczych i ekologicznych, w odróżnieniu do wysokiej jakości wody, która niesie za sobą szereg pozytywnych skutków, bowiem w taką wodę zaopatrywana jest ludność, co przekłada się bezpośrednio na stan ich zdrowia, dostarczana jest też do przemysłu i rolnictwa. Może być wykorzystana jako źródło energii i droga wodna, a także jako miejsce odpoczynku nadwodnego, uprawiania sportów wodnych i turystyki [14]. Podane informacje o stanie wód w Polsce nie napajają optymizmem, jednak sztuką nie jest skupiać się na negatywnych aspektach i przerażających statystykach, a robić wszystko, co pozytywne, by świadomie wpłynąć na wzrost jakości wody, by osiągać wyżej wymienione pozytywne jej oddziaływanie.

4.4.5. Wyniki badań

W ostatniej części referatu została ujęta analiza jakości wody dwóch wybranych zbiorników wodnych w Radomiu i Solinie (Bieszczady) dokonana przez członków Koła Naukowego „Młodzi Towaroznawcy” z Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu. Celem analizy jest wskazanie czynników wpływających na poziom jakości i czystość wody oraz przyczyn ewentualnych różnic. Dane w tabeli poniżej pochodzą z 2014 r., a udostępnione zostały przez Inspektorat Ochrony Środowiska w Radomiu i Rzeszowie.

Tabela 2. Dane dotyczące jakości wody – Zbiornik Borki, Radom

Data poboru	Temp. (°C)	Tlen rozp. (mg O ₂ /l)	Przewodność w 20°C (µS/cm)	pH
03-04	4,7	10,6	595	6,7
04-01	7,7	10,3	587	7,7
05-06	8,5	9,8	529	7,5
06-03	14,5	8,4	512	7,2
07-01	14,7	7,9	470	7,7
08-05	23,5	7	496	7,3
09-02	16	8,2	552	8,1
10-07	11,4	9,1	518	7,5

Analizując dane zbiornika Borki w Radomiu, wartość temperatury wody nieznacznie wzrasta w okresie od marca do maja, natomiast w czerwcu widoczny jest dość wysoki skok z 8,5°C na 14,5°C. Kolejny, jeszcze wyższy wzrost nastąpił na przełomie lipca i sierpnia, z 14,7°C na 23,5°C, a we wrześniu temp. spadła aż do 16°C. Tak

gwałtowne skoki wartości temperatury są niebezpieczne dla organizmów wodnych bytujących w zalewie Borki.

Tabela 3. Dane dotyczące jakości wody – Zbiornik Solina, Myczkowce

Data poboru	Temp. (°C)	Tlen rozp. (mg O ₂ /l)	Przewodność w 20°C (µS/cm)	pH
01-22	4,4	12,8	200	8,4
03-26	7,2	8,9	260	8,2
04-09	8,0	10,4	200	8,3
06-10	21,8	7,8	200	8,0
07-09	22,0	7,9	210	8,5
09-10	19,6	8,4	210	8,2
10-08	16,2	9,2	220	8,3
12-10	10,2	10,4	207	8,4

Analizując dane zbiornika Solina w Myczkowcach, skoki nie są gwałtowne w okresie od stycznia do kwietnia, natomiast w sezonie letnim wartość temperatury wzrasta łagodnie, gdzie w okresie jesiennym stopniowo i normatywnie spada. Jest to nieodłączna cecha charakteryzująca czystość wody w danym regionie, gdyż jest to naturalny proces wahań temperaturowych tego zbiornika, nie zakłócany ze strony negatywnego działania człowieka.

Kolejnym wskaźnikiem jest tlen rozpuszczony. W zbiorniku Borki wskaźnik ten największy spadek miał na przełomie maja i czerwca (o 1,4 mg O₂/l), co jest nieodłącznie skorelowane z gwałtownym wzrostem temperatury w tym okresie. Poza tym wartość rozpuszczalności tlenu stopniowo zmienia się w zależności od warunków termicznych. Natomiast z danych zbiornika Solina, Myczkowce na przełomie marca i kwietnia, mimo wzrostu temperatury można zauważyć wzrost natlenienia w stosunku do poprzedniego miesiąca o 1,5 mg O₂/l. W okresie letnim również można zauważyć takie zjawisko, w kolejnych miesiącach wraz ze spadkiem temperatury wody wzrasta jej natlenienie. Porównując średnią wartość tlenu rozpuszczonego w Solinie, jest ona wyższa o około 0,60 mg O₂/l. Z analizy danych wynika, iż zbiornik Solina odznacza się lepszą jakością warunków bytowych dla organizmów żywych, co jest widoczne w kontrolowanych wartościach wskaźników tlenu silnie skorelowanego z temperaturą wody.

Porównując średnią wartość wskaźnika zasolenia zbiornika Borki a zbiornika Solina, widać znaczną różnicę wynoszącą 319 µS/cm. Oznacza to, iż Solina ma mniej rozpuszczalnych składników mineralnych, takich jak chlorki i siarczany, powodujące zanieczyszczenie środowiska wodnego, dostarczane do wody wraz z zrzutami ścieków przemysłowych czy też poprzez niewłaściwe nawożenie mineralne gleb. Solina charakteryzuje się znaczną liczebnością gatunków ryb słodkowodnych, które mają

odpowiednie warunki do rozwoju i rozmnażania. Ponadto oczyszczanie wody ze zbiornika Solina do celów gospodarczych nie powoduje dużych kosztów.

Ostatnią analizowaną daną jest odczyn pH, którego średnia wartość w zbiorniku Borki wynosi 7,46. Analizując dane miesięczne, można stwierdzić, iż występują toksyczne związki azotynów, zwłaszcza w miesiącu marzec, gdzie wartość pH spadła do niebezpiecznej granicy 6,7. Można zauważyć, iż wskaźnik zasolenia i wskaźnik pH są ze sobą powiązane. Tam, gdzie występuje wysoka zawartość zasolenia, pH ma odczyn kwasowy. Zbyt wysokie zasolenie oznacza zanieczyszczenie ściekami przemysłowymi, gdzie zawarte są m.in. związki azotynów powodujących spadek odczynu pH. Poza tym widoczne są duże wahania w stanie wskaźnika pH, co negatywnie wpływa na florę bakteryjną zbiornika Borki, zakłócając naturalny proces samooczyszczania. Zbiornik Solina natomiast mieści się w granicach optymalnej wartości odczynu pH – 8,29. W badanych okresach jego stan nieznacznie się waha, a także nie występują niebezpieczne zjawiska przekraczania granicy kwasowości, jak i zasadowości wody. Niskie zasolenie oznacza czystość wody, czyli nie występują toksyczne związki amonowe i azotynowe pochodzące ze ścieków, co z kolei uwidocznione jest w utrzymującym się optymalnym poziomie pH.

Czysta woda, według Koła „Młodzi Towaroznawcy”, to taka, która jest bezbarwna, krystaliczna, nie mętna, bez osadu, bezzapachowa, bez smaku, w dotyku bardzo zimna. W zbiorniku wodnym ma kolor lazuruowy, a widoczny ciemniejszy obszar wskazuje na głębokość. Gdy tafla wody jest spokojna, można w niej zobaczyć odbicie otoczenia, a promienie słońca są od niej odbijane, a nie pochłaniane. Poniżej została opisana ocena badania organoleptycznego dokonanej przez członków Koła, w której wytyczną nie była norma dotycząca jakości wód, a kryteria oceny ustalone przez „Młodych Towaroznawców”, takie jak: kolor, zapach i mętność. Dokonując porównania czystości wody, wykorzystując do tego podaną wyżej definicję, można stwierdzić, iż woda w zbiorniku Borki w Radomiu nie może zostać zakwalifikowana do czystej w porównaniu do wody ze zbiornika Solina. W pierwszej zauważalny jest zielonkawy, mętny kolor, przez co jest niewidoczne dno przy brzegu, w przeciwieństwie do zbiornika Solina, w którym woda ma kolor lazuruowy, z widocznym dnem przy brzegu i ciemniejszymi obszarami, wskazującymi na jej głębokość. Na czystość wody zbiornika Solina wskazują również pływające dorodne ryby na powierzchni wody, których nie można dostrzec w zbiorniku Borki. Przyczyn występujących różnic może być kilka. Pierwsza różnica wynika niewątpliwie z faktu występowania nad Soliną dużej ilości terenów zielonych i drzew. W regionie radomskim zauważalny jest dużo wyższy stopień antropopresji niż w Bieszczadach. Z przeprowadzonego równoległe z badaniami organoleptycznymi wywiadu środowiskowego, odnoszącego się do stosunku ludzi zamieszkujących wymienione tereny na ochronę środowiska, wynika, że ludzie w Bieszczadach żyją w zgodzie z naturą, a przejawia się to w ich samopoczuciu i spokoju, którego źródłem jest przyroda. Działania, które podejmują

na rzecz ochrony środowiska to m.in. sadzenie drzew, które według mieszkańców zamieszkujących tereny położone nad zbiornikiem Solina są życiem, ponieważ dają tlen, cień i schronienie. Mieszkańcy zadeklarowali również takie działania jak recykling, kompostowanie, pomoc w wyznaczaniu szlaków, własna uprawa, uświadamianie innych, którzy to środowisko niszczą. Odnosząc się do wyników wywiadu przeprowadzonego wśród osób zamieszkujących tereny położone w pobliżu zalewu Borki, można stwierdzić, że większość działań, które wymieniają mieszkańcy jako podejmowane przez nich na rzecz ochrony środowiska, ogranicza się do wyrzucania śmieci i ich segregacji. Być może wynika to z faktu, że ludzie w regionie radomskim żyją w pośpiechu, czego efektem jest stres i bardziej zanieczyszczona woda, która odzwierciedla emocje mieszkańców. Tak mała ilość działań może nie wystarczyć, by odpowiednio zadbać o środowisko.

4.4.6. Podsumowanie

Woda – źródło pozytywnych emocji to skarb i dar, który kształtuje i utrzymuje życie, a w środowisku naturalnym jest jednym z najważniejszych składników biorących udział w rozwoju ekosystemów. Bez względu na stopień ewolucji społeczeństwa istotna jest jej ochrona, gdyż jest ona darem dla całej ludzkości, każda jednostka ma na nią wpływ poprzez swoje myśli, uczucia, emocje, słowa i działania. Znaczenie wody i człowieka oraz ich wspólne zależności powinny stać się przewodnim tematem w ochronie środowiska.

Przeprowadzone badania, wraz z analizą literatury, dają nowe podejście do zrozumienia zachowań człowieka w stosunku do siebie, całego otoczenia ludzi i przyrody. Z powyższego wypływają następujące wnioski: świadome podejmowanie decyzji przez człowieka poprawia jakość jego życia i środowiska naturalnego, ma wpływ na otaczających go ludzi; emocje i uczucia człowieka mają odzwierciedlenie w jego mowie ciała i poziomie czystości wód, a otaczająca rzeczywistość i stan środowiska wykreowana jest przez jego myśli, słowa i działania. To człowiek odpowiedzialny jest za jakość swojego życia, żyje w takim środowisku, jakie sam sobie kształtuje.

Do proponowanych działań doskonalących należy przede wszystkim rozpoczęcie pracy nad samym sobą, nad swoimi emocjami, poznaniem ich przyczyn, dogłębne poznanie siebie w celu poznania otaczającego świata, pozytywne myślenie i nastawienie, kierowanie się w życiu spokojem, miłością, radością itp. Takie zachowanie będzie miało odzwierciedlenie we wzroście jakości i czystości wody. Pomocnym w tym może być wykorzystanie japońskiej filozofii kaizen, zgodnie z którą doskonalenie nie ma końca, a także powszechnie znany cykl Deminga, tzw. cykl PDCA. Poza tym, wiedząc już o tym, że pierwsze 6 lat życia dziecka wpływa na to jak będzie ono funkcjonowało w przyszłości, warto zastanowić się, jakie nawyki i programy są w nim kształtowane od pierwszych chwil życia. Dziecko bowiem rodzi się jako tabuła

rasa – to jakie będzie, zależy w głównej mierze od rodziców, którzy go wychowują i środowiska, w którym zostanie ukształtowane. Najważniejsze jest to, by dziecko było wychowywane w atmosferze miłości, wzajemnego szacunku, pozytywnego myślenia i uczuć. Istotne jest również wpajanie pozytywnych nawyków, zaczynając od najprostszych sposobów: picia wody, sprzątania po sobie czy dbałości o otoczenie. Należy również pamiętać, że to człowiek musi się zmienić, by natura mogła się odbudować i sama o siebie zadbać. Wystarczy, by każdy żył w zgodzie ze sobą. Rozwijając swoje talenty, dając wartość ludziom, będzie żył zgodnie z tym, do czego jest stworzony. Tylko wówczas możliwe jest życie w równowadze, która przekłada się na realizację zasad zrównoważonego rozwoju

Literatura

1. Brendzel-Skowera K., *Bariery w realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju w Polsce*, Katedra Zarządzania Agrobiznesem, Wydział Zarządzania, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2009, s. 102–109.
2. Clark H. R., *Kuracja życia metodą dr Clark, ABEDIK*, Poznań 2001, s. 18–23.
3. Fura B., *Zróżnicowanie poziomu rozwoju zrównoważonego województw Polski z wykorzystaniem analizy wielowymiarowej*, „Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy” 2015, nr 44.
4. Górską-Rożej K., Rożej A., *Koncepcja strategii zrównoważonego rozwoju Polski do 2025 r. – cel i obszar działania*, „Obronność”, Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Obrony Narodowej 2013, nr 3(7), s. 87–97.
5. Hawkins D. R., *Siła czy moc. Anatomia świadomości, Ukryte determinanty ludzkiego zachowania*, VIRGO, Warszawa 2012, s. 215.
6. Jedynek S., *Filozofia: ontologia, teoria poznania, logika, etyka*, Politechnika Radomska, Radom 1999, s. 12.
7. Kondratowicz-Pozorska J., *Rola państwa według ekonomii ekologii, środowiska i zrównoważonego rozwoju*, Wyd. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2015, s. 161.
8. Kondratowicz-Pozorska J., *Rola państwa według ekonomii ekologii, środowiska i zrównoważonego rozwoju*, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2015, s. 158–167.
9. *Ochrona środowiska 2016*, GUS, Warszawa 2016, s. 28.
10. Ruszkowski A., *Podstawy prawne ochrony przyrody w Polsce*: www.kop.pttk.pl.
11. Tipping C. C., *Radykalna manifestacja marzeń*, MEDIUM, Czarnów 2006, s. 53–54.
12. *Wskaźniki zielonej gospodarki w Polsce*, Urząd Statystyczny w Białymstoku, Białystok 2016, s. 28.
13. www.access.zgwrp.org.pl/materialy/dokumenty/StrategiaZrownowazonegoRozwojuPolski.pl
14. www.akademiawodnika.pl/zanieczyszczenia-wod-w-polsce/

15. www.cudownezdrowie.pl/woda/woda-w-ludzkiem-organizmie/
16. www.cytaty.klp.pl
17. www.edukator.pl/kreniewodywprzyrodzie,51.html
18. www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/leksykon-ekologii-i-ochrony-srodowiska/ochrona-srodowiska
19. www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/sownik-hydrogeologiczny/woda
20. www.encyklopedia.pwn.pl/haslo/determinizmsrodowiskowy;3892116.html
21. www.encyklopedia.pwn.pl/haslo/emocja;3897800.html
22. www.pfozw.org.pl/zrodlo-wiedzy/w-budowie-3/
23. www.studentom.tposkrobko.pl/files/Swiatowe%20i%20polskie%20zasoby%20wod.pdf
24. www.wodanastart.pl/pobieranieartykul/552420458d453.pdf
25. www.wodanastart.pl/pobieranieartykul/552420458d453.pdf

4.5. Wykorzystanie genetycznie zmodyfikowanych roślin a ich skutki na środowisko naturalne*

4.5.1. Wstęp

Jednym z największych osiągnięć gospodarki rolnej są rośliny modyfikowane genetycznie. Początkowo ich pierwszorzędnym celem była potrzeba potęgowania wydajności przemysłu rolnego. Jednak z czasem ich znaczenie stało się ważniejsze ze względu na nasilające się zjawiska, takie jak przyrost liczby ludności, degradacja środowiska, niedożywienie, głód, ceny żywności, coraz cięższe warunki pogodowe dla upraw. Inżynieria genetyczna jest działem dość obszernym, który dla osób niemających podstawowej wiedzy z zakresu genetyki, może stanowić duży problem jeśli chodzi o zrozumienie tej dziedziny. Żywność transgeniczną definiuje się jako żywność, która w swoim składzie zawiera fragmenty DNA pochodzące od innych organizmów, które posiadają pożądaną w danym momencie cechę np. wzrost. W procesie tym genomy przekazywane są organizmom potomnym, są trwałe i mogą dotyczyć różnych gatunków.

Niestety żywność zmodyfikowana genetycznie nie jest już taka sama jak tradycyjna. Różnice pomiędzy produktami dotyczą nie tylko walorów odżywczych, sensorycznych ale i technologicznych, które w danym momencie są najbardziej pożądane wśród konsumentów. Niestety sposób w jaki powstają takie produkty, budzą wiele wątpliwości wśród potencjalnych klientów, w związku z czym spada chęć zakupu danego wyrobu. Rośliny, które najczęściej są poddawane modyfikacjom genetycznym to te, na które występuje największe zapotrzebowanie. Przykładami takich roślin są ryż, pomidory, soja, kukurydza, kapusta oraz rzepak – mniejsza podatność na działanie szkodliwych patogenów biologicznych [9].

4.5.2. GMO w skali globalnej

Bazując na danych z 2014 r., całkowity obszar upraw GMO wynosił aż 181,5 mln ha. Krajem, w którym występowały uprawy o największej powierzchni były Stany Zjednoczone posiadając 73 mln ha takich upraw. Na drugim miejscu co

* *Autorzy:* lic. **Monika Bodo**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk o Zdrowiu i Kultury Fizycznej; 26-600 Radom; ul. Chrobrego 27, e-mail: bodomonika@interia.pl

lic. **Joanna Bielik**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych; 26-600 Radom; ul. Chrobrego 27, e-mail: joanna.bielik@interia.pl

student **Hubert Grzybowski**, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Budownictwa i Architektury, 25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego, e-mail:hubertgrzybowski7@gmail.com

do wielkości upraw GMO znalazła się Brazylia, posiadająca 42 mln ha upraw, a na trzecim znajdowała się Argentyna, która posiadała ich 24 mln. Tymczasem Europejskie uprawy szacowano na 143 tys. ha ze względu na bardzo restrykcyjne przepisy dotyczące żywności transgenicznej. W poniższej tabeli pokazano różnice pomiędzy krajami nie tylko Europy ale i reszty świata.

Tabela 1. Powierzchnia upraw roślin transgenicznych w wybranych państwach w 2014 r.

Kraj	Powierzchnia (w mln ha)
USA	73
Argentyna	42
Brazylia	24
Kanada	9
Indie	8,2
Chiny	4,8
Paragwaj	3,6
Republika Południowej Afryki	2,8
Urugwaj	1,5
Filipiny	0,9
Australia	0,4
Meksyk	0,3
Kolumbia	0,3
Chile	mniej niż 0,2
Honduras	mniej niż 0,2
Hiszpania	0,1
Francja	mniej niż 0,1
Portugalia	mniej niż 0,1
Czechy	mniej niż 0,1
Niemcy	mniej niż 0,1
Słowacja	mniej niż 0,1
Rumunia	mniej niż 0,1
Polska	mniej niż 0,1

Źródło: oprac. własne.

W 2014 r. 5 państw Unii Europejskiej zajmowało się tego typu uprawami. Krajem o największej powierzchni upraw była Hiszpania, posiadająca aż 90% areału produkcji transgenicznej. Głównymi czynnikami, które doprowadziły do rozwoju i rozpowszechnienia produkcji żywności genetycznie zmodyfikowanej na świecie, były korporacje transnarodowe, posiadające duży kapitał. Dysponowały nowoczesną technologią o bardzo wysokim potencjale naukowo-badawczym i miały możliwość do poniesienia wyższego ryzyka. Największymi koncernami zajmującymi się GMO są TAKIE firmy amerykańskie jak Monsanto czy Dupont Pioneer, natomiast

w Europie wyróżnia się niemieckie przedsiębiorstwo BASF [11]. Późne początki upowszechnienia efektów biotechnologii związane były z brakiem regulacji międzynarodowych, odnoszących się do ochrony patentowych dokonań naukowych w gospodarce rolnej. Rozwój rozpoczął się dopiero, gdy dokonania wielkich koncernów zostały rozpowszechnione dzięki transakcjom czy też połączeniom firm lub przejęciem lokalnych przedsiębiorstw. Transakcje te zrealizowano także między dużymi korporacjami zajmującymi się między innymi farmaceutyką, agrochemią. Szczególną uwagę zwraca również nasilająca się równolegle kooperacja państw, które miały poprawić wizerunek globalnych holdingów, uważanych za nastawione wyłącznie na pomnażanie zysków, bez względu na różnorakie zagrożenia. Takie działania były realizowane w krajach kontynentu afrykańskiego, m.in. w Ugandzie czy Nigerii. Mimo sprzeciwu przewagi państw Europy, prawdopodobne dochody z upraw GMO nie zniechęciły firm do działań w tych krajach. Oznaką tego jest odnotowany z roku na rok wzrost powierzchni upraw oraz włączanie do nich nowych mutacji roślin. Pomimo powiększającej się liczny gatunków roślin poddawanych modyfikacjom, według danych z 2013 r., nadal największe znaczenie miały soja (48,2%), kukurydza (32,8%), bawełna (13,6%) oraz rzepak (4,7%). Natomiast udział, jaki przypadł pozostałym gatunkom roślin, nie przekraczał 1% wszystkich upraw [11].

4.5.3. Kontrowersje dotyczące modyfikacji genetycznych

Postęp nauk z zakresu genetyki oraz chęć stosowania tańszych, szybszych i ekologicznych technologii, które bazowały na wykorzystaniu żywych organizmów w trakcie produkcji sprawiły, że biotechnologia w bardzo szybkim czasie zaczęła się znacznie rozwijać. Temat wprowadzenia żywności genetycznie zmodyfikowanej jest tematem spornym, problematycznym oraz budzącym skrajne emocje [2, 6].

Lęk przed uprawami roślin genetycznie zmodyfikowanych spowodowany jest brakiem wiedzy dotyczącej wpływu GMO na środowisko oraz na zdrowie ludzkie. Na początku XXI w. odnotowano wśród Polaków znaczący spadek zaufania wobec nowoczesnej biotechnologii. W badaniu przeprowadzonym przez OBOP w 2003 r. wykazano, iż większość populacji polskiej traktuje za szkodliwe dla zdrowia wykorzystywanie biotechnologii do produkcji żywności [5, 13]. Z kolei sondaż z 2008 r. zorganizowany przez PBS DGA ujawnił, iż ponad połowa społeczeństwa polskiego pragnie zakazu upraw roślin GM w naszym państwie [12]. Wyniki tego sondażu można powiązać z badaniem konsumenckim na Mazowszu, dokonany w pierwszym kwartale 2008 r., w którym zbadano poziom wiedzy i oczekiwania mieszkańców odnośnie żywności GMO. Z badania wynika, że podstawowym źródłem informacji respondentów o żywności genetycznie zmodyfikowanej jest telewizja, Internet oraz prasa. Większość z nich uznaje się za niewystarczająco poinformowanych o uprawach tych roślin [10]. Podobne wyniki odnotowano również w innych krajach Unii

Europejskiej. Około połowa Europejczyków nie jest zwolennikami tego typu żywności, ponieważ uważają, że spożywanie jej jest zbyt niebezpieczne, a także uznają jako mało pożyteczną, a co za tym idzie, są w stanie zapłacić więcej za produkty niemodyfikowane. Państwa takie jak Portugalia, Irlandia, Hiszpania i Finlandia odznaczają się najmniejszą liczbą przeciwników żywności genetycznie zmodyfikowanej. Natomiast najmniej przychylni wobec tej żywności są: Francuzi, Duńczycy, Austriacy, Norwedzy, Węgrzy i Grecy [7]. Niski stopień akceptacji żywności GMO wynika z obaw przed ryzykiem wystąpienia u nich chorób alergicznych [8]. Osoby przychylnie dla żywności GMO mają całkiem odmienną opinię. Traktują ją jako pomoc w walce z głodem na ziemi, dzięki większej wydajności plonów. Dodatkowo, popierają uprawy roślin GMO ze względu na polepszanie warunków środowiska naturalnego przez ograniczenie stosowania chemikaliów na rośliny, a także zmniejszenie nakładu pracy na roli oraz pielęgnacji upraw [3]. Główne kontrowersje o GMO obejmują takie zagadnienia jak: aspekt spożywania żywności GMO a zdrowie ludzi, wpływ na środowisko, między innymi wyginiecie bioróżnorodności fauny i zwierząt, względy prawne dla działalności biotechnologicznych, ingerencję człowieka w świat przyrody, które trwały od kilkuset lat [3]. Biorąc pod uwagę fakt, iż dotychczas niemożliwe jest zbadanie skutków długofalowych produkowania i stosowania roślin GMO, a także możliwych następstw zdrowotnych odnoszących się do wykorzystywania tej żywności, wskutek czego problem ten przybiera rangę nie tylko medyczną, ekonomiczną, czy prawną lecz ogólnospołeczną.

4.5.4. Produkty GMO a polskie prawo środowiskowe

System polskiego ustawodawstwa środowiskowego regulują rozporządzenia i dyrektywy, które zostały wydane przez Unię Europejską. W systemie tym występują dodatkowe ustawy pomagające uściślić zasady stosowania GMO. Zalicza się do nich:

- Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz.U. 2002, nr 76, poz. 811, nr 25, poz. 253, nr 41, poz. 365; Dz.U. 2003, nr 130, poz. 1187; Dz.U. 2004, nr 96, poz. 959) obowiązująca od 26 października 2001 r.;
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2002 r. w sprawie określenia szczegółowego sposobu przeprowadzenia oceny zagrożeń dla zdrowia ludzi i środowiska w związku z podjęciem działań polegających na zamkniętym użyciu GMO, zamierzonym uwolnieniu GMO do środowiska, w tym wprowadzeniu do obrotu produktów GMO, oraz wymagań, jakie powinna spełniać dokumentacja zawierająca ustalenia takiej oceny (Dz.U. 2002, nr 107, poz. 44);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lutego 2002 r. w sprawie określenia szczegółowego sposobu funkcjonowania Komisji do spraw organizmów genetycznie zmodyfikowanych (Dz.U. 2002, nr 19, poz. 196);

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada w sprawie określenia listy organizmów patogennych oraz ich klasyfikacji, a także niezbędnych środków dla poszczególnych stopni hermetyczności (Dz.U. 2002, nr 212, poz. 1798);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie określenia wzorów wniosków dotyczących zgód i zezwoleń na działania w zakresie organizmów genetycznie zmodyfikowanych (Dz.U. 2002, nr 87, poz. 797);
- Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 19 kwietnia 2002 r. w sprawie urzędów celnych właściwych dla przywozu i wywozu produktów GMO (Dz.U. 2002, nr 43, poz. 406 z późniejszymi zmianami);
- Ustawa z dnia 22 lipca 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz.U. 2006, nr 171, poz. 1225);
- Ustawa z dnia 22 lipca 2006 r. o paszach (Dz.U. 2006, nr 144, poz. 1045);
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001, nr 62, poz. 627 z późn. zm.).

Pierwsza ustawa reguluje:

- zamknięte użycie GMO;
- planowe wprowadzanie GMO do strefy naturalnej w innych celach aniżeli implementowanie do obrotu;
- wdrażanie do obrotu surowców zawierających GMO;
- eksport oraz tranzyt organizmów genetycznie zmodyfikowanych;
- odpowiedzialność organów administracji rządowej odnośnie GMO.

Powyższa ustawa o GMO nie odnosi się do modyfikacji środków farmaceutycznych, żywności czy modyfikacji genomu ludzkiego. Ustawa ta główny nacisk kładzie na ochronę społeczeństwa, gwarantowanie jak najwyższego poziomu bezpieczeństwa biologicznego a także ochronę środowiska naturalnego przed wszelakimi niepożądanymi skutkami działania produktów GMO. Tematyka GMO jest ogólnodostępna, to znaczy, że wszyscy mogą z niej korzystać przy pomocy rejestrów zawierających zarówno jawne, jak i poufne informacje o GMO. W celu uniknięcia konsekwencji prawnych i medycznych wszystkie projekty dotyczące GMO, przed ich dopuszczeniem do upraw, są najpierw dokładnie analizowane i badane, a ponadto stale nadzorowane przez właściwe organy [1].

4.5.5. Korzyści i zagrożenia wynikające z uprawy roślin GMO na środowisko naturalne

Wpływy uprawy roślin GMO na środowisko nie były jak dotąd dokładnie przebadane. Niektóre z badań pokazują, jakie korzyści mogą przynieść takie uprawy, nie tylko dla rolników ale i również dla naszego środowiska. Uznaje się, że wciele nie w życie upraw GMO dało wiele dobrego nawet pomimo tego, iż efekty nie były

trwałe. Jednym z plusów była zmiana w sposobie uprawy gleby, ponieważ niektóre z roślin są odporne nie tylko na środki chwastobójcze, ale również na szkodniki, które je atakują. Ich odmienność sprawia, że mogą one być uprawiane nawet w niesprzyjających im warunkach klimatycznych, takich jak nadmierne promieniowanie słoneczne, susza a nawet wiatr czy mróz. Z pewnością do zalet zalicza się fakt, iż obecnie wyprodukowana genetycznie żywność przed wypuszczeniem na rynek jest badana pod względem bezpieczeństwa zarówno dla ludzi jak i zwierząt. Stosunkowo dużą zaletą może okazać się zmniejszenie ilości użycia środków bakterio i grzybobójczych, ponieważ uprawiane są rośliny, które zdolne są do samodzielnej produkcji toksyn [14]. Ponadto wytwarzanie nowych gatunków roślin może okazać się pomocne w procesie przywracania terenom zniszczonym przez działania człowieka ich wartości użytkowych i przyrodniczych. Trwają badania, które ukierunkowane są na wykorzystanie roślin genetycznie modyfikowanych w celu zmniejszenia zużycia surowców nieodnawialnych. Rośliny genetycznie modyfikowane mają się przyczynić do zwiększenia ochrony nie tylko naturalnego środowiska rolniczego, ale również ekosystemów na przykład poprzez taki sposób uprawy gleby, który zapobiega jej erozji, redukuje zużycie wody i paliw, a także przyczynia się do zmniejszenia emisji CO₂. Pomimo nielicznych zalet, jakie starają się dostrzec zwolennicy takich modyfikacji, to nadal wpływ genetycznie modyfikowanych organizmów wywołuje wiele kontrowersji i ma także swoich przeciwników. Obawy społeczeństwa dotyczące wprowadzenia żywności genetycznie modyfikowanej mogą wynikać nie tyle z braku wiedzy na temat biotechnologii czy inżynierii genetycznej, co z braku zaufania do mediów i wiarygodności przekazywanych przez nie informacji [9]. Modyfikacją genetyczną, którą wykorzystuje się dla roślin GMO, jest tolerancja na jeden ze składników herbicydu – glifosfat. Jak okazało się, składnik ten jest wysoce szkodliwy zarówno dla roślin jak i zwierząt. Pierwotnie uprawy GMO miały obniżyć wskaźnik stosowanych przez rolników herbicydów, jednak tak się nie stało. Roślina, w której umieszczona została toksyna, stała się niebezpieczna nie tylko dla tych owadów, które uważane są powszechnie za szkodniki, ale również dla tych pożytecznych takich jak złotooki, błonkówki oraz ptaków, których pokarmem stały się takie owady [4]. Białko Bt, które znajduje się w roślinach GMO takich jak soja, rzepak czy kukurydza, jest wysoce toksyczne również dla pszczoł. W krajach, gdzie występuje uprawa takich roślin, odnotowano spadek ich liczebności aż o 50–90%. Przyczyną mogą być mszyce, które odpowiedzialne są za przenoszenie toksycznego białka do pokarmu dla pszczoł. Specjalnie przeprowadzone badania wykazały, że w szczególnym niebezpieczeństwie znalazły się motyle, których istnienie zagrożone jest przez wysoce toksyczny pyłek kukurydzy Bt, w konsekwencji czego wszystkie gatunki, którym grozi wyginięcie, zostały na Węgrzech objęte ochroną. Kolejnym ryzykiem dla środowiska jest fakt, że toksyczny pyłek Bt, jaki zawarty jest w bawełnie GMO, jest groźny dla mikroflory glebowej, co jednocześnie przyczynia się do obniżenia jej produktywności. Również

masowe wylesienia to jedne z wielu niebezpieczeństw towarzyszących produkcji soi w Brazylii, które miały miejsce w latach 2003–2006. Wycięto wówczas ok. 70 tys. km² lasu tropikalnego. W ciągu kilkudziesięciu lat zniszczeniu uległo wiele farm, a wielu rolników straciło pracę. Niestety kolejnym minusem okazało się zwiększenie emisji CO₂, chociaż pierwotne założenie było zupełnie inne, podobnie jak hamowanie efektu cieplarnianego poprzez zmniejszenie stosowania środków ochrony roślin, które tak naprawdę nigdy nie miało miejsca [15]. Powyższe argumenty sprawiły, że niektóre kraje nie są już tak przychylnie tematyce GMO. Francja, Tajlandia czy Nowa Zelandia to tylko niektóre z wielu krajów, w których uprawa GMO zostało całkowicie zatrzymana, jednak niektóre państwa ogłosiły, że nie będą uprawiać konkretnych GMO roślin.

4.5.6. Podsumowanie

Pomimo wielu badań nad tematem modyfikacji genetycznej, nadal nie są znane wszystkie pozytywne aspekty, ani również zagrożenia dla środowiska naturalnego, jakie niesie ze sobą rozprzestrzenianie się GMO. Wiadomo jednak, że jej wykorzystanie ma duży wpływ na nasze środowisko. Na podstawie powyższego artykułu można wysunąć wnioski:

- uprawy GMO są powodem wyginięcia niektórych owadów, a także zwierząt;
- GMO powoduje mniejsze użycie środków bakterio i grzybobójczych tylko na jakiś czas, niestety potem zużycie to ulega zwiększeniu;
- superchwasty, powstałe w wyniku krzyżówki rośliny GMO z chwastami, są bardzo trudne do zniszczenia, ponieważ wytworzyła się u nich odporność na preparaty chwastobójcze, w związku z czym rolnicy zmuszeni są do głębokiej orki ziemi;
- zagrożone są lasy tropikalne, których powierzchnia stale maleje w związku z wycinką pod masową produkcję GMO.

Przeprowadzona analiza dostępnej literatury przedmiotu, uregulowań prawnych dostarcza wnioski, które mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych badań i analiz w tym temacie.

Literatura

1. Becla A., *Genetycznie modyfikowane organizmy szansą i zagrożeniem dla środowiska przyrodniczego i gospodarki w skali globalnej*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, *Kryzys a rozwój zrównoważony rolnictwa i energetyki*, (2011) nr 231, 22–37.

2. Bieniek J., *Organizmy zmodyfikowane genetycznie (GMO). Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju*, Materiały szkoleniowe Ministerstwa Środowiska, Kraków (2007), 79.
3. Bujak F., *Potencjalne i realne zagrożenia genetycznie modyfikowanych organizmów dla rolnictwa i rolników*, [w:] Florek M, Wdowiak L. (red.), *Źródła zagrożeń i profilaktyka zdrowotna w rolnictwie*, Lublin (2009), 175–182.
4. Dutton A., Klein H., Romeis J., Bigler F., *Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator Chrysopa carnea*, *Ecological Entomology* 27 (2002), 441–447.
5. Filiminow J., Berger S., *Genetyka pod społeczną kontrolą*, *Bezpieczeństwo Żywności* (2004), 3(5), 36–38.
6. Frewer L. J., Howard Ch., Aaron J. J., *Consumer Acceptance of Transgenic Crops*, *Pestic. Sci* (1998), n 52, 388.
7. Hoy M.A., *Transgenic insects for pest management programs: status and prospects*, *Enviro. Biosafety Res* (2003), n 1, 1–5.
8. Jaworska A., Kapuścińska J., *Opinie konsumentów, handlowców oraz odbiór społeczny w Polsce, krajach UE oraz na świecie na temat żywności modyfikowanej genetycznie*, *Wiedza Techniczna* (2010), nr 1, 63.
9. Kosicka-Gębska M., Gębski J., *Oczekiwania i obawy związane z wprowadzeniem do obrotu produktów i żywności pochodzących z modyfikacji genetycznych*, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego* (2009), nr 9, 65–76.
10. Kosicka-Gębska M., Gębski J., *Żywność zmodyfikowana genetycznie – bariery i możliwości rozwoju w opinii respondentów*, *Roczniki Naukowe SGGW* (2009), nr 10(1), 182–185.
11. Michalczyk J., *Międzynarodowe znaczenie żywności genetycznie modyfikowanej i jej rola w rozwiązywaniu ekonomiczno-społecznych problemów świata*, *Ekonomia XXI wieku* (2016), 104–105.
12. PBS DGA, www.pbsdga.pl (dostęp: 02.09.2018).
13. Sokalski M., *Zasady koegzystencji produkcji konwencjonalnej, ekologicznej oraz genetycznie zmodyfikowanej*, *Rolnictwo ekologiczne a GMO*, <http://gmo.eko.net/referaty/sokalski.doc> (dostęp: 02.09.2018).
14. Stankiewicz D., *GMO – korzyści i zagrożenia*, *Infos* (2007), nr 19, 1–4.
15. Wiąckowski S., *Genetycznie modyfikowane organizmy*, *Obietnice i fakty* (2008).

4.6. Zielone dachy w koncepcji zrównoważonego rozwoju w sektorze budownictwa*

4.6.1. Wstęp

Utrzymujący się trend szybkiego rozwoju gospodarczego zapoczątkowanego już w XVII w., w którym motywem przewodnim było zapewnienie możliwie największego dobrobytu, doprowadziło do wystąpienia wielu często nieodwracalnych zjawisk. Człowiek ingerując coraz intensywniej w środowisko naturalne, przyczynia się tym samym do powstawania wielu zagrożeń ekologicznych, które w konsekwencji stają się czynnikiem sprawczym obecnych problemów cywilizacyjnych [13]. Zalicza się do nich najczęściej [14]:

- zanieczyszczenia termiczne, fizyczne, radioaktywne, akustyczne;
- zanieczyszczenia biologiczne, sprzyjające powstawaniu schorzeń organizmów żywych;
- zanieczyszczenia pyłowe, gleby, wody, środków spożywczych, chemiczne;
- zanieczyszczenia estetyczne, naruszające naturalną harmonię krajobrazu;
- nieodwracalną degradację zasobów i bogactw naturalnych.

Ludzkość jako gatunek biologiczny, pomimo zaawansowanego rozwoju, jest w pełni zależny od przyrody, gdyż zarówno determinuje ona sposób kształtowania się cywilizacji jak i stanowi ramy procesów i zjawisk zachodzących w zbiorowiskach ludzkich [1].

Niemniej jednak niekontrolowana chęć dążenia człowieka do zaspokajania nowych potrzeb, kosztem środowiska biologicznego, przy zachowaniu jak najmniejszych nakładów finansowych, trwała aż do drugiej połowy XX w. [3]. Tak długi okres czasu ludzkiej ignorancji wynikał z panującej koncepcji, w której to człowiek wszechwładnie powinien panować nad przyrodą i wykorzystywać wszelkie jej zasoby, wyłącznie dla spełnienia swych potrzeb, gwarantując tym samym wyzwolenie ludzkości [16].

* *Autorzy:* mgr **Rafał Czupryn**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Bolesława Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: czupryn.rafal@wp.pl

mgr **Amanda Majchrowska**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Bolesława Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: amanda_majchrowska@interia.pl

dr **Łukasz Wójtowicz**, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych, ul. Bolesława Chrobrego 31, 26-600 Radom, e-mail: lukasz.wojtowicz.88@o2.pl

4.6.2. Nowa koncepcja postępu cywilizacyjnego

Idea zrównoważonego rozwoju powstała na wskutek dostrzegania ogromnych zależności między występującym stanem środowiska naturalnego, a jego wpływem na jakość rozwoju cywilizacyjnego w skali makroekonomicznej w dłuższym horyzoncie czasowym. Jednym z pierwszych podjętych działań w skali globalnej było podjęcie inicjatywy przez Zgromadzenie Ogólne ONZ w roku 1969 w sprawie opracowania raportu o stanie świata. Wraz z biegiem następujących lat można było zaobserwować systematycznie zainteresowanie tematyką rozwoju cywilizacyjnego, przyjaznego środowisku naturalnemu [17]. Efektem prowadzonych badań i odbytych konferencji było powstanie w 1987 roku raportu stworzonego przez Światową Komisję ds. Środowiska i Rozwoju, pt. „Nasza Wspólna Przyszłość”. Zawarta została w niej najczęściej przytaczana definicja zrównoważonego i trwałego rozwoju, określająca go jako: „*rozwój, który zaspokaja potrzeby obecne, nie pozbawiając przyszłych pokoleń możliwości zaspokajania ich potrzeb*” [18].

Współcześnie pojmowana koncepcja zrównoważonego rozwoju została przyjęta podczas drugiego „Szczytu Ziemi”, który miał miejsce w czerwcu 1992 r. w Rio de Janeiro. Uchwalono wówczas dwa podstawowe dokumenty, które miały pełnić rolę drogowskazu dla dalszego rozwoju państw na świecie:

- Deklaracja z Rio, stanowiąca ogólne założenia i filozofię zrównoważonego rozwoju;
- Agenda 21, wskazująca mechanizmy i zasady praktycznego wdrożenia koncepcji. Założenia Agendy 21 opierają się na trzech filarach:
 - ekologicznym, polegającym na powstrzymaniu dalszej degradacji środowiska oraz eliminacji zagrożeń wynikających z niekontrolowanego korzystania z zasobów naturalnych;
 - ekonomicznym, zakładającym zaspokojenie potrzeb materialnych ludzkości przy jednoczesnym wykorzystaniu technologii nie działających destrukcyjnie na środowisko;
 - społecznym i humanitarnym, wyrażający się w zapewnieniu minimum socjalnego, zapewnieniu ochrony zdrowia, edukacji i bezpieczeństwa [8].

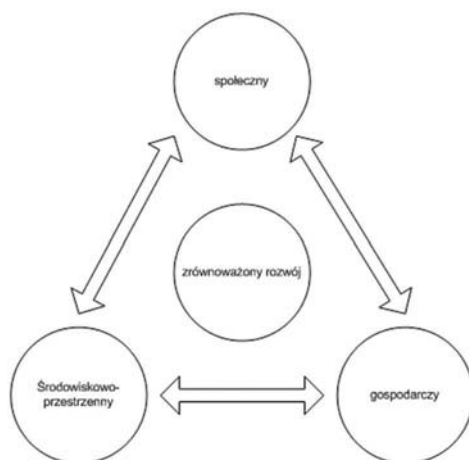
Ustanowienie nowych założeń dalszego rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego narzuciło nowe ramy, którym państwa powinny się podporządkować, chcąc dążyć do realizacji nowych celów, mając na uwadze stan środowiska naturalnego [9]. Przykładem kraju w którym wytyczne niezbędne do realizacji zrównoważonego rozwoju zostały zawarte w obowiązujących aktach prawnych jest Polska. W Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej w artykule 5 zapisane jest, iż: „*Rzeczpospolita Polska (...) strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju*”. Natomiast w preambule Konstytucji widnieje za-

pis: „Rzeczpospolita Polska kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju, oznaczającą dążenie do:

- zachowania możliwości odtwarzania się zasobów naturalnych;
- racjonalnego użytkowania zasobów nieodnawialnych i zastępowania ich substytutami;
- ograniczenia uciążliwości dla środowiska i nieprzekraczania granic wyznaczonych jego odpornością;
- zachowania różnorodności biologicznej;
- zapewnienia obywatelom bezpieczeństwa ekologicznego;
- tworzenia podmiotom gospodarczym warunków do uczciwej konkurencji w dostępie do ograniczonych zasobów i możliwości odprowadzania zanieczyszczeń
- zapewnienia ochronę i racjonalne kształtowanie środowiska stanowiącego dobro ogólnonarodowe oraz tworzy warunki sprzyjające urzeczywistnieniu prawa obywateli do równoprawnego korzystania z wartości środowiska”.

4.6.3. Zrównoważony rozwój w gospodarce

Zrównoważony rozwój jest procesem złożonym i długotrwałym. Obejmuje on takie aspekty, jak zrównoważona produkcja i konsumpcja, rozwój gospodarczo-społeczny, zmiany demograficzne, włączenie społeczne, gospodarowanie energią oraz zmiany klimatu, zasoby naturalne, zdrowie publiczne i globalne partnerstwo [23]. Priorytetowym założeniem procesu dążenia do zrównoważonego rozwoju przy uwzględnieniu szeregu wymaganych czynników jest poprawienie jakości życia, poprzez ukształtowanie optymalnych proporcji (rys. 1) w wymiarze społecznym, gospodarczym oraz środowiskowo-przestrzennym [4].



Rysunek 1. Obszary składające się na koncepcję zrównoważonego rozwoju

Wszystkie wspomniane obszary są w stosunku do siebie współzależne i komplementarne. Rozwój gospodarczy w perspektywie zrównoważonego rozwoju jest realizowany z uwzględnieniem potrzeb obywateli, stanu i możliwości rozwoju kapitału społecznego, jak również środowiska naturalnego i jego zasobów, wykorzystywanych w sposób umożliwiający zachowanie prawidłowych funkcji ekosystemów w dłuższym horyzoncie czasowym.

4.6.4. Sektor budownictwa w zrównoważonym rozwoju

Jednym z efektów gwałtownie postępującego rozwoju gospodarczego, jest intensywny rozwój aglomeracji miejskich ze względu na postępujące migracje wewnętrzne mieszkańców mniejszych miejscowości. Na podstawie danych zebranych z Brytyjskiego Urzędu Statystycznego w tabeli 1 zaprezentowano wzrost zaludnienia w aglomeracjach miejskich w latach 1950–2010 wraz z prognozą na rok 2030, na podstawie wybranych krajów.

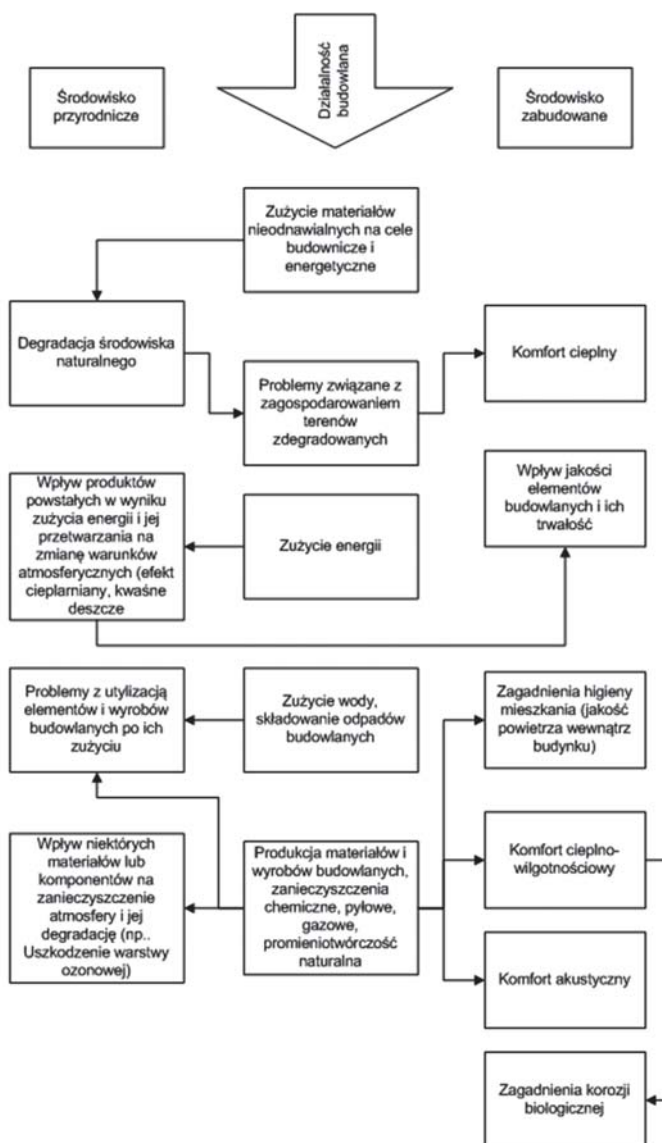
Tabela 1. Wzrost zaludnienia w aglomeracjach miejskich w wybranych krajach w latach 1950–2010, wraz z wartością prognozowaną na 2030 rok [%]

Kraj	Stosunek liczby ludności zamieszkałej w miastach do całej populacji w danym kraju		
	1950	2010	2030*
Argentyna	65,3	92,4	93,2
Brazylia	36,2	86,5	91,1
Chiny	13,0	44,9	60,3
Francja	55,2	77,8	82,9
Korea Południowa	21,4	81,9	86,3
Holandia	56,1	82,9	88,6
Niemcy	64,7	73,8	80,0
Polska	38,3	61,2	70,0
Szwajcaria	44,3	73,6	83,1
Turcja	24,8	69,6	77,7

Źródło: oprac. własne na podst. danych z Brytyjskiego Urzędu Statystycznego „City Mayors” [6].

Na podstawie tabeli można stwierdzić znaczny wzrost ludności zamieszkałej na terenach aglomeracji miejskiej. Ponadto prognoza na rok 2030 wskazuje na prawdopodobne utrzymanie się tendencji wzrostowej. Większa ilość mieszkańców dużych ośrodków miejskich determinuje powstawanie coraz większej ilości budynków mieszkalnych. Wiąże się to z jednoczesnym wzrostem zapotrzebowania na zasoby przez sektor budowniczy. O tym, jak zasobochłonną gałęzią gospodarki jest sektor

budownictwa, stanowi fakt, iż w państwach Unii Europejskiej odpowiada za konsumpcję 40% wytwarzanej energii [5] oraz 50% materiałów wydobywanych z ziemi (po przetworzeniu) [7]. Natomiast w Polsce w 2007 roku zostało wytworzonych 818,4 tys. ton odpadów budowlanych. Tak znaczne obciążenie środowiskowe wynika z faktu złożoności procesu budowlanego. Na rysunku 2 przedstawiono schemat powiązań działalności budowlanej z wpływem na środowisko przyrodnicze i zabudowane.



Rysunek 2. Schemat powiązań działalności budowlanej z wpływem na środowisko przyrodnicze i zabudowane [21]

Analizując powyższy rysunek, można stwierdzić, że sektor budownictwa nie tylko powoduje duże obciążenie środowiska nadmierną eksploatacją dostępnych zasobów, lecz również może przyczyniać się jego degradacji, choćby poprzez problemy z utylizacją, czy recyklingiem elementów wysoce przetworzonych [10].

Zgodnie z obowiązującymi założeniami zrównoważonego rozwoju należy dążyć do wznoszenia budynków w oparciu o określone wytyczne ekonomiczne, ekologiczne i społeczne [2]. Można je realizować choćby poprzez stosowanie budowlanych materiałów odnawialnych pochodzenia roślinnego, bloczków ekologicznych, metali z odzysku, czy innych elementów nietoksycznych i możliwych do recyklingu. Dzięki temu możliwe jest realizowanie podstawowego założenia, według którego [19]:

- surowce odnawialne nie powinny być konsumowane szybciej, niż mogą być regenerowane;
- surowce nieodnawialne nie powinny być konsumowane szybciej, niż następuje ich zastępowanie przez substytuty odnawialne;
- zanieczyszczenia i odpady nie powinny powstawać szybciej, niż natura może je absorbować, recykliczować lub unieszkodliwiać.

Problematyka sektora budownictwa w zrównoważonym rozwoju, to nie tylko nowe budowle, które będą wznoszone, ani budynki, które należy wyburzyć. W kontekście realizacji zrównoważonego rozwoju należy skupić uwagę na możliwościach ewentualnej modyfikacji już istniejących budowli celem redukcji negatywnego oddziaływania na środowisko oraz zapewnieniu dodatkowych funkcjonalności [22]. Jednym z możliwych rozwiązań, stanowiących odpowiedź na wzrastającą edukację ekologiczną społeczeństwa oraz zapotrzebowanie na rynku, mogą być zielone dachy.

4.6.5. Geneza oraz typy zielonych dachów

Historia powstania zielonych dachów jest niemal równa długości historii budownictwa. Ludzie od najdawniejszych czasów okładali murawę szałasy i lepianki. Jednym z najstarszych udokumentowanych ogrodów na dachu są wiszące ogrody Semiramidy z VI wieku p.n.e.

Obecnie od połowy XX wieku znaczenie zielonych dachów regularnie się zwiększa wskutek realizacji i wdrażania globalnej koncepcji zrównoważonego rozwoju. Zielone dachy stały się niejako odpowiedzią na postępującą degradację środowiska, w szczególności widocznej na przestrzeni zurbanizowanej. Czynnikiem równie istotnym, przyczyniającym się do wzrostu znaczenia zielonych dachów, jest dynamiczny wzrost wymagań względem standardów życia, zgodnie z którymi pożądana jest duża ilość zieleni w bliskim otoczeniu człowieka.

Zasadniczo można wyróżnić dwa typy dachów zielonych. Pierwszy z nich to dach ekstensywny (fot. 1). Przeważnie jest nieużytkowany.



Fot. 1. Przykład dachu ekstensywnego [11]

Odnacza się stosunkowo niewielką wagą wszystkich warstw wegetacyjnych. Ekspansywne zagospodarowanie podłoża dachowego jest łatwe, zaś czas uzyskania docelowego wyglądu dachu jest stosunkowo krótki. W przypadku drugiego typu, dachu intensywnego (fot. 2) użytkowanie jest przeważnie całoroczne.



Fot. 2. Przykład dachu intensywnego [12]

W związku z uprawą roślin wyższych, na efekty należy czekać znacznie dłużej, jednak są one dużo bardziej efektowne. W tabeli 2 zawarto porównanie między pierwszym a drugim typem zielonych dachów przy uwzględnieniu wybranych czynników.

Tabela 2. Porównanie zielonych dachów intensywnych i ekstensywnych w oparciu o wybrane kryteria

	Intensywne	Ekstensywne
Nawadnianie	Wymaga częstego nawadniania	Najczęściej nie wymaga nawadniania
Typ występującej roślinności	Krzewy, trawnik, drzewa	Zioła, mech, trawy, rozchodniki
Pielęgnacja	Regularna	Sporadyczna
Możliwość użytkowania	Brak funkcji użytkowej	Przeważnie występuje możliwość zagospodarowania do celów użytkowych
Optymalny kąt nachylenia dachu	Do 5 stopni	Do 25 stopni
Obciążenie przypadające na jednostkę powierzchni	180–500 kg/m ²	40–150 kg/m ²
Zdolność absorpcji wód opadowych	Przy założeniu występowania warstwy wegetacyjnej 75 cm, całkowita ilość odprowadzanej wody opadowej przez kanalizację deszczową może zostać zredukowana do 90%	Przy zazielenieniu cienkiej warstwy roślin, całkowita ilość odprowadzanej wody opadowej przez kanalizację deszczową może zostać zredukowana do 50%
Głębokość podłoża	150–400 mm	60–250 mm
Koszt	Wysoki	Niski
Korzyści	Estetyczne ważniejsze od ekonomicznych	Ekologiczne ważniejsze od estetycznych
Zastosowanie	Park/ogród	Krajobraz ekologiczny

Źródło: oprac. własne na podst. [15].

Główną zaletą intensywnie zagospodarowanego dachu w postaci ogrodu czy parku jest jego dostępność, gdyż dach może wówczas pełnić funkcję rekreacyjną lub wypoczynkową. Dodatkowa przestrzeń na dachu może służyć dzieciom, można na niej także uprawiać aktywność sportową. Dla mniej wymagających lub uboższych odbiorców doskonałym rozwiązaniem może okazać się zielony dach ekstensywny. Nie jest on przeznaczony do użytkowania oraz nie ma tak dużych walorów estetycznych, jednakże zachowuje większość funkcji dachu z zielenią intensywną, przy czym jednocześnie jest znacznie tańszy, lżejszy oraz nie wymaga regularnej pielęgnacji i nawadniania.

4.6.6. Wady i zalety zielonych dachów

Zazielenienie powierzchni dachowych jest bardzo korzystne pod wieloma względami: ekologicznym, społecznym, urbanistycznym, technicznym, a także ekonomicznym. Szczegóły dotyczące zarówno zalet jak i wad zostały ujęte w tabeli 3, uwzględniającej podział poszczególnych elementów ze względu na czynniki oddziaływania.

Tabela 3. Wady i zalety zastosowania zielonych dachów

Zalety	Wady
Czynniki hydrologiczne	
<ul style="list-style-type: none"> - redukcja ilości wody opadowej, która odprowadzana jest przez kanalizację deszczową; - polepszenie bilansu wody. 	<ul style="list-style-type: none"> - ryzyko skraplania się pary wodnej w elementach termoizolacji oraz wytwarzanie się zastoin wodnych.
Czynniki termiczno-fizyczne	
<ul style="list-style-type: none"> - zwiększony poziom odporności ogniowej na obszarze pokrycia dachowego; - zmniejszenie występującego albedo temperatur; - redukcja występującego efektu miejskiej wyspy ciepła; - redukcja poziomu zapotrzebowania energetycznego budynku; - wytworzenie przez pokrycie dachu warstwy termoizolacyjnej; - zabezpieczenie przed mechanicznymi uszkodzeniami dachu. 	<ul style="list-style-type: none"> - pracochłonne i kosztowne remonty pokrycia dachowego; - duży nacisk pokrycia dachowego na jednostkę powierzchni (do 500 kg/m²).
Czynniki związane z kształtowaniem przestrzennym	
<ul style="list-style-type: none"> - możliwość ukrycia urządzeń instalacyjnych występujących na dachu; - poprawa estetyki budynku; - możliwość indywidualnego spersonalizowania budynku poprzez stosowanie wybranych elementów roślinnych. 	<ul style="list-style-type: none"> - koszty związane z utrzymaniem i pielęgnacją pokrycia dachowego.
Czynniki związane z jakością powietrza	
<ul style="list-style-type: none"> - redukcja zanieczyszczeń i pyłów zawartych w powietrzu; - wydzielanie tlenu przy jednoczesnym pochłanianiu dwutlenku węgla 	<ul style="list-style-type: none"> - możliwość przebicia występującej izolacji na pokryciu dachowym przez korzenie roślin.
Czynniki społeczno-ekologiczne	
<ul style="list-style-type: none"> - utrzymywanie oraz wzbogacanie bioróżnorodności; - redukcja poziomu hałasu (od około 20 do 50 decybeli); - pozyskanie terenów zielonych na powierzchni zabudowanej; - rozszerzenie zastosowania budynku (np. pełnienie funkcji rekreacyjnej). 	

Źródło: oprac. na podst. [20].

Na podstawie powyższej tabeli można stwierdzić, że zieleń znajdująca się na podłożu dachowym ma bardzo duży wpływ głównie na termiczne oraz hydrologiczne właściwości dachu, a także poprawia jakość powietrza. Ponadto wpływa korzystnie na trwałość dachu, chroniąc go przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi. Zieleń zwiększa również odporność ogniową oraz tłumi hałas. W pewnym stopniu podtrzymuje różnorodność biologiczną na danym obszarze oraz poprawia jakość

życia. Oczywiście, jak każde rozwiązanie, również i to ma swoje wady. Należy jednak podkreślić, że możliwe jest zredukowanie ich do minimum, pod warunkiem wybrania dachu ekstensywnego. Jego stosunkowo niska cena i względna samowystarczalność, o niskim ciężarze konstrukcji (od 40 kg/m²), może wykluczać zdecydowaną większość potencjalnych zagrożeń.

4.6.7. Podsumowanie

Zazielenienie dachów na terenie osiedli mieszkaniowych, ale również w innych częściach miasta, zwiększy ich atrakcyjność oraz przyczyni się do realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju, rozpatrując każdy z jego komponentów oddzielnie, a także jako całość. Pod względem ekonomicznym, zazielenione dachy budynków przyczynią się do wzrostu wartości mieszkań na „zielonych osiedlach”. Ponadto poprawią jakość życia ich mieszkańców oraz zredukują potrzeby energetyczne budynku. W niedalekiej przyszłości posiadanie zielonego dachu może również wiązać się z oszczędnościami spowodowanymi dostosowaniem się do obowiązującego w Unii Europejskiej proekologicznego prawa. Bez wątplenia główną zaletą zielonych dachów jest ich ekologiczny charakter. Wpływają one na poprawę jakości środowiska miejskiego. Pod względem społecznym ważny jest pozytywny wpływ zieleni dachowej na samopoczucie ich odbiorców, ale także ich właściwości integrujące w przypadku dachów intensywnych.

Literatura

1. Albińska E., *Człowiek w środowisku przyrodniczym i społecznym. Zarys problematyki ekologii społecznej*, (2005), 153–169.
2. Aysin S., *How Can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development? A Conceptual Framework*, *Sustainable Development*, (2009), vol. 17, No. 3, 161–173.
3. Bartosik K., *Koncepcja trwałego rozwoju a poszukiwanie strategii globalnych*, *Ekonomista* (1996), nr 1–3, 226–227.
4. Borys T., *Wskaźniki zrównoważonego rozwoju*, (2005), 42–57.
5. Bowie R., Jahn A., *European Union – The New Directive on the Energy Performance of Buildings – Moving Closer to Kyoto*, (2003).
6. Brytyjski Urząd Statystyczny, *City Mayors*, <http://www.citymayors.com/statistics/urban-population-intro.html#Anchor-Urbanisation-49575>, (dostęp: 1.09.2018).
7. Bunikowska J., *Przyszłość europejskiego sektora budowlanego. Zrównoważone budownictwo*, *Biuletyn Euro Info*, (2010), 31–36.

8. Daly H. E., *Ecological Economics and Sustainable Development: selected essays of Herman Daly*, (2007), 18–33.
9. Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/eu-sds> (dostęp: 1.09.2018).
10. GUS, *Ochrona Środowiska 2008, Informacje i opracowania statystyczne*, (2008), 24–52.
11. <http://mcpd.com.pl/oferta/pokrycia-dachowe/zielone-dachy/> (dostęp: 1.09.2018).
12. <http://warszawa.naszemiasto.pl/artykul/zdjecia/ogrody-buw-juz-otwarte-panorama-warszawy-z-dachu-biblioteki,4072735,gal,24705515,t,id,tm,zid.html> (dostęp: 1.09.2018).
13. Matczak P., *Problemy ekologiczne jako problemy społeczne*, (2000), 49.
14. Mazurski K. R., *Podstawy sozologii. Kompendium wiedzy o niszczeniu i ochronie środowiska*, (1998), 39–216.
15. Neufert, E., *Podręcznik projektowania architektoniczno-budowlanego*, (2007), 27–28.
16. Piątek Z., *Człowiek jako podmiot zrównoważonego rozwoju: kontrowersje filozoficzno-społeczne, Zrównoważony rozwój. Od utopii do praw człowieka*, (2005), 17.
17. Radziejowski J., Światowe trendy w ochronie i korzystaniu ze środowiska. Ochrona i zrównoważony rozwój środowiska wiejskiego, (1996), 21.
18. Runowski H., *Zrównoważony rozwój gospodarstw i przedsiębiorstw rolniczych*, (2000), 94–102.
19. Skowroński A., *Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacji, Problemy Ekorozwoju*, (2006), nr 2, 31.
20. Ślusarek, J., *Rozwiązanie strukturalno-materiałowe balkonów, tarasów, dachów zielonych*, (2006), 19–23.
21. Stawicka-Wałkowska M., *Procesy wdrażania zrównoważonego rozwoju w budownictwie*, (2001), 71–79.
22. Szczepanik K., Wojewnik-Filipkowska A., *Inwestycje i nieruchomości w warunkach zrównoważonego rozwoju. Wybrane problemy*, (2014), 67.
23. Zamojski J., *Podstawy zarządzania ochroną środowiska dla studentów kierunków ekonomicznych*, (2001), 8.

Monografia została sfinansowana w ramach programu „DIALOG 0047/2016” w obszarze „*Nauka dla innowacyjności*”, pt. „*Innowacje w procedurach transferu technologii: Nauka-Przemysł*”, realizowanego przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk, Politechnikę Warszawską i Politechnikę Częstochowską.

ISBN 978-83-66017-26-9



9 788366 017269

ISBN 978-83-66017-26-9

