

► Paweł Lachman

Wpływ pomp ciepła na wzrost efektywności energetycznej, udziału energii odnawialnej i redukcję emisji CO₂

Szerokie zastosowanie technologii pomp ciepła pozwoli na wniesienie potrójnego wkładu w osiągnięciu celów pakietu energetyczno-klimatycznego 3x20% (wzrost efektywności energetycznej, wzrost udziału energii odnawialnej, redukcja emisji CO₂). Im większy jest współczynnik SPF dla pompy ciepła, tym dodatkowo wzmacniany jest efekt ekologiczny. Potencjał ekologiczny pomp ciepła stale wzrasta, jest to związane z ulepszaniem technologii pomp ciepła, powodującym wzrost efektywności systemów z pompami ciepła. Również wzrost udziału energii odnawialnej oraz sprawności w produkcji energii elektrycznej zwiększa atrakcyjność tej technologii. Niezwykle istotnym wkładem pomp ciepła w ekologię, szczególnie w aglomeracjach miejskich, może być redukcja emisji pyłów zawieszonych PM 2,5 i PM 10. Zmniejszenie zapotrzebowania energii dla nowych budynków (jako wynik implementacji dyrektywy EPBD) oraz zmniejszanie temperatury wody grzejnej zwiększa zdolność do szerokiego wdrożenia technologii pomp ciepła. Jednocześnie widoczny jest znaczny potencjał wzrostu technologii pomp ciepła w renowacji budynków i w sektorze przemysłowym.

■ Pompy ciepła a emisja CO₂

Zastosowanie pomp ciepła prowadzi do obniżenia ilości dwutlenku węgla w stosunku do większości urządzeń (systemów) grzewczych. W polskich warunkach energetyka opiera się głównie na węglu kamiennym i brunatnym. Dodatkowo stosunkowo mały udział elektrociepłowni w energetyce powoduje wyższą emisję dwutlenku węgla przypadającą na kWh pobranego prądu. Wartość ta w Polsce wynosi ok. 900 g/kWh prądu (średnia europejska jest poniżej 500 g/kWh) (rys. 1). Dla pompy ciepła o współczynniku SPF równym 4,0 (np. pompa ciepła typu solanka/woda) rzeczywista (pośrednia) emisja CO₂ wyniesie 225 mg/kWh ciepła przekazanego do instalacji.

W Niemczech

Dla przykładu w Niemczech wartość dla tzw. prądu mix emisja CO₂ wynosi ok. 600 g/kWh prądu. Ta sama pompa ciepła zastosowana w tych warunkach zapewni emisję 156 g CO₂/kWh ciepła. W Niemczech od kilku lat oferowane są też specjalne tzw. „zielone” taryfy energetyczne dla pomp ciepła. Oprócz niższej ceny, znacząco niższa jest też emisja CO₂ przypadająca na pobraną kWh energii elektrycznej. W przypadku tzw. „zielonej” (ekologicznej) taryfy elektrycznej emisja CO₂ wynosi tylko 40 g/kWh prądu elektrycznego. Stosując pompę ciepła typu powietrze/woda o współczynniku SPF ok. 3,0, emisja CO₂ spada poniżej 15 mg/kWh ciepła. Dla pompy ciepła typu solanka/woda o SPF=4, wartość CO₂ spada do 10 g CO₂/kWh prądu. Jest to ponad 20-krotnie niższa wartość niż emisja zastosowanego kotła ga-

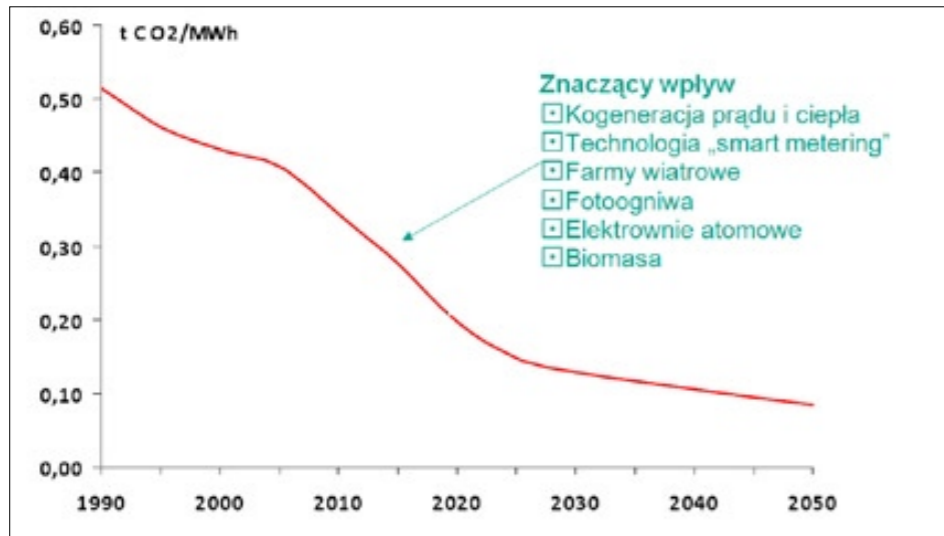
zowego do wspomaganie ciepłej wody użytkowej (260 g CO₂/kWh – tab. 1).

W Polsce

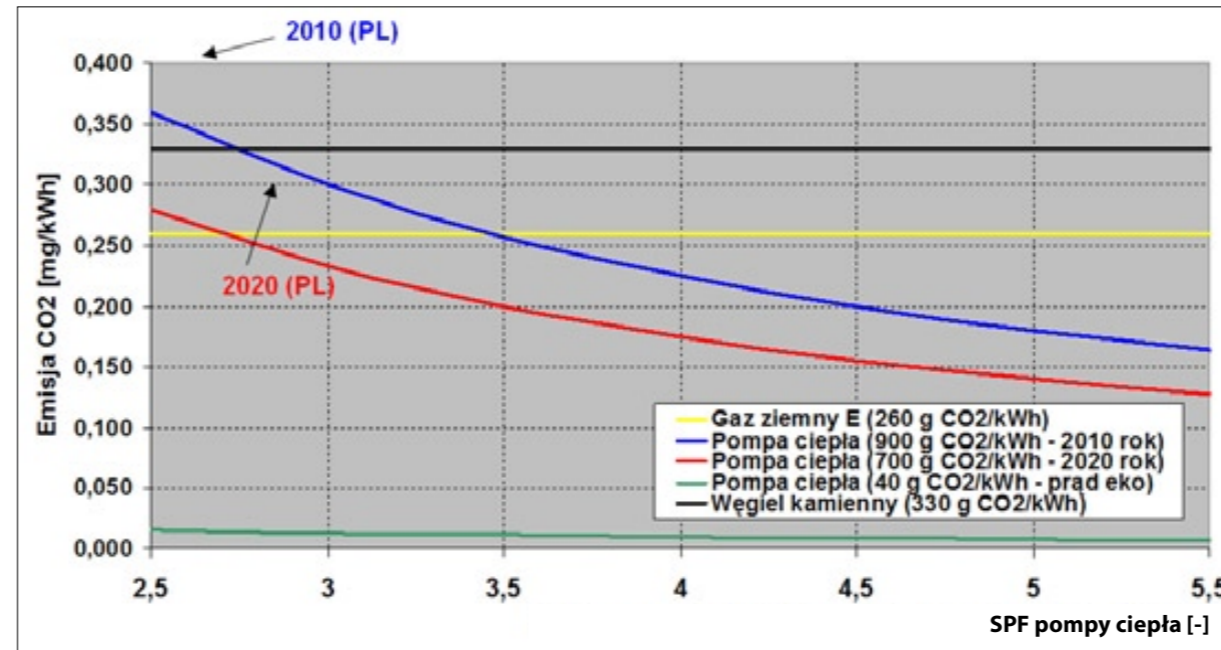
Również w Polsce emisja dwutlenku węgla przypadająca na 1 kWh pobranej energii elektrycznej będzie stopniowo spadać. W chwili obecnej wynosi ona ok. 900 g/kWh, wg Krajowego Planu Działania w 2020 r. ma wynosić tylko 700 g/kWh. Obecnie pompa ciepła o wsp. SPF większym niż 2,75 emituje mniej CO₂ niż kocioł węglowy. Gdy wartość SPF jest większa niż 3,4, emisja dwutlenku węgla jest mniejsza niż dla kotła gazowego (rys. 2).

Porównanie systemów grzewczych	Emisja CO ₂ [g/kWh]
ogrzewanie elektryczne, z prądem ekologicznym (Ökostrom)	40
pmpa ciepła typu solanka/woda SPF = 4.0, z prądem ekologicznym (Ökostrom)	10
pompa ciepła typu powietrze/woda SPF=3.3, z prądem ekologicznym (Ökostrom)	13
instalacja solarna do wspomaganie ogrzewania gazowego lub olejowego	50
kominek na pelety	60
gazowy kocioł kondensacyjny	260
ogrzewanie olejowe	290
ogrzewanie elektryczne, z prądem mieszanym (Strommix)	600

Tabela 1 Emisja dwutlenku węgla dla różnych nośników energii (Źródło: strona internetowa www.co2-emissionen-vergleichen.de)



1 Prognoza emisji CO₂ dla energii elektrycznej w Europie do 2050 (Źródło: EURELECTRIC studies 2007)



2 Emisja CO₂ dla pomp ciepła o różnym współczynniku SPF obecnie i w 2020 r. (Źródło: dane Gemis 4,6 2005)

W 2020 r., przy planowanej emisji CO₂ równej 700 mg/kWh pompa ciepła o współczynniku SPF równym 2,75 będzie emitować mniej CO₂ niż kocioł gazowy.

Należy mieć nadzieję, że dalszy rozwój odnawialnych źródeł ciepła w polskiej energetyce (farmy wiatrowe, fotoogniwa, kogeneracja) doprowadzi do powstania zielonych, dedykowanych do pomp ciepła taryf energetycznych.

Oprócz zwiększenia planowanego udziału energii odnawialnej w energetyce, ważnym procesem jest zwiększanie efektywności sieci energetycznych (wspomniany wcześniej Smart Metering), wymiana bloków energetycznych na technologię o wyższej sprawności. Zastosowanie bloków energetycznych o wysokiej sprawności (np. turbin parowych sprzęgniętych z turbogeneratorami), zarówno opartych na gazie ziemnym, jak i oleju opałowym powoduje duże obniżenie emisji CO₂. Również zapowiadane w 2020 r. wdrożenie w Polsce energetyki atomowej doprowadzi do drastycznego obniżenia emisji dwutlenku węgla. Emisja

CO₂ w tym przypadku to tylko 40 g/kWh energii elektrycznej. Niezależnie od wyboru zastosowanych technologii, działanie pomp ciepła zwielokrotnia efekt zmniejszenia emisji dwutlenku węgla przez odnawialne źródła energii.

Krajowe plany działania w wielu krajach Europy, takich jak Dania, Holandia, Niemcy, w zakresie wdrażania odnawialnych źródeł energii przewidują duży wzrost zielonej energii w produkcji energii elektrycznej. Wszystkie te działania prowadzą do ciągłego wzrostu atrakcyjności stosowania pomp ciepła w zakresie redukcji emisji CO₂.

Rzeczywista emisja CO₂

We wcześniejszych przykładach była przedstawiana emisja pośrednia CO₂ związana z działaniem pomp ciepła. Rzeczywista emisja CO₂ związana z działaniem pomp ciepła wiąże się również z emisją bezpośrednią dwutlenku węgla. Jej przyczyny związane są z nieszczelnością instalacji żiębniczej w pompie ciepła oraz stratami czynnika roboczego podczas de-

montażu (odzysku) po okresie eksploatacji. W pompach ciepła o kompaktowej budowie układu żiębniczego bezpośrednie straty czynnika do atmosfery są nieznaczne i wynoszą statystycznie ok. 2% rocznie. Również stosowanie czynników o niskim GWP (Global Warming Potential – potencjał tworzenia efektu cieplarnianego) powoduje realnie niewielką emisję gazów cieplarnianych (odpowiednika emisji dwutlenku węgla). Wskaźnik GWP został wprowadzony w celu ilościowej oceny wpływu poszczególnych substancji na efekt cieplarniany, odniesiony do dwutlenku węgla (GWP=1) w założonym horyzoncie czasowym (zazwyczaj 100 lat). Wartość GWP np. dla najbardziej popularnego czynnika roboczego używanego w pompach ciepła R407C wynosi 1530 kg CO₂/kg czynnika. W pompie ciepła o mocy 10 kW i zawartości czynnika R407C ok. 2 kg, dodatkowa emisja ekwiwalentu CO₂ wynosi jedynie

60 kg CO₂ rocznie. Uwzględniając straty czynnika roboczego podczas wymiany pompy ciepła na poziomie 15% i zakładając czas eksploatacji pompy ciepła na ok. 20 lat, dodatkowa emisja ekwiwalentu CO₂ wynosi dodatkowo ok. 30 kg CO₂ rocznie. Razem daje to ok. 90 kg CO₂ rocznie. Całkowita emisja CO₂ jako łączna emisja bezpośrednia i pośrednia jest wyższa tylko o ok. 2% od emisji pośredniej.

Emisja zanieczyszczeń, szczególnie pyłu zawieszonego PM 10 i PM 2,5

Zastosowanie pomp ciepła na szerszą skalę w Polsce może przynieść korzyści związane z obniżeniem emisji zanieczyszczeń, w tym szczególnie pyłu zawieszonego PM 10 i PM 2,5 (PM – ang. Particulate Matter – pył o rozmiarach poniżej 10 μm lub poniżej 2,5 μm, dla porównania średnica przekroju ludzkiego włosa wynosi ok. 60 μm). Z wielu badanych parametrów zanieczyszczeń powietrza w stacjach badawczych takich jak dwutlenek siarki SO₂, tlenek azotu NO, dwutlenek azotu NO₂, tlenki azotu NO_x, tlenek węgla CO, ozon O₃, pył zawieszony PM 10, pył zawieszony PM 2,5, benzen, szczególnie istotnymi zanieczyszczeniami wydają się być pyły zawieszone PM 2,5 i PM 10. W przeciwieństwie do pozostałych zanieczyszczeń pyły zawieszone wielokrotnie przekraczają dopuszczalne normy roczne oraz dobowe i to w wielu miejscach w Polsce. Pyły PM 2,5 i PM 10 utrzymują się w powietrzu i to przez dość długi okres. Są zaliczane do zanieczyszczeń transgranicznych. Oznacza to, że mogą być przenoszone na znaczne odległości, przekraczające nawet 2500 km.

Połączenie pomp ciepła z różnymi technologiami

Bardzo obiecującym wydaje się być efekt połączenia pomp ciepła z innymi odnawialnymi źródłami ciepła. Dotyczy to praktycznie wszystkich technologii korzystających z OZE. Pompy ciepła mogą pełnić centralną rolę zwornika różnych odnawialnych, ale i nieodnawialnych źródeł energii. W wielu przypadkach pojawia się dodatkowy efekt synergii. W ramach Europejskiej Platformy Technologicznej Renewable Heating and Cooling (RHC-Platform) powstały pomysły wsparcia rozwoju technologii hybrydowych, czyli rozwiązań, w których występują urządzenia korzystające z odnawialnych źródeł energii w połączeniu z innymi technologiami korzystającymi z OZE lub paliwami kopalnymi. Rozwiązania mają zapewnić ogrzewanie, chłodzenie i ciepłą wodę użytkową dla budynków mieszkalnych i procesów przemysłowych. W okresie przejściowym aż do roku 2020 systemy hybrydowe mogłyby korzystać z kopalnych źródeł ciepła jako awaryjnych czy wspomagających. W zdecydowanej większości proponowanych rozwiązań zarówno w skali mikro, jak w skali makro pompy ciepła występują jako najważniejszy element łączący różne technologie.

Energetyka wiatrowa

Pompy ciepła mają mocnego sojusznika w postaci energetyki wiatro-

wej. W energetyce wiatrowej, w czasie, gdy nie występuje wiatr, pompy ciepła mogą być wyłączane. Jest to realizowane poprzez systemy inteligentnego sterowania energią elektryczną tzw. technologię Smart Metering. Korzystając z akumulacyjności cieplnej budynku oraz podłogowego bufora wody grzejnej, pompa ciepła może być wyłączana na żądanie.

Biomasa

Jednym z głównych światowych źródeł emisji CO₂ jest przemysłowa hodowla trzody chlewnej. Zastosowane pompy ciepła służą do chłodzenia chlewni, a zarazem wykorzystują energię do ogrzewania i ciepłej wody. Na szeroką skalę technologia ta została wdrożona w krajach skandynawskich. Interesujące jest również zagadnienie wykorzystania biomasy jako źródła energii napędowej dla pomp ciepła, dotyczy to pomp sprężarkowych i gazowych.

Kolektory słoneczne

W projektach badawczych działów rozwoju czołowych producentów pomp ciepła trwają prace nad połączeniem technologii pomp ciepła typu solanka/woda z kolektorami słonecznymi. Kolektory słoneczne wykorzystywane są jako dolne źródła ciepła lub służą do jego regeneracji. Połączenie technologii gruntowych

pomp ciepła (typu solanka/woda) z kolektorami słonecznymi prowadzi do zwiększenia sprawności systemów z kolektorami słonecznymi oraz wzrostu efektywności pomp ciepła. W większości stosowanych układów solarnych do podgrzewania wody użytkowej sprawność systemu nie przekracza wartości 30–35%. W przypadku połączenia kolektorów z dolnymi źródłami ciepła sprawność systemu solarnego może przekroczyć 60%. Jest to możliwe dzięki stosunkowo niskiej temperaturze dolnego źródła ciepła (ok. 0–10°C), o wiele niższej niż temperatura panująca w zasobniku solarnym czy buforze wody grzejnej. Ma to oczywiście przełożenie na uzysk jednostkowy kolektora. W typowych polskich warunkach uzysk energii solarnej rzadko kiedy przekracza 350 kWh/m² kolektora solarnego. W przypadku omawianej technologii jest możliwe osiągnięcie wartości 650 kWh/m² kolektora słonecznego.

Fotoogniwa

Zastosowanie fotoogniw może służyć do zasilania pomp obiegowych centralnego ogrzewania i dolnego źródła, obniżając zużycie energii pierwotnej przez pompy ciepła.

Kogeneracja prądu i ciepła

Zastosowanie w jednym budynku systemu kogeneracji ciepła i prądu

z pompą ciepła pozwala na uzyskanie zwielokrotnienia efektu ekologicznego i ekonomicznego kogeneracji.

Energetyka atomowa

Oprócz niskiej emisji dwutlenku węgla, ważnym aspektem stosowania pomp ciepła jest możliwość ciągłego odbioru energii przez pompy ciepła. Nieprzypadkowo w krajach, w których postawiono na energetykę atomową, realizowane są programy wsparcia rynku pomp ciepła. Takim przykładem są np. Francja czy Czechy.

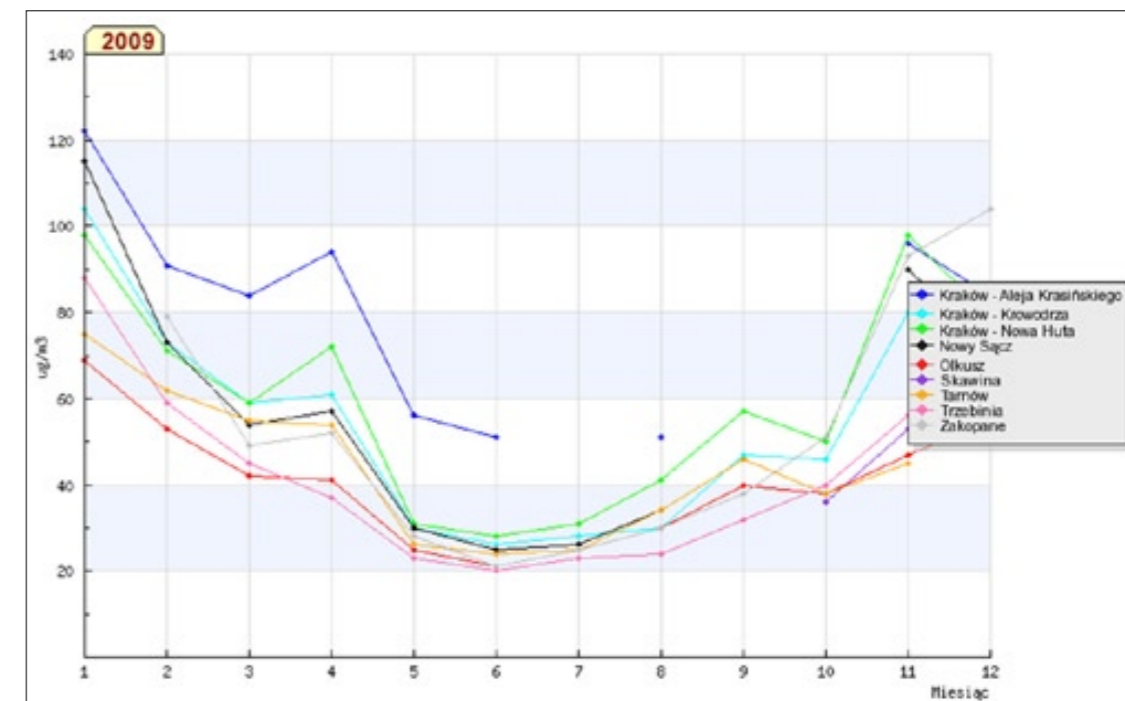
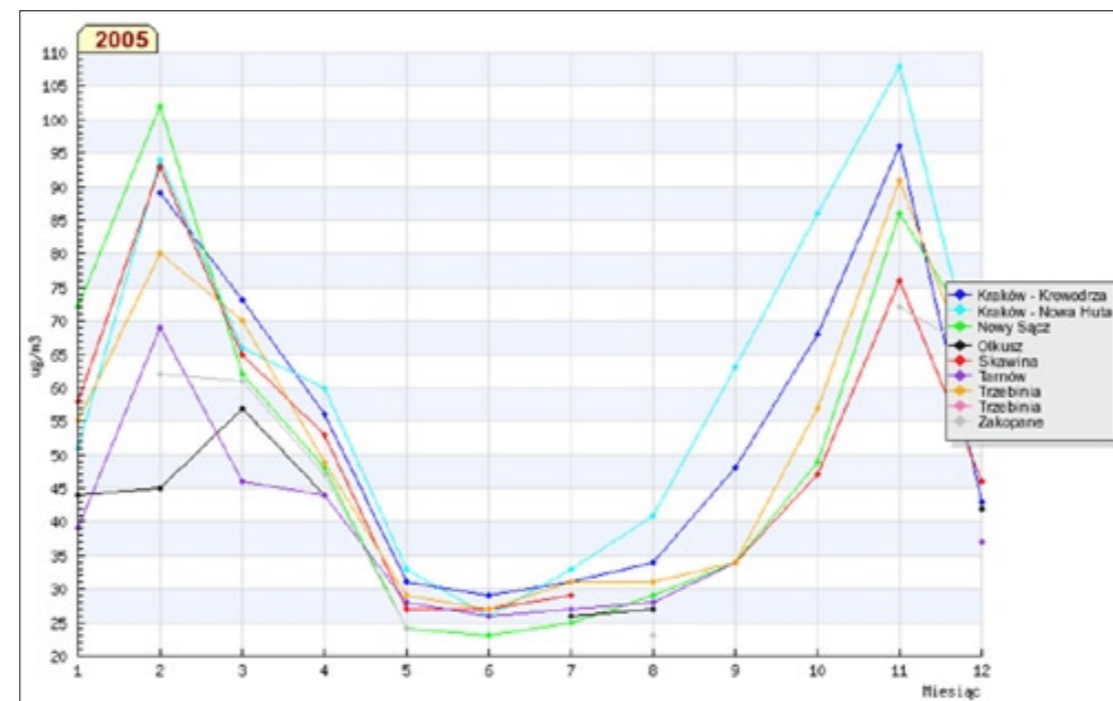
Gaz ziemny a pompy ciepła

Odkrycie i eksploatacja gazu łupkowego może pozwolić nam na uniezależnienie się w zakresie dostaw gazu ziemnego. Prawdopodobnie do tego czasu upowszechni się technologia gazowych pomp ciepła, zasilanych nie prądem elektrycznym, ale gazem ziemnym. W tym roku wprowadzono do sprzedaży pierwsze na świecie pompy ciepła zeolitowo-wodne. Równolegle trwają prace nad wdrożeniem gazowych pomp absorpcyjnych na bazie amoniaku. Większość konstrukcji współpracuje z kotłami gazowymi jako szczytowymi źródłami ciepła. Inną ciekawą gałęzią rozwoju są pompy ciepła z silnikami zasilanymi gazem ziemnym.

Pyły zawieszane PM 2,5 i PM 10 są niewidoczne gołym okiem, ale są w stanie przenosić wszelkie zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne (toksyny, kancerogeny, bakterie, wirusy). Negatywne skutki dla ludzi to złe samopoczucie, podrażnienie oczu, śluzówek. Duże stężenia pyłów zawieszonych mogą prowadzić do ostrych i przewlekłych stanów zapalnych układu oddechowego, alergii (w konsekwencji do astmy), niedotlenienia, migren itp.

Pięcioletnie lub coroczne raporty Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska z województw, w których znajdują się największe polskie aglomeracje, wskazują na niepokojącą tendencję wzrostową emisji pyłów zawieszonych. Od około 10 lat roczne wartości stężenia PM 10 przekraczają normę, nieraz wielokrotnie. Chwilowe (dobowe) stężenie pyłu zawieszonego PM 10 jest przekraczane nawet 5–8-krotnie. Najbardziej groźnie sytuacja wygląda w województwie małopolskim, górnośląskim i mazowieckim. Z analizy widać wyraźne powiązanie pomiędzy emisją pyłów PM 10 a temperaturą zewnętrzną. W miesiącach zimowych emisja PM 10 wzrasta gwałtownie (rys. 3). Sądzę, że jest to jednoznacznie związane z emisją spalin głównie węglowych kotłów grzewczych. Dodatkowo przy utrzymywaniu się przez wiele dni, a nawet tygodni pogody wyżowej i braku odpowiedniej cyrkulacji powietrza, powstaje realne zagrożenie zdrowia, szczególnie dla mieszkańców Warszawy i okolic, Małopolski i Górnego Śląska.

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. W sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, jesteśmy zobowiązani



3 Przykład emisji pyłu PM 10 w województwie małopolskim w 2005 r. i 2009 r. z graniczną, średniomiesięczną wartością równą 40 µg/m³ (Źródło: Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie i Małopolska sieć monitoringu powietrza)

zani do pomiarów pyłów PM 2,5 w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, jak również do stopniowej redukcji emisji pyłów zawieszonych. Proponowany poziom docelowy emisji dla pyłu PM 2,5 czyli stężenia średniorocznego – 25 µg/m³, mieliśmy osiągnąć już w styczniu 2010 roku. Dzisiaj pewne jest, że bez szybkich zdecydowanych działań nie jesteśmy w stanie szybko zmienić sytuacji. Zastosowanie pomp ciepła i kolektorów słonecznych w rejonach dużych aglomeracji może przyczynić się do wyraźnej redukcji emisji pyłu zawieszony PM 10. Ponieważ zwiększenie emisji występuje głównie w miesiącach zimowych, pompy ciepła mogą odegrać szczególną rolę. Z kolei zwiększenie zastosowania kotłów na biomasę może jeszcze pogorszyć istniejącą sytuację. Często kotły grzewcze na biomasę są kotłami wielopaliwowymi i wykorzystywane są do opalania węglem,

jako jednym z najtańszych paliw. Praktycznie z kotłów na biomasę, tylko zastosowanie kotłów opalanych peletem jest w stanie efektywnie zmniejszyć emisję pyłów zawieszonych. ■

LITERATURA:

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. W sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona).
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2005/32/WE z dnia 6 lipca 2005 r. Ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów wykorzystujących energię.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. W sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
4. Heat Pump Action Plan (EHPA 2008).

5. EHPA 3rd European Heat Pump Forum Heat pumps as support technology for larger wind integration 20th of May 2010, Steen Kramer Jensen – energinet.dk – TSO of Denmark.
6. Stanowisko Grupy Roboczej Pompy Ciepła działającej w ramach Klastra Technologii Energooszczędnych Euro-Centrum w sprawie Krajowego Planu Działania, Lipiec 2010.
7. Energy Outlook. EHPA 2009 EURELECTRIC studies 2007.
8. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Analiza stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM 10 i PM 2,5 z uwzględnieniem składu chemicznego pyłu, w tym metali ciężkich i WWA, raport końcowy (maj 2008).
9. Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2009 roku.
10. Platforma informacyjna inteligentnego opomiarowania strona internetowa www.piio.pl.
11. Prezentacja Powerpoint: „Czy kominek jest ekologiczny?”, dr Elżbieta Śliwińska, Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej.