

PRZEJRZYSTOŚĆ PRZYSZŁOŚCI

Czy można wygrać walkę ze smogiem? I jak mogą w tym pomóc nowe technologie?



prof. dr hab. inż. Jan Kiciński

Instytut Maszyn Przepływowych
Polska Akademia Nauk, Gdańsk

Prof. dr hab. inż. Jan Kiciński jest dyrektorem Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku, wiceprzewodniczącym Governing Council of eseia (European sustainable energy innovation alliance). Zajmuje się ekoenergetyką, generacją rozproszoną i technologiami związanymi z ochroną środowiska. Laureat Nagrody Premiera (zespołowa) I Stopnia za opracowanie technologii dla gminnych autonomicznych regionów energetycznych ARE.
kic@imp.gda.pl

U podstaw zmiany sposobu myślenia o naszym środowisku, czystym powietrzu i energetyce leży kilka aspektów i ważnych okoliczności, które musimy wziąć pod uwagę.

Aktualnie jesteśmy świadkami burzliwego rozwoju technologii IT, internetu i aplikacji mobilnych. Szczególną karierę robi Internet Rzeczy (Internet of Things - IoT) odnoszący się także do obiektów połączonych w sieć typu smart i samoorganizujących się.

Revolucja informatyczna i Internet Rzeczy stworzyły warunki do rozwoju nowej i szybko rozwijającej się koncepcji tzw. czwartej rewolucji przemysłowej, czyli Industry 4.0. Jednym z zadań koncepcji Industry 4.0 jest wdrażanie technologii IT do energetyki rozproszonej i prosumenckiej, a także inteligentnego zarządzania energią.

Kolejnym ważnym aspektem jest elektromobilność, czyli szeroko rozumiane e-mobility. Elektromobilność to nie tylko samochód elektryczny, ale również, a może przede wszystkim:

- planowanie, modelowanie i zarządzanie lokalnymi systemami energetycznymi z uwzględnieniem samochodów elektrycznych jako specyficznych odbiorników/generatorów i magazynów energii,
- system rozwiązań technicznych, organizacyjnych i prawnych umożliwiających rozwój ekologicznego transportu.

Dochodzimy tu do ważnej konkluzji, że pojazd elektryczny jest tylko częścią systemu zarządzania energią w generacji rozproszonej oraz że układy hybrydowe, efekty synergii, magazyny energii oraz oczywiście sam pojazd elektryczny stanowią w istocie Smart Energy System.

Smart Energy System odnosić się może zarówno do skali pojedynczego budynku, gdzie przedmiotem analizy i rozwiązań technologicznych są hybrydowe/modułowe układy źródeł energii dla budynków, jak i do skali osiedla, gdzie przedmiotem rozważań i wdrożeń są klastry energii, w tym zwłaszcza monitorowanie lokalnej sieci elektroenergetycznej i ciepłowniczej oraz tworzenie różnego rodzaju scenariuszy pracy dla konkretnych rozwiązań rzeczywistych bądź wirtualnych.

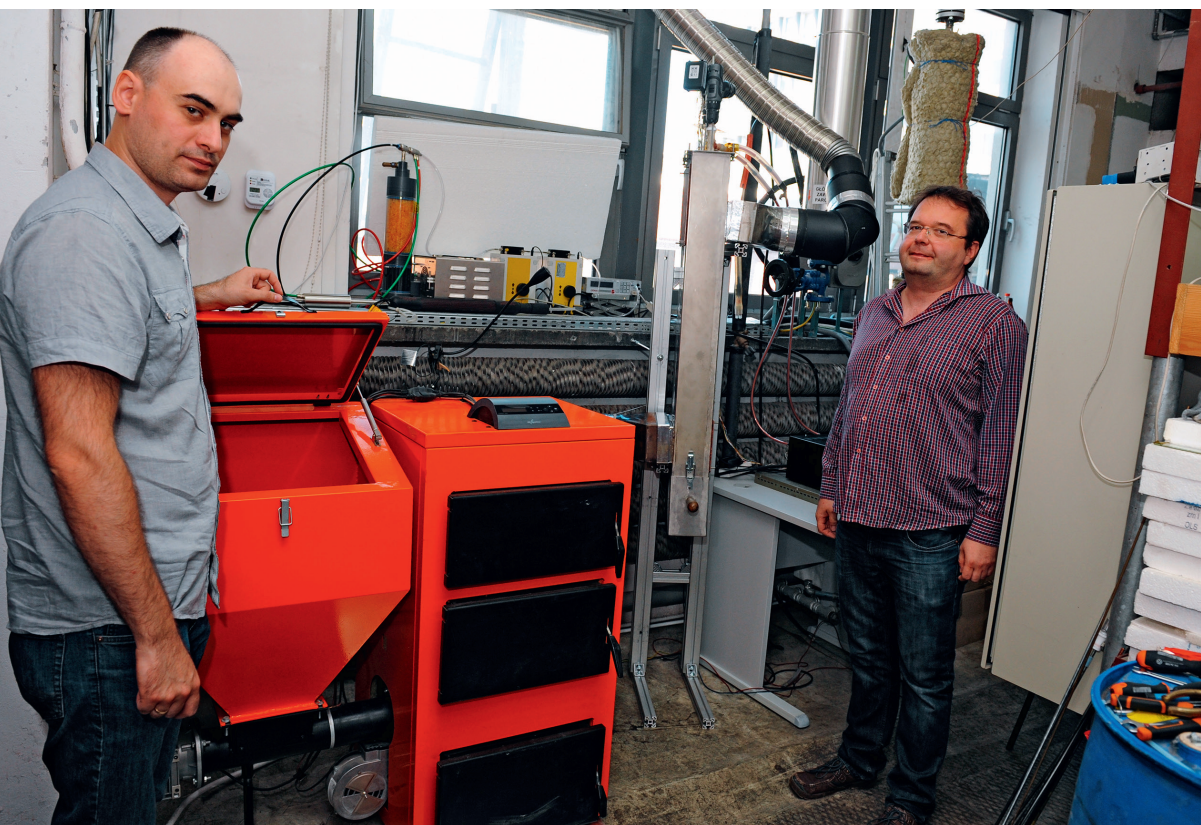
No i wreszcie koniecznie trzeba wspomnieć tu o koncepcji Smart City, czyli inteligentnego miasta. W ostatnich latach to nie tylko hit publikacyjny i konferencyjny, ale także przykład spektakularnych działań wielu miast, firm i organizacji na całym świecie.

Czy te wszystkie aspekty, a więc Internet Rzeczy, Industry 4.0, e-mobility, Human Smart Cities oraz Smart Energy System mają wpływ na rozwój energetyki przyszłości i zmianę tradycyjnych pojęć o ochronie środowiska i energetyce w ogóle? Oczywiście, że tak. Burzliwy rozwój technologii IT (Internet Rzeczy, Industry 4.0, Human Smart Cities), a także prognozowany rozwój elektromobilności wymusi rozwój Smart Energy Systems, czyli ruchu energetyki wielkoskalowej w kierunku generacji rozproszonej. A to wymusza także inne, bardziej kompleksowe spojrzenie na kwestie czystego powietrza, w tym i smogu [1-3].

Kwestia przegranej

Skala problemu jest następująca. W Polsce jest około 13,4 mln gospodarstw domowych. Większość z nich (55,5%) mieści się w domach wielorodzinnych, 44,5% zaś w domach jednorodzinnych. Mamy też obecnie ok. 5-6 mln gospodarstw domowych spalających węgiel i biomasę dla celów ciepłowniczych i podgrzewania wody użytkowej. Eksploatują one w przeważającej większości kotły starszej generacji

PROF. DR HAB. INŻ. JAN KICIŃSKI



JAKUB OSTALOWSKI

 Laboratorium IMP PAN
 – prototyp elektrofiltru
 i jego twórcy:
 M. Lackowski (z prawej)
 i T. Przybyliński
 (na zdjęciu),
 M. Dors i J. Podliński.

o niskiej sprawności i dużym poziomie emisji. Do urządzeń najstarszych należą piece na paliwa stałe, których średnia wieku przekracza 24 lata, natomiast kotły mają średnio 10 lat. Z kolei udział kotłów na paliwo stałe jako źródeł emisji w zanieczyszczeniu atmosfery w Polsce szacuje się na ponad 90%.

Smog ma źródło w ubóstwie energetycznym, spalamy wszystko, co ma wartość energetyczną. Dodatkowo dominują paliwa stałe – tanie zarówno w zakupie, jak i niewymagające istnienia rozbudowanej infrastruktury przesyłowej czy też magazynowej. Istnieją rozwiązania mogące wpłynąć na poprawę obecnego stanu. Jest to rozbudowa systemów ciepłowniczych, rozwój sieci gazowej i wymiana kotłów na opalane gazem, wymiana kotłów na nowe, spełniające standardy emisji odpowiednie dla kotłów klasy 5.

Rozbudowa systemów ciepłowniczych ma oczywiste i bardzo istotne ograniczenia związane z wysokim kosztem inwestycji (dla odbiorców indywidualnych – często niemożliwym do poniesienia) oraz ograniczenia techniczne związane ze znaczną ingerencją w istniejącą infrastrukturę grzewczą budynków (konieczność budowy węzłów – stosunkowo wysoki koszt, systemu przesyłowego, na który składają się przede wszystkim układy pompowe – bardzo wysoki koszt inwestycji i niemały eksploatacji). Musi oczywiście istnieć źródło w postaci ciepłowni, elektrociepłowni o odpowiedniej mocy i w akcepto-

walnej odległości. Ważnym czynnikiem w aspekcie ubóstwa energetycznego jest również cena ciepła porównywalna z ceną charakterystyczną dla źródła indywidualnego gazowego, a wyższa od ceny typowej dla źródła opalanego paliwem stałym.

Rozwój sieci gazowej i wymiana kotłów na gazowe jest kolejną z możliwości ograniczenia poziomu niskiej emisji. W Polsce dostęp do infrastruktury gazowej ma 52,5% populacji. Konieczność rozbudowy i zwiększenia dostępności gazu ziemnego generuje ogromne koszty inwestycyjne związane nie tylko z rozbudową sieci niskiego ciśnienia, które doprowadzają to paliwo do odbiorców indywidualnych, ale również wymagają rozbudowy infrastruktury szkieletowej oraz magazynowej. Inwestycje na tę skalę mają charakter inwestycji niemalże pokoleniowych. Co więcej, zainstalowanie kotła gazowego nie eliminuje podstawowego i najważniejszego problemu, jakim jest status materialny odbiorcy, którego nie stać na tak drogie paliwo. Instalacja kotłów klasy 5, o stosunkowo niewielkich poziomach emisji również związana jest z inwestycją wymiany kotła. Należy zaznaczyć, że koszt kotła o mocy grzewczej około 25 kW przekracza 10 000 zł. Jednak elementem ważnym z punktu widzenia użytkownika są restrykcyjne ograniczenia (narzucane przez producentów) odnośnie jakości spalanego paliwa. Tutaj również pojawia się problem kosztów, jakże ważny dla naszego społeczeństwa.

Kwestia spojrzenia

Instytut Maszyn Przepływowych PAN im. Roberta Szewalskiego w Gdańsku zaproponował rozwiązanie wykorzystujące własne technologie prowadzące do znacznego spadku emisji zanieczyszczeń połączonego w perspektywie z generacją rozproszoną energii elektrycznej w skojarzeniu z ciepłem. Zaproponowane zostały cztery etapy wdrożenia tego rozwiązania:

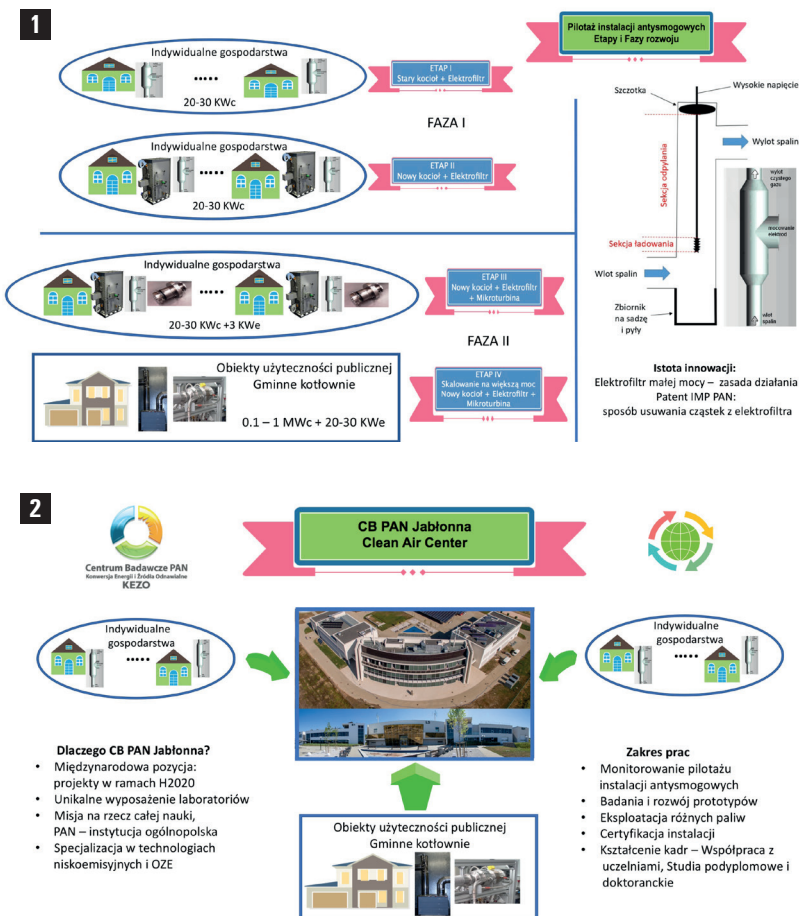
- wyposażenie starszych kotłów w instalacjach domowych w elektrofiltr małej mocy (patent IMP PAN P. 422507). Jest to szybkie i stosunkowo tanie rozwiązanie;
- opracowanie zaawansowanych technologicznie kotłów na paliwo stałe o ultraniskiej emisji pyłów wyposażonych, dodatkowo w elektrofiltr;
- wprowadzenie na rynek mikrośilowni domowych produkujących ciepło i prąd elektryczny, które zastąpią dotychczasowe kotły centralnego ogrzewania;
- wprowadzenie na rynek typoszeregu mini-elektrowni kogeneracyjnych na potrzeby małych firm, budynków użyteczności publicznej, wielorodzinnych budynków komunalnych.

Rys. 1.

Etapy wdrożenia koncepcji zwalczania smogu – propozycja IMP PAN.

Rys. 2.

Graficzne przedstawienie potencjalnej roli CB Jabłonna w polityce antysmogowej.



Zastosowanie elektrofiltrów małej mocy na starsze kotły (EfMM) w instalacjach domowych ma wiele zalet: na obecnym etapie możliwa jest szybka ścieżka wdrożenia w związku z wysokim stopniem gotowości technologicznej (po próbach laboratoryjnych, po testach eksploatacyjnych instalacji pilotażowej, na etapie testów w większej skali u odbiorców indywidualnych). EfMM wykazują dużą skuteczność w masowym usuwaniu pyłów (ponad 90%), a przy seryjnej produkcji ich cena jest stosunkowo niska (do 2500 zł). Istotnym elementem tego rozwiązania jest możliwość montażu z różnymi kotłami w już istniejących kotłowniach domowych.

Kolejnym oryginalnym rozwiązaniem jest kocioł na paliwo stałe o ultraniskiej emisji (specjalny kocioł o wysokiej sprawności, z elektrofiltrem) wykorzystującym wysokosprawną proces spalania w podwyższonej temperaturze, z dwustopniowym odbiorem ciepła i wyposażonym w elektrostatyczny separator cząstek stałych. Poza podwyższoną sprawnością energetyczną rozwiązanie to umożliwia stosowanie paliw stałych o gorszej jakości, tzn. sortymentów o drobnym uziarnieniu zawierających większy procent składników mineralnych, co wpłynie na znacznie niższe koszty eksploatacji. Ani na rynku polskim, ani europejskim nie istnieje tego rodzaju produkt. Kocioł został skonstruowany z uwzględnieniem wymogu bardzo niskiego poziomu emisji pyłów zawieszonych mimo spalania paliw niskiej jakości. Koszty całkowite wytworzenia kotła węglowego o ultraniskiej emisji określono na sumę 10 600 zł. Co przy cenach od 11 600 (Draco Versa Tekla) po 12 600 zł (ERG O PLUS Witkowski) obecnie produkowanych węglowych kotłów centralnego ogrzewania o mocy ok. 25 kW (w klasie 5 według normy PN EN 303-5:2012) jest konkurencyjne już na etapie zakupu. Dodatkowo analiza ekonomiczna wskazuje, że ze względu na wykorzystywane paliwo, które może być niższej jakości, proponowany kocioł ultraniskiej emisji o mocy 25 kW spłaci się po 5 latach, a zyski z jego stosowania w ciągu 10 lat przekroczą 20 tys.

Bardziej zaawansowanym rozwiązaniem jest domowa siłownia kogeneracyjna (składająca się z kotła niskoemisyjnego, mikroturbiny oraz elektrofiltra), zapewniająca produkcję w skojarzeniu: energii elektrycznej i ciepła w indywidualnym gospodarstwie domowym. Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku od wielu lat prowadzi badania nad konstrukcją zarówno mikroturbiny, układu wymiennikowego, jak i samego kotła. Jest to rozwiązanie najbardziej przyszłościowe, zapewniające produkcję ciepła i prądu dla gospodarstw domowych przy jednocześnie niskiej emisji. Obecnie budowana jest instalacja pilotażowa.

Ostatnią propozycją jest przyszłościowe rozwiązanie, a mianowicie domowa mikroelektrownia opalana węglem lub drewnem, która może stanowić cenne

PROF. DR HAB. INŻ. JAN KICIŃSKI

uzupełnienie systemu energetycznego poprzez swoją masowość. W ocenie autora daje ona właścicielowi poczucie bycia realnym uczestnikiem systemu, co może wpływać na racjonalizację jego zachowań energetycznych w szerszej skali. Szacuje się, że mikrośilownia o mocy 30 kW energii cieplnej i 4,5 kWe energii elektrycznej może dawać 1000 zł przychodu miesięcznie z generowanej energii elektrycznej.

Kwestia skalowania

Rozwiązania wymienione powyżej dotyczą instalacji dla małych gospodarstw domowych, które są jednym z głównych źródeł niskiej emisji. Pozostają jednak kotłownie gminne, kotłownie dla obiektów użyteczności publicznej itd., które również mają znaczący udział w zanieczyszczeniu powietrza. Dla tego segmentu rynku warto opracować technologie antysmogowe o większym przedziale mocy cieplnej, rzędu kilkuset kW i elektrycznej rzędu 20–30 kWe. Odbiorcami siłowni o mocy elektrycznej powyżej 20 kWe będą przede wszystkim większe gospodarstwa rolne. Liczba dużych indywidualnych gospodarstw rolnych o areale powyżej 50 ha jest szacowana na ponad 30 tys. i są to potencjalni odbiorcy średnich siłowni. Inną bardzo istotną grupą nabywców średnich siłowni będą przedsiębiorstwa komunalne z małych miast, gdzie podstawowym źródłem energii cieplnej jest węgiel kamienny. Liczba gmin wiejskich wynosi 1563 spośród wszystkich gmin w Polsce, których jest ogółem 2478. Przyjmując, że każda z gmin wiejskich ma szkołę i budynek użyteczności publicznej (np. urząd gminy), które korzystają z ciepła i prądu, daje to liczbę przekraczającą 3000 przyszłych możliwych użytkowników układu. W Polsce łącznie potencjalnych odbiorców układów turbogazowych o mocy ok. 30 kWe na paliwo stałe jest co najmniej 50 tys. i składają się na to duże gospodarstwa rolne, małe i średnie przedsiębiorstwa produkcyjno-usługowe z branży rolnej i leśnej oraz jednostki komunalne zarządzane przez samorządy.

Kwestia specjalności

Koncepcją, która może walkę ze smogiem zdecydowanie ułatwić, jest zastosowanie elektrofiltrów małej mocy zarówno do kotłów starszych, jak i nowszej generacji. Przedstawiłem założenia proponowanych rozwiązań powyżej w treści artykułu. Obliczenia zasadności sprzedaży elektrofiltra opierają się na obecnych cenach węgla oraz na założeniu, że przy seryjnej produkcji elektrofiltr będzie kosztował nie więcej niż 2500 zł za sztukę, co jest rozsądną wielkością. Dopuszczony do sprzedaży węgiel ekogroszek o wartości opałowej min. 24 MJ/kg kosztuje 775 zł/tonę, zaś węgiel drobnego sortu z kopalni Wujek o identycznej wartości opałowej kosztuje 509 zł/



TOMASZ PRZYBYLIŃSKI

tonę. Różnice między tego typu sortymentami węgla na innych składach opału są również widoczne. Skład opałowy Carbon w Kielcach sprzedaje najtańszy węgiel groszek za 787 zł/tonę, miał węglowy kosztuje zaś 537 zł/tonę. Podobna różnica cen pomiędzy toną węgla groszku i miału wynosząca około 250 zł występuje na innych składach. Starszy kocioł z elektrofiltrem może wykorzystywać tańszy węgiel, a emisja zanieczyszczeń będzie taka jak dla kotłów 5. klasy!

Podczas prac związanych z pilotażem pojawił się problem społeczny związany z niechęcią społeczeństwa do inwestowania w rozwiązania ograniczające emisje. Dlatego ważnym elementem proponowanego rozwiązania są działania edukacyjne, które zamierzamy podjąć w Centrum CB Jabłonna.

Podsumowując – smog, który jest problemem, można uczynić naszą specjalnością technologiczną.

JAN KICIŃSKI

Autor serdecznie dziękuje swoim najbliższym współpracownikom z Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku – dr. M. Lackowskiemu, M. Dorsowi, D. Kardasiowi, A. Jaworkowi, J. Podlińskiemu oraz dr. G. Żywicy – za prace nad tą tematyką i przesłane materiały.

Centrum Badawcze PAN
– Konwersja Energii
i Źródła Odnawialne
Jabłonna: wersja
demonstracyjna
elektrofiltra wraz z kotłem.

Chcesz wiedzieć
więcej?

Kiciński J., Do we have a chance for small-scale energy generation? The examples of technologies and devices for distributed energy systems in micro & small scale in Poland, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences*, Vol. 61, No.4, 2013.

Kiciński J., Żywica G., *Steam Microturbines in Distributed Cogeneration*, Springer, SBN 978-3-319-12017-1, 2014.

Kiciński J., Quo Vadis Energetyko? Od energetyki wielkoskalowej do rozproszonej. A co dla Polski?, *Nowa Energia*, 2 (62)/2018.

Lackowski M., Karwacki J., Przybyliński T., Heda Ł., Kluska J., Cenian A., Lampart P., *Pomiar charakterystyk instalacji kogeneracyjnej pracującej w układzie ze zgazówarką biomasy w Szepietowie*, Monografia, 2016, ISBN/ISSN: 978-83-88237-57-7.

Podliński J., Niewulis A., Mizeraczyk J., Electrohydrodynamic flow and particle collection efficiency of a spike-plate type electrostatic precipitator, *Journal of Electrostatics*, 67 2009, 99–104.