

2011

# Efektywne wykorzystanie energii w firmie

– poradnik dla przedsiębiorców

Efektywne wykorzystanie  
energii w firmie  
– poradnik dla przedsiębiorców

Poradnik opracował zespół pracowników Fundacji na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii – FEWE w Katowicach.

Autorzy:

Sławomir Pasierb

Szymon Liszka

Mariusz Bogacki

Arkadiusz Osicki

Łukasz Polakowski

Piotr Kukla

Tomasz Zieliński

Łukasz Rajek

Michał Pyka

Redakcja: Justyna Kulawik, Aneta Nagrodkiewicz

Przygotowanie do druku i druk publikacji zostało współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Ramowego na rzecz Konkurencyjności i Innowacyjności oraz Budżetu Państwa.

Komisja Europejska lub osoby występujące w jej imieniu nie są odpowiedzialne za informacje przedstawione w publikacji. Poglądy wyrażone w publikacji są poglądami autorów i nie muszą się pokrywać z działaniami Komisji Europejskiej.

Publikacja wydana przez ośrodek Enterprise Europe Network działający przy Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości. Wersja elektroniczna publikacji jest dostępna na stronach internetowych [www.parp.gov.pl](http://www.parp.gov.pl) oraz [www.een.org.pl](http://www.een.org.pl).

**Publikacja wydrukowana na papierze ekologicznym bez udziału chloru elementarnego (masy ECF).**

Wydanie II zaktualizowane

© Copyright by Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa 2011

ISBN 978-83-7633-137-9

Wydawca:

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

ul. Pańska 81/83

00-834 Warszawa

[www.parp.gov.pl](http://www.parp.gov.pl)

Przygotowanie do druku, druk i oprawa:

Agencja Reklamowo-Wydawnicza A. Grzegorzcyk

# Spis treści

Spis rysunków .....	5
Spis tabel .....	6
<b>1. Dlaczego warto efektywnie wykorzystywać energię w firmie? .....</b>	<b>7</b>
1.1. Efektywność energetyczna w polityce energetycznej i prawie Unii Europejskiej .....	7
1.2. Zmniejszam koszty energii .....	13
1.3. Buduję wizerunek firmy przyjaznej środowisku .....	14
1.4. Doskonalam system zarządzania i aktywizuję swoich pracowników .....	15
1.5. Spełniam wymogi prawa unijnego i polskiego .....	19
1.6. Co mogę zrobić, co zmienić? .....	20
1.7. Narzędzia audytowe i wskazówki praktyczne .....	20
1.7.1. Narzędzie RETScreen .....	20
1.7.2. Narzędzia opracowane przez Efficiency Valuation Organization .....	22
1.7.3. Narzędzie wyboru opcji gromadzenia analitycznych danych audytowych .....	23
1.7.4. Narzędzie EFMotor i inne narzędzia dotyczące napędów elektrycznych .....	25
1.7.5. Inne narzędzia audytowe ogólnego zastosowania .....	25
1.7.6. Strona <a href="http://www.topten.info.pl">www.topten.info.pl</a> .....	25
<b>2. Katalog uniwersalnych przedsięwzięć – najlepsze praktyki .....</b>	<b>27</b>
2.1. Układy napędowe: silniki elektryczne, pompy, sprężarki i wentylatory .....	27
2.1.1. Silniki indukcyjne .....	28
2.1.2. Pompy obiegowe i cyrkulacyjne .....	30
2.1.3. Systemy wentylacyjne .....	34
2.2. Oświetlenie .....	37
2.2.1. Oświetlenie a wydajność pracowników .....	37
2.2.2. Oświetlenie w firmie .....	39
2.2.3. Rodzaje oświetlenia w przestrzeni biura .....	40
2.2.4. Kryteria doboru oświetlenia pomieszczeń .....	41
2.2.5. Oprawy oświetleniowe .....	45
2.2.6. Usytuowanie źródeł światła w pomieszczeniach .....	47
2.2.7. Systemy sterowania i regulacji oświetlenia .....	50
2.2.8. Sposoby niwelowania zjawiska olśnienia .....	51
2.2.9. Energooszczędność i ekonomia oświetlenia .....	52
2.2.10. Wymogi unijne w zakresie oświetlenia .....	53
2.3. Komputery, sprzęt RTV, wyposażenie biur i pomieszczeń usługowych, AGD .....	54
2.3.1. Urządzenia biurowe i elektroniki użytkowej .....	54
2.3.2. Jak energooszczędnie eksploatować urządzenia biurowe i elektroniczne? .....	55
2.4. Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja (chłodzenie) budynków .....	61
2.4.1. Ogrzewanie .....	61
2.4.2. Wentylacja .....	69
2.4.3. Klimatyzacja (chłodzenie) .....	71
2.5. Certyfikacja budynków .....	73
2.6. Termomodernizacja budynków .....	74
2.6.1. Ocieplenie ścian zewnętrznych .....	75

2.6.2. Ocieplenie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami .....	75
2.6.3. Ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem, dachem, stropodachem .....	75
2.6.4. Modernizacja okien i drzwi zewnętrznych .....	76
2.6.5. Budownictwo pasywne .....	76
2.7. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej .....	77
2.8. Ciepło odpadowe, wymienniki oraz pompy ciepła .....	78
2.9. Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne, ściany solarne .....	81
<b>3. Racjonalnie wydają pieniądze – liczę efektywność ekonomiczną i efekt ekologiczny przedsięwzięć .....</b>	<b>89</b>
3.1. Rachunek ekonomiczny – nakłady, efekty, okres zwrotu .....	89
3.1.1. Liczę jak w banku – wskaźniki efektywności – zdyskontowany okres zwrotu, koszty w cyklu żywotności, wartość bieżąca netto .....	89
3.1.2. Mierzenie efektów podejmowanych działań – czy cel został osiągnięty? .....	92
3.2. Przykłady obliczeń efektywności ekonomicznej i efektu ekologicznego .....	93
3.2.1. Wymiana silnika .....	93
3.2.2. Modernizacja oświetlenia .....	95
3.2.3. Wymiana kotła .....	96
3.2.4. Układ kogeneracyjny .....	98
3.2.5. Instalacja kolektorów słonecznych .....	101
<b>4. Jak sfinansować przedsięwzięcie i zwiększyć jego efektywność? .....</b>	<b>105</b>
4.1. Sposoby finansowania przedsięwzięć (środki własne, fundusze pomocowe, środki komercyjne, finansowanie strony trzeciej, ESCO) .....	105
4.2. Przegląd i możliwości dofinansowania z funduszy pomocowych .....	107
4.2.1. Środki unijne .....	107
4.2.2. Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko .....	107
4.2.3. Środki funduszy krajowych – NFOŚiGW oraz WFOŚiGW .....	107
4.2.4. Oferta kredytów proekologicznych Banku Ochrony Środowiska .....	112
4.3. Wybrane programy wspierające projekty energo-efektywnościowe .....	113
4.3.1. Usługi Enterprise Europe Network .....	113
4.3.2. Program POLSEFF .....	114
4.3.3. Protokoły EVO w praktyce: Projekt PERMANENT .....	115
4.4. Linki do interesujących informacji .....	117
4.4.1. Odniesienia krajowe: .....	117
4.4.2. Odniesienia międzynarodowe: .....	117
4.4.3. Instytucje i firmy doradcze w przedmiotowym zakresie .....	117
<b>5. Bibliografia .....</b>	<b>118</b>
<b>6. Słownik .....</b>	<b>120</b>

## Spis rysunków

<b>Rysunek 1:</b> EU-27 Łączne zużycie energii końcowej [Mtoe] .....	11
<b>Rysunek 2:</b> EU-27 Zużycie energii końcowej w sektorach gospodarki [Mtoe].....	11
<b>Rysunek 3:</b> Uzależnienie energetyczne – udział importowanych nośników energii w łącznym zużyciu energii – Unia Europejska i Polska .....	12
<b>Rysunek 4:</b> Uzależnienie od importu ropy naftowej – udział importu w łącznym zapotrzebowaniu – Unia Europejska i Polska .....	12
<b>Rysunek 5:</b> Energochłonność PKB – Unia Europejska i Polska [kgoe/1000 Eur '00] .....	12
<b>Rysunek 6:</b> Fazy projektu .....	16
<b>Rysunek 7:</b> Sekwencja projektu .....	18
<b>Rysunek 8:</b> Proces wyboru Opcji – uproszczenie .....	24
<b>Rysunek 9:</b> Zakresy sprawności silników oferowanych na polskim rynku w zakresie mocy od 1,1 do 90 kW .....	29
<b>Rysunek 10:</b> Na co warto zwrócić uwagę optymalizując elektryczny układ napędowy .....	30
<b>Rysunek 11:</b> Wskaźniki energochłonności pomp obiegowych w modernizowanych węzłach .....	32
<b>Rysunek 12:</b> Typowy dzienny rytm temperatury ciała, poziomu melatoniny i kortyzolu oraz stopnia aktywności ludzi dla naturalnego 24-godzinnego cyklu jasność/ciemność .....	38
<b>Rysunek 13:</b> Oprawy wbudowane w sufit: świetlówkowa oprawa z optyką rastrową oraz oprawa kulekowa .....	40
<b>Rysunek 14:</b> Oprawa wisząca świetlówkowa oświetlenia pośredniego .....	40
<b>Rysunek 15:</b> Oprawa wisząca świetlówkowa oświetlenia bezpośrednio-pośredniego .....	41
<b>Rysunek 16:</b> Żarówki .....	42
<b>Rysunek 17:</b> Świetlówki .....	42
<b>Rysunek 18:</b> Zwieszane oprawy: a, b – oświetlenia bezpośrednio-pośredniego (ERGEN – ELGO) i oświetlenia bezpośredniego (MEOLA – ELGO) .....	46
<b>Rysunek 19:</b> Porównanie rezultatów stosowania kotła nisko sprawnego i wysoko sprawnego .....	62
<b>Rysunek 20:</b> Jednostkowy koszt produkcji ciepła dla różnych typów ogrzewania .....	63
<b>Rysunek 21:</b> Porównanie schematów kotłów węglowych .....	64
<b>Rysunek 22:</b> Rodzaje kotłów do spalania drewna .....	66
<b>Rysunek 23:</b> Schemat działania wymiennika krzyżowego .....	70
<b>Rysunek 24:</b> Gruntowe pompy ciepła .....	79
<b>Rysunek 25:</b> Pompa ciepła .....	80
<b>Rysunek 26:</b> Kolektor słoneczny .....	82
<b>Rysunek 27:</b> Kolektory słoneczne .....	84
<b>Rysunek 28:</b> Ogniwa fotowoltaiczne (PV) .....	85
<b>Rysunek 29:</b> Przykład możliwości zasilania urządzeń elektrycznych za pomocą fotoogniw .....	87
<b>Rysunek 30:</b> Skumulowane przepływy pieniężne .....	94
<b>Rysunek 31:</b> Skumulowane przepływy pieniężne .....	96
<b>Rysunek 32:</b> Wykres pokrycia zapotrzebowania mocy oraz energii przez kocioł .....	97
<b>Rysunek 33:</b> Skumulowane przepływy pieniężne .....	98
<b>Rysunek 34:</b> Wykres pokrycia zapotrzebowania mocy oraz energii elektrycznej .....	100
<b>Rysunek 35:</b> Wykres pokrycia zapotrzebowania mocy oraz energii cieplnej .....	100
<b>Rysunek 36:</b> Skumulowane przepływy pieniężne .....	101
<b>Rysunek 37:</b> Skumulowane przepływy pieniężne .....	103
<b>Rysunek 38:</b> Sposób finansowania inwestycji w przedsiębiorstwach z sektora MŚP .....	105

## Spis tabel

<b>Tabela 1:</b> Wybrane dyrektywy UE w zakresie efektywności energetycznej .....	10
<b>Tabela 2:</b> Prognoza cen paliw podstawowych w imporcie do Polski (ceny stałe w USD z roku 2007) .....	14
<b>Tabela 3:</b> Identyfikacja projektu dla układów napędowych z silnikami elektrycznymi .....	17
<b>Tabela 4:</b> Drugi krok – dokładniejsze rozpoznanie .....	17
<b>Tabela 5:</b> Trzeci krok – wstępna ocena potencjału efektywnego wykorzystania energii .....	17
<b>Tabela 6:</b> Czwarty krok – audyt energetyczny .....	18
<b>Tabela 7:</b> Środki oszczędności energii w elektrycznych układach napędowych .....	28
<b>Tabela 8:</b> Klasy sprawności w zależności od wskaźnika efektywności energetycznej pompy .....	31
<b>Tabela 9:</b> Podstawowe wielkości i prognoza zmian parametrów wydajności systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła .....	34
<b>Tabela 10:</b> Parametry podstawowych źródeł światła .....	43
<b>Tabela 11:</b> Wskazówki jak zmniejszyć zużycie energii przez standby różnych urządzeń .....	57
<b>Tabela 12:</b> Porównanie zużycia i kosztów energii dla urządzeń o różnej klasie energetycznej .....	60
<b>Tabela 13:</b> Zestawienie porównawcze cech różnych systemów chłodzenia .....	73
<b>Tabela 14:</b> Dane o Wojewódzkich Funduszach Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej .....	108

# 1. Dlaczego warto efektywnie wykorzystywać energię w firmie?

## 1.1. Efektywność energetyczna w polityce energetycznej i prawie Unii Europejskiej

Unia Europejska stoi przed poważnymi wyzwaniami związanymi z energią. Wynikają one ze stale rosnącego zapotrzebowania na jej różne formy (Rysunek 1 i Rysunek 2). Zaspokojenie tych potrzeb wiąże się ze wzrastającym uzależnieniem od importu paliw kopalnych (Rysunek 3 i Rysunek 4), których dostawy często są niepewne oraz presją na środowisko przyczyniającą się do zmian klimatu. Równocześnie rosnące ceny energii wpływają na zmniejszenie konkurencyjności gospodarki europejskiej na rynku światowym.

Istnieje znaczący potencjał w zakresie poprawy efektywności energetycznej, szczególnie w sektorach o dużej energochłonności, takich jak budownictwo, sektor wytwórczy, sektor energetyczny czy transport.

Ograniczenie zużycia i strat energii stanowi jeden ze strategicznych celów Unii Europejskiej. Poprawa efektywności użytkowania energii jest niezbędna dla zapewnienia konkurencyjności gospodarek, bezpieczeństwa dostaw energii oraz wywiązania się ze zobowiązań podjętych przez Unię Europejską dla ochrony klimatu Ziemi.

Z końcem 2006 roku Unia Europejska zobowiązała się do ograniczenia zużycia energii pierwotnej o 20% w stosunku do prognozy na rok 2020. Dla osiągnięcia tego ambitnego celu podejmowanych jest wiele działań w zakresie szeroko rozumianej promocji efektywności energetycznej. Działania te wymagają zaangażowania społeczeństwa, polityków oraz wszystkich podmiotów działających na rynku. Nowe regulacje

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych jest przedmiotem porozumień międzynarodowych. Ramowa Konwencja Klimatyczna UNFCCC, ratyfikowana przez 192 państwa, stanowi podstawę prac nad światową redukcją emisji gazów cieplarnianych. Pierwsze szczegółowe uzgodnienia są wynikiem trzeciej konferencji stron (COP3) w 1997 r. w Kioto. Na mocy postanowień Protokołu z Kioto kraje, które zdecydowały się na jego ratyfikację, zobowiązują się do redukcji emisji gazów cieplarnianych średnio o 5,2% do 2012 r. Ograniczenie wzrostu temperatury o 2–3°C wymaga jednak stabilizacji stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze (w przeliczeniu na CO<sub>2</sub>) na poziomie 450–550 ppm.

Oznacza to potrzebę znacznie większego ograniczenia emisji – od 2020 r. globalna emisja powinna spadać w tempie 1–5% rocznie, tak aby w 2050 r. osiągnąć poziom o 25–70% niższy niż obecnie. Ponieważ sektor energetyczny odpowiada za największą ilość emitowanych przez człowieka do atmosfery gazów cieplarnianych (GHG), w tym obszarze musimy intensywnie ograniczać emisję CO<sub>2</sub>. Takie ograniczenie można osiągnąć poprzez: poprawę efektywności energetycznej, zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii oraz czystych technologii energetycznych w bilansie energetycznym i ograniczeniu bezpośredniej emisji z sektorów przemysłu emitujących najwięcej CO<sub>2</sub> (w tym energetyki). Rozwiązania w zakresie poprawy efektywności energetycznej, czyli ograniczenia zapotrzebowania na energię są często najtańszym sposobem osiągnięcia tego celu.



prawne, edukacja, kampanie informacyjne, wsparcie dla rozwoju efektywnych energetycznie technologii, audyty energetyczne budynków i zakładów przemysłowych, zachęty finansowe i dogodne sposoby finansowania przedsięwzięć energooszczędnych, standaryzacja i przepisy dotyczące minimalnych wymagań efektywnościowych i etykietowania oraz „Zielone zamówienia publiczne” to tylko niektóre z tych działań.

### **Trochę historii**

Działania w zakresie zmniejszenia zapotrzebowania na energię prowadzone są w państwach europejskich od czasu kryzysu energetycznego w latach 70. Przyczyniły się one w znacznym stopniu do poprawy efektywności energetycznej gospodarek, jednak nie wyeliminowały marnotrawstwa energii (Rysunek 5). Potwierdzeniem dalszej potrzeby racjonalizacji gospodarki energetycznej UE był Komunikat Komisji z 1998 r. pt. „Efektywność energetyczna w Unii Europejskiej – w kierunku strategii racjonalnego użytkowania energii”, w którym oszacowano potencjał oszczędności energii w latach 1998–2010 na 18% zużycia energii w roku 1995. Stwierdzono, że istniejący potencjał ekonomiczny nie jest wykorzystywany z powodu wielu istniejących barier instytucjonalnych, informacyjnych, technicznych i finansowych. Postulowano, żeby ceny energii w pełni odzwierciedlały koszty jej pozyskania. Wskazano potrzebę podjęcia wielu skoordynowanych działań dla stworzenia wspólnej strategii racjonalnego użytkowania energii. Zadeklarowano konieczność opracowania planu działań na rzecz efektywności energetycznej. W grudniu 1998 r. Rada Europy przyjęła rezolucję, którą potwierdzono możliwość osiągnięcia poprawy efektywności energetycznej Unii Europejskiej w latach 1998–2010 na poziomie 1% rocznie. Konsekwencją tych działań było ogłoszenie w kwietniu 2000 r. pierwszego planu działań na rzecz racjonalizacji zużycia energii w Unii Europejskiej [Komunikat Komisji Plan działania Bruksela, dnia 26.04.2000 COM(2006)545]. Zaproponowane tym planem działania obejmowały: włączenie problematyki efektywności energetycznej do innych polityk europejskich, wzmocnienie istniejących środków oraz stworzenie nowej polityki w tym zakresie. Potrzeba wzmocnienia europejskiej polityki w zakresie racjonalizacji zużycia energii została mocno wyartykułowana w wydanej w 2000 r. „Zielonej Księdze w kierunku europejskiej strategii na rzecz zabezpieczenia dostaw energii”. Natomiast w 2005 r. elementy tej polityki zostały zebrane w „Zielonej Księdze w sprawie racjonalizacji zużycia energii, czyli jak uzyskać więcej mniejszym nakładem środków”. W dokumencie tym wskazano potencjał 20% ograniczenia zużycia energii do 2020 r. Wykazano, że korzyści, to nie tylko ograniczenie zużycia energii i oszczędności z tego wynikające, ale również poprawa konkurencyjności, a co za tym idzie zwiększenie zatrudnienia i realizacja strategii lizbońskiej. Energooszczędne urządzenia, usługi i technologie zyskują coraz większe znaczenie na całym świecie. Jeżeli Europa utrzyma swoją znaczącą pozycję w tej dziedzinie poprzez opracowywanie i wprowadzanie nowych, energooszczędnych technologii to będzie to mocny atut handlowy. Innymi korzyściami z poprawy efektywności energetycznej są ochrona środowiska oraz wywiązanie się ze zobowiązań UE wynikających z protokołu z Kyoto. Oszczędność energii stanowi bez wątpienia najszybszy, najskuteczniejszy i najbardziej opłacalny sposób ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz poprawy jakości powietrza, szczególnie na terenach gęsto zaludnionych. Wreszcie kolejną korzyść to poprawa bezpieczeństwa dostaw energii. Zgodnie z obecnymi tendencjami do roku 2030 UE będzie w 90% uzależniona od importu w zakresie zapotrzebowania na ropę naftową oraz w 80% od zewnętrznych dostaw gazu. Nie sposób przewidzieć cen ropy w 2020 r., w szczególności, jeśli popyt ze strony krajów rozwijających się będzie rósł w tak szybkim tempie, jak obecnie. Zielona Księga stanowiła próbę zidentyfikowania przeszkód ograniczających realizację ekonomicznie opłacalnych przedsięwzięć efektywnościowych, takich jak na przykład brak odpowiednich bodźców, brak informacji, czy brak dostępnych mechanizmów finansowania. Równocześnie zaproponowano wiele sposobów ograniczenia tych barier. W wyniku konsultacji Zielonej Księgi dla zapewnienia wykonalności europejskiej polityki energetycznej w październiku 2006 r. Komisja Europejska przedstawiła „Plan działań na rzecz racjonalizacji zużycia energii

– sposoby wykorzystania potencjału”. Celem planu jest podjęcie działań dla osiągnięcia 20% oszczędności w rocznym zużyciu energii pierwotnej UE do 2020 r.

Proponowane działania obejmują:

1. Dynamiczne wymagania w zakresie charakterystyki energetycznej dla produktów zużywających energię, budynków i usług energetycznych:
  - zwiększanie efektywności energetycznej produktów,
  - rozwijanie usług w zakresie efektywnego wykorzystania energii przez użytkowników,
  - zwiększanie efektywności energetycznej budynków.
2. Poprawę w zakresie przetwarzania energii.
3. Zmiany w transporcie.
4. Finansowanie energooszczędności, bodźce ekonomiczne i ceny energii.
5. Zmiany zachowań wobec energii.
6. Partnerstwa międzynarodowe.

Przyjęte działania priorytetowe to:

1. Oznakowanie urządzeń i sprzętu oraz minimalne wymagania eksploatacyjne.
2. Wymagania eksploatacyjne dla budynków i dla budynków o bardzo niskim zużyciu energii („budynków pasywnych”).
3. Zwiększanie efektywności energetycznej produkcji i dystrybucji energii.
4. Uzyskanie paliwooszczędnych samochodów.
5. Ułatwianie właściwego finansowania inwestycji w dziedzinie energooszczędności dla małych i średnich przedsiębiorstw oraz przedsiębiorstw świadczących usługi energetyczne.
6. Promowanie energooszczędności w nowych Państwach Członkowskich.
7. Spójne stosowanie opodatkowania.
8. Podnoszenie świadomości w zakresie racjonalizacji zużycia energii.
9. Energooszczędność na terenach zabudowanych.
10. Zwiększanie energooszczędności na świecie.

Formalnie cel 20% poprawy efektywności energetycznej został przyjęty w trakcie Szczytu Wiosennego 8–9 marca 2007 r., podczas którego Rada Europejska przyjęła ambitne cele, które mają być osiągnięte do 2020 r.:

- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych przynajmniej o 20%, w stosunku do 1990 r.
- zwiększenie do 20% udziału energii odnawialnej w bilansie energetycznym (w tym zwiększenie do 10% udziału biopaliw w transporcie),
- poprawę efektywności energetycznej dla ograniczenia o 20% łącznego zużycia energii w krajach członkowskich w stosunku do prognozy na rok 2020.

Efektywności energetycznej dotyczą również najnowsze propozycje działań UE zawarte w tzw. pakiecie energetyczno-klimatycznym, ogłoszonym w styczniu 2008 r. Pakiet obejmuje pięć projektów regulacji prawnych:

1. dyrektywy ramowej, dotyczącej promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii,
2. decyzji w sprawie redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2020 r.,
3. nowelizacji dyrektywy 2003/87/WE w sprawie udoskonalenia i rozszerzenia systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych,
4. dyrektywy w sprawie geologicznego magazynowania dwutlenku węgla (CCS),
5. wytycznych do zasad udzielania pomocy publicznej dotyczącej ochrony środowiska.

Pomimo podjęcia tak wielu działań, z najnowszych szacunków Komisji wynika, że UE jest na drodze do osiągnięcia zaledwie połowy wyznaczonego celu, czyli poprawy efektywności energetycznej o 20%. W związku z tym dla pełnej realizacji przyjętych celów 8 marca 2011 r., podczas którego Komisja Europejska przyjęła „Plan na rzecz efektywności energetycznej 2011”. W planie skoncentrowano się na trzech

obszarach: budynkach, transporcie i przemyśle. W tym ostatnim proponuje się wprowadzenie wymogów dotyczących efektywności energetycznej urządzeń przemysłowych, lepsze informowanie małych i średnich przedsiębiorstw oraz dążenie do wprowadzenia audytów energetycznych i systemów zarządzania energią. Elementem realizacji planu będzie nowa Dyrektywa o efektywności energetycznej.

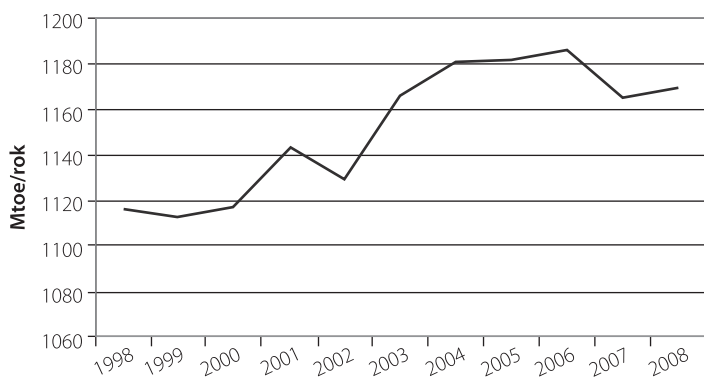
Poniżej w **Tabeli 1** zebrano wybrane europejskie regulacje dotyczące efektywności energetycznej, które stopniowo transponowane są do prawodawstwa Państw Członkowskich.

**Tabela 1:** Wybrane dyrektywy UE w zakresie efektywności energetycznej

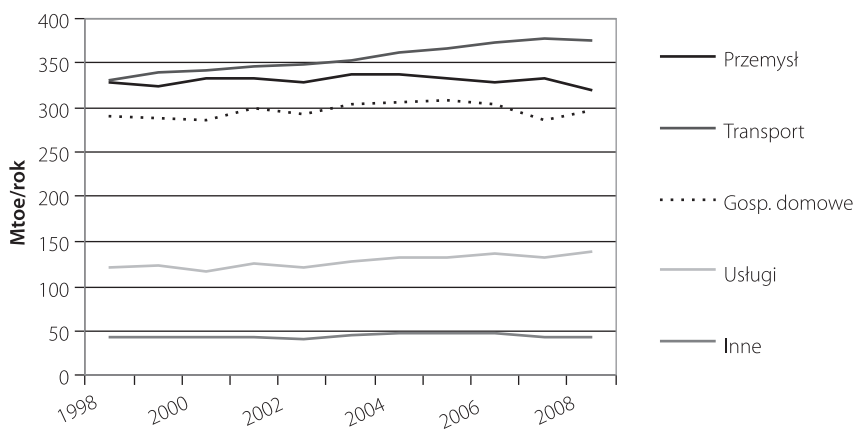
Dyrektywa	Cele i główne działania
Dyrektywa EC/2004/8 o promocji wysokosprawnej kogeneracji (planowana zmiana Dyrektywą w sprawie efektywności energetycznej)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiększenie udziału skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła (kogeneracji).</li> <li>• Zwiększenie efektywności wykorzystania energii pierwotnej i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.</li> <li>• Promocja wysokosprawnej kogeneracji i korzystne dla niej bodźce ekonomiczne (taryfy).</li> </ul>
Dyrektywa 2003/87/WE ustanawiająca program handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty (zmieniona Dyrektywą 2004/101/WE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ustanowienie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty.</li> <li>• Promowanie zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w sposób opłacalny i ekonomicznie efektywny.</li> </ul>
Dyrektywa 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (zmieniająca Dyrektywę 2002/91/WE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ustanowienie minimalnych wymagań energetycznych dla nowych i remontowanych budynków (2002/91/WE).</li> <li>• Tworzenie krajowych planów mających na celu zwiększenie liczby budynków o niemal zerowym zużyciu energii.</li> <li>• Certyfikacja energetyczna budynków.</li> <li>• Kontrola kotłów, systemów klimatyzacji i instalacji grzewczych.</li> <li>• Niezależne systemy kontroli świadectw charakterystyki energetycznej i sprawozdań z przeglądów.</li> <li>• Obowiązek rozważenia alternatywnych systemów energetycznych dla nowych budynków.</li> <li>• Od końca 2020 r. wszystkie nowe budynki mają być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.</li> </ul>
Dyrektywa 2009/125/WE ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią (zmieniająca Dyrektywę 2005/32/WE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektowanie i produkcja sprzętu i urządzeń powszechnego użytku o podwyższonej sprawności energetycznej.</li> <li>• Ustalanie wymagań sprawności energetycznej na podstawie kryterium minimalizacji kosztów w całym cyklu życia wyrobu (koszty cyklu życia obejmują koszty nabycia, posiadania i wycofania z eksploatacji).</li> </ul>
Dyrektywa 2006/32/WE o efektywności energetycznej i serwisie energetycznym (planowana nowelizacja)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zmniejszenie od 2008 r. zużycia energii końcowej o 1%, czyli osiągnięcie 9% w 2016 r.</li> <li>• Obowiązek stworzenia i okresowego uaktualniania Krajowego planu działań dla poprawy efektywności energetycznej.</li> <li>• W Polsce w wyniku dyrektywy powstała Ustawa o efektywności energetycznej, która wprowadziła nowy mechanizm, zachęcający do inwestowania w działania ograniczające zużycie energii, tzw. białe certyfikaty.</li> </ul>
Dyrektywa 2009/28/WE o promowaniu energii ze źródeł odnawialnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krajowe plany działania do 30 czerwca 2010 r.</li> <li>• Obliczanie udziału OZE.</li> <li>• Wspólne projekty UE-27.</li> <li>• Wspólne systemy wsparcia.</li> </ul>
Dyrektywa 2008/50/EC o jakości powietrza CAFE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cele jakości powietrza.</li> <li>• Strefy i aglomeracje.</li> <li>• Systemy oceny jakości.</li> <li>• Zarządzanie i plany ochrony jakości powietrza.</li> </ul>

Dyrektywy: 92/75/EWG w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcie, zużycia energii oraz innych zasobów przez urządzenia gospodarstwa domowego oraz 2010/30/UE w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcie, zużycia energii oraz innych zasobów przez produkty związane z energią

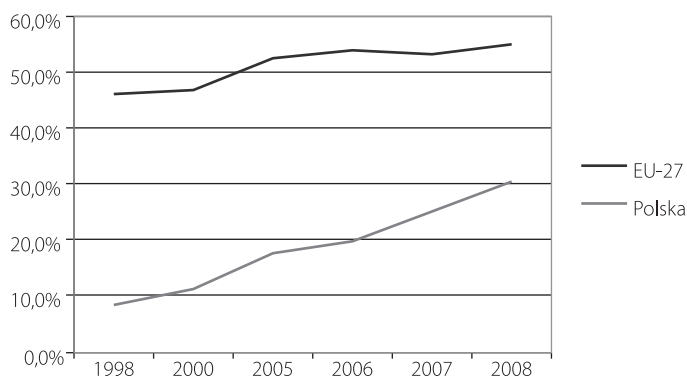
- Obowiązek mierzenia i umieszczania stosownych informacji m.in. dot. zużycia energii na urządzeniach gospodarstwa domowego.
- Obowiązek mierzenia i umieszczania stosownych informacji m.in. dot. zużycia energii na innych urządzeniach zużywających energię.



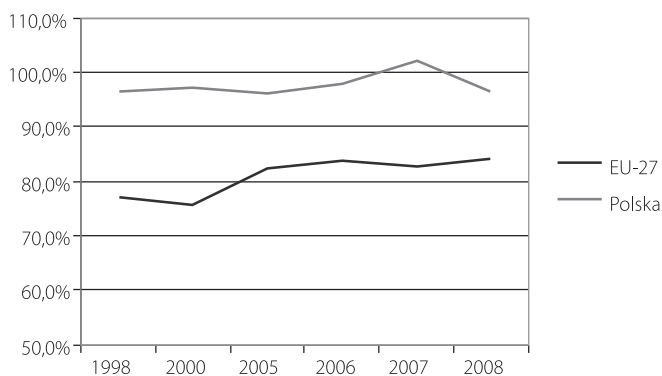
Rysunek 1: EU-27 Łączne zużycie energii końcowej [Mtoe]



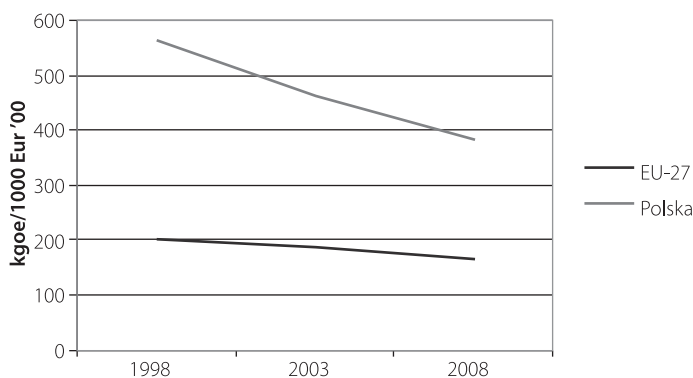
Rysunek 2: EU-27 Zużycie energii końcowej w sektorach gospodarki [Mtoe]



**Rysunek 3:** Uzależnienie energetyczne – udział importowanych nośników energii w łącznym zużyciu energii – Unia Europejska i Polska



**Rysunek 4:** Uzależnienie od importu ropy naftowej – udział importu w łącznym zapotrzebowaniu – Unia Europejska i Polska



**Rysunek 5:** Energochłonność PKB – Unia Europejska i Polska [kgoe/1000 Eur '00]

Źródło: [ec.europa.eu/energy/efficiency/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm)

## 1.2. Zmniejszam koszty energii

Zużywamy paliwa i energię, by uzyskać efekt użytkowy (często nazywamy to usługą energetyczną), taki jak: ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń, ciepła woda, oświetlenie, napędy, transport, wizja, fonia, komunikacja itp. W procesach przemysłowych efektem użytkowym może być: nagrzewanie, pieczenie, wentylacja, transport gazów, cieczy i ładunków; suszenie, rozdrabnianie, przesiewanie, destylacja, zamrażanie itp. Do wszystkiego tych procesów potrzebna jest energia.

Energia wyzwoliła nas od ciężkiej pracy. Od czasów rewolucji przemysłowej, od drugiej połowy XVIII w. jej zużycie szybko wzrasta. Spala się coraz więcej paliw kopalnych: węgla, gazu ziemnego, ropy naftowej. Cały świat się rozwija, każde społeczeństwo chce poprawić swój dobrobyt. Paliwa i energia są towarami, wszyscy na świecie musimy się nimi dzielić, kupując na rynku światowym i lokalnym. Ale konwencjonalne, kopalne zasoby energii są ograniczone i kiedyś się skończą. Prawo popytu i podaży reguluje ceny paliw i energii, ale popyt ciągle rośnie.

Kraje rozwijające się, o szybko rosnącym zapotrzebowaniu na energię, jak Chiny, Indie, Brazylia potrzebują coraz więcej paliw i energii. To powoduje, że ceny paliw i energii rosną. Okresowe wielkie wahania cen np. ropy naftowej na rynkach światowych to dodatkowy efekt niestabilnej sytuacji politycznej i kryzysów gospodarczych.

Każdy użytkownik energii wie, że energia kosztuje. Prawie wszyscy wiedzą, że jego rachunek za paliwa i energię składa się z tego: ile zapłaci za jednostkę paliwa i energii (tonę, m<sup>3</sup>, litr, GJ – gigadżul) – czyli, za jaką cenę kupi paliwo i energię oraz ile zużyje tego paliwa i energii. A więc:

$$KE = CE \times ZE$$

gdzie:

KE [zł] – koszt zużytej energii, CE [zł/t, zł/m<sup>3</sup>...] – cena energii,

ZE [t, m<sup>3</sup>, GJ, ...] – ilość zużytej energii.

Mamy jednak wpływ na wielkość kosztu zużytej energii. Mniejszy na ceny paliw i energii, aczkolwiek w pkt 1.3 pokażemy możliwości takich działań, większy na ilość zużytej energii. Możemy efektywnie zużywać energię, to znaczy z jednostki paliwa i energii uzyskać większy efekt użytkowy albo dany efekt użytkowy uzyskać przy mniejszym zużyciu paliw i energii.

Treścią niniejszego poradnika jest wskazanie, jak efektywnie wykorzystywać paliwa i energię w przedsiębiorstwie przemysłowym i usługowym. Warto to robić, by rachunki za paliwa i energię nie rosły albo nawet się zmniejszały.

Jakie są przyczyny wzrostu paliw i energii:

- rosnący popyt na paliwa i energię przy wolniej rosnącej podaży – wielu ekspertów wypowiada się, że za 10–20 lat może nawet nastąpić szczyt możliwości dostaw paliw i energii na rynkach światowych, a potem podaż może spadać,
- polityka poprawy jakości powietrza i ochrony klimatu Ziemi i konieczność redukcji zanieczyszczeń lokalnych i globalnie redukcji emisji gazów cieplarnianych spowoduje konieczność stosowania czystszych, ale droższych technologii wytwarzania paliw i energii, w tym odnawialnych źródeł energii,
- rosnące koszty pracy przy wydobywaniu kopalni, sięganie do trudniejszych i bardziej kosztownych w eksploatacji złóż paliw. Dotyczy to przede wszystkim krajowego wydobycia węgla kamiennego, na czym oparte jest obecnie wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w Polsce.

Prognozy znaczących instytucji i ekspertów wskazują na znaczny wzrost cen paliw i energii. W dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” zakłada się umiarkowany scenariusz wzrostu cen paliw podstawowych w porównaniu do Polski.

**Tabela 2:** Prognoza cen paliw podstawowych w imporcie do Polski (ceny stałe w USD z roku 2007)

	<b>Jednostka</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
Ropa naftowa	USD/toe	94,4	124,6	121,8	141,4
Gaz ziemny	USD/1000 m <sup>3</sup>	376,9	435,1	462,5	488,3
Węgiel energetyczny	USD/t	121,0	133,5	136,9	140,3

Źródło: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku. Załącznik nr 2.

Polska importuje coraz więcej paliw (Rysunek 3 i Rysunek 4). Z tej prognozy wynika, że w ciągu niewiele ponad 20 lat ceny paliw wzrosną:

- ropy naftowej o 206%,
- gazu ziemnego o 167%,
- węgla kamiennego o 138%

Odpowiednio, a nawet w większym stopniu, wzrosną ceny przetworzonych nośników energii, przede wszystkim energii elektrycznej (czyste technologie węglowe, odnawialne źródła energii). Musimy pamiętać, że jeśli dzisiaj modernizujemy lub instalujemy nowe urządzenia i linie technologiczne to rachunek kosztów tych działań będzie skutkować w całym okresie żywotności tych urządzeń, czyli przez 15–30 lat (a nawet ponad 50 lat, w przypadku budynków). Nasze decyzje o poprawie efektywności energetycznej i zmniejszeniu zużycia energii muszą być rozważane i analizowane w warunkach kształtowania się cen paliw i energii w okresie żywotności naszej inwestycji.

Co warto zapamiętać:

- (1) Koszty paliw i energii wynikają z ceny zakupu i wielkości zużycia.
- (2) Wielkość zużycia można zmniejszać przez efektywne wykorzystanie paliw i energii.
- (3) Ceny paliw i energii będą rosły, nawet w tempie do 30–50% rocznie.
- (4) Modernizując lub budując nowe urządzenia i linie technologiczne, liczymy efektywność ekonomiczną inwestycji w całym cyklu ich żywotności i w warunkach cen.

### 1.3. Buduję wizerunek firmy przyjaznej środowisku

Zmniejszając koszty paliw i energii w koszcie wytwarzania dóbr i usług, poprawiamy sytuację firmy na konkurencyjnym rynku.

Globalny rynek, swobodny przepływ towarów i zasobów pracy powodują, że ceny dóbr i usług wyrównują się. Dodatkowym elementem wzmacniającym pozycję na konkurencyjnym rynku jest wizerunek firmy przyjaznej środowisku i oznaczanie produktów i usług znakami oraz certyfikatami ekologicznymi.

Rosnąca świadomość ekologiczna konsumentów spowoduje, że konsumenci będą wybierać produkty i usługi nie tylko przez pryzmat cen, ale również przez to, w jakiej firmie zostały one wyprodukowane i w jaki sposób produkcja tych wyrobów obciążała środowisko.

Oczywiście te firmy, które wytwarzają produkt i zużywają energię (sprzęt gospodarstwa domowego, budynki, kotły, silniki, pompy, wentylatory itp.) muszą dodatkowo dbać o to, by ich produkty były efektywne energetycznie w eksploatacji.

Budujemy więc wizerunek przyjaznej firmy przez:

- pokazanie, że produkty w firmie są wytwarzane przez przyjazne środowisku i efektywne energetycznie technologie,

- porównanie z innymi firmami (benchmarking), aby stwierdzić, czy nasza firma jest lepsza od innych, bo ma mniejsze zużycie energii na jednostkę (tonę, zł) wytworzonego produktu,
- wprowadzenie do zarządzania jakością w firmie również elementów zarządzania energią i środowiskiem (certyfikaty ISO 14000, EMAS, PN-EN 16000),
- oznaczanie znakami jakości energetycznej swoich produktów w oparciu o obowiązkowe (lub dobrowolne) systemy,
- informowanie o zasadach racjonalnego korzystania z produktów firmy,
- włączanie się w kampanie informacyjno-edukacyjne, wydawanie ulotek, postery w firmie i w sieci sprzedaży.

Co warto zapamiętać:

- (1) Świadomi, zorientowani na przyjazne środowisko klienci coraz bardziej będą doceniać inne wartości poza ceną.
- (2) Wizerunek przyjaznej dla środowiska firmy i bardziej ekologicznych dóbr i usług to dodatkowa wartość na rynku.
- (3) Efektywne wykorzystanie energii to ochrona zasobów Ziemi i element zrównoważonego rozwoju. Na tym można budować proekologiczny wizerunek firmy.

## 1.4. Doskonałe system zarządzania i aktywizuję swoich pracowników

Spróbujmy odpowiedzieć na pytania, co wiesz o swojej firmie:

- ile płacę za paliwa i energię?
- jaki jest udział kosztów paliw i energii w kosztach produkcji?
- gdzie zużywam najwięcej energii (w jakich urządzeniach i węzłach technologicznych)?
- w jakim stopniu obciążam środowisko i klimat Ziemi i ile za to płacę?
- czy znam zużycie danych nośników energii w cyklu dobowym (energii elektrycznej, ciepła sieciowego, gazu ziemnego) i czy do maksymalnego zużycia godzinowego w czasie doby trafnie dobrałem rodzaj taryfy?
- czy wiem kto ma najlepszą ofertę i czy wybrałem najtańszego dostawcę energii?
- czy jest w firmie ktoś odpowiedzialny za zarządzanie energią i czy istnieje system szkolenia i motywacji pracowników?
- czy wiem gdzie mam największe możliwości zmniejszenia zużycia energii i czy mam je uszeregowane według opłacalności ich wdrożenia?
- czy mam jakiś plan wdrażania efektywności energetycznej?
- czy monitoruję zmiany zużycia energii i potrafię je wytłumaczyć?

Jeżeli na wszystkie pytania odpowiemy „tak”, to znaczy w Twojej firmie funkcjonuje system zarządzania kosztami energii. Jeżeli odpowiemy „nie” 5 razy lub więcej, to znaczy, że taki system trzeba w firmie wprowadzić jak najszybciej. Wcale nie musi być skomplikowany, a na pewno zarobi na sobie i przyniesie zmniejszenie kosztów paliw i energii.

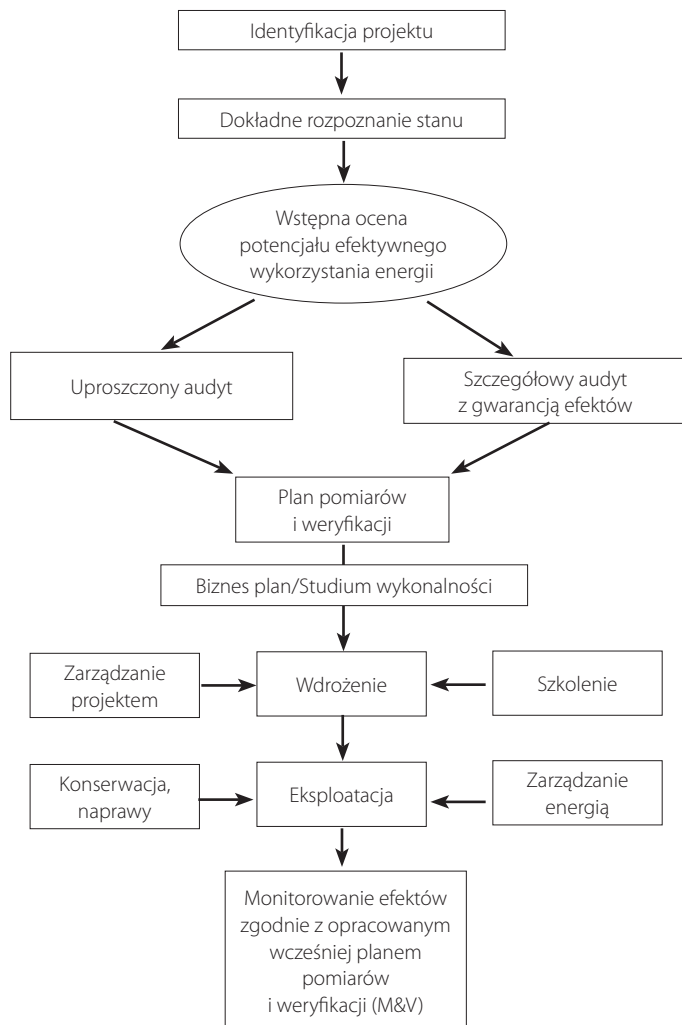
Proponujemy więc wprowadzić system zarządzania energią oparty na:

- wyznaczeniu osoby, w większych przedsiębiorstwach zespołu, odpowiedzialnych za zarządzanie energią oraz przypisaniu kompetencji i szkolenia tej osoby,
- monitorowaniu zużycia kosztów energii,
- okresowych analizach i raportach – zaleceniach energooszczędnej eksploatacji,



- wybraniu najkorzystniejszych taryf i dostawcy energii,
- identyfikacji przedsięwzięć – projektów efektywnego wykorzystania energii,
- opracowaniu planów i wdrożenia przedsięwzięć z wykorzystaniem dostępnych mechanizmów wsparcia.

Prześledźmy sposób postępowania „krok po kroku” na przykładzie układów napędowych z silnikami elektrycznymi. Schemat postępowania jest na tyle uniwersalny, że pozwala na zastosowanie w innych projektach efektywności energetycznej: oświetlenia, ogrzewania budynków, nagrzewania itp. Ogólny przegląd czynności w identyfikacji i wdrożeniu projektu przedstawia schemat na Rysunek 6. Schemat ten jest rozbudowany, ale dzięki temu kompletny. Warto go stosować, upraszczając tam, gdzie mamy do czynienia z małymi projektami.



**Rysunek 6:** Fazy projektu

Przybliżmy teraz fazy tego projektu.

### **Pierwszy krok – identyfikacja projektu**

Jest to w zasadzie diagnoza stanu użytkowania energii w danym układzie/installacji. Obejmuje czynności ujęte w Tabeli 3.

**Tabela 3:** Identyfikacja projektu dla układów napędowych z silnikami elektrycznymi

Określenie granic projektu: – układ technologiczny, – układ napędowy, – pojedyncze urządzenia.
Grupowanie wg rodzaju usług energetycznych (pompowanie, sprzężanie, wentylacja, klimatyzacja, transport, inne procesy produkcyjne, jak: przesiewanie, rozdrabnianie itp.).
Zebranie podstawowych informacji technologicznych i technicznych.
Ocena obsługi, konserwacji, naprawy i sposobu zarządzania kosztami, w tym kosztami energii.
Poznanie sposobów i reżimów użytkowania.

### **Drugi krok – dokładniejsze rozpoznanie**

Skupiamy się na tych układach/installacjach, co do których już wiemy, że istnieją duże możliwości zmniejszenia zużycia energii albo tam, gdzie zużycie i koszty energii są największe. Robimy tam dokładniejsze rozpoznanie. Czynności tego kroku przedstawia Tabela 4.

**Tabela 4:** Drugi krok – dokładniejsze rozpoznanie

Zebranie danych statystycznych o zużyciu energii (elektrycznej) z ostatnich lat.
Ranking w grupach usług energetycznych układów i urządzeń, według: – zużycia energii, – kosztów energii, – potrzeb modernizacyjnych i remontowych.
Wstępna ocena możliwości zmniejszenia zużycia i kosztów energii: – wywiady z obsługą i zarządzającymi, – analizy statystyczne, – porównanie wskaźników (benchmarking), – typowanie przedsięwzięć.

### **Trzeci krok – wstępna ocena potencjału efektywnego wykorzystania energii**

Trzeci krok ma na celu wykorzystanie zebranych wcześniej informacji, udokumentowanie oceny i przedstawienie krótkiego raportu odpowiadającego na pytanie: czy istnieje interesujący, ekonomiczny potencjał w analizowanym obiekcie, który może przynieść zmniejszenie zużycia i kosztów energii w sposób opłacalny. Czynności tej fazy przedstawiono w Tabeli 5.

**Tabela 5:** Trzeci krok – wstępna ocena potencjału efektywnego wykorzystania energii

Szacunkowa ocena efektów energetycznych, ekonomicznych i ekologicznych obiecujących przedsięwzięć.
Krótki raport o możliwych efektach wraz z uzasadnieniem wykonania dokładniejszych analiz i ocen w audycie energetycznym.
Prezentacja wyników raportu przez wykonawców raportu i dyskusja z osobami zarządzającymi obiektem.

### **Czwarty krok – audyt energetyczny**

Celem czwartego kroku jest wykonanie audytu energetycznego w zakresie szczegółowej diagnozy istniejącego stanu użytkowania energii, generowania, oceny i rekomendacji wyboru przedsięwzięć do wdrożenia w praktyce. Czynności tej fazy projektu przedstawiono w Tabeli 6.

**Tabela 6:** Czwarty krok – audyt energetyczny

Opis i ocena stanu istniejącego: <ul style="list-style-type: none"><li>– technicznego,</li><li>– energetycznego,</li><li>– kosztów,</li><li>– ekologicznego.</li></ul>
Wyjściowe (bazowe) zużycie i koszty energii
Tworzenie, selekcja i ocena przedsięwzięć (beznakładowych i niskonakładowych, inwestycyjnych): <ul style="list-style-type: none"><li>– wywiady,</li><li>– przeglądy wizualne,</li><li>– pomiary energetyczne,</li><li>– modele statystyczne,</li><li>– modele inżynierskie itp.</li></ul>
Ocena i ranking przedsięwzięć według: <ul style="list-style-type: none"><li>– nakładów inwestycyjnych,</li><li>– efektywności ekonomicznej,</li><li>– efektów ekologicznych i innych społecznych:<ul style="list-style-type: none"><li>– rachunek i wskaźniki ocen ekonomicznych,</li><li>– rachunek i wskaźniki redukcji zanieczyszczeń środowiska.</li></ul></li></ul>
Ocena możliwości finansowania projektu ze środków własnych inwestora oraz zewnętrznych, włącznie ze środkami pomocowymi
Propozycja wyboru przedsięwzięć do projektu i harmonogramu dalszych działań
Rekomendacje dotyczące: <ul style="list-style-type: none"><li>– zakresu sieciowego projektu i sposobu jego finansowania,</li><li>– zarządzania energią,</li><li>– obsługi urządzeń i sposobu napraw bieżących,</li><li>– szkolenia obsługi i służb utrzymania ruchu.</li></ul>

### **Piąty krok – opracowanie planu pomiarów i weryfikacji**

Celem tego kroku jest przygotowanie się do „mierzenia” efektów, które projekt ma przynieść. Czynności tej fazy projektu przedstawiono na Rysunku 8.

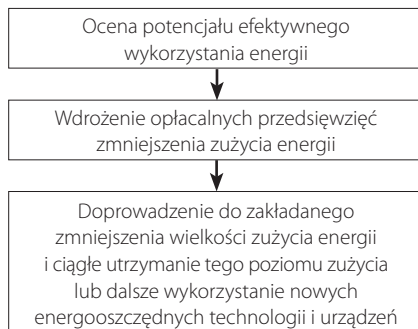
### **Szósty krok – wdrożenie przedsięwzięć**

Teraz dopiero przychodzi moment na podjęcie ostatecznej decyzji o realizacji przedsięwzięć.

### **Siódmy krok – ocena i monitorowanie efektów przedsięwzięć**

Celem kolejnego kroku, który powinien być wykonany po zrealizowaniu przedsięwzięć i potem kontynuowany w trakcie dalszej eksploatacji, jest odpowiedź na pytanie: czy projekt przyniósł oczekiwane efekty i czy efekty te są trwałe? Ta faza projektu powinna być realizowana zgodnie z opisem podanym w piątym kroku.

W skrócie istotne kroki w tej sekwencji to:



Jednak najważniejsze jest to, żeby w firmie powstał system zarządzania energią. Niektóre czynności, jak np. audyt energetyczny – można zlecić firmom i ekspertom zewnętrznym.

Co warto zapamiętać:

- (1) System zarządzania energią w firmie to sposób na zmniejszenie kosztów energii i pierwsze efektywne przedsięwzięcie małonakładowe.
- (2) Najważniejsi są kompetentni ludzie, funkcjonujący w systemie zarządzania energią. Ich szkolenie i motywacja stanowią podstawę sukcesu.
- (3) Zarządzanie energią to proces ciągły. Bezustannie powstają nowe możliwości techniczne i finansowe. Dlaczego z tego nie skorzystać?

## 1.5. Spełniam wymogi prawa unijnego i polskiego

Najważniejszy wpływ otoczenia prawnego na gospodarowanie energią w firmie mają dyrektywy Unii Europejskiej i ich adaptacja prawna w Polsce. Istotnym nowym mechanizmem wynikającym z wdrożenia Dyrektywy 2006/32/WE o efektywności energetycznej i serwisie energetycznym jest ustawa o efektywności energetycznej z 15 kwietnia 2011 r. Wspomniane wymogi prawne mają dla firm produkcyjnych i usługowych charakter nakazowy lub bodźcowy.

Do wymogów nakazowych należą:

- obowiązek projektowania, produkcji oraz etykietowanie sprzętu i urządzeń powszechnego użytku o podwyższonej sprawności energetycznej,
- zapewnienie odpowiedniej jakości energetycznej nowych i modernizowanych budynków oraz certyfikacja energetyczna wprowadzanych do obrotu handlowego,
- przeprowadzenie kontroli kotłów, systemów klimatyzacji i instalacji grzewczych,
- dotrzymywanie poziomu limitów emisji gazów cieplarnianych ze spalania paliw przez te podmioty, które są objęte systemem handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS).

Do wymogów stanowiących zachęty podnoszenia efektywności energetycznej należą:

- uzyskiwanie certyfikatów: czerwonych i żółtych za wysokosprawną kogenerację opartą na węglu i gazie, zielonych za stosowanie energii odnawialnych w wytwarzaniu energii elektrycznej, białych za zmniejszenie zużycia paliw i energii przez wzrost efektywności energetycznej. Sprzedaż certyfikatów na giełdzie może stanowić źródło przychodu dla firm i sposobu na zwiększenie opłacalności przedsięwzięć,
- możliwość korzystnego (niskooprocentowanego) kredytu, dofinansowania przedsięwzięć energooszczędnych i wykorzystania odnawialnych źródeł energii z funduszy pomocowych (NFOŚiGW, WFOŚiGW, POLiŚ, RPO).

Szczególną uwagę należy zwrócić na tzw. „białe certyfikaty”, które zostały prawnie wprowadzone (ustawa o efektywności energetycznej) w 2011 r. Firma może zgłosić swoje przedsięwzięcia proefektywnościowe na przetarg organizowany raz w roku przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki. Jeżeli zgłoszona przez firmę oferta deklarowanej wielkości oszczędności i oczekiwanej w zamian ilości świadectw efektywności energetycznej (białych certyfikatów) znajdzie się w puli ofert wygrywających, to przyznane zostanie firmie prawo do emisji określonej liczby certyfikatów, które następnie firma będzie mogła sprzedać. Obowiązek zakupu certyfikatów zostanie nałożony na przedsiębiorstwa energetyczne, które corocznie będą zobowiązane przedstawić do umorzenia określoną liczbę tych certyfikatów lub zapłacić opłatę zastępczą. Przychody ze sprzedaży „białych certyfikatów” mogą znacząco podnieść opłacalność i atrakcyjność inwestycji energooszczędnych realizowanych przez firmy. Szczegółowe procedury w zakresie funkcjonowania systemu białych certyfikatów będą wprowadzone na przełomie 2011 i 2012 r.

Warto zapamiętać:

- (1) Prawo unijne i polskie nakłada na firmy wymagania proefektywnościowe. Daje również zachęty materialne dla energooszczędnych inwestycji.
- (2) Białe certyfikaty dają szansę na uczestnictwo firm w długoterminowym systemie wspierania energooszczędnych przedsięwzięć. Warto wcześniej zapoznać się z tekstem ustawy o efektywności energetycznej i towarzyszącymi jej rozporządzeniami.
- (3) Audyty energetyczne są podstawą do oceny identyfikacji przedsięwzięć w firmie. W większych firmach szkoli się własnych audytorów, w mniejszych korzysta się z audytorów wpisanych do rejestru krajowego.

## 1.6. Co mogę zrobić, co zmienić?

Po rozpoznaniu i uszeregowaniu odbiorników energii, np. wg ich wpływu na całkowity bilans zużycia energii w przedsiębiorstwie, należy przeanalizować możliwości wprowadzenia zmian, dzięki którym uzyska się oszczędności energii. W dalszych rozdziałach poradnika pokazano przykładowe przedsięwzięcia, których realizacja często może przynieść znaczne oszczędności.

Na rynku jest dostępnych wiele narzędzi pozwalających obliczyć efekty energetyczne stosowania różnych technologii. Większość producentów silników, pomp, wentylatorów, układów automatyki i sterowania, materiałów termoizolacyjnych, urządzeń grzewczych oferuje dedykowane programy, pozwalające ocenić efekty stosowania oferowanych przez nich produktów lub rozwiązań. Powstało również wiele narzędzi niezależnych od producentów, pozwalających na ocenę i porównanie różnych opcji technologicznych zarówno w zakresie poprawy efektywności użytkowania, jak i dostawy energii. Przykłady takich programów przedstawiono poniżej.

## 1.7. Narzędzia audytowe i wskazówki praktyczne

Institucje i organizacje zajmujące się zagadnieniami oszczędności energii i efektywnego wykorzystania energii opracowały wiele narzędzi obliczeniowych, wspomagających potencjalnych użytkowników w procesie podejmowania decyzji odnośnie gospodarki energią w firmie.

W niniejszym poradniku pragniemy odwołać się do dwóch narzędzi, które są bardzo przydatne podczas modernizacji gospodarki energetycznej w firmie lub przedsiębiorstwie produkcyjnym.

### 1.7.1. Narzędzie RETScreen

Pakiem narzędzi szczególnie wartych polecenia jest RETScreen® International (International Renewable Energy Project Analysis Software, [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)). Jest to pakiet narzędzi wspomagających:

- podejmowanie decyzji dotyczących rozwoju,
- obliczenia parametrów technicznych i finansowych projektów, z wykorzystaniem energooszczędnych i czystych technologii energetycznych,
- poprawę efektywności energetycznej.

Program został opracowany i jest rozwijany przez Ministerstwo Zasobów Naturalnych Kanady i Centrum Technologii Energetycznych (Natural Resources Canada's CanmetENERGY), we współpracy z Programem Środowiskowym Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP), GEF i NASA. Najważniejszym elementem narzędzia jest znormalizowany i zintegrowany program analityczny, który może służyć do oceny możliwo-

ści technicznych i opłacalności ekonomicznej (koszt w cyklu życia) produkcji energii w oparciu o technologie energooszczędne i odnawialne źródła energii oraz szerokiego zakresu przedsięwzięć efektywnościowych, a także do wyznaczania towarzyszącej tym przedsięwzięciom redukcji emisji gazów cieplarnianych. Dodatkowym atutem programu jest dostępność polskiej wersji językowej.

Program RETScreen® jest bezpłatnym narzędziem, które ma na celu wspomagać i ułatwiać przeprowadzanie:

- analiz technicznych, ekonomicznych,
- analiz wpływu na środowisko dla przedsięwzięć z zakresu poprawiających efektywność energetyczną oraz zakresu wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

RETScreen® umożliwia znaczne obniżenie kosztów (zarówno pod względem finansowym, jak i czasowym) związanych z ustalaniem i dokonywaniem oceny potencjalnych projektów energetycznych. Koszty te, wynikające ze wstępnej oraz ostatecznej oceny wykonalności, z uwzględnieniem opracowań i faz w zakresie prac inżynierskich, mogą być zasadniczą barierą w zastosowaniu technik odnawialnej energii i efektywności energetycznej. Analizy możliwe do przeprowadzenia w wyniku zastosowania tego programu pozwalają na określenie czy proponowany projekt dotyczący przedsięwzięcia efektywności energetycznej, zastosowania odnawialnego źródła energii czy nawet układu kogeneracji ma uzasadnienie pod względem opłacalności finansowej, zużycia energii czy wpływu na środowisko.

RETScreen® umożliwia modelowanie projektu oraz przeprowadzenie analizy pięciopunktowej obejmującej analizę energetyczną, analizę kosztów, analizę emisji, analizę finansową oraz ekonomiczną analizę wrażliwości projektu na zmiany różnych parametrów. Narzędzie to posiada obszerną bazę danych hydrologicznych i klimatycznych z danymi pochodzącymi z całego świata. Dane te pochodzą ze stacji meteorologicznych oraz z satelitów NASA. Dodatkowym atutem programu jest również wbudowana baza danych produktów wraz z charakterystycznymi parametrami, obszerna baza przykładowych projektów, podręczniki oraz materiały szkoleniowe. W ramach programu RETScreen®, użytkownik, niekoniecznie będący specjalistą w przedmiotowej dziedzinie, ma możliwość wykonania analizy obejmującej następujące typy projektów:

- przedsięwzięcia energooszczędne w obiektach przemysłowych, komercyjnych, użyteczności publicznej, oraz w budynkach mieszkalnych jak np. ocieplenie skorupy budynku, czy wymiana oświetlenia na energooszczędne,
- produkcja energii elektrycznej w oparciu o rozmaite technologie, np. z wykorzystaniem turbin wiatrowych (elektrowni wiatrowych), ogniw fotowoltaicznych, małych turbin wodnych (małych elektrowni wodnych), turbin parowych, turbin gazowych,
- produkcja ciepła do celów technologicznych i grzewczych,
- produkcja chłodu,
- skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła,
- skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i chłodu,
- trigeneracja,
- zastosowanie odnawialnych źródeł energii.

Dodatkowym atutem programu jest to, iż pozwala nie tylko na obniżenie kosztów i poprawę jakości prac studialnych wykonywanych przez inwestorów, ale również prezentuje w ujednoczony sposób wyniki, które mogą być przydatne dla łatwiejszej i lepszej oceny projektów zgłaszanych do realizacji w ramach programów pozwalających na ubieganie się o wsparcie ze strony krajowych i międzynarodowych źródeł finansowych. Zachętą do stosowania narzędzi RETScreen® jest stosunkowo niewielka ilość wymaganych danych wejściowych dla przeprowadzenia analizy, a także znacznie niższy koszt opracowania wstępnej analizy w stosunku do opracowania zleconego na zewnątrz.

W Rozdziale 3.2 przedstawiono kilka przykładów obliczeniowych wykonanych z zastosowaniem narzędzia RETScreen, odnoszących się do przedsięwzięć energo-efektywnościowych opisanych w Rozdziale 2.

## 1.7.2. Narzędzia opracowane przez Efficiency Valuation Organization

Racjonalna gospodarka i efektywne wykorzystanie energii w firmie często wymagają przeprowadzenia w miarę wnikliwej analizy struktury zużycia energii przez poszczególne jej odbiorniki lub grupy odbiorników – takie, jak np. linie technologiczne. Ponieważ analiza zużycia energii, audyt energetyczny i podobne działania podlegają pewnym zasadom, korzystnie jest zastosować się do istniejących zasad i wskazówek opracowanych w tej kwestii przez doświadczone podmioty i instytucje. Jedną z organizacji, której działalność koncentruje się na zagadnieniu racjonalnej gospodarki energia w aspekcie jej oszczędności, włączając w to sprawę określenia tych oszczędności, jest organizacja Efficiency Valuation Organization (EVO), która publikuje ważne i wartościowe dokumenty edukacyjne pod nazwą International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP – [Międzynarodowy Protokół Oceny i Weryfikacji Efektywności]) oraz International Energy Efficiency Financing Protocol (IEEFP – Międzynarodowy Protokół Finansowania Efektywności Energetycznej). EVO jest instytucją *non-profit*, zajmującą się nowoczesnymi metodami zarządzania ryzykiem w zakresie eksploatacji energetycznej. EVO rozpoczęła swą działalność jako IPMVP – komitet złożony z wolontariuszy, którzy pod auspicjami US *Department of Energy* podjęli wspólną inicjatywę opracowania międzynarodowego protokołu pomiarów i weryfikacji (M&V), który mógłby być pomocny w określaniu, w sposób spójny i niezawodny, oszczędności energii uzyskanych dzięki projektom energo-efektywnościowym.

### Protokół IPMVP – (International Performance Measurement and Verification Protocol)

Dokument zawiera przegląd najlepszych, obecnie dostępnych, praktycznych technik weryfikacji rezultatów w zakresie określania oszczędności zużycia energii, wody oraz projektów wykorzystania odnawialnych źródeł energii w instalacjach komercyjnych i przemysłowych. Dokument może być również wykorzystany przez operatorów instalacji w celu oceny i poprawy działania instalacji. Ma szczególne zastosowanie w umowach o efekt energetyczny, czyli tam, gdzie oszczędności muszą być raportowane klientowi i mogą stanowić podstawę zapłaty dla ESCO (Energy Saving COmpany).

W IPMVP zaprezentowano powszechnie stosowaną terminologię i określa się w nim wszystkie elementy potrzebne do przeprowadzenia racjonalnej dyskusji na temat spornych zagadnień w obrębie pomiarów i weryfikacji (M&V).

Podstawowym celem IPMVP jest opis obecnych, dobrych praktyk pomiarów i weryfikacji, jako przekonywujących dla szerszej publiczności, w zakresie raportów o oszczędności energii. Jego globalne zastosowanie było pomocne dla sektora zajmującego się umowami o efekt energetyczny w USA i na świecie.

Środki oszczędności energii opisane w protokole obejmują środki / sposoby oszczędności paliw, efektywnego wykorzystania wody, rozdziału obciążeń i redukcji zużycia energii poprzez modernizację urządzeń i/lub modernizację procedur operacyjnych. W ramach IPMVP, do chwili obecnej opublikowano trzy woluminy: **Wolumin I** Koncepcje i opcje określania oszczędności energii i wody; **Wolumin II** Zagadnienia jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń; **Wolumin III** obejmujący wskazówki dla konkretnych zastosowań w oparciu o Wolumin I (instrukcje na temat nowobudowanych budynków (Część I) i dodatkowe wyposażenie wykorzystujące OZE dla budynków istniejących (Część II)).

### Protokół IEEFP – (International Energy Efficiency Financing Protocol)

Głównym powodem opracowania IEEFP (*Międzynarodowy Protokół Finansowania Efektywności Energetycznej*) jest pokonanie jednej z najbardziej znaczących barier dla projektów energo-efektywnościowych, a mianowicie braku możliwości finansowania na drodze uzasadnionej ekonomicznie. Ten brak finansowania **nie jest spowodowany brakiem dostępnych środków**, ale raczej niemożnością dostępu do istniejących zasobów finansowych w lokalnych bankach i instytucjach finansujących, na komercyjnie atrakcyjnych warunkach. Brak dostępu jest spowodowany „**brakiem połączenia**” pomiędzy tradycyjnymi

praktykami udzielania pożyczek przez instytucje lokalne i potrzebami finansowymi ze strony projektów energo-oszczędnościowych.

Lokalne instytucje finansujące zazwyczaj stosują tradycyjno-korporacyjne podejście do pożyczek, „w oparciu o aktywa” dla projektów energo-efektywnościowych, co powoduje ograniczenie pożyczki do maksymalnie 70% – 80% wartości sfinansowanych środków trwałych (lub w oparciu o dostarczone zabezpieczenie spłaty). Niestety, w przypadku przyrządów / urządzeń stosowanych w projektach energo-oszczędnościowych, jeśli te urządzenia montuje się w instalacji, to często ich wartość jako zabezpieczenia pożyczki jest niewielka lub zerowa – to raczej przepływy pieniężne generowane przez te urządzenia po ich zamontowaniu stanowią taką wartość. Jak dotąd, większość lokalnych instytucji finansujących (w wyniku braku wiedzy) nie dostrzega lub zdaje się nie wierzyć, że projekty energo-efektywnościowe mogą generować znaczne przepływy pieniężne, albo że na takich przepływach pieniężnych można polegać w aspekcie spłaty zaciągniętego kredytu (pożyczki). W rezultacie, lokalne instytucje finansujące zazwyczaj nie przypisują żadnej wartości generowanym strumieniom pieniężnym i skutkiem tego wymagają od wnioskodawców, aby obciążali swoją zdolność kredytową, w celu sfinansowania efektywności energetycznej.

IEEFP stanowi międzynarodowy, standaryzowany program szkoleniowy dla instytucji finansujących, mówiący o tym, w jaki sposób oceniać ryzyko i korzyści związane z finansowaniem projektów energo-efektywnościowych. Program koncentruje się na **wartości oszczędności projektów energo-efektywnościowych pod kątem spłat kredytów** i analiz zdolności kredytowej.

### 1.7.3. Narzędzie wyboru opcji gromadzenia analitycznych danych audytowych

Nie można bezpośrednio zmierzyć efektów modernizacji w zakresie efektywności energetycznej, ponieważ efekty te określane są tylko przez brak zużycia energii, wynikający z działań mających na celu taką właśnie redukcję. Istnieje zatem ważna potrzeba zmierzenia i weryfikacji oszczędności, generowanych przez projekt. Ponieważ oszczędności nie da się zmierzyć bezpośrednio, można je określić w drodze porównania zużycia zmierzonego przed i po wdrożeniu projektu, wprowadzając odpowiednio **poprawki dostosowawcze** z uwagi na zmiany warunków. Wartość finansowa oszczędności energii obejmuje wszystkie elementy, na które wpływ wywierają mierzone wielkości, takie jak koszty zużycia / zapotrzebowania, kredyt na transformację, współczynnik wykorzystania mocy, dostosowanie ceny paliwa, dyskonto za wczesną spłatę, podatki. IPMVP definiuje cztery opcje określania oszczędności – A, B, C, D. Pokrywają one zakres potencjalnych projektów energo-oszczędnościowych i pozwalają na osiągnięcie równowagi pomiędzy dokładnością pomiarów a kosztami M&V.

**OPCJA A – modernizacja wyodrębniona** – pomiar parametru kluczowego. Typowym zastosowaniem jest modernizacja oświetlenia, gdzie pobór energii jest kluczowym parametrem eksploatacyjnym, mierzonym okresowo. Należy oszacować godziny pracy oświetlenia w oparciu o układ budynku i zachowania użytkowników.

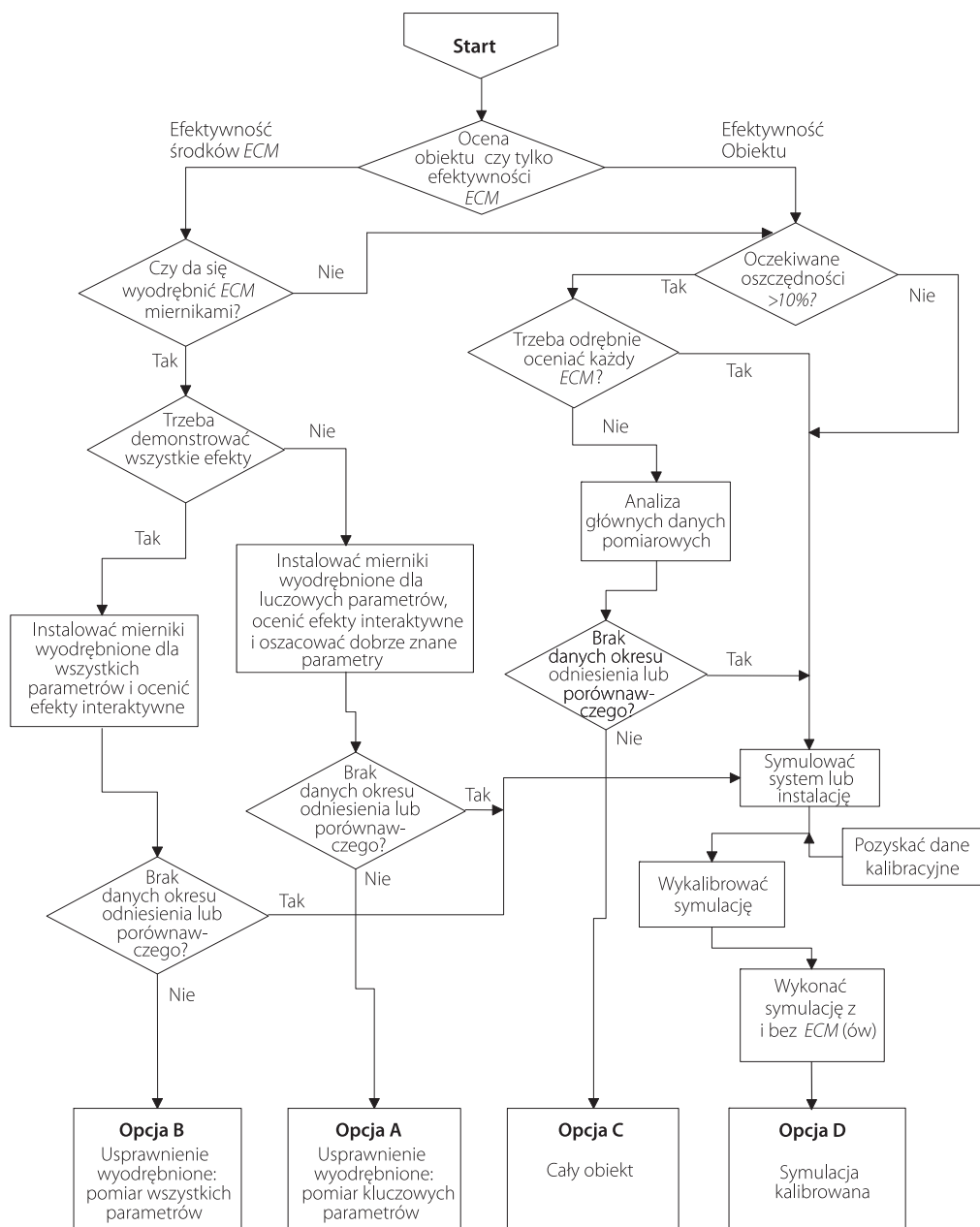
**OPCJA B – modernizacja wyodrębniona** – pomiar wszystkich parametrów. Typowe zastosowanie dotyczy napędów zmiennoobrotowych i urządzeń regulacyjnych silników elektrycznych, np. w celu regulacji wydajności pompy.

**OPCJA C – cała instalacja** – typowe zastosowanie to wieloparametrowy program zarządzania energią, obejmujący wiele układów w danej instalacji. Obejmuje pomiary zużycia energii za pomocą gazomierzy i liczników energii elektrycznej (należących do dostawców energii), w okresie linii bazowej wynoszącym 12 miesięcy, a następnie w okresie raportowym.

**OPCJA D – symulacja kalibrowana** – typowe zastosowanie to wieloparametrowy program zarządzania energią, który obejmuje wiele układów w instalacji, ale w sytuacji, gdy w okresie linii bazowej nie było tam zainstalowanych liczników. Pomiary zużycia energii wykonane po zainstalowaniu gazomierzy i liczników



energii elektrycznej, wykorzystuje się do kalibrowania symulacji. Zużycie energii dla linii bazowej, określone z zastosowaniem symulacji kalibrowanej, porównuje się z symulacją zużycia energii w okresie raportowym. Ogólny schemat wyboru Opcji dla wyjściowego kryterium **granicy oceny** (określenie jaką część danej instalacji poddajemy opomiarowaniu i analizie – w jakich granicach działamy) przedstawiono na Rysunku 8.



**Rysunek 8: Proces wyboru Opcji – uproszczenie**

Uwaga: ECM oznacza środek służący oszczędności energii (z ang.: Energy Conservation Measure)

Źródło: EVO-IPMVP, FEWE

#### **1.7.4. Narzędzie EEmotor i inne narzędzia dotyczące napędów elektrycznych**

EEmotor ([www.efemotor.pemp.pl](http://www.efemotor.pemp.pl)) to narzędzie wspomagające gospodarowanie silnikami elektrycznymi w przedsiębiorstwie i podejmowanie działań zmierzających do zmniejszenia zużycia i kosztów energii elektrycznej w napędach elektrycznych. Program EEmotor przeznaczony jest do: prowadzenia inwentaryzacji silników elektrycznych pracujących w przedsiębiorstwie (z uwzględnieniem indywidualnych parametrów i warunków pracy silnika, miejsca zastosowania, urządzeń napędzanych itd.), szacowania sprawności i stopnia wykorzystania poszczególnych silników, wspomaganie podejmowania decyzji przy zakupie nowych silników (zasadność wyboru modeli energooszczędnych), wspomaganie podejmowania decyzji przy kierowaniu do naprawy silników uszkodzonych (zasadność zakupu nowego silnika zamiast naprawy uszkodzonego), prowadzenia analiz dotyczących zużycia i kosztów energii w grupach urządzeń (zakłady, oddziały, poszczególne maszyny, silniki określonych wielkości, wieku, stopnia wykorzystania etc.), znajdowania zamienników (zarówno z katalogu nowych silników, jak i silników znajdujących się w magazynie użytkownika) dla silników pracujących w określonych warunkach, których zastosowanie może przynieść akceptowalne przez użytkownika korzyści (określony okres zwrotu nakładów, określona wielkość nakładów i oszczędności).

EEmotor zawiera bazę danych o krajowych silnikach elektrycznych zarówno obecnie sprzedawanych (serie sg, sh, SEE), jak i starszych (serie sf).

Analogiczne zastosowanie mają programy: amerykański Motor Master Plus i europejski EuroDEEM – [sunbird.jrc.it/energyefficiency/eurodeem](http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/eurodeem).

#### **1.7.5. Inne narzędzia audytowe ogólnego zastosowania**

EINSTEIN (Expert system for an Intelligent Supply of Thermal Energy in Industry, [sourceforge.net/projects/einstein](http://sourceforge.net/projects/einstein)) to narzędzie wspomagające wykonanie audytu energetycznego przedsiębiorstwa w zakresie systemów ciepłych oraz projektowanie efektywnych energetycznie systemów dostawy ciepła i chłodu. Obecnie EINSTEIN jest rozwijany w ramach programu Inteligentna Energia – Program dla Europy (IEE).

#### **1.7.6. Strona [www.topten.info.pl](http://www.topten.info.pl)**

Strona [www.topten.info.pl](http://www.topten.info.pl) jest narzędziem przeznaczonym dla konsumentów, umożliwiającym im wyszukanie i porównanie najbardziej energooszczędnych urządzeń powszechnego użytku. Narzędzie to prezentuje najbardziej sprawne energetycznie, nowoczesne urządzenia w poszczególnych kategoriach produktów, obejmujących sprzęt AGD, urządzenia biurowe, sprzęt elektroniczny, urządzenia grzewcze, kolektory słoneczne, silniki elektryczne i pompy cyrkulacyjne, a także samochody. Można tu znaleźć informację o każdym produkcie, dotyczącą zużycia energii i innych cech charakterystycznych, które interesują użytkownika (znak firmowy, model, cena, zdjęcie, koszty eksploatacji).

Topten działa jako serwis niezależny od producentów i dystrybutorów handlowych i opiera się tylko na etykietach i standardowych deklaracjach, obiektywnych testach i analizach opracowanych przez niezależne instytucje.

Topten ma na celu doprowadzenie do sytuacji, aby normalnym i najlepszym wyborem rynkowym zarówno dla producenta, jak i przede wszystkim konsumenta detalicznego, był wybór produktu energooszczędnego. Projekt zachęca konsumenta do wyboru produktów energooszczędnych, oferując mu możliwość prostego porównania i selekcji najbardziej energooszczędnych produktów. Dla każdego rodzaju produktu Topten oferuje zalecenia dotyczące energooszczędnego użytkowania i zakupów.

Więcej informacji można uzyskać na stronie [www.topten.info.pl](http://www.topten.info.pl)



## 2. Katalog uniwersalnych przedsięwzięć – najlepsze praktyki

### 2.1. Układy napędowe: silniki elektryczne, pompy, sprężarki i wentylatory

W zależności od profilu i wielkości przedsiębiorstwa elektryczne układy napędowe mogą pełnić w nich różne funkcje: od napędów pomocniczych w instalacjach grzewczych, wentylacyjnych czy klimatyzacyjnych do funkcji podstawowej w procesie technologicznym realizowanym w przedsiębiorstwach produkcyjnych (układy pompowe, wentylatorowe, sprężonego powietrza, wytwarzania chłodu).

Elektryczne układy napędowe (obejmujące silniki, napędy, pompy, wentylatory oraz układy sterowania) wykorzystują nawet do 60% całej energii elektrycznej zużywanej w Polsce. Ze względu na ogromną ilość zainstalowanych maszyn ocenia się, że wielkość strat energii w napędach elektrycznych sięga w naszym kraju 1,5 miliarda złotych rocznie. Ponadto wiek znacznej części eksploatowanych urządzeń przekracza 20 lat. Stąd krajowy potencjał oszczędności energii w elektrycznych układach napędowych, wynikający z różnicy sprawności silników oraz ze stosowania układów regulacji napędów zamiast dławienia przepływu na przykład w systemach pompowych czy wentylatorowych jest znaczny.

Rynek oferuje wiele możliwości technologicznych realizacji tego potencjału. Praktycznie wszyscy liczący się producenci silników elektrycznych posiadają w swojej ofercie silniki trójfazowe, asynchroniczne o podwyższonej sprawności. Użytkownik napędów może znaleźć tu zarówno silniki na niskie, jak i średnie napięcie w zakresie mocy od 0,75 do 2000 kW.

Oferta produktowa w zakresie przemienników częstotliwości jest tak duża, że możliwy jest zakup urządzeń w jeszcze szerszym zakresie mocy. W sprzedaży dostępne są przemienniki częstotliwości, zaliczane do najbardziej zaawansowanych konstrukcji na świecie oraz tańsze produkty, które charakteryzują się słabszymi parametrami i podstawową funkcjonalnością. Zaawansowanie techniczne tego typu urządzeń zależy między innymi od realizowanego sposobu sterowania silnikiem, np.: skalarnie (mniej zaawansowane) lub wektorowe, jak również od sposobu zasilania – rozwiązania na niskie napięcie są zazwyczaj ponad dwukrotnie tańsze od przemienników pracujących na średnim napięciu, dlatego w realizowanych projektach modernizacji napędów na średnie napięcie częsta jest sytuacja instalacji nowego układu na napięcie niskie, zazwyczaj 690 V. Należy jednak pamiętać o tym, że wiąże się to z koniecznością zastosowania dodatkowego transformatora i przewodów elektrycznych o dużo większych przekrojach, co w przypadku modernizacji niektórych zespołów napędów dużej mocy może przemawiać za zastosowaniem napięcia średniego.

Typowe działania podnoszące efektywność elektrycznego układu napędowego przedstawiono w Tabeli 7.

**Tabela 7:** Środki oszczędności energii w elektrycznych układach napędowych

<b>Środek oszczędności energii w układach napędowych</b>	<b>Typowy zakres oszczędności</b>
<i>Instalacja lub pełna modernizacja układu</i>	
Zastosowanie elektrycznego silnika energooszczędnego	2–8%
Prawidłowy dobór wielkości	1–3%
Zastosowanie napędów zmiennobrotowych, układy regulacji (VSD)	10–50%
Wysokosprawny układ przeniesienia napędu / reduktor	2–10%
Automatyka jakości zasilania	0,5–3%
Zastosowanie urządzenia napędzanego o wyższej sprawności	2–15%
<i>Eksploatacja i obsługa / utrzymanie układu</i>	
Smarowanie, nastawy, regulacja	1–5%

### 2.1.1. Silniki indukcyjne

Wskaźnikiem efektywności energetycznej silnika elektrycznego jest jego sprawność. Silniki elektryczne osiągają wysoki poziom sprawności, jednak różnice pomiędzy poszczególnymi modelami mogą być znaczne na poziomie kilku lub nawet kilkunastu procent, na Rysunku 9 pokazano sprawności silników dostępnych na krajowym rynku. Dla ułatwienia nabywcy wyboru odpowiedniego silnika, w Europie, w roku 1999 r., Stowarzyszenie Europejskich Producentów Maszyn Elektrycznych i Energoelektroniki CEMEP określiło trzy klasy sprawności silników indukcyjnych klatkowych ogólnego stosowania z zakresu mocy 1,1–90 kW, które zostały oznaczone symbolami Eff1, Eff2, Eff3.

Stosowanie silników o wyższej klasie sprawności (Eff1 lub Eff2) nie jest w Unii Europejskiej obligatoryjne. Wprowadzenie klas sprawności spowodowało jednak ograniczenie sprzedaży silników o niskiej sprawności (Eff3) o około 60% wśród producentów zrzeszonych w CEMEP.

Klasyfikacja ta dzieli silniki na następujące grupy:

- w klasie sprawności Eff3 – silniki o niskiej sprawności;
- w klasie sprawności Eff2 – silniki standardowe (średni poziom sprawności);
- w klasie sprawności Eff1 – silniki o wysokiej sprawności.

Silniki oznaczone są następującymi etykietami:



Klasyfikacja i etykietowanie silników miało charakter dobrowolny, niemniej większość silników producentów europejskich była oznaczana zgodnie z wymogami tego systemu.

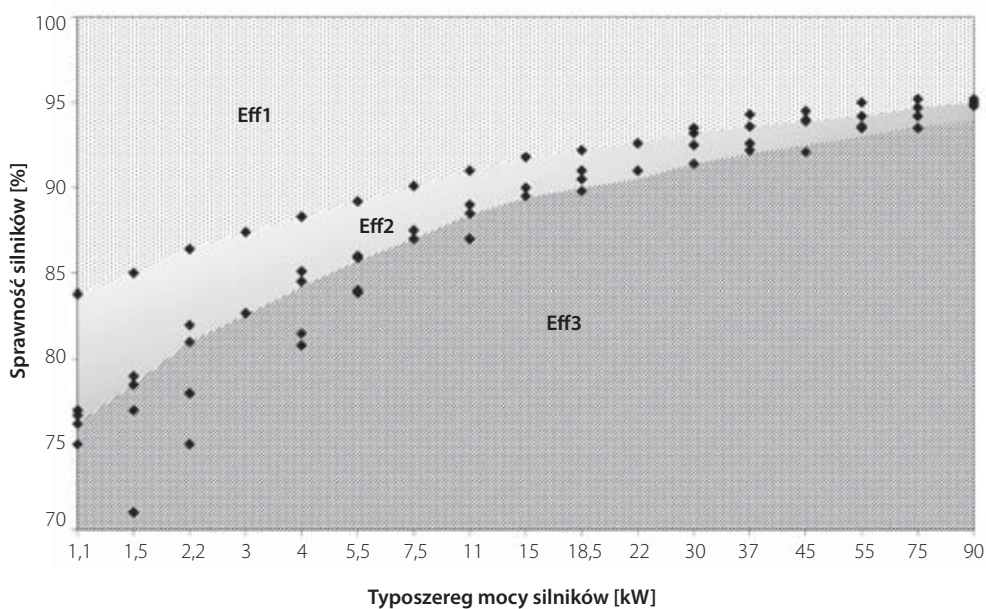
Obecnie norma światowa IEC 60034-30:2008(IE-code) wprowadziła nowy ujednolicony, w skali światowej, sposób klasyfikacji dla silników 2-, 4- i 6-biegunowych o mocach do 375 kW przy pomocy klas sprawności IE. Obecnie wyróżnia się trzy poziomy sprawności dla silników:

- IE1 – silniki standardowe (w przybliżeniu odpowiada dawniej klasie Eff2) ;
- IE2 – silniki o podwyższonej sprawności (dawniej klasa Eff1);
- IE3 – najwyższy poziom sprawności, tzw. Klasa Premium.

Na mocy Rozporządzenia Komisji Nr 640/2009, w sprawie wdrażania Dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla silników elektrycznych na terenie Unii Europejskiej, wprowadzone zostały wymogi dotyczące efektywności energetycznej silników indukcyjnych 2, 4 i 6-biegunowych sprzedawanych na rynku unijnym. Rozporządzenie wprowadza te wymogi zgodnie z nową klasyfikacją IE i następującym harmonogramem:

- od 16 czerwca 2011 r. silniki o mocy znamionowej w granicach 0,75–375 kW muszą odpowiadać co najmniej klasie sprawności IE2,
- od 1 stycznia 2015 r. silniki o mocy znamionowej w granicach 7,5–375 kW muszą odpowiadać co najmniej klasie sprawności IE3 lub odpowiadać klasie sprawności IE2 oraz być wyposażone w układ płynnej regulacji prędkości obrotowej,
- Od dnia 1 stycznia 2017 r. wszystkie silniki o mocy znamionowej w granicach 0,75–375 kW muszą odpowiadać co najmniej klasie sprawności IE3 lub odpowiadać klasie sprawności IE2 oraz być wyposażone w układ płynnej regulacji prędkości obrotowej.

Rysunek 9 przedstawia porównanie sprawności silników niskiego napięcia dostępnych na rynku polskim. Obok silników ogólnego zastosowania pokazano również sprawność silników w wykonaniach specjalnych.



**Rysunek 9:** Zakresy sprawności silników oferowanych na polskim rynku w zakresie mocy od 1,1 do 90 kW

Na wielkość zużycia energii elektrycznej przez układy napędowe ma wpływ wiele czynników, takich jak:

- sprawność silnika,
- prawidłowy dobór silnika pod względem parametrów elektrycznych i mechanicznych.

Właściwy dobór silnika elektrycznego do konkretnego urządzenia mechanicznego jest zagadnieniem wielopłaszczyznowym i obejmuje m.in. następujące zagadnienia:

- napięcie i częstotliwość znamionowa silnika – wartość napięcia i częstotliwości silnika powinna być równa wartości napięcia i częstotliwości sieci zasilającej, do której silnik ma być podłączony,
- rodzaj prądu – do napędów o stałej prędkości obrotowej należy stosować przede wszystkim silniki prądu przemiennego, a zwłaszcza indukcyjne,
- prędkość obrotowa – znamionową prędkość obrotową należy dobrać do prędkości wymaganej przez urządzenie napędzane. Przy wymaganych prędkościach urządzeń odbiegających znacznie od prędkości znamionowych silników należy rozważyć zastosowanie:
  - silników wielobiegowych,
  - motoreduktorów,
  - przekładni,

- przetwornic częstotliwości,
- moc silnika – powinna być dobrana do potrzeb pracy urządzenia napędzanego; zaleca się, aby silnik był obciążony mocą od 0,75 do 1,0 mocy nominalnej.sposób regulacji prędkości obrotowej,
- jakość zasilania energią elektryczną,
- mechaniczny układ przeniesienia napędu,
- praktyka w zakresie konserwacji i utrzymania,
- sprawność końcowego urządzenia napędzanego.

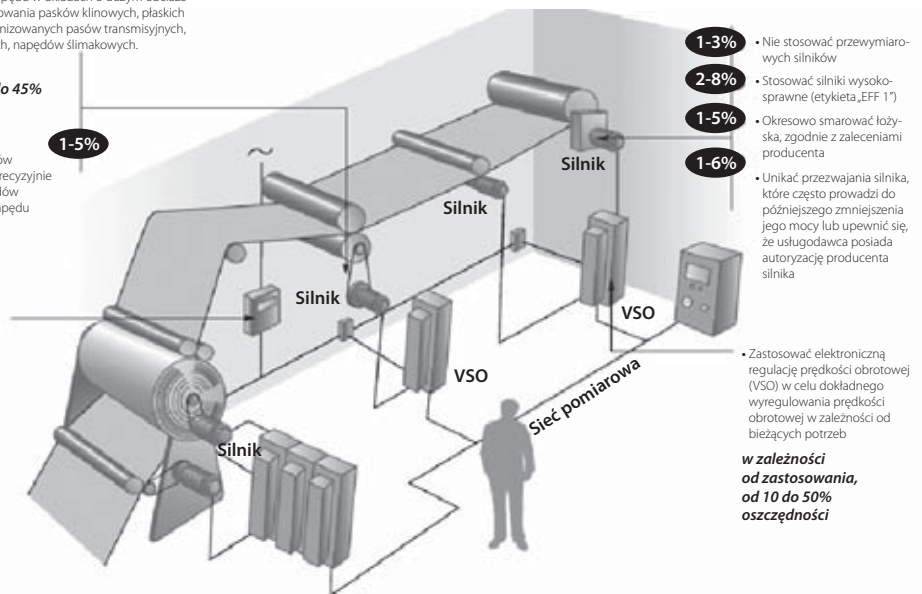
Użytkownik powinien spróbować zoptymalizować cały układ silnika, aby w pełni skorzystać z dostępnego potencjału oszczędności.

• Przeniesienie napędu w układach o dużym obciążeniu: unikaj stosowania pasów klinowych, płaskich lub niesynchronizowanych pasów transmisyjnych, wałków zębatych, napędów ślimakowych.

**Przykłady strat energii do 45%**

- Wyregulować napięcie pasów
- Wyregulować precyzyjnie celowanie układów przeniesienia napędu

- Zainstalować mierniki elektryczne okresowego lub ciągłego działania



**Rysunek 10:** Na co warto zwrócić uwagę optymalizując elektryczny układ napędowy

Źródło: ADEME (Francja), broszura dla Motor Challenge Programme (Intelligent Energy Europe)

Przykład obliczeniowy dotyczący ekonomiki wymiany silnika elektrycznego i bilans spodziewanych efektów ekologicznych, wykonane za pomocą oprogramowania RETScreen, podano w dalszej części Poradnika. Zainteresowanych tematem silników elektrycznych i napędów zapraszamy do skorzystania z materiałów biblioteki PEMP, administrowanej przez FEWE. Szczególnie polecamy:

- [http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/PEMP\\_seria\\_wydawnicza\\_1.pdf](http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/PEMP_seria_wydawnicza_1.pdf)
- [http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/PEMP\\_seria\\_wydawnicza\\_2.pdf](http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/PEMP_seria_wydawnicza_2.pdf)
- [http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/pemp\\_seria\\_wydawnicza\\_6.pdf](http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/pemp_seria_wydawnicza_6.pdf)

### 2.1.2. Pompy obiegowe i cyrkulacyjne

Pompy tego typu są stosowane w wodnych instalacjach grzewczych, instalacjach klimatyzacyjnych, zamkniętych obiegach chłodniczych. Najczęściej są to pompy wirnikowe, bezdławnicowe z silnikiem elektrycznym. Podobnie jak sprzęt AGD, pompy te od 2005 r. objęto dobrowolnym porozumieniem wprowadzającym system oznakowania klasą energetyczną. Dotyczy on pomp o mocy do 2,5 kW.

System oznakowania pomp obiegowych został przygotowany przez Europump (Stowarzyszenie Europejskich Producentów Pomp) przy akceptacji Komisji Europejskiej. System ten pozwala użytkownikowi na świadomy wybór urządzenia bardziej efektywnego.

W zależności od wyznaczonego wskaźnika efektywności energetycznej pompy klasyfikowane są do kategorii efektywności energetycznej od A – najlepsze, do G – najgorsze (Tabela 2).

**Tabela 8:** Klasy sprawności w zależności od wskaźnika efektywności energetycznej pompy

Klasa efektywności energetycznej	Wskaźnik efektywności energetycznej (EEI)
A	$EEI < 0,40$
B	$0,40 \leq EEI < 0,60$
C	$0,60 \leq EEI < 0,80$
D	$0,80 \leq EEI < 1,00$
E	$1,00 \leq EEI < 1,20$
F	$1,20 \leq EEI < 1,40$
G	$1,40 \leq EEI$

Na tej podstawie jest tworzona etykieta, która powinna być zamieszczona w widocznym miejscu na pompie i/lub opakowaniu. Za treść etykiety odpowiada producent. Obecnie na rynku dostępne są pompy różnych producentów spełniające kryteria dla klasy A. Na etykietach pominięto podanie aktualnego zapotrzebowania mocy lub rocznego zużycia energii.

Liczba godzin pracy pompy zależy od warunków regulacji instalacji, a przede wszystkim od położenia geograficznego ogrzewanego obiektu. Zużycie energii elektrycznej przez pompę może zatem znacznie się różnić, nawet w przypadku takiej samej geometrii instalacji czy zamontowanej pompy. Obciążenie hydrauliczne pomp, które przekłada się na zużycie energii, nie może być bezpośrednio porównywane nawet w pompach tego samego typu, ponieważ zależy ono od rodzaju obiegu, w którym urządzenia te są zainstalowane.

Możliwe jest ogólne przedstawienie różnic pomiędzy poszczególnymi klasami energetycznymi. Pompę o przeciętnej sprawności energetycznej oznaczono klasą energetyczną D, przyjmując jej zużycie energii jako 100%. Pompa o klasie energetycznej A może zużywać tylko około 30% energii pobieranej przez odpowiadającą jej pompę o klasie energetycznej D. Powszechnie stosowane w instalacjach grzewczych w Europie pompy uzyskały ocenę klasy energetycznej D lub E.

Zastosowane rozwiązania dotyczące zwiększenia efektywności energetycznej w pompach obiegowych klasy energetycznej A to m.in.:

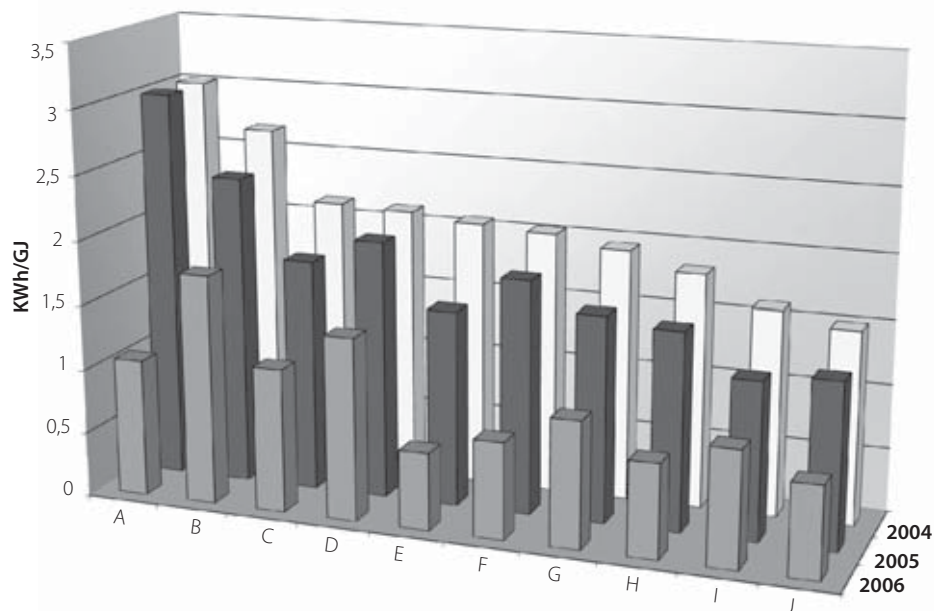
- silnik elektryczny z wirnikiem z magnesami trwałymi;
- automatyczna, proporcjonalna regulacja ciśnienia dostosowana do przepływu.

Obecnie w państwach Unii Europejskiej obowiązuje Rozporządzenie Komisji Nr 641/2009 w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla pomp cyrkulacyjnych bezdławnicowych wolnostojących i pomp cyrkulacyjnych bezdławnicowych zintegrowanych z produktami, które wprowadza następujące wymagania:

- od dnia 1 stycznia 2013 r. pompy cyrkulacyjne bezdławnicowe wolnostojące osiągają poziom efektywności, mierzony współczynnikiem efektywności energetycznej (EEI), nie większy niż 0,27 (nie dotyczy to pomp specjalnie zaprojektowanych dla obwodów pierwotnych systemów ciepłych wykorzystujących energię słoneczną oraz pomp ciepła);
- od dnia 1 sierpnia 2015 r. pompy cyrkulacyjne bezdławnicowe wolnostojące oraz pompy cyrkulacyjne bezdławnicowe zintegrowane z produktami osiągają poziom efektywności, mierzony współczynnikiem efektywności energetycznej (EEI), nie większym niż 0,23.



Równocześnie regulacji podlega zakres i forma informacji, które powinny być publikowane, w tym m.in. zdanie: „Kryterium odniesienia dla najbardziej energooszczędnych pomp cyrkulacyjnych wynosi  $EEL \leq 0,20$ ”. Współczynnik EEL jest odpowiednio skorygowanym stosunkiem średniej mocy pobieranej przez pompę dla danego cyklu pracy do mocy pobieranej przez urządzenie referencyjne. Metodyka liczenia współczynnika efektywności energetycznej (EEL) jest szczegółowo opisana w załączniku do Rozporządzenia. Pompy klasy A są już stosowane w praktyce w ciepłownictwie w Polsce. Przykładowe wdrożenia przeprowadzono w ramach projektu demonstracyjnego Polskiego Programu Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych w Ciepłowni Rydułtowy. Modernizacja dotyczyła wymiany istniejących, niejednokrotnie przewymiarowanych i wyeksploatowanych pomp obiegowych o mocach z zakresu od 0,55 do 1,1 kW. Zainstalowano tu pompy MAGNA produkcji Grundfos o zmiennej prędkości obrotowej z energooszczędnym silnikiem z magnesami trwałymi, posiadające funkcję AUTOADAPT. Dla zobrazowania osiągniętych efektów na Rysunku 1 przedstawiono wskaźniki energochłonności pomp obiegowych w stosunku do sprzedanej w danym węźle energii cieplnej. Literami oznaczono kolejne węzły ciepłownicze.



**Rysunek 11:** Wskaźniki energochłonności pomp obiegowych w modernizowanych węzłach:

2004 – przed wymianą pomp obiegowych,

2005 – realizacja zadania (nowe pompy pracowały tylko w listopadzie i grudniu 2005),

2006 – praca nowych pomp we wszystkich miesiącach sezonu grzewczego w 2006 roku

W związku z powyższym dla pomp obiegowych i cyrkulacyjnych monoblokowych o mocach do 2,5 kW proponuje się stosowanie urządzeń o klasie efektywności energetycznej A. Należy zwrócić uwagę, że podstawowym warunkiem wykorzystania walorów energooszczędnej pompy obiegowej jest prawidłowe określenie jej rzeczywistych parametrów pracy oraz prawidłowy dobór (właściwe zaprojektowanie).

Pompy dobiera się na podstawie objętości wody, którą należy przepompować oraz wymaganej wysokości podnoszenia. Pompę w instalacji grzewczej można niedowymiarować, gdyż jest ona projektowana na warunki ekstremalne, a takie występują średnio od 5 do 8 dni w ciągu roku. Niedowymiarowanie pompy o kilka procent może skutkować jedynie krótkotrwałym, nieznacznym spadkiem temperatury.

Nieprzewymiarowanie pompy ma również kluczowe znaczenie dla efektywności energetycznej w układach cyrkulacji ciepłej wody użytkowej. Zbyt duży strumień krążącej ciepłej wody wpływać będzie na wzrost strat ciepła. Stała cyrkulacja ciepłej wody użytkowej powoduje jej dostępność natychmiast po odkręceniu kranu czy prysznica. Pompa cyrkulacyjna musi umożliwić optymalną pracę instalacji w zmieniających się warunkach hydraulicznych, wynikających z wpływu dynamiki rozbioru c.w.u (ciepłej wody użytkowej), na opory przepływu.

W instalacjach grzewczych zamkniętych bezpieczniejsze jest zainstalowanie pompy na instalacji powrotnej. W przypadku braku odpowiedniego zabezpieczenia regulacji temperatury kotła często przekraczana jest temperatura tłoczonego medium. Zainstalowanie pompy na zasilaniu może doprowadzić do awarii pompy w momencie przekroczenia temperatury granicznej czynnika tłoczonego.

### **Podstawowe zasady efektywnego energetycznie użytkowania pomp**

Metody redukcji zużycia energii w układach pompowych obejmują odcięcie zaworami wszelkich nieużywanych fragmentów obiegów i regularne odpowietrzanie przewodów rurowych. Na etapie projektowania instalacji należy unikać niepotrzebnych zmian kierunku przepływu, zredukować długość sieci i stosować metody regulacji inne, niż instalacja zaworów dławiących, obejścia (by-pass), czy też brak regulacji. Należy wyłączyć wszelkie zbędne pompy i nie uruchamiać pomp, jeśli nie będą od razu wykorzystywane.

Należy zadbać o redukcję strat ciśnienia w sieciach i minimalizować ilość przetłaczanego medium. Bardzo istotne jest zapobieganie wyciekom medium oraz likwidacja ewentualnych nieszczelności w układzie, a także regularna okresowa konserwacja urządzeń.

### **Niewłaściwy dobór pompy lub niewłaściwe utrzymanie ruchu**

Na niewłaściwe utrzymanie pompy może wskazywać:

- praca w warunkach kawitacji,
- zużycie mechaniczne elementów pompy,
- wahania dławienia nastawionego jako stałe – nastawienie pompy poprzez dławienie na stałą wysokość podnoszenia i przepływ, wskazuje na jej nadmierną wydajność. Straty energii reprezentowane są przez spadek ciśnienia na zaworze regulacyjnym. Strata energii jest proporcjonalna do spadku ciśnienia i wielkości przepływu,
- głośna praca pompy – zwykle spowodowana dużym dławieniem lub nadmiernym przepływem. Głośna praca zaworów regulacyjnych lub obejść (by-passów) zwykle oznacza duży spadek ciśnienia, któremu towarzyszą znaczne straty energii,
- zmiany w stosunku do warunków projektowych – zmiany warunków pracy instalacji (rozbudowa, wyłączenia itp.), mogą powodować to, że pompy uprzednio dobrze dostosowane do poprzednich warunków, obecnie mogą pracować ze zmniejszoną sprawnością,
- zastosowanie pomp, o których wiadomo, że mają za dużą wydajność – nadmierna wydajność powoduje straty energii, ponieważ przetłaczana jest większa ilość cieczy przy ciśnieniu zbyt wysokim w stosunku do wymaganego.

Powszechne jest generowanie strat energii poprzez: kierowanie nadmiarowego strumienia do układów obejściowych, eksploatację niepotrzebnych pomp, utrzymywanie zbyt wysokiego ciśnienia lub utrzymywanie znacznego przyrostu przepływu pomiędzy pompami.

Zainteresowanych zapraszamy do skorzystania z poradnika FEWE ([http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/PEMP\\_seria\\_wydawnicza\\_3.pdf](http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/PEMP_seria_wydawnicza_3.pdf)).

### 2.1.3. Systemy wentylacyjne

W mechanicznych systemach wentylacyjnych kluczowe znaczenie dla efektywności energetycznej układu mają następujące parametry:

- zużycie energii elektrycznej w napędach – parametr ten jest związany z właściwym zaprojektowaniem (doborem) systemu kanałów rozprowadzających powietrze po budynku oraz prawidłowym doborem wymienników ciepła i wszelkiej niezbędnej armatury i wyposażenia (tłumiki, skrzynki rozprężne itp.),
- sprawność odzysku ciepła – zależy od zastosowania odpowiedniej jakości i doboru jednostki wymiennika ciepła (wielkości w zależności od strumienia powietrza wentylacyjnego). Jednostki o większej sprawności generują większy efekt w postaci zwiększenia ilości ciepła odzyskanego ze strumienia usuwanego na zewnątrz powietrza wentylacyjnego.

W Tabeli 9 przedstawiono podstawowe wielkości parametrów w obecnie stosowanych układach wentylacji mechanicznej oraz prognozę ich zmian na podstawie wyników realizacji projektu „GREEN”-global renewable energy efficient neighbourhoods (Green Catalogue).

Celem projektu jest opracowanie katalogu zawierającego prezentacje najlepszych dostępnych technologii (BAT) materiałów i urządzeń stosowanych w budownictwie np. izolacyjne, okna, systemy wentylacyjne, systemy solarne itp. Uczestnikami projektu jest 10 różnych krajów Unii Europejskiej (w tym Polska). Każdy uczestnik wybiera 25 najlepszych dostępnych technologii, a następnie określa zakres stosowalności oraz proponuje wskaźniki zakresu stosowalności wybranej technologii np. wskaźnik efektywności energetycznej. Więcej informacji o projekcie: <http://greencatalogue.browser-opdatering.dk>.

**Tabela 9:** Podstawowe wielkości i prognoza zmian parametrów wydajności systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Wskaźniki	Wymagania			
	Obecnie (powszechny standard)	Prognoza w związku z EPBD*	Przyszłość (2010)	BAT (najlepsze dostępne techniki)
Zapotrzebowanie na moc elektryczną, W/(m <sup>3</sup> /s)	2000–3000	800–2000	200–1200	200–1200
Zapotrzebowanie na energię elektryczną [Wh/m <sup>3</sup> ):	0,40–0,43	0,41	0,39	0,26
Sprawność odzysku ciepła, %	60–90	80–92	85–95	85–99
Poziom hałasu, dB	30–35	25–28	25	25
Instalacje wyciągowe				
Zapotrzebowanie na moc, W/(m <sup>3</sup> /s)	1000–1500	400–1000	100–600	100–600
Poziom hałasu, dB	30–35	28	25	25

\* EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

#### Podstawowe zasady efektywnego energetycznie użytkowania układów wentylatorowych

Możliwości zmniejszenia zużycia energii przez wentylator można rozważać w następujących kategoriach:

- projektowanie systemu wentylacyjnego na minimum strat dla danego obciążenia roboczego, uwzględniając długość, położenie i pole przekroju poprzecznego kanałów wentylacyjnych oraz zmiany kierunku przepływu;
- dobór wentylatora optymalnego dla danego obciążenia i warunków pracy wymaga znajomości nie tylko żądanych obciążeń szczytowych, ale także amplitudy i zmienności obciążenia w czasie. Na dobór mają również wpływ efekty związane z właściwościami systemu;
- wybór rodzaju regulacji punktu pracy wentylatora obejmuje: dławienie, regulację prędkości, zmienną geometrię itp.;

- sprawność wentylatora – różne typy wentylatorów mają różną sprawność szczytową, przy czym najwyższą sprawnością charakteryzują się wentylatory osiowe z łopatkami o profilu płata aerodynamicznego. Wentylatory, nawet tego samego typu, mogą się znacznie różnić pod względem sprawności szczytowej, należy zatem zawsze wybierać wentylator o największej sprawności.

Poniżej przedstawiono listę najważniejszych środków stanowiących opcje, które należy uwzględnić w celu poprawy osiągnięć systemu wentylatorowego. Zestawienie to należy traktować jako wskazówkę. W zależności od konkretnych wymogów systemu inne środki mogą być bardziej odpowiednie. Istotne znaczenie ma zapewnienie odpowiedniej szczelności budynku, a także prawidłowe zbilansowanie w układzie wlot/wylot.

### **Cykl pracy**

W celu zminimalizowania kosztów eksploatacyjnych należy przeprowadzić analizę zapotrzebowania na wentylację w zależności od pory roku, miesiąca i dnia. Wykorzystanie wyników tej analizy dla ustawienia zoptymalizowanego cyklu sterownika czasowego może radykalnie zmniejszyć zapotrzebowanie na energię. Przykładem dużych potencjalnych oszczędności może być zapotrzebowanie na wentylację poza godzinami pracy w budynkach komercyjnych lub w przemyśle.

### **Regulacja w zależności od zapotrzebowania**

Na rynku dostępnych jest wiele systemów sterowania wentylacją w zależności od potrzeb. Przez monitorowanie zapotrzebowania przepływ powietrza może być dostosowywany do aktualnych potrzeb. Jednym z najczęściej stosowanych jest napęd z regulowaną prędkością zasilany z przemiennika częstotliwości. Dla większych wentylatorów osiowych powszechnie stosowaną metodą regulacji przepływu powietrza jest zmiana kąta pochylenia łopatek.

### **Kanały wentylacyjne**

System kanałów wentylacyjnych jest zwykle instalowany w budynkach lub obiektach przemysłowych po ukończeniu budowy głównej konstrukcji. Powoduje to czasem konieczność wprowadzania licznych łuków i zmian średnicy. Najczęściej instalowane są kanały o przekroju prostokątnym, podczas gdy, pod względem zużycia energii, lepsze są kanały okrągłe.

Ponadto, po zainstalowaniu konieczne jest zrównoważenie sieci wentylacyjnej w celu uzyskania projektowych wydajności dla każdego pomieszczenia. Równoważenie sieci oznacza zwykle wprowadzanie przepustnic w niektórych ciągach wentylacyjnych, co powoduje dodatkowe straty ciśnienia i w konsekwencji marnotrawstwo energii. Dla uniknięcia tych strat konieczne jest prawidłowe planowanie systemu wentylacyjnego.

### **Systemy sprężonego powietrza**

Sprężone powietrze to jeden z najdroższych nośników energii. Według różnych źródeł literaturowych sprawność jego użytkowania (wytwarzanie, przesył, wykorzystanie) nie przekracza 20%. Reszta energii zamieniana jest w sprężarkach na ciepło oraz podlega stratom poprzez nieszczelności w instalacjach urządzeń pneumatycznych. Proces produkcji sprężonego powietrza zazwyczaj charakteryzuje się dużym potencjałem w zakresie poprawy jego efektywności, wynoszącym średnio około 25% zużycia energii elektrycznej.

### **Podstawowe zasady efektywnego energetycznie użytkowania układów sprężonego powietrza**

Pełna ścieżka optymalizacji systemu sprężonego powietrza może obejmować następujące zagadnienia:

- analiza kosztów wytwarzania sprężonego powietrza w zakładzie,
- oszacowanie zużycia powietrza przez wszystkie maszyny i urządzenia,
- oszacowanie strat poprzez nieszczelności,
- likwidacja większości kosztownych wycieków,
- ewentualne zmiany w konfiguracji sieci pneumatycznej,
- zastosowanie odpowiednich metod uzdatniania powietrza, co pozwala na zmniejszenie ciśnienia roboczego w sieci zasilającej,
- wprowadzenie w zakładzie monitorowania zużycia sprężonego powietrza.

Poniżej przedstawiono potencjalnie pojedyncze zadania mające wpływ na uzyskanie oszczędności energii, które mogą mieć zastosowanie do układu działającego w Waszym przedsiębiorstwie.

### **Wytwarzanie sprężonego powietrza**

- optymalizacja wykorzystania układu: odpowiednie nastawy urządzeń regulacyjnych i regulacja ciśnienia, wyłączanie, gdy układ nie jest używany;
- optymalizacja ciśnienia powietrza w układzie – jest to funkcja końcowych urządzeń odbiorowych,
- obniżenie temperatury powietrza wlotowego przez zmianę lokalizacji wlotu powietrza (przy zapewnieniu optymalnego stopnia filtrowania powietrza na wlocie),
- modernizacja układu regulacji sprężarki,
- wymiana filtrów za urządzeniami w zależności od spadku ciśnienia,
- filtrowanie i osuszanie powietrza do poziomu minimum wymagań ze strony układu (w miarę możliwości instalować lokalne filtry / osuszacze dla poszczególnych zastosowań / potrzeb),
- prowadzenie odzysku i wykorzystywanie ciepła odpadowego,
- zastosowanie większego głównego odbiornika,
- zastosowanie napędów zmiennoodrotowych,
- rozważenie możliwości zastosowania układu wielociśnieniowego lub zastosowanie lokalnie urządzeń do podwyższania ciśnienia, decentralizacja układu,
- zastąpienie zwykłych silników elektrycznych silnikami energooszczędnymi,
- zastąpienie sprężarki nowymi modelami lub modelami lepiej dopasowanymi do warunków, tak aby nowe sprężarki miały niższe jednostkowe zużycie energii, dostosowane do wymagań układu,
- stosowanie zespołów sprężarek o różnej wydajności w układzie z nadrzędną regulacją.

### **Sieć dystrybucyjna**

- prowadzenie regularnych przeglądów w celu wykrywania wycieków,
- redukcja wycieków powietrza poprzez zastosowanie szczelnych złączy, wysokiej jakości szybkozłączy itp.,
- podział układu na strefy, z właściwą regulacją ciśnienia i sprawnymi zaworami odcinającymi,
- odłączanie nieużywanych przewodów,
- stosowanie naczyń odwadniających (do usuwania kondensatu) niepowodujące strat powietrza,
- stosowanie pomocniczych (uzupełniających) odbiorników blisko miejsc o zmiennym obciążeniu,
- optymalizacja sieci: obiegi zamknięte w formie pierścienia, optymalizacja średnic przewodów.

### **Urządzenia końcowe**

- naprawa lub wymiana nieszczelnych urządzeń,
- wyłączanie dopływu powietrza, kiedy dane urządzenie nie pracuje,
- weryfikacja (i optymalizacja) potrzeb w zakresie stosowania specjalnych regulatorów ciśnienia, filtrów, osuszaczy.

### **Monitoring układu**

- instalacja licznika energii elektrycznej zużywanej przez sprężarki,
- instalacja centralnego przepływomierza sprężonego powietrza, wyposażonego w funkcję obliczania średniego i sumarycznego zużycia powietrza,
- prowadzenie regularnych przeglądów w celu wykrywania wycieków.

Zainteresowanym polecamy podręcznik „Jak oszczędzać energię w w systemach sprężonego powietrza”: Autorstwa Wojciecha Halkiewicza, wydany w 2009 r. staraniem FEWE i NFOŚiGW, w ramach Projektu PEMP ([http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/pemp\\_seria\\_wydawnicza\\_5.pdf](http://portal.pemp.pl/biblioteka/roboczy/pemp_seria_wydawnicza_5.pdf)).

## 2.2. Oświetlenie

### 2.2.1. Oświetlenie a wydajność pracowników

W codziennym życiu oświetlenie ma ogromne znaczenie zarówno dla naszego samopoczucia, zdrowia, jak i bezpieczeństwa. Poza tym odpowiednio dobrane i dopasowane do pomieszczenia, koloru ścian i wystroju tworzy klimat. Z punktu widzenia zużycia energii w budynkach biurowych oświetlenie odgrywa znaczącą rolę, zwłaszcza przy zastosowaniu tradycyjnych żarówek. Choć zazwyczaj nie przekracza 30%, to czasami może stanowić nawet 40% całej zużytej energii elektrycznej. Niemniej jednak oświetlenie wcale nie musi oznaczać wysokiego zużycia energii i związanych z tym kosztów. Możliwości oszczędzania energii w dziedzinie oświetlenia są jednymi z największych i tylko przez zastosowanie energooszczędnych świetlówek zredukowane może być nawet do 80% zużytego do celów oświetleniowych prądu.

Badania medyczne prowadzone na świecie wykazały, że światło ma nie tylko wzrokowe, ale i biologiczne oddziaływanie na organizm ludzki. Organizm ludzki przystosowany jest do funkcjonowania w cyklu oświetlenia naturalnego kuli ziemskiej, który składa się z dwóch okresów: około 12 godzin jasności i około 12 godzin ciemności. Zmiana cyklu może jednak powodować istotne zaburzenia w funkcjonowaniu naszego ciała i wywołuje w organizmach zaburzenie cyklu biologicznego, powodujące trudności w zasypianiu, zaburzenia snu oraz osłabienie aktywności i koncentracji w czasie pracy.

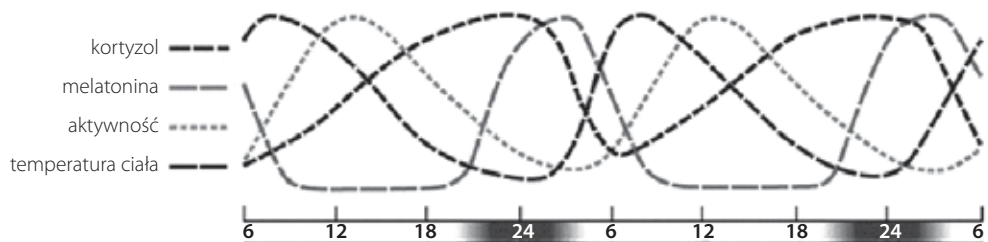
Wydolność wzrokowa człowieka zależy od warunków pracy wzrokowej. W sytuacji oświetlenia sztucznego uzyskanie wysokiej wydolności wzrokowej jest uzależnione od zapewnienia dostatecznie dobrego oświetlenia, określanego m.in. wysokimi poziomami natężenia oświetlenia na płaszczyźnie roboczej. Przy określonym natężeniu oświetlenia wydolność wzrokowa nie jest jednak taka sama u wszystkich ludzi.

Zwiększenie poziomu natężenia oświetlenia powoduje wzrost wydolności wzrokowej. Istnieje jednak duża różnica wydolności wzrokowej w zależności od wieku osoby badanej. Lepsze rezultaty w zakresie wydolności wzrokowej wykazują ludzie młodszy, tzn. około 30 lat, gorsze ludzie starsi, około 55 lat. Przy względnie trudnych zadaniach wzrokowych człowiek starszy potrzebuje ponad 1000 lx dla osiągnięcia takiej samej wydolności wzrokowej, jak ludzie młodszy przy natężeniu oświetlenia 300 lx. Przy trudnej pracy wzrokowej, np. przy czytaniu drobnego tekstu, dla osiągnięcia tej samej, zadowalającej wydolności wzrokowej osoba w wieku ponad 55 lat potrzebuje prawie 6 razy większej ilości światła niż człowiek w wieku około 30 lat.

Norma, w większości wypadków, wymaga do pracy natężenia oświetlenia 300 lx. Jak widać jest to wartość wystarczająca dla osób w wieku około 30 lat. Starsi pracownicy, również potrzebni w firmach ze względu na swoje doświadczenie, a mający niższą wydolność wzrokową, potrzebują jednak znacznie wyższego poziomu natężenia oświetlenia. Dzięki temu będą wykonywać równie dobrze taką samą pracę wzrokową, co młodszy. Oznacza to jednak konieczność podwyższenia natężenia oświetlenia z wymaganej normami minimalnej wartości 300 lx do około 1200 lx.

Wydolność wzrokowa ludzi starszych może być również z powodzeniem poprawiona nie tylko przez odpowiednio wysoki poziom oświetlenia, ale także przez zastosowanie światła z dużym udziałem niebieskiej części widma.

Najważniejszym odkryciem stało się stwierdzenie, że światło, a w szczególności regularne cykle światło-ciemność mają zasadniczy wpływ na kontrolowanie zegara biologicznego człowieka poprzez wpływ na produkcję niektórych ważnych hormonów w ciele ludzkim. Ilustruje to Rysunek 12.



**Rysunek 12:** Typowy dzienny rytm temperatury ciała, poziomu melatoniny i kortyzolu oraz stopnia aktywności ludzi dla naturalnego 24-godzinnego cyklu jasność/ciemność

Na osi poziomej przedstawiono dwie kolejne doby – dwa razy po 24 godziny. Wykres rozpoczyna się o godzinie 6 rano, gdy właśnie się rozjaśnia i natężenie światła naturalnego rośnie. Następnie o godzinie 12 w południe poziom światła jest wysoki, a o 18 po południu ściemnia się. O godzinie 2 w nocy jest ciemno. W dzień mamy do czynienia z sytuacją, gdy na dworze jest jasno i mamy tam dużą ilość światła. Sytuacja panująca w pomieszczeniach nie jest już jednak tak samo dobra nawet w południe. W słoneczny dzień na otwartej przestrzeni panuje natężenie oświetlenia naturalnego około 100000 lx.

W dzień pochmurny zmniejsza się ono do około 20000 lx. W pomieszczeniach, zwłaszcza tych pozbawionych dostatecznej ilości światła naturalnego, mamy na ogół do czynienia z poziomami natężenia oświetlenia nie większymi niż 500 lx, a więc wielokrotnie niższymi.

Na osi pionowej pokazano poziomy temperatury naszego ciała, stopnia aktywności oraz dwóch hormonów odpowiedzialnych za naszą aktywność życiową – melatoniny i kortyzolu, których wydzielanie jest bezpośrednio powiązane z natężeniem oświetlenia, jakiemu jesteśmy poddawani.

**Temperatura ciała.** Dobowe wahania temperatury ciała są zjawiskiem powszechnym i wynoszą około 0,4°C.

**Poziom kortyzolu.** Kortyzol to hormon biorący udział m.in. w produkcji glukozy w organizmie ludzkim, a ta z kolei dostarcza energii naszemu ciału. Poziom kortyzolu utrzymuje wysoką wartość w ciągu dnia i jest najwyższy w godzinach rannych, co stymuluje nas do działania. W nocy ilość kortyzolu w naszym organizmie spada, umożliwiając nam normalny sen.

**Poziom melatoniny.** Melatonina – hormon odpowiadający za sen. Największy poziom melatoniny w organizmie występuje w nocy, jej poziom spada nad ranem i jest niski w ciągu dnia, kiedy pobudza nas wysoki poziom kortyzolu.

W dzień w ludzkim organizmie mamy dużo kortyzolu i mało melatoniny, dzięki czemu możemy być pobudzeni i aktywni, a nie senni. W nocy jest odwrotnie, dzięki czemu mamy spokojny, głęboki sen, a nasza aktywność jest minimalna.

Zapewnienie natężenia oświetlenia na stanowiskach pracy dziennej na poziomie ponad 1000 lx, znacznie większym od wymaganego, poprawia samopoczucie pracowników, zwiększa ich aktywność, zapobiega zmęczeniu i senności podczas pracy.

Odkrycia nauki pozwoliły zrozumieć ogromne korzyści, jakie dzięki swoim skutkom wzrokowym i biologicznym przynosi pracodawcom dobre i silne oświetlenie miejsc pracy. Obok zdrowia i dobrego samopoczucia pracowników dobre oświetlenie powoduje także szybsze wykonywanie czynności, zmniejsza liczbę popełnianych błędów, obniża ilość braków produkcyjnych, poprawia bezpieczeństwo, zmniejsza liczbę wypadków, obniża absencję chorobową. Badania wykazują, że w przemyśle dzięki podwyższeniu natężenia oświetlenia z 300 do 500 lx można osiągnąć wzrost wydajności o 8%, a podwyższenie natężenia do 2000 lx zwiększa wydajność o 20%.

## 2.2.2. Oświetlenie w firmie

Oświetlenie od wielu dekad jest bez wątpienia jednym z najistotniejszych odbiorów energii w firmach. Oczywiście istnieją powszechne standardy projektowania i doboru oświetlenia w zależności od specyfiki oraz przeznaczenia danego obiektu, ponadto występują szczegółowe wymagania opisane w różnego typu wytycznych oraz normach (np. PN-EN 12464-1:2004). Wytyczne odnośnie oświetlenia nie dotyczą jedynie natężenia oświetlenia, ale również innych parametrów gwarantujących komfort oświetleniowy, jak np. współczynnik oddawania barw czy nieprzyjemny efekt olśnienia. Urządzenia oświetleniowe montowane w budynkach biurowych czy produkcyjnych w ciągu ostatnich kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu lat niemalże bez wyjątku bazują na technologii świetłówkowej (fluorescencyjnej) i należy się spodziewać, że nie zmieni się to w najbliższych latach. Ponadto w ciągu ostatnich dwudziestu lat nastąpił znaczący rozwój technologii lamp fluorescencyjnych i innych lamp wyładowczych, co z pewnością umacnia pozycję tych źródeł na rynku.

### Typy oświetlenia

Podstawową funkcją oświetlenia jest zapewnienie odpowiedniej ilości światła umożliwiającego wykonywanie różnych czynności, kiedy światło słoneczne nie jest wystarczające. Innym zastosowaniem oświetlenia są względy estetyczne, gdzie dzięki oświetleniu można pewne elementy uwydatnić, a inne zmarginalizować.

Oświetlenie wewnętrzne dzielimy na trzy podstawowe typy:

#### a) Oświetlenie ogólne

Jest to oświetlenie polegające na rozjaśnieniu całej przestrzeni pomieszczenia, mające na celu zapewnienie dobrej orientacji we wnętrzu. Służą do niego zazwyczaj oprawy sufitowe, w których używa się na ogół świetlówek liniowych, czasami halogenowych lub świetlówek kompaktowych, rzadziej tradycyjnych żarówek. Czasami do regulacji tego typu oświetlenia wykorzystywane są ściemniacze, a czasami oprawy są dzielone na kilka źródeł. Lampy oświetlenia ogólnego dają zazwyczaj światło rozproszone lub odbite od sufitów i ścian. Oświetlenie ogólne jest najczęściej i najdłużej używanym typem oświetlenia, dlatego przede wszystkim tu warto zastosować energooszczędne rozwiązania.

#### c) Oświetlenie miejscowe

Oświetlenie miejscowe, inaczej mówiąc robocze, służy przede wszystkim zapewnieniu odpowiednich warunków oświetleniowych w czasie wykonywania różnych czynności, np. przy czytaniu. Światło powinno być dostatecznie jasne i skierowane na obszar wykonywania czynności tak, by nie raziło lub oślepiło. Zastosowanie tu znajdują lampy, które umożliwiają ustawianie kierunku padania światła (np. lampki biurkowe, podłogowe).

#### c) Oświetlenie dekoracyjne

Oświetlenie dekoracyjne wykorzystywane jest do eksponowania wybranych elementów, szczegółów wewnątrz pomieszczenia, jak np. obrazy, zdjęcia, figurki, meble itp. Zazwyczaj oświetlenie dekoracyjne jest ograniczone do jednego lub dwóch obszarów w pomieszczeniu, zaś światło ma postać skupionej wiązki, czasami kolorowej. Dobre oświetlenie dekoracyjne wykorzystuje grę światła i cienia dla stworzenia właściwego klimatu wnętrza. Pozwala wyeksponować barwę, strukturę powierzchni i kształt przedmiotów. Do tego rodzaju oświetlenia wykorzystuje się lampy dające światło liniowe lub skupione, bezpośrednio oświetlające wybrany obiekt lub eksponując jego kształt.

Dobre oświetlenie pomieszczeń powinno zawsze wykorzystywać wszystkie trzy typy oświetlenia: ogólne, miejscowe i dekoracyjne. Oświetlenie takie zapewni osiągnięcie odpowiedniego, zakładanego efektu.



## 2.2.3. Rodzaje oświetlenia w przestrzeni biura

### A) Oświetlenie bezpośrednie

Przy oświetleniu bezpośrednim promieniowanie źródeł światła wychodzące z opraw oświetleniowych jest kierowane w dół i dociera do płaszczyzny roboczej bez odbić od innych powierzchni. Źródłem oświetlenia bezpośredniego są zazwyczaj oprawy oświetleniowe montowane w sufitach podwieszanych, na stropach lub zwieszane, a także oprawy stojące – biurkowe lub podłogowe. Wśród opraw sufitowych i stropowych do realizacji oświetlenia bezpośredniego najczęściej stosowane są świetlówkowe oprawy rastrowe i typu „downlight”. Dzięki oświetleniu bezpośredniemu pozioma płaszczyzna robocza staje się najjaśniejszą powierzchnią w przestrzeni pomieszczenia. Wyeliminowanie strat absorpcyjnych przy odbiciach od powierzchni wnętrza sprawia, że oświetlenie bezpośrednie zapewnia wysoką efektywność. Ten typ oświetlenia nadaje się doskonale do pomieszczeń o niewielkiej wysokości. Wadą jest możliwość występowania olśnienia, cieni i niepożądanych odbić.



**Rysunek 13:** Oprawy wbudowane w sufit: świetlówkowa oprawa z optyką rastrową oraz oprawa kubekowa  
Źródło: Thorn Lighting

### B) Oświetlenie pośrednie

W przypadku oświetlenia pośredniego światło jest kierowane w stronę sufitu lub ścian i po rozproszonym odbiciu od tych powierzchni dociera do płaszczyzny roboczej. Przy takim sposobie oświetlenia sufit lub ściany stają się w praktyce odbłyśnikami oświetleniowych opraw. Są także najjaśniejszymi powierzchniami w przestrzeni wnętrza. Efektem oświetlenia pośredniego jest silne poczucie jasnej, otwartej przestrzeni. Jest odczuwane jako bardziej komfortowe niż oświetlenie bezpośrednie. Dzięki dobremu rozproszeniu światła eliminuje cienie. Na skutek równomierności może jednak być odbierane jako jednostajne i nużące. Ze względu na straty promieniowania w wyniku absorpcji na powierzchniach odbijających, oświetlenie pośrednie jest droższe od bezpośredniego pod względem kosztów budowy i eksploatacji.



**Rysunek 14:** Oprawa wisząca świetlówkowa oświetlenia pośredniego

Źródło: Thorn Lighting

### C) Oświetlenie bezpośrednio-pośrednie

Oświetlenie bezpośrednio-pośrednie zapewnia emisję światła w dół, na płaszczyznę roboczą oraz w górę na sufit. Miejsca pracy są oświetlane światłem docierającym bezpośrednio z opraw oświetleniowych i pośrednio po odbiciu od sufitu, jednak stosunkowo niewielka część strumienia świetlnego odbijana od sufitu

powoduje głównie ogólne rozświetlenie przestrzeni. Pracownicy często preferują taką kombinację jako łączącą jasność, komfort widzenia i pewne akcenty świetlne, w przeciwieństwie do czysto bezpośredniego lub czysto pośredniego oświetlenia. Koszty opraw i instalacji są tu podobne do pośredniego systemu oświetlenia. Zmieniając proporcje między bezpośrednią i pośrednią częścią strumienia świetlnego, można zmieniać uzyskiwane efekty.



**Rysunek 15:** Oprawa wisząca świetłówkowa oświetlenia bezpośrednio-pośredniego

Źródło: Thorn Lighting

#### 2.2.4. Kryteria doboru oświetlenia pomieszczeń

W pomieszczeniach przeznaczonych do pracy źródła światła powinny mieć białą barwę, gdyż takie światło pozwala dostrzegać szczegóły, a także pobudza do działania. Dobierając oświetlenie mieszkania warto wcześniej zwrócić uwagę na:

- **źródło światła** – rodzaj (żarówki tradycyjne, halogenowe, świetłówki i inne), klasę energetyczną, jakość (żywność i liczba cykli włącz–wyłącz), barwę światła, współczynnik rozpoznawania barw, rodzaje stateczników lamp wyładowczych;
- **oprawy oświetleniowe** – kształt opraw (jak odbijają i jak kierują światło), estetyka (dobór do typu i przeznaczenia pomieszczenia);
- **usytuowanie źródeł światła w pomieszczeniach;**
- **systemu oświetlenia** – systemy sterowania i regulacji oświetlenia, instalacja elektryczna;
- **inne urządzenia** – sposoby niwelowania powstawania zjawiska olśnienia;
- **energooszczędność i ekonomia oświetlania.**

##### A) Rodzaje źródeł światła

Źródła światła na potrzeby oświetlenia obiektów biurowych można podzielić w zasadzie na dwa typy: żarówki i świetłówki. Różnią się one m.in. długością świecenia (żywnością), wydajnością, barwą światła, jak i ceną.

Żarówki dzielimy na:

- **żarówki tradycyjne** – mają ciepłe światło wytwarzane przez cienki żarnik wolframowy; bańki żarówek mogą być przezroczyste, matowe – białe lub barwione; natężenie światła zależy od mocy żarówek (mają niską skuteczność świetlną); są tanie w zakupie, ale drogie w eksploatacji;
- **żarówki halogenowe** – dają światło jasne o barwie cieplej, wiernie oddają kolory oświetlanych przedmiotów; dostępne są również z filtrami, które nadają światłu ciepłą barwę; żarówki halogenowe dają średnio dwa razy więcej światła niż tradycyjne tej samej mocy i świecą dwa, trzy razy dłużej; żarówki halogenowe wysokonapięciowe (przystosowane do zasilania napięciem 230 V) z gwintem E27 można stosować w takich samych oprawach jak żarówki tradycyjne, zaś niskonapięciowe wymagają transformatora (6, 12 lub 24 V) i stosuje się je w specjalnych oprawach. Żarówki halogenowe mogą emitować światło rozproszone lub skupione; żywotność żarówek halogenowych jest w przybliżeniu dwukrotnie dłuższa niż tradycyjnych żarówek, są też ok. 30% bardziej efektywne.



**Rysunek 16:** Żarówki

Źródło: katalog produktów Philips Lighting

Świetłówki dzielimy na:

- **świetłówki liniowe oraz świetłówki kompaktowe niezintegrowane**, wykonane ze szklanej rury prostej lub wygiętej w inne kształty, wyposażonej w zakończenia pasujące do konkretnej oprawy wyposażonej w układ stabilizująco-zapłonowy (statecznik); najczęściej stosowane do oświetlania większych pomieszczeń, np. biur, hal, budynków użyteczności publicznej, sklepów;
- **świetłówki kompaktowe zintegrowane**, w których elementy składowe są ze sobą trwale połączone; rurki świetłówek kompaktowych mogą mieć różne kształty i wymiary (litery U, spiralne i inne); występują również modele, które na zewnątrz mają bańkę podobną do zwykłej żarówki; sprawność świetłówek kompaktowych jest 5-krotnie wyższa niż żarówek tradycyjnych, zaś trwałość 10-krotnie, a najlepszych nawet 15-krotnie większa. Ogromną zaletą świetłówek kompaktowych jest możliwość zastępowania nimi tradycyjnych żarówek bez konieczności zmiany opraw, dlatego też znalazły one szerokie zastosowanie w gospodarstwach domowych.



**Rysunek 17:** Świetłówki

Źródło: katalog produktów Philips Lighting

Świetłówki warto stosować w miejscach, w których światło włącza się na dłużej – jak pokoje, natomiast raczej nie zaleca się ich w pomieszczeniach, gdzie światło zapala się na krótko i często, jak łazienki czy sypialnie. Choć to też nie jest regułą, ponieważ na rynku dostępne są świetłówki o bardzo dużej liczbie cykli włącz-wyłącz, a właśnie częste włączanie na krótki czas jest przyczyną skracania żywotności świetłówek.

**Tabela 10:** Parametry podstawowych źródeł światła

Źródło światła	Zakres sprawności (lm/W)*	Trwałość (h)
Żarówka tradycyjna	8–10	1000
Żarówka halogenowa	13–24	2000
Świetlówka liniowa	43–104	6000–20000
Świetlówka kompaktowa	33–88	6000–12000

\* sprawność znamionowa jest uzależniona od mocy źródła światła.

### Świetlówki kompaktowe w budynkach biurowych

Świetlówki kompaktowe (CFL) stały się symbolem oszczędności energii elektrycznej. Świetlówki kompaktowe z trzonkiem gwintowanym mogą w sposób bezpośredni zastępować żarówki w istniejących oprawach oświetleniowych. Chociaż takie działanie na rzecz energooszczędności wydaje się uzasadnione, to jednak należy pamiętać, że charakterystyki świetlne CFL różnią się od właściwości żarowych źródeł światła. Bezpośrednia wymiana żarówek na świetlówki kompaktowe, sprawdzająca się z powodzeniem w większości zastosowań domowych, przynosi często złe rezultaty przy oświetleniu wnętrz użyteczności publicznej. Nadal wielu użytkowników instaluje je w prostych oprawach dostropowych przeznaczonych pierwotnie do żarówek z bańką reflektorową. Powoduje to zmianę rozsyłu światła oprawy. Wymiary świetlówki kompaktowej sprawiają, że duże fragmenty jej powierzchni świecącej, wystając z oprawy, są bezpośrednio widoczne dla obserwatora. Oświetlenie tego typu powoduje olśnienie i niepotrzebne, nadmierne rozświetlenie sufitu. Nawet, jeśli CFL dają się zastosować w takich oprawach, to trudno liczyć, że proces oszczędzania energii będzie trwały, ponieważ w każdej chwili, zdegustowany użytkownik może łatwo powrócić do stosowania tradycyjnych żarówek. Ponadto wystająca z oprawy świetlówka pogarsza efekt estetyczny oprawy.

Zalety świetlówek kompaktowych mogą być najlepiej wykorzystane w oprawach specjalnie zaprojektowanych do ich użycia. Producenci proponują wiele możliwości. Oprawy te są jednak na ogół przeznaczone do świetlówek kompaktowych z trzonkiem kołkowym. Oprawa zawiera wtedy specjalny system mocowania źródła światła oraz oddzielny statecznik, niezintegrowany ze źródłem światła.

Wszystkie lampy fluorescencyjne (świetlówki) potrzebują stateczników do pracy i zapłonu.

### Stateczniki magnetyczne

Bywają też nazywane statecznikami elektromagnetycznymi. Są podstawowym i najstarszym typem stateczników do lamp fluorescencyjnych. Tradycyjne stateczniki magnetyczne mogą być przystosowane do zapłonu wyładowania ze wstępnym podgrzewaniem elektrod i przy użyciu zapłonika lub być przeznaczone do układów „rapid start”, tzn. z podgrzaniem elektrod, ale bez użycia zapłonika. Stateczniki takie mogą pracować z jedną świetlówką. W związku z tym oprawa na dwie świetlówki musi zawierać dwa stateczniki. Elementy te umieszczone są w metalowej obudowie zabezpieczającej je przed uszkodzeniem.

### Stateczniki elektroniczne

Coraz więcej producentów oferuje obecnie stateczniki elektroniczne. Niektóre z nich mogą pracować z dwoma, trzema, a nawet czterema lampami. Świetlówki współpracujące ze statecznikami elektronicznymi zużywają mniej energii elektrycznej niż podczas współpracy ze statecznikami magnetycznymi. Dla przykładu, moc czynna zużywana przez świetlówkę kompaktową 18 W ze statecznikiem magnetycznym waha się w granicach od 22 W do 25 W, podczas gdy ta sama świetlówka, pracując ze statecznikiem elektronicznym pobiera 18 W do 20 W mocy czynnej. Dodatkowymi ważnymi cechami stateczników elektronicznych jest niższa waga i możliwość ściemniania źródła światła.

## Diody świecące LED

Prawie wszyscy znamy diody świecące (LED) używane jako wskaźniki świetlne lub wyświetlacze numeryczne, stosowane w sprzęcie elektronicznym powszechnego użytku. Niski strumień świetlny i mała różnorodność barw ograniczały jednak możliwości ich stosowania. W ostatnich latach konstrukcja i technologia tych przyrządów półprzewodnikowych została tak udoskonalona, że można już mówić o nowym rodzaju źródeł światła o skuteczności świetlnej wyższej, niż w lampach żarowych. Istnieją już możliwości produkcji diod o dowolnej barwie promieniowania. Sprawia to, że diody świecące LED z powodzeniem zaczynają wkraczać na obszar zastosowań oświetleniowych.

Przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości oświetlenie półprzewodnikowe będzie miało rewolucyjny wpływ na technikę oświetleniową. Oświetlenie półprzewodnikowe opiera się na oprawkach używających diod LED jako źródło światła zamiast lamp żarowych, fluorescencyjnych lub wyładowczych. W przeciwieństwie do swych tradycyjnych konkurentów pracujących przy napięciu zmiennym, diody LED korzystają z zasilania prądem stałym o niskim napięciu, wykorzystując procesy, w wyniku których mogą wytworzyć takie same ilości promieniowania świetlnego przy znacznie mniejszym zużyciu energii elektrycznej. Diody świecące LED są w istocie pierwszymi na świecie, prawdziwie energooszczędnymi źródłami światła. Półprzewodnikowe źródła światła mają więcej istotnych zalet pod względem energetycznym i środowiskowym:

- **Wysoka skuteczność świetlna** – pierwsze diody świecące osiągały sprawność rzędu 10%. Obecnie kształtuje się już ona na poziomie 20% i przewiduje się, że w niedługim czasie dojdzie do 30%. Jest to znaczna różnica w porównaniu z lampami żarowymi, których sprawność kształtuje się w zakresie 3–4% i świetlówek osiagających 20%.
- **Wysoka trwałość** – konwencjonalne źródła światła mogą działać, dostarczając promieniowania świetlnego przez określony czas, po czym ulegają zniszczeniu. Inaczej jest z diodami LED. Nie ulegają one raptownemu wygaśnięciu, zmniejszają tylko stopniowo ilość generowanego promieniowania. W zależności od dostarczanego poziomu oświetlenia mogą w praktyce świecić od 50 000 godzin do nawet ponad 100 000 godzin. Średnia użyteczna trwałość LED jest kilkukrotnie wyższa od popularnych lamp fluorescencyjnych i kilkudziesięciokrotnie wyższa od żarówek. Tak duża trwałość oznacza oczywiście ogromne oszczędności kosztów konserwacji oświetlenia.
- **Duża wytrzymałość** – półprzewodnikowe systemy oświetleniowe są szczególnie odporne na uszkodzenia mechaniczne i wibracje dzięki swej zwartej budowie, brakowi części szklanych i żarników.
- **Bogata kolorystyka** – udoskonalenia w konstrukcji i technologii diod świecących sprawiły, że możliwe jest osiągnięcie dowolnej barwy promieniowania z całego obszaru widma widzialnego.
- **Łatwe współdziałanie z systemami kontroli i sterowania** – półprzewodnikowe systemy świetlne są cyfrowymi źródłami światła, które można łatwo integrować z komputerowymi systemami sterowania.

Rozwój konstrukcji diod świecących jest coraz szybszy i ma na celu ich zastosowanie do ogólnych celów oświetleniowych. Wysoka skuteczność świetlna, poziom strumienia świetlnego, dobre oddawanie barw i powtarzalność parametrów współczesnych LED sprawiają, że ich obecność w codziennych zastosowaniach oświetleniowych staje się coraz szersza. Należy jednak pamiętać, że źródło światła, którym bez wątpliwości można już dziś nazwać diodę LED, to jeszcze nie system oświetleniowy. Do jego zaistnienia potrzebne są także funkcjonalne oprawy oświetleniowe, dla których znajdują się pola eksploatacji. Nad stworzeniem takich systemów pracuje już wielu producentów opraw.

## 2.2.5. Oprawy oświetleniowe

Oświetlenie niezależnie od rodzaju, wymaga zawsze odpowiedniego sprzętu oświetleniowego w postaci systemu opraw oświetleniowych pracujących ze źródłami światła i układami zasilającymi, obejmującymi, np. w przypadku lamp wyładowczych (świetlówki) zapłonniki i stateczniki. Często spotyka się również dodatkowe układy sterowania.

### A) Oprawy świetlówkowe nastropowe i wbudowywane w sufit

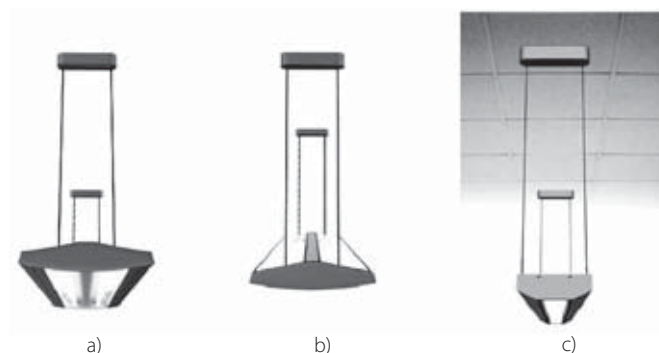
Oprawy oświetleniowe z rastrowymi układami optycznymi, przeznaczone do świetlówek liniowych, są dostępne w wersjach przystosowanych do instalacji na stropach lub wbudowania w sufit podwieszany. Promieniowanie lamp fluorescencyjnych jest wysyłane wyłącznie w dolną półprzestrzeń, pod oprawę. Oprawy te, nazywane popularnie „rastrami”, są uważane za najtańszy system oświetlenia wnętrz biurowych, zarówno pod względem inwestycyjnym, czyli zakupu i instalacji, jak też późniejszej eksploatacji i konserwacji. Są to oprawy dopasowane wymiarami do standardowych sufitów podwieszanych o budowie modułowej. Oprawy o kształcie kwadratowym, są instalowane w siatce prostokątnej, regularnie lub naprzemiennie. Oprawy rastrowe współpracują najczęściej z dwoma, trzema lub czterema świetlówkami starszego typu T8 (średnica 26 mm) lub nowego typu T5 (średnica 16 mm). Stateczniki i ewentualnie zapłonniki do lamp umieszczone są wewnątrz obudowy opraw. Innym rodzajem opraw do lamp fluorescencyjnych są oprawy typu „downlight” przeznaczone do świetlówek kompaktowych. Profesjonalne oprawy downlight współpracują ze świetlówkami niezintegrowanymi. Najczęściej oferowane są oprawy do jednego lub dwóch źródeł światła. W większości opraw lampy pracują w położeniu poziomym, dzięki czemu oprawy mają stosunkowo szeroki rozsył światła i niewielką wysokość, ułatwiającą montaż w niskiej przestrzeni nad sufitem podwieszanym. Stateczniki współpracujące ze źródłami światła umieszczone są w obudowie oprawy lub w oddzielnym pojemniku połączonym z oprawą kablem elektrycznym.

W oprawach rastrowych i downlightach używane są starsze typy stateczników elektromagnetycznych lub nowe, energooszczędne stateczniki elektroniczne. Szczególnie ciekawe są oprawy do świetlówek liniowych typu T5, współpracujących wyłącznie ze statecznikami elektronicznymi. Są one wyjątkowo energooszczędne. Mała średnica lampy pozwala na budowę bardzo niskich opraw. Elektroniczne zasilanie zapewnia niezawodny zapłon wyładowania w lampie i jej stabilną pracę. W wielu modelach opraw, jako materiał odbłyśników rastrowych stosowane jest aluminium o bardzo dobrych właściwościach odbijających, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie bardzo wysokiej skuteczności oprawy i dobrej kontroli rozsyłu światła. Należy jednak pamiętać, że świetlówki T5 charakteryzują się wysoką luminancją powierzchni. Oprawy, w których pracują mogą potencjalnie stwarzać zagrożenie oślnieniem. Dlatego rastrowe układy optyczne współpracujące ze świetlówkami T5 powinny być wyposażone w większą liczbę poprzeczek niż w przypadku lamp T8. Stosując oprawy ze świetlówkami T5, należy także przywiązywać szczególną wagę do wykonania profesjonalnego projektu oświetleniowego, uwzględniającego wszystkie wymagania. Oprawy rastrowe i typu downlight zapewniają bezpośrednie oświetlenie płaszczyzny roboczej. Dlatego staje się ona najjaśniejszą powierzchnią we wnętrzu. Sufit i ściany są postrzegane jako znacznie ciemniejsze, chyba że są dodatkowo doświetlone.

### B) Systemy opraw zwieszanych

Podstawą biurowych, zwieszanych systemów oświetleniowych są oprawy świetlówkowe. Zwieszane oprawy do świetlówek liniowych mogą rozprzestrzeniać światło bezpośrednio w dół, pośrednio przez odbicie od sufitu lub w sposób łączony, bezpośrednio-pośredni. Podstawą takich systemów jest zazwyczaj pojedyncza oprawa, stanowiąca równocześnie moduł systemu. Oprawa taka może funkcjonować samodzielnie. Traktując ją jako moduł, przy użyciu różnorodnych łączników, można budować linie świetlne lub inne struktury. Pomędzy oprawami podstawowymi mogą być także umieszczone inne oprawy systemu, np. przeznaczone do żarówek halogenowych. Starsze systemy modułowe opierały się często na oprawach

o obudowach skrzynkowych giętych z blachy stalowej i malowanych farbami proszkowymi. Konstrukcja współczesnych systemów opraw zwieszanych, stosowanych często do oświetlenia wnętrz biurowych, opiera się na wykorzystaniu profili aluminiowych. Odpowiednio ukształtowane profile z aluminium stanowią konstrukcję nośną do mocowania modułów, zawierających źródła światła wraz z układami optycznymi i elementami zasilania elektrycznego. Podstawowym źródłem światła w takich oprawach systemowych jest zwykle jedna lub rzadziej dwie świetlówki typu T5. Świetlówka jest umieszczana w odbłyśniku parabolicznym wyposażonym w gęsto rozmieszczone poprzeczki rastrowe. Światło może także przechodzić przez klosz w formie płaskiej szyby rozpraszającej. Pomędzy modułami świetlówkowymi mogą być także montowane różnorodne oprawy do innych źródeł światła, głównie żarówek halogenowych. Mogą to być oprawy stałe lub ruchome o różnym kącie rozsyłu, świecące bezpośrednio w wybrane miejsce. Mogą pełnić rolę oświetlenia miejscowego, akcentowego lub dekoracyjnego. Przez zmianę barwy światła urozmaicają monotonne oświetlenie ze świetlówkowych opraw systemowych. Odpowiednie łączniki zapewniają łatwy montaż opraw w systemy o strukturze liniowej, kwadratowej lub nawet trójkątnej. Oprawy takie mocowane są na estetycznych zwieszakach z linek stalowych, zapewniających możliwość dowolnej, wielokrotnej regulacji wysokości zawieszenia.



**Rysunek 18:** Zwieszane oprawy: a, b – oświetlenia bezpośrednio-pośredniego (ERGEN – ELGO) i oświetlenia bezpośrednio (MEOLA – ELGO)

### C) Oprawy oświetlenia miejscowego

Potrzeby oświetleniowe poszczególnych pracowników biura mogą się różnić w znacznym stopniu. Powodem różnic jest odmienny rodzaj wykonywanej pracy wzrokowej lub wiek. Indywidualne oświetlenie miejscowe pomaga także niwelować cienie przedmiotów lub mebli pochodzące od oświetlenia ogólnego. Możliwość indywidualnego doświetlenia osobistej przestrzeni pracownika może też w istotny sposób podwyższać jego poczucie komfortu. Oświetlenie miejscowe realizują wolno stojące oprawy biurkowe podłogowe do świetlówek kompaktowych lub rzadziej do żarówek tradycyjnych.

### D) Oprawy typu „wallwasher”

„Wallwasher” to specjalizowana oprawa oświetleniowa montowana na ogół na suficie, przeznaczona do oświetlenia powierzchni pionowych. W pomieszczeniach biurowych „wallwashery” mogą być stosowane w przypadku niedostatecznego rozświetlenia ścian. Funkcją najprostszego „wallwashera” liniowego może pełnić świetlówka liniowa zamontowana w zagłębieniu pomiędzy ścianą a sufitem. Taka „oprawa oświetleniowa” zintegrowana z architekturą pomieszczenia może być zastosowana np. wokół pomieszczenia biura z przestrzenią otwartą, w korytarzach lub pomieszczeniach recepcyjnych. Oczywiście stosowane są także samodzielne oprawy typu „wallwasher” instalowane na suficie w niewielkiej odległości od ścian.

## E) Oprawy ściennie

Oprawy ściennie, nazywane popularnie kinkietami, zapewniają lokalne rozświetlenie ścian i sąsiedniej przestrzeni. Są używane głównie w biurach kierownictwa, salach konferencyjnych, na korytarzach i w pomieszczeniach recepcyjnych.

## F) Oprawy oświetlenia akcentowego

Oprawy oświetlenia akcentowego służą do podświetlenia specyficznych obiektów, np. logo firmowego za pomocą skoncentrowanej wiązki światła. Służą do tego na ogół oprawy regulowane, montowane na szynach zasilających.

### 2.2.6. Usytuowanie źródeł światła w pomieszczeniach

Pomieszczenie biurowe trudno jednoznacznie zdefiniować pod względem przestrzennym. Może to być równie dobrze nowoczesne, rozległe biuro wielkiej firmy korporacyjnej w pomieszczeniach o strukturze otwartej, biura średniej wielkości mieszczące się w oddzielnych pojedynczych pokojach, z pomieszczeniami do pracy i pokojami konferencyjnymi, mała firma adwokacka, doradcza lub handlowa, a także biuro domowe w eleganckim apartamencie, domu prywatnym lub zwykłym mieszkaniu.

Niezmiernie ważnym elementem tworzącym ergonomiczne środowisko pracy biurowej jest także właściwe oświetlenie. Realizujący je system oświetleniowy będzie się składał z różnorodnego sprzętu – opraw oświetleniowych, źródeł światła, systemów zasilania i sterowania. U podstaw wyboru środków technicznych zawsze powinien być jednak świadomie zamierzony efekt oświetleniowy, polegający na zagwarantowaniu maksymalnego komfortu widzenia, odpowiedniego do rodzaju aktywności prowadzonej w przestrzeni biura oraz wykreowaniu elastycznego i przyjemnego środowiska świetlnego, spełniającego różnorodne potrzeby.

Najczęstszym miejscem pracy w biurze jest biurko. To właśnie na nim i na leżących tam przedmiotach skupia się wzrok pracownika. W większości nowoczesnych biur używa się też współczesnych narzędzi pracy, czyli komputerów. Interfejsami komunikacji człowieka z komputerem są monitory. Ich ekrany, o ustawieniu zbliżonym do pionowego, mają najczęściej gładką powierzchnię, łatwo odbijającą promieniowanie świetlne. Sprzyja to tworzeniu szkodliwych, jaskrawych odbić przedmiotów o dużej luminancji, znajdujących się w pobliżu. W ekranach monitorów komputerowych mogą odbijać się jasne okna i świecące oprawy oświetleniowe. Takie odbicia w znacznym stopniu przeszkadzają w rozpoznawaniu obrazów i tekstów na monitorze, powodują zmęczenie i zwiększają liczbę popełnianych błędów. Najbardziej typowe biurowe zadania, polegające na czytaniu i pisaniu, wykonywane są zatem na dwóch płaszczyznach, poziomych blatach biurek i pionowych ekranach komputerowych. Oświetleniowcy nazywają te płaszczyzny **powierzchniami pracy wzrokowej**. Parametry ich oświetlenia są szczególnie ważne. Innymi płaszczyznami o krytycznym znaczeniu w pomieszczeniach pracy biurowej są: sufit, ściany i powierzchnie mebli biurowych.

W obszarach komunikacyjnych, np. korytarzach i pomieszczeniach recepcyjnych, najważniejszą płaszczyzną roboczą, dla której zazwyczaj muszą być zapewnione wymagane warunki oświetleniowe jest przede wszystkim podłoga.

Ze względu na niektóre specyficzne wymagania, każdy typ przestrzeni biurowej potrzebuje nieco innego oświetlenia. Głównymi typami biur są:

- biura indywidualne,
- biura wydzielone (wyspowe),
- biura pracy grupowej,
- biura o przestrzeni otwartej,
- biura techniczne.



Innymi typami wewnątrz spotykanych w obiektach biurowych są:

- hole,
- recepcje,
- pokoje do spotkań,
- sale konferencyjne,
- pokoje szkoleniowe,
- pomieszczenia gospodarcze.

### **A) Biura indywidualne**

Biura indywidualne to pojedyncze pokoje przeznaczone do pracy jednej osoby, takie jak biura prywatne w strukturze korporacyjnej lub biura profesjonalne – kancelarie prawnicze itp. Ogólnie biura indywidualne można usystematyzować jako:

- biura robocze, małych i średnich rozmiarów, przeznaczone dla osób prowadzących różnego rodzaju prace biurowe,
- biura kierownicze, na ogół dużych rozmiarów, w których pracują osoby z kadry kierowniczej firm.

W biurach indywidualnych użytkownicy powinni mieć możliwość indywidualnego doboru intensywności oświetlenia i jego rozkładu we wnętrzu w zależności od własnych potrzeb i upodobań. W związku z tym organizacja oświetlenia powinna być bardzo elastyczna, aby umożliwić jego zmiany dzięki oddzielnemu załączaniu i ściemnianiu poszczególnych opraw oświetleniowych. Biura robocze charakteryzują się tym, że ich użytkownicy mają możliwość wyboru poziomu i dystrybucji światła odpowiednio do ich własnych potrzeb, związanych z wykonywanymi aktualnie pracami wzrokowymi, bez konieczności uzgadniania z innymi użytkownikami. Do tego celu pomieszczenia biur roboczych powinny być wyposażone w odpowiednią liczbę i rodzaj opraw oświetleniowych, pozwalających na regulację ilości i dystrybucji światła w przestrzeni, dzięki indywidualnemu wyłączaniu lub przyciemnianiu. Takie pomieszczenia są zwykle małe i wyposażane w standardowe meble. Stanowiska pracy powinny być tu usytuowane w pobliżu okien. Oświetlenie ogólne biur roboczych może być zrealizowane z użyciem opraw z pośrednim, bezpośrednio-pośrednim lub rozproszonym rozsyłem światła. Warto uświadomić sobie, że w tych stosunkowo niewielkich pomieszczeniach oświetlenie sufitu i odbicie światła od ścian może wywołać korzystne poczucie powiększenia przestrzeni i zapewnić zrównoważenie luminancji powierzchni widocznych w otoczeniu. Do oświetlania ogólnego biur roboczych używa się na ogół:

- lamp podłogowych świecących w kierunku sufitu i oświetlających pośrednio płaszczyznę roboczą po rozproszonym odbiciu światła od stropu pomieszczenia,
- opraw ściennych,
- pojedynczych zwieszanych opraw oświetleniowych ze świetlówkami liniowymi lub modułowych systemów zwieszanych do świetlówek, często łączonych z innymi źródłami światła, na ogół z bezpośrednim lub bezpośrednio-pośrednim rozsyłem światła.

Oświetlenie miejscowe realizowane jest z użyciem lamp biurkowych, świecących bezpośrednio na płaszczyznę roboczą. Biura zarządu mają zwykle większe rozmiary, lepsze umeblowanie i przestrzeń do przyjmowania gości. Dlatego przy ich oświetlaniu zwraca się większą uwagę na oprawę wizualną, niż na wydajność pracy wzrokowej. Można to osiągnąć, stosując oświetlenie dekoracyjne oprócz ogólnego i miejscowego. Do tego celu stosuje się często oprawy z żarówkami halogenowymi, mimo że zużywają one więcej energii elektrycznej niż świetlówki.

### **B) Biura o przestrzeni otwartej**

W biurach tego rodzaju organizacja przestrzeni polega na tym, że stanowiska robocze lub ich niewielkie grupy nie są umiejscowione w oddzielnych pomieszczeniach, lecz znajdują się w przestrzeni dużej sali. Najczęściej są one co najwyżej wydzielane niewysokimi, często przezroczystymi ściankami działowymi z zachowaniem ciągów komunikacyjnych pomiędzy poszczególnymi grupami stanowisk. Podział prze-

strzeni roboczej w takich biurach nie zawsze bywa regularny, może zmieniać się w czasie. Często ich architektura jest zróżnicowana powierzchniowo i przestrzennie, co może prowadzić do skrajnie różnych warunków na poszczególnych stanowiskach roboczych. Może to prowadzić do silnego zróżnicowania wydajności pracy wzrokowej poszczególnych pracowników. Ze względu na dużą różnorodność prac wykonywanych w biurach o przestrzeni otwartej, należy przede wszystkim zidentyfikować obszary, w których wykonywane są specyficzne prace wzrokowe, a następnie określić dla nich odrębne wymagania oświetleniowe i systemy oświetlenia, mogące zapewnić ich realizację. Podstawowym zadaniem projektu oświetleniowego jest zapewnienie możliwie jednolitego oświetlenia ogólnego na wszystkich stanowiskach roboczych, niezależnie od ich usytuowania. Oświetlenie ogólne w biurach o przestrzeni otwartej realizuje się najczęściej za pomocą opraw świetlówkowych, montowanych w suficie podwieszanym, nabudowanych na stropie lub zwieszanych. Dla zapewnienia równomierności oświetlenia ogólnego są one zazwyczaj rozmieszczane w sposób regularny, w liniach lub w oczkach siatki prostokątnej. Do tego celu szczególnie nadają się systemy opraw oświetleniowych, pozwalające na budowanie regularnych struktur geometrycznych. Bardzo przydatną cechą systemów oświetleniowych, stosowanych szczególnie w dużych biurach o przestrzeni otwartej, jest możliwość współpracy z systemem regulacji natężenia oświetlenia. Taka regulacja oświetlenia sztucznego w przestrzeni i czasie pozwala automatycznie zintegrować system oświetleniowy biura z naturalnym oświetleniem dziennym. W biurach o przestrzeni otwartej musi być także zapewnione oświetlenie miejscowe na indywidualnych płaszczyznach roboczych. Osiąga się to dzięki specjalnym ekranom odbijającym, usytuowanym przy biurkach oraz stojącym lampom podłogowym lub rzadziej biurkowym.

### **C) Biura pracy grupowej**

Może to być duże pomieszczenie biurowe dla pewnego działu firmy, w którym wykonuje się jednolite czynności, np. dział księgowości. Tradycyjnie biuro tego typu jest pomieszczeniem podłużnym, w kształcie prostokąta, z oknami usytuowanymi na jednej z dłuższych ścian. Stanowiska pracy usytuowane są w regularnych rzędach wzdłuż pomieszczenia. Światło dzienne od okien stanowi oświetlenie boczne. Wykonując te same czynności, pracownicy patrzą w większości w tych samych kierunkach. Typowe kierunki obserwacji biegną równolegle do dłuższej ściany pomieszczenia. Oprawy oświetleniowe powinny być rozmieszczone w rzędach, równolegle do okien, czyli wzdłuż typowych kierunków obserwacji.

Zwykle stosuje się tu oprawy o bezpośrednim rozsyle światła. Mogą to być wbudowane, nabudowane lub zwieszane oprawy do świetlówek liniowych. Bardzo popularne są też wbudowane w strop oprawy typu downlight do świetlówek kompaktowych. Biuro pracy grupowej może mieć też całkiem inny charakter. Czynności w nim wykonywane wcale nie muszą mieć charakteru jednolitego. W biurze agencji reklamowej będą pracowali bardzo różni specjaliści, którzy naprzemian będą wykonywać pracę grupowo i samodzielnie. Organizacja przestrzenna takiego biura może się często zmieniać, meble będą przestawiane, aby stworzyć nowe stanowiska pracy i poprawić możliwości komunikacji między poszczególnymi pracownikami. W takich warunkach nie da się jednoznacznie określić typowych kierunków obserwacji. W tego rodzaju pomieszczeniach można wyróżnić dwa typy przestrzeni roboczej:

- powierzchnia do pracy zespołowej, która powinna być w zasadzie przestrzenią otwartą o zmiennych rozmiarach,
- strefy ciszy, będące ograniczonymi przestrzeniami używanymi przez pracowników do pracy wymagającej koncentracji.

Przy tak ekstremalnie zmiennych i różnorodnych wymaganiach trudno jest znaleźć w pełni efektywne rozwiązanie oświetleniowe. W tych warunkach nie należy stosować wyłącznie oświetlenia ogólnego z oprawami o bezpośrednim rozsyle światła. Lepszym rozwiązaniem będą tu np. oprawy wbudowane w strop o rozsyle bezpośrednim-pośrednio rozproszonym, pozwalające uniknąć cieni i odbić, połączone z oświetleniem miejscowym na stanowiskach roboczych.

## D) Biura projektowe

W biurach projektowych główna praca wzrokowa odbywa się na płaszczyźnie desek kreślarskich lub na ekranach monitorów komputerowych. Pomieszczenia kreślarskie powinny być wyposażone w duże okna, zapewniające dobre oświetlenie naturalne. Deski kreślarskie ustawia się pod kątem ostrym do ściany z oknami, aby jak najlepiej wykorzystać naturalne światło dzienne. System oświetlenia sztucznego powinien być zgodny z tą konfiguracją, aby jak najlepiej ją uzupełniać. Stosuje się na ogół oprawy wbudowane w strop i dodatkowo oprawy oświetlenia miejscowego mocowane z boku desek kreślarskich.

W biurach projektowych stosujących techniki komputerowe głównym problemem jest uniknięcie przeszkadzających odbić na ekranach monitorów. Trzeba też brać pod uwagę konieczność zapewnienia takiej luminancji tła monitora w stosunku do jego ekranu, aby uniknąć zbyt dużego kontrastu w polu widzenia używającej go osoby. Często w takich pomieszczeniach stosuje się systemy oświetleniowe, w których około 2/3 promieniowania dociera do płaszczyzny roboczej bezpośrednio, a 1/3 pośrednio. Ponieważ w jasno oświetlonych obszarach z deskami kreślarskimi występują często powierzchnie o wysokiej luminancji, stanowiska do komputerowych prac projektowych powinny być oddzielone za pomocą ścianek lub przegród dla uniknięcia odbić na gładkich ekranach monitorów. Doskonałe warunki do pracy projektantów komputerowych mogą zapewnić stojące, podłogowe oprawy oświetlenia pośredniego.

## E) Inne pomieszczenia biurowe

**Recepcja** to miejsce pierwszego spotkania z firmą. Należy do niej nie tylko ściśle miejsce pierwszego kontaktu gościa z pracownikiem firmy, ale także sąsiednia przestrzeń, wejście, miejsca oczekiwania na załatwienie sprawy lub kontakt z pracownikiem firmy. Wrażenie, jakie odniosą goście może zadecydować o ich nastawieniu do firmy. Rolę mogą odegrać wszystkie szczegóły, także oświetlenie. Będzie ono mieć znaczenie estetyczne i funkcjonalne. Uatrakcyjni wygląd szczegółów architektonicznych i wyposażenia, a także umożliwi dobre widzenie pracownikom i gościom. Obszar recepcji potrzebuje oświetlenia silniejszego niż dalsze pomieszczenia o charakterze komunikacyjnym, np. korytarze. Oprócz oświetlenia ogólnego przyda się także bezolśnieniowe oświetlenie bezpośrednie skierowane na blat recepcyjny. Główne wymagania oświetleniowe dla przestrzeni recepcyjnej to:

- odpowiednie oznaczenie wejść i wyjść przy użyciu światła, a także opraw z piktogramami i znaków świetlnych,
- zapewnienie w obszarze wejściowym poziomu natężenia oświetlenia pośredniego między przestrzenią zewnętrzną a oświetlonym wnętrzem, dla stopniowej adaptacji wzroku.

**Salę konferencyjne** to w firmach miejsca służbowych spotkań pracowników, przy czym czas trwania, liczba i rodzaj uczestników mogą być bardzo różne. Aranżacja i wyposażenie takich sal, w tym także oświetlenie powinny zapewniać możliwość koncentracji na temacie spotkania, percepcji treści wyświetlanych na ekranie, w tym także czytania oraz komunikacji z innymi uczestnikami spotkania. Spotkania zarządów lub kierownictwa odbywają się w salach wyposażonych na ogół w jeden centralny stół, przy którym może jednocześnie zasiąść duża liczba uczestników. Oświetlenie musi zapewniać jednocześnie komfort i efektywność pracy wzrokowej. Mogą to zapewnić np. oprawy oświetlenia pośredniego wmontowane w sufit podwieszany, dostarczające miękkiego, rozproszonego światła. Atmosferę przestrzeni wnętrza ocieplą też dekoracyjne oprawy ścienne. Sale spotkań roboczych dla personelu mogą służyć do służbowych lub nieformalnych spotkań. Nie są to na ogół pomieszczenia zbyt rozległe. Najczęściej stosuje się w nich jeden rodzaj oświetlenia. Najlepiej, aby było to oświetlenie pośrednie, bezpośrednio-pośrednie lub rozproszone.

### 2.2.7. Systemy sterowania i regulacji oświetlenia

Światłem w pomieszczeniach biurowych i na zewnątrz nich możemy odpowiednio sterować, osiągając efekt zapalania się i gaszenia się światła w odpowiednich momentach i przy odpowiednich, ustalonych

przez nas warunkach. W ten sposób możemy – pomimo pewnych kosztów na początku – osiągnąć spore oszczędności i uniknąć niepotrzebnego używania światła, np. wtedy gdy wszyscy wyszli już z firmy, a lampy pozostały zapalone.

Do sterowania oświetleniem służą czujniki ruchu i czujniki zmierzchowe. Tak, jak wspomnieliśmy wyżej, pomimo pewnych kosztów początkowych związanych z ich zakupem i zamontowaniem – jest to rozwiązanie bardzo wygodne.

Czujniki obecności i ruchu w pomieszczeniu regulują włączanie i wyłączenie światła, a bardziej zaawansowane (np. połączone z systemami zamontowanymi w ramach instalacji w inteligentnym budynku) – mogą służyć również do jego regulacji – przyciemniania i rozjaśniania lub nawet zmiany barwy. Standardowe czujniki ruchu reagują na zmianę promieniowania podczerwonego, emitowanego przez każdy żywy obiekt. Gdy w okolicach czujnika pojawi się człowiek, światło zostaje zapalone, gdy natomiast się oddali – zostaje zgaszone.

Podobnie jest w przypadku czujników zmierzchowych. Ich zadaniem jest wysłać impulsy do układów sterujących oświetleniem wtedy, gdy natężenie światła spadnie do określonych, ustalonych wcześniej wartości. Czujniki zmierzchowe mogą pracować na zewnątrz, reagują wówczas na zmianę światła naturalnego (słonecznego). Mogą też być zamontowane wewnątrz pomieszczeń – reagują wtedy na zmianę natężenia światła w danym pomieszczeniu. Kiedy przekroczona zostaje wartość progowa natężenia (może być ona stała lub zaprogramowana przez nas), wówczas czujnik włącza lub gasi oświetlenie. W pomieszczeniach biurowych jest to bardzo przydatne, gdyż osoby w nich pracujące często źle oceniają natężenie światła w pomieszczeniu lub – zajęte pracą – zapominają o włączeniu światła w odpowiednim momencie. Powoduje to niepotrzebne zmęczenie wzroku.

## 2.2.8. Sposoby niwelowania zjawiska olśnienia

**Olśnienie przykre** – jest odczuciem dolegliwości lub niepokoju wywoływanym przez światło. Różne typy opraw tworzą różne poziomy olśnienia przykrego. Niektóre zasłaniają emitowane światło do oczu obserwatora za pomocą przesłon lub innych części ograniczających olśnienie przykre, podczas gdy inne rozpraszają światło i mają bardzo dużą luminancję w typowych kierunkach obserwacji. W wypadku oświetlenia pomieszczeń o szczególnie wysokich wymaganiach dotyczących ochrony przed olśnieniem, np. w pomieszczeniach, w których ma miejsce praca przy ekranach monitorów komputerowych, oprawy oświetleniowe wyposażane są w dodatkowe akcesoria, np. dyfuzory lub rastry, które zabezpieczają przed możliwością bezpośredniego występowania obrazu źródła światła, części odbłyśnika o dużej luminancji lub ich odbić w polu widzenia obserwatora. Światło, które jest emitowane w tzw. strefie olśnienia (poza kątem ochrony) może powodować dyskomfort wzrokowy i odbicia, które zmniejszają kontrast na powierzchni roboczej lub na ekranach monitorów. Dyfuzory i rastry pozwalają na zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie tego problemu.

**Dyfuzory** – elementy wykonane w formie płytki ze szkła lub przezroczystego tworzywa sztucznego, odpornego na promieniowanie ultrafioletowe, przepuszczają większość promieniowania świetlnego, powodując równocześnie jego rozpraszanie. Zapewniają niestety mniejsze możliwości ograniczenia olśnienia niż rastry. Dyfuzory są zazwyczaj rozwiązaniem tańszym niż rastry.

**Rastry** – zapewniają efektywne ograniczenie olśnienia i doskonały komfort widzenia. Są bardziej efektywne w porównaniu z systemami dyfuzorów soczewkowych. Stanowią zespół elementów, na ogół nieprzeświecalnych, w postaci rusztów lub krat, używanych do kontroli rozsyłu światła z oprawy dzięki rozmieszczeniu ich w taki sposób, aby ukryć źródło światła przed bezpośrednim widzeniem w określonym kącie. Tak zwane „głębokie” rastry paraboliczne zapewniają dobry komfort widzenia przy równoczesnym zachowaniu wysokiej sprawności oprawy. Zmniejszenie komór w rastrach parabolicznych do bardzo małych rozmiarów

pozwała wprowadzić na bardzo znaczne podwyższenie komfortu widzenia, zmniejsza jednak sprawność oprawy „downlight” nawet o 35–45%.

## 2.2.9. Energooszczędność i ekonomia oświetlenia

Na rynku oświetleniowym jest coraz więcej opraw wyposażonych w świetlówki, a więc źródła światła, które przy tej samej mocy dają ponad czterokrotnie więcej światła niż tradycyjne żarówki. Należy tu rozróżnić świetlówki z elektronicznym i standardowym układem zapłonowym. Te z elektronicznym i ciepłym zapłonem (zazwyczaj droższe) mogą śmiało być stosowane w gospodarstwie domowym prawie wszędzie. Natomiast przy używaniu tych z zapłonem standardowym lub elektronicznym i zimnym zapłonem (zazwyczaj tańsze), należy pamiętać, że istnieje silny związek między trwałością źródła a częstotliwością jego załączeń. Powinny być zatem stosowane tylko tam, gdzie światło świeci się stosunkowo długo i rzadko się je włącza i wyłącza.

Należy zdawać sobie sprawę, że niska cena produktów oświetleniowych wynika też z niskiej jakości zastosowanych do wyprodukowania sprzętu oświetleniowego komponentów, co determinuje m.in. jego trwałość, wydajność i jakość światła. Badania wskazują, że tanie świetlówki kompaktowe z czasem tracą na wydajności. Niskiej jakości układy elektroniczne sprawiają, że świetlówki szybciej się psują. Ponadto tanie i złej jakości produkty zniechęcają często użytkowników do dalszego korzystania z energooszczędnych, droższych źródeł i użytkownicy ci wracają do żarówek tradycyjnych. Z drugiej strony cena sprzętu powinna być uzasadniona korzyściami i zaletami danego produktu. Nie zawsze opłaca się wymienić żarówkę zwykłą na energooszczędną.

Biorąc powyższe pod uwagę, każde pomieszczenie powinno być rozpatrywane pod kątem stworzenia oświetlenia trójakiego rodzaju: ogólnego, miejscowego i dekoracyjnego. W różnych pomieszczeniach inny rodzaj oświetlenia będzie dominujący lub okaże się, że w konkretnym wnętrzu będzie potrzeba stworzenia wszystkich trzech systemów oświetleniowych. Zawsze punktem wyjścia jest spełnianie funkcja oświetlanej przestrzeni. Przede wszystkim trzeba dokładnie wiedzieć, co się chce osiągnąć, wtedy można przystępować do właściwego doboru oświetlenia.

Należy też pamiętać, że oświetlenie jest ściśle związane z zasilaniem i do każdego punktu oświetleniowego musi zostać doprowadzony przewód zasilający. Gdy przeprowadzany jest remont, warto się dobrze zastanowić, czy przy tej okazji nie powinno się poprowadzić dodatkowych przewodów, wyłączników lub dodać kilka gniazdek.

Należy również pamiętać, że źródła światła muszą odpowiadać możliwościom technicznym oprawy. Stosowanie źródeł mocniejszych niż podawana na oprawach może ją stopić. Samo źródło także może się szybciej zużywać lub być mniej efektywne, np. z powodu słabej wentylacji.

Zużycie energii przez oświetlenie zależy przede wszystkim od rodzaju samego źródła, gdzie potencjał redukcji zużycia energii elektrycznej jest największy, ale nie tylko, równie istotne są lampy, w których osadzone są źródła światła oraz systemy regulacji i sterowania oświetleniem, umożliwiające optymalne wykorzystanie światła sztucznego w połączeniu z naturalnym, zgodnie z chwilowymi potrzebami. Nie należy bagatelizować problemu prawidłowego projektu i wykonania systemu oświetlenia firmy, zwłaszcza, że systemy takie średnio w krajach Unii Europejskiej modernizowane są raz na 20 lat. Przy dynamicznie zmieniających się technologiach warto również zainwestować w zaawansowane rozwiązania techniczne, umożliwiające łatwe i tanie usprawnianie zainstalowanego systemu oświetleniowego.

Najważniejsze zasady energooszczędnego używania światła:

- po pierwsze należy wyłączać zbędne światło,
- należy w sposób maksymalny wykorzystywać światło naturalne,

- o ile to możliwe, należy stosować energooszczędne oświetlenie (światłówki), dzięki czemu można zaoszczędzić nawet 80% energii,
- używając oświetlenia tradycyjnego, zużywa się 10, a nawet, przy najlepszych światłówkach, 15 razy więcej żarówek (czas życia jednej tradycyjnej żarówki to ok. 1000 h, a najlepsze światłówki mogą świecić nawet 20 000 h),
- kupując światłówki o wydłużonej żywotności i dużej liczbie cykli włącz–wyłącz (nawet do 600 tys. cykli), oszczędzasz nie tylko pieniądze i energię, ale również środowisko, ponieważ światłówki energooszczędne traktowane są jako odpady niebezpieczne (należy je wyrzucać do specjalnie oznakowanych pojemników),
- przy opuszczaniu pomieszczeń na krótki czas (do 5 min), w których świeci się światłówka energooszczędna nie warto gasić światła (zbyt częste włączanie światła skraca czas życia światłówki),
- jasne kolory pomieszczeń sprawiają, że mniej potrzeba światła (pomieszczenia wydają się jaśniejsze),
- należy pamiętać, że żarówki nie świecą z taką samą sprawnością, co oznacza, że 3 żarówki o mocy 40 W dają mniej więcej tyle samo światła co jedna 100 W, a nie 120 W,
- należy pamiętać o regularnym czyszczeniu opraw oświetleniowych i żarówek, ponieważ osadzający się kurz znacznie ogranicza skuteczność świecenia, silne zabrudzenia powodują spadek skuteczności świecenia nawet o 50%,
- w miejscach, w których nie jest wymagane bardzo dobre naświetlenie można stosować układy wyposażone w diody LED, których moc to zaledwie kilka watów na sztukę, poza tym diody LED są bardzo żywotne,
- należy stosować czujniki ruchu i obecności ludzi, ponieważ światło włącza się tylko wtedy, kiedy jest to potrzebne i automatycznie się wyłącza,
- jeżeli jest to możliwe, należy dopasowywać światło do chwilowych potrzeb, np. używając ściemniaczy lub opraw z kilkoma źródłami,
- pracując przy biurku, warto dodatkowo używać indywidualnego oświetlenia zamiast silnego oświetlenia ogólnego,
- kupując lampy warto zwrócić uwagę czy oprawy oświetleniowe nie zasłaniają zbyt wielu źródeł światła (ciemne szkło, kierunek światła).

## 2.2.10. Wymogi unijne w zakresie oświetlenia

Zgodnie z dyrektywą Komisji Unii Europejskiej 2005/32/WE w sprawie produktów EUP, zostały uchwalone dwa rozporządzenia, które określają szczegółowe wymagania dotyczące oświetlenia elektrycznego wewnątrz obiektów.

Pierwsze rozporządzenie Komisji (WE) 244/2009 z dnia 18 marca 2009 r. ustanawia wymagania dotyczące ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego. Rozporządzenie obejmuje w szczególności żarówki tradycyjne, żarówki halogenowe, światłówki z wbudowanymi statecznikami oraz lampy LED. Rozporządzenie nr 244/2009 w sprawie oświetlenia domowego określa wymagania dotyczące dopuszczalnych źródeł światła stosowanych do użytku domowego. Za istotne uważa się aspekty energetyczne oraz ekologiczne: pobór energii w fazie użytkowania oraz zawartości rtęci i jej emisja. Przewiduje się, że w 2020 r. zużycie energii elektrycznej z tego tytułu wyniesie 135TWh, natomiast emisja rtęci wyniesie 3,1 ton. Rozporządzenie powinno spowodować rozpowszechnienie na rynku energooszczędnych źródeł światła, prowadząc do oszczędności 39TWh w 2020 r. w porównaniu z zakładanym zużyciem energii w tym roku, gdyby nie podjęto żadnych środków związanych z ekoprojektem. Wszystkie wymagania dotyczące ekoprojektu wchodzi w życie etapowo. Rozporządzenie stanowi podstawę do stopniowego wycofania standardowych żarówek (wolframowych) i żarówek halogenowych (halogenowych niższej efektywności niż klasa C).

Drugie rozporządzenie Komisji (WE) 245/2011 z dnia 18 marca 2009 r. dotyczy głównie zastosowań dla lamp w obiektach przemysłowych oraz dla oświetlenia ulicznego. Obejmuje ono: lampy fluorescencyjne bez wbudowanego statecznika, lampy wyładowcze dużej intensywności, oraz stateczniki i oprawy oświetleniowe do świetlówek i wysokoprężnych lamp wyładowczych. W rozporządzeniu tym, dotyczącym zastosowań dla lamp fluorescencyjnych bez wbudowanego statecznika, lamp wyładowczych dużej intensywności oraz stateczników i opraw oświetleniowych do świetlówek i wysokoprężnych lamp wyładowczych przewiduje się, że w 2020 r. zużycie energii elektrycznej z tego tytułu wyniesie 200TWh. Przewiduje się, że jeżeli nie zostaną podjęte działania, zużycie energii z tego tytułu wzrośnie do 260TWh w 2020 r. Rozporządzenie powinno spowodować rozpowszechnienie na rynku energooszczędnych źródeł światła, prowadząc do oszczędności 39TWh w 2020 r. w porównaniu z zakładanym zużyciem energii w tym roku, gdyby nie podjęto żadnych środków związanych z ekoprojektem.

Przykład obliczeniowy związany z ekonomiką i efektami ekologicznymi modernizacji oświetlenia, wykonany za pomocą oprogramowania RETScreen, przedstawiono w rozdziale 3.2.

## **2.3. Komputery, sprzęt RTV, wyposażenie biur i pomieszczeń usługowych, AGD**

### **2.3.1. Urządzenia biurowe i elektroniki użytkowej**

Urządzenia elektroniki użytkowej należą do grupy najdynamiczniej rozwijających się produktów codziennego użytku. Na rynku dostępne są setki modeli telewizorów, wież stereofonicznych, wszelkiego rodzaju odtwarzaczy, nagrywarek, projektorów multimedialnych itd. Bardzo podobna sytuacja występuje również w przypadku urządzeń biurowych, jak np. komputery, laptopy, drukarki, a także w grupie małych urządzeń jak palmtopy, faksy itp. Oczywiście postęp ten wiąże się często ze zwiększaniem możliwości tych urządzeń, poprawianiem jakości obrazu, dźwięku, druku itp., ale również zwiększaniem efektywności energetycznej. Niestety zdarza się często, że nowoczesne technologie są zdecydowanie bardziej energochłonne niż stare. Tak jest np. w przypadku telewizorów plazmowych, które obecnie zużywają ok. 2 razy więcej prądu niż tradycyjne telewizory kineskopowe. Z drugiej strony występuje technologia ekranowa LCD, która z kolei cechuje się w stosunku do telewizorów tradycyjnych ok. połowę mniejszym zużyciem prądu. Podobnie jest z komputerami, które obecnie przy znacznie większych możliwościach obliczeniowych zużywają kilkakrotnie więcej energii niż te sprzed kilku lat. Niemniej jednak nawet w przypadku rozwoju technologii bardziej energochłonnych producenci szukają rozwiązań, które pozwoliłyby na redukcję zużycia energii i taka sytuacja ma również miejsce w przypadku telewizorów czy ekranów monitorów. Badania wskazują, że od czasu pojawienia się na rynku telewizorów plazmowych i LCD ich energochłonność spadła o 50–60% i w następnych latach przewiduje się dalszą redukcję zużycia energii. W tym miejscu pojawia się kolejna, kluczowa przy wyborze tego typu urządzeń sprawa – jakość. Niezaprzeczalnie telewizory plazmowe cechują się zdecydowanie lepszymi parametrami niż LCD, a więc jeżeli komuś bardzo zależy na oglądaniu najwyższej jakości obrazu, wówczas kupi bardziej energochłonny telewizor plazmowy. Z tego powodu w tym obszarze trudno dopatrywać się potencjału polegającego na wymianie starego sprzętu na nowy. W przypadku urządzeń elektronicznych (i nie tylko tego) dosyć istotnym problemem z zakresu energochłonności jest zużycie energii w stanie czuwania, tzw. *standby*. Urządzenia wówczas nie pracują zgodnie z ich podstawowym przeznaczeniem, lecz nadal pobierają energię, np. na świecące diody, zegarki, wyświetlacze itp. Moc urządzeń w czasie czuwania waha się w granicach od 0,5 W do 35 W (!!!). Zazwyczaj w firmach występuje po kilka, a nawet kilkadziesiąt urządzeń, które posiadają funkcję *standby*, a co za tym idzie łączna moc pobieranej bezproduktywnie energii przez te urządzenia może wynosić nawet kilkaset watów.



Tryb *standby* to tryb gotowości urządzenia, który co prawda jest bardzo wygodny, ale prowadzi do nadmiernego, zupełnie niepotrzebnego zużycia energii elektrycznej, a w niektórych urządzeniach zużycie to jest nawet większe niż w czasie właściwej pracy, np. odtwarzacz wideo czy DVD, używany łącznie przez kilka, kilkanaście godzin w roku.

W firmach istnieje wiele urządzeń wyposażonych w funkcję czuwania i nie wszystkie można wyłączyć ze względu na potrzebę ciągłej gotowości (np. faks, automatyczna sekretarka, telefon bezprzewodowy, czujniki ruchu, system alarmowy itp.), zagrożenie rozprogramowania (np. magnetowid, tuner telewizji satelitarnej, radio z budzikiem itp.), praktyczny brak takiej możliwości (np. transformatory dzwonka lub oświetlenia niskonapięciowego).

Istnieje natomiast wiele artykułów, które zużywają energię w stanie czuwania, a które bez problemu można wyłączyć. Najbardziej klasycznym przykładem jest świecąca dioda wyłączonego telewizora, pozostawione w stanie czuwania w godzinach wolnych od pracy, urządzenia kopiujące itp.

Najprostszym i najskuteczniejszym sposobem jest stosowanie odłączania urządzenia od sieci, np. za pomocą listew zasilających, przedłużaczy, rozdzielaczy i gniazdek z wyłącznikami. Przy pomocy takich listew zasilających można wyłączyć za jednym razem kilka urządzeń.

Przy zakupie nowego urządzenia zaleca się zwracać uwagę na ilość energii zużywanej przez *standby* i czy można je wyłączać na czas nieużywania bez wynikających z tego utrudnień.

Innym przykładem marnowania energii są również pozostawione w gniazdku wszelkiego rodzaju ładowarki, np. do telefonu komórkowego, baterii, które mimo odłączenia od telefonu zużywają niewielkie, ale jednak ilości energii. Łatwo można sprawdzić, jakie urządzenia zużywają energię w stanie tzw. jałowym, jeśli po dotknięciu ręką wyczuwalne jest ciepło, można być pewnym, że marnuje się energia.

### 2.3.2. Jak energooszczędnie eksploatować urządzenia biurowe i elektroniczne?

#### Sprzęt komputerowy

- nie należy pozostawiać włączonego komputera na noc czy na weekendy,
- przed włączeniem komputera warto sobie najpierw przygotować pracę, a następnie uruchomić komputer,
- w momencie wyłączenia komputera należy wyłączyć również listwę zasilającą, ponieważ nawet wyłączony zestaw komputerowy z drukarką może zużywać w stanie czuwania do 40 W,
- przy planowanej dłuższej przerwie komputer należy wyłączyć – już przy piętnastu minutach przerwy jest to opłacalne,
- drukarkę należy włączać dopiero przed drukowaniem, praca w stanie czuwania zużywa całkowicie niepotrzebnie energię, zwłaszcza że nowoczesne drukarki uruchamiają się szybko,
- należy korzystać z funkcji zarządzania energią komputera,
- należy aktywować automatyczne wyłączanie komputera (po 30 min), a także usypianie monitora (po 10 min), niemniej jednak NAJLEPSZY WYGASZACZ EKRANU TO WYŁĄCZONY MONITOR,
- przy zakupie nowej drukarki należy zwrócić uwagę, czy posiada funkcję dwustronnego drukowania, co pozwoli na oszczędniejsze gospodarowanie papierem podczas edycji wydruków,
- przy zakupie nowej drukarki warto się zastanowić, czy na pewno niezbędna jest drukarka laserowa, ponieważ taka drukarka zużywa kilkakrotnie więcej energii niż drukarka atramentowa,
- monitory LCD są znacznie mniej energochłonne od monitorów tradycyjnych (CRT), różnica w zużyciu energii może być nawet dwukrotna,
- komputery stacjonarne pracują z mocą średnio 150 W, a laptopy średnio z mocą 30 – 40 W, różnica cen między stacjonarnymi i przenośnymi komputerami w ostatnich latach znacznie się zmniejszyła.



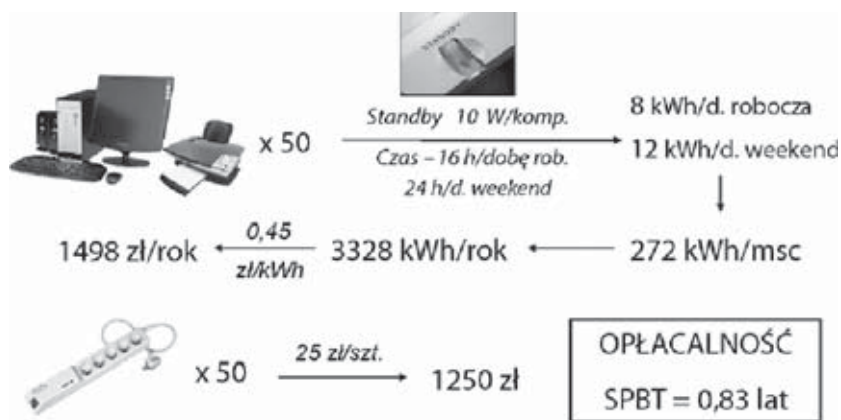
## Sprzęt audiowizualny (telewizory CRT, plazmowe, LCD, kina domowe, odtwarzacze DVD/wideo, radia i zestawy Hi-Fi)

- należy pamiętać o wyłączaniu urządzeń na czas, kiedy nie są używane, częstym zjawiskiem jest grający telewizor w jednym pokoju, a „oglądająca go” osoba w drugim pokoju czy kuchni, efektem czego energia zużywana jest zupełnie niepotrzebnie,
- najmniej energii zużywają telewizory LCD, a najwięcej plazmowe, niestety jakość obrazu jest odwrotna – najmniej zużywające energię urządzenia (LCD) mają najgorszą jakość obrazu w stosunku do plazmowych i tradycyjnych,
- przed zakupem sprzętu audiowizualnego warto się zastanowić, jak „duży” i głośny sprzęt jest niezbędny, mniejsze zużywają mniej energii,
- przy zakupie sprzętu audiowizualnego warto zwracać uwagę na urządzenia o zmniejszonym zużyciu energii funkcji *standby*, nowe urządzenia już takie rozwiązania posiadają, a producenci tych urządzeń często to podkreślają w materiałach reklamowych.

Z racji niewielkiej mocy urządzeń biurowych i elektroniki użytkowej nasze codzienne działania zmierzające do oszczędzania energii jako pojedynczych użytkowników mogą wydawać się mało istotnymi, lecz jako grupa pracowników konkretnej firmy, nie wspominając o całej populacji kraju, mamy wbrew pozorom ogromny wpływ na zużycie energii. Każda zaoszczędzona kilowatogodzina to konkretna ilość zaoszczędzonego paliwa i konkretna ilość mniej wyemitowanego CO<sub>2</sub> i innych zanieczyszczeń. Co można zrobić, wykorzystując 1 kWh energii elektrycznej?

- oświetlać pomieszczenie przez 10 h,
- używać komputera od 4 do 7 godzin,
- przygotować 9 litrów kawy z ekspresu,
- odkurzać przez godzinę,
- słuchać radia przez 40–100 h,
- oglądać TV przez 7 h,
- golić się maszynką elektryczną przez 3 lata,
- ugotować obiad na płycie elektrycznej dla 4 osób,
- pozmywać naczynia w zmywarce.

A więc ta 1 kWh to również konkretne czynności, które mogą być wykonane z jej użyciem. Warto o tym pamiętać. Sprawdźmy to na obliczeniach:



## SPBT – prosty okres zwrotu (Simplified Pay Back Time)

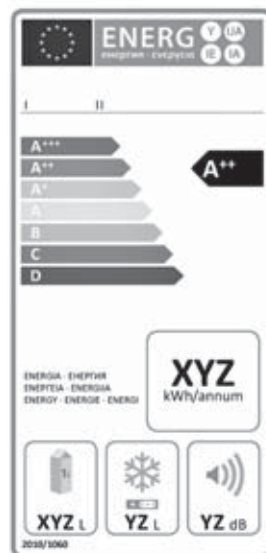
**Tabela 11:** Wskazówki jak zmniejszyć zużycie energii przez standby różnych urządzeń

Rodzaj urządzenia	Używaj listwy zasilającej z wyłącznikiem	Wyłączaj głównym przyciskiem zasilania	Korzystaj z optymalnych ustawień energooszczędnych	Odłączaj od sieci zasilacz
Urządzenia biurowe				
Komputer	•	•	•	
Monitor	•	•	•	
Laptop	•	•	•	•
Urządzenie wielofunkcyjne z faksem			•	
Urządzenie wielofunkcyjne bez faksu	•	•	•	
Drukarka	•	•	•	
Faks			•	
Modem, router itp.	•			
Zewnętrzny dysk twardy	•	•		
Lampa		•		
Elektronika użytkowa (rozrywka)				
Telewizor	•	•		
Wieża, kino domowe	•	•		
DVD	•	•		
Konsola do gier	•	•		
Małe urządzenia na akumulatorki				
Telefony, organizery, MP3-playery, aparaty cyfrowe, ręczne odkurzacze, ładowarki do baterii itp				•

### Urządzenia AGD w firmie

Trudno doszukać się analiz czy raportów, mówiących o ilości eksploatowanych urządzeń AGD w firmach, biurach czy dużych przedsiębiorstwach. Niemniej jednak z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w każdej firmie występują tego typu urządzenia. Urządzenia AGD dzielimy na duże i tzw. drobne. Spośród dużych urządzeń AGD najczęściej używanymi w firmach są urządzenia chłodzące, sporadycznie kuchenki, zmywarki i pralki. Natomiast urządzeń drobnego AGD jest zazwyczaj znacznie więcej, od kilku do nawet kilkudziesięciu urządzeń w zależności od wielkości firmy i liczby zatrudnionych osób. Spośród tych urządzeń na największą uwagę zasługują: czajniki, zazwyczaj elektryczne, ekspresy do kawy oraz urządzenia do sprzątania, czyli głównie odkurzacze.

Potencjał oszczędzania energii w przypadku urządzeń AGD jest nadal bardzo duży, zwłaszcza że mimo dużej liczby corocznie wymienianego sprzętu nadal wiele urządzeń ma więcej niż 10 lat. Można przyjąć, że urządzenia te są również ok. 2 razy bardziej energochłonne niż te najlepsze obecnie dostępne na rynku.



Kilkunastoletnia lodówka zużywa w ciągu roku ok. 700 kWh, a podobna pod względem wielkości nowa lodówka o klasie energetycznej A++ zużywa ok. 150 kWh/rok.

Nawet intuicyjnie można stwierdzić, że nowoczesne urządzenia zużywają mniej energii niż te sprzed kilku-nastu czy kilkadziesiąt lat (a takie również nadal funkcjonują). Ale jak rozróżnić te najbardziej efektywne pod względem energetycznym, które obecnie dostępne są na rynku? Najlepszym sposobem jest posługiwanie się informacjami dostępnymi na **etykiecie energetycznej** urządzenia. Etykieta energetyczna pokazuje nie tylko zużycie energii elektrycznej i klasę energetyczną, ale także markę producenta i model, a poza tym inne ważne parametry techniczne opisujące konkretne urządzenie, jak np. zużycie wody w przypadku pralek czy zmywarek, efektywność prania i wirowania pralek, efektywność zmywania i suszenia zmywarek do naczyń czy poziom hałasu. Dzięki etykietom energetycznym można dokonywać porównań pomiędzy różnymi modelami urządzeń, których na rynku występuje dziesiątki, a nawet setki modeli. Do urządzeń, które objęte są obowiązkiem oznakowania etykietą energetyczną należą:

- Chłodziarki, zamrażarki oraz ich kombinacje,
- Pralki bębnowe,
- Suszarki bębnowe,
- Pralko-suszarki,
- Piekarniki elektryczne,
- Zmywarki do naczyń,
- Źródła światła,
- Klimatyzatory domowe.

Jeżeli urządzenie posiada widoczną etykietę energetyczną, to bardzo łatwo można sprawdzić przybliżone zużycie urządzenia w ciągu roku lub jednego cyklu działania, co dotyczy prania lub zmywania. Sytuacja ma się nieco gorzej w przypadku urządzeń drobnych, jak czajniki elektryczne, kuchenki, suszarki, i wiele innych, dla których nie ma obowiązku certyfikacji energetycznej i nie ma możliwości odczytania wprost zużycia energii z etykiety. Sytuacja ta jednak nie jest beznadziejna, ponieważ istnieje bardzo prosty sposób na obliczenie zużycia energii przez każde urządzenie. Zużycie energii elektrycznej wyrażane jest w kWh, a więc do jego obliczenia potrzebne są dwie wartości: moc urządzenia wyrażana w kW oraz czas pracy urządzenia wyrażany w godzinach. Mnożąc te dwie wartości otrzymujemy kWh zużytej przez urządzenie energii. Czas oczywiście można samemu zmierzyć, ale gdzie znaleźć informację o mocy urządzenia? Większość urządzeń, którymi jesteśmy otoczeni na co dzień posiada informację o ich mocy znamionowej przedstawioną na tabliczkach znamionowych umieszczanych na urządzeniach (zazwyczaj na spodzie lub z tyłu urządzenia).

Podstawową zasadą dotyczącą każdego urządzenia jest eksploatacja urządzeń zgodnie z zaleceniami producenta oraz instrukcją obsługi, nie tylko ze względu na bezpieczeństwo eksploatowanych urządzeń, ale przede wszystkim ze względu na bezpieczeństwo użytkowników.

Poniżej przedstawiono zestaw porad na temat energooszczędnej eksploatacji najczęściej spotykanych w firmach urządzeń AGD.

### **Jak używać urządzeń chłodzących?**

- nie wkładać ciepłych i gorących produktów do lodówki. Ciepło zawarte w produktach musi zostać wydalone przez urządzenie na zewnątrz, zużywając w tym czasie energię. Należy pozostawić gorące produkty do czasu ostygnięcia, czyli do osiągnięcia temperatury pokojowej. Aby chłodziarka z produktu w niej umieszczonego wydalila pewną ilość energii cieplnej, musi zużyć ok. 3 razy tyle energii elektrycznej, co zawarte ciepło,
- nie stawiać urządzeń chłodzących w ciepłych pomieszczeniach, zwłaszcza w pobliżu kaloryferów, grzejników, pieców lub w miejscach silnie nasłonecznionych,

- nie należy zabudowywać urządzeń, które nie są do tego przystosowane, zła wymiana powietrza z tyłu chłodziarki powoduje, że lodówka dłużej pracuje i częściej się włącza, przez co zużywa więcej prądu,
- należy pamiętać, aby raz lub dwa razy do roku odkurzać zewnętrzny wymiennik ciepła (drabinka z tyłu lodówki), dzięki czemu lodówka jest sprawniejsza, bo łatwiej oddaje ciepło zawarte w produktach,
- należy dostosować temperaturę w chłodziarce wedle faktycznych potrzeb, zazwyczaj najodpowiedniejsza temperatura w lodówce to 6 do 8°C, a w zamrażarce –18°C,
- lodówkę lub zamrażarkę powinno się otwierać na jak najkrótszy czas, ponieważ przez dłuższą otwartą drzwi następuje przewietrzenie wilgotnym powietrzem z otoczenia, które musi być przez chłodziarkę wydalone, a w przypadku zamrażarek wilgoć zamraża, przez co rośnie grubość warstwy lodu, co z kolei obniża efektywność chłodzenia,
- należy pamiętać, że pożywienie, które ma być z powrotem umieszczone w chłodziarce (np. po odkrojeniu potrzebnej części) powinno jak najszybciej do niej wrócić, zanim się niepotrzebnie ogrzeje,
- chłodziarkę należy regularnie myć wodą z łagodnym detergentem, w tym również uszczelkę drzwiową, przez którą w przypadku nieszczelności dostaje się ciepło z otoczenia,
- chłodziarko-zamrażarki i zamrażarki, które nie mają automatycznej funkcji odmrażania, należy regularnie odmrażać, warstwa lodu nie powinna być grubsza niż 10 mm,
- jeżeli uszczelka drzwiowa jest uszkodzona, należy ją wymienić,
- chłodziarki podzielone są na strefy temperaturowe, w których układa się poszczególne rodzaje produktów, dlatego należy stosować w miarę możliwości te zasady (producenci zawsze podają szczegóły w instrukcji obsługi). W ten sposób unika się niepotrzebnego chłodzenia niektórych produktów.

### **Jak energooszczędnie gotować?**

- przede wszystkim należy pamiętać, aby używać przykrywek do garnków. Gotując w otwartych naczyniach traci się nawet 30% energii,
- należy dobrać odpowiednio większe średnice garnków w stosunku do średnic palników (powierzchni grzewczych płyt) – garnek nie może być mniejszy niż grzejące pole, dzięki temu unika się strat ciepła,
- należy używać naczyń o płaskich dnach. Naczynia, które nie przylegają całą powierzchnią dna do płyty zużywają do 50% energii elektrycznej więcej,
- do momentu zagotowania należy trzymać maksymalną moc grzewczą, a następnie zmniejszyć do niezbędnego minimum,
- płyty kuchenne powinny być utrzymane w czystości, nie tylko ze względów estetycznych, ale również oszczędnościowych – zanieczyszczona powierzchnia utrudnia przepływ ciepła, a poza tym nie usuwany na bieżąco brud z czasem przywiera coraz silniej,
- gotując wodę, należy nalewać jej tyle, ile jest rzeczywiście potrzebne,
- czajnik bezprzewodowy jest dużo bardziej sprawny niż ceramiczna płyta elektryczna, dlatego o ile jest to możliwe, należy najpierw zagotować wodę w czajniku, a później przelać do garnka w celu ugotowania potrawy. Takie postępowanie może zmniejszyć zużycie energii na zagotowanie wody nawet 30–50%.

### **Jak sprzątać?**

- należy pamiętać o regularnej wymianie filtrów workowych, nawet wcześniej zanim wskaźnik ssania sygnalizuje pełny worek. Odkurzacz praktycznie nigdy nie pracuje z maksymalną mocą, moc urządzenia wzrasta, im bardziej zanieczyszczone są worki, a tym samym rośnie zużycie energii,
- czasami należy wymienić worek, mimo że jest w nim jeszcze sporo wolnej przestrzeni, ponieważ niektóre zanieczyszczenia, jak np. mąka skutecznie zatykają pory filtrów,

- lepiej jest korzystać z nowych worków, niż opróżniać i stosować ponownie te same. Na rynku dostępne są również tzw. zamienniki, ich cena może być niższa nawet o 70% od oryginalnych,
- odkurzając nie należy się śpieszyć, gdyż wolniejsze przemieszczanie końcówki dysy ssącej po dywanie zwiększa efektywność zbierania brudu, czyli tak naprawdę skraca czas odkurzania.

Podejmując decyzję o zakupie nowego sprzętu, klient często nie wie nic albo wie niewiele o możliwościach aktualnego sprzętu, które mogą przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii lub też zwiększenia. Spowodowane to jest głównie faktem, że tego typu urządzenia kupowane są rzadko, raz na kilka, kilkanaście lat, a w międzyczasie technologie się zmieniają. Niestety często też sprzedawcy sprzętu AGD nie są w stanie doradzić, które z dodatkowych funkcji są rzeczywiście potrzebne i jaki będą one miały wpływ na wielkość ponoszonych kosztów w czasie wieloletniej eksploatacji urządzeń.

Całkowity potencjał oszczędności energii elektrycznej w wyniku zmiany urządzeń na nowe stanowi pewien poziom docelowy i w warunkach rzeczywistych jest niemożliwy do osiągnięcia z racji jego rozmiaru i złożoności. Nie jest możliwym, aby w każdej firmie sprzęt zasilany energią elektryczną był na bieżąco wymieniany tak, aby zawsze spełniał najwyższe standardy, dzieje się to niejako w sposób naturalny, tzn. stare się zużywa – kupujemy nowe. Urządzenia te służą zazwyczaj kilkanaście, a nierzadko kilkadziesiąt lat, dlatego istotnym jest moment podejmowania decyzji zakupowej, tak aby nabywany produkt spełniał nasze oczekiwania w funkcji jego podstawowego przeznaczenia (pralka ma dobrze prać, zmywarka ma dobrze zmywać itd.), ale również w funkcji jego oddziaływania na budżet firmy w ciągu całego czasu eksploatacji.

Poniżej przedstawiono kilka uwag jak kupować oraz kilka przykładów dodatkowych funkcji dla różnych urządzeń, pozwalających na zmniejszenie zużycia energii, a co za tym idzie kosztów eksploatacyjnych.

Najważniejsze to dopasować nabywany sprzęt do rzeczywistych potrzeb, to znaczy po co kupować np. dla niewielkiej firmy zatrudniającej kilka osób chłodziarkę o pojemności 300l lub co gorsza chłodziarko-zamrażarkę. Nie w pełni wypełniona chłodziarka niepotrzebnie marnuje energię, ponieważ im większe urządzenie, tym większe zużycie energii. Sama chłodziarka jest w firmie jak najbardziej przydatnym urządzeniem, natomiast zamrażarka raczej zbędnym, dlatego nie warto kupować droższej w cenie i co gorsza w eksploatacji chłodziarko-zamrażarki. Oczywiście tego typu przykładów można mnożyć tyle, ile jest rodzajów indywidualnych potrzeb użytkowników, dlatego decydując się na zakup, należy kierować się pewnymi kryteriami wyboru, jak np. estetyka modelu, wymiary urządzenia, funkcjonalność, ale również faktyczne potrzeby i energochłonność. W przypadku ostatniego z wymienionych kryteriów wiedza kupujących jest zazwyczaj najmniejsza.

Skoro już wiadomo co kupić i znane są potrzeby, to warto zastanowić się nad klasą energetyczną urządzenia. Klasa D oznacza produkt bardziej energochłonny, a klasa A oznacza produkt mniej energochłonny. Przyjrzyjmy się zatem, jak wygląda porównanie urządzeń w klasach wysokich, jak: A, A+ i A++ oraz klasie bardzo niskiej: C. Klasa energetyczna C jest obecnie niską klasą, gdyż tak naprawdę urządzeń w klasach niższych niż C praktycznie na półkach sklepowych nie znajdziemy.

**Tabela 12:** Porównanie zużycia i kosztów energii dla urządzeń o różnej klasie energetycznej

Rodzaj urządzenia		Zużycie energii jednostkowe	Roczne zużycie energii	Roczny koszt energii
Chłodziarko-zamrażarka		kWh/dobę	kWh/rok	zł/rok
Klasa energetyczna	C	1,10	400	180,0
	A	0,78	255	114,8
	A++	0,55	160	72,0
	A+++	0,25	95	40,5

Jak widać nawet klasa energetyczna nie wystarcza i jeżeli jest możliwość, należy szukać produktów w klasie A+, a nawet A++. Nie zawsze urządzenia w najlepszych klasach są najdroższe, rynek jest bardzo rozwinięty i każdy może znaleźć coś dla siebie.

Kupując nowe urządzenia AGD, należy zwrócić uwagę na:

- kupując urządzenie chłodzące, należy pamiętać – biorąc pod uwagę oszczędność energii – przede wszystkim o klasie energetycznej, najlepsze urządzenia posiadają klasę A+++ i A+ (A już nie wystarcza), pojawiają się także zupełnie nowe urządzenia o klasie A+++,
- warto zwrócić uwagę na dodatkowe funkcje chłodziarki typu:
  - automatyczne usuwanie szronu i wilgoci,
  - funkcję kontroli otwartych drzwi i inne.
- kupując nowe urządzenie, należy pamiętać, aby dobrać jego wielkość do własnych potrzeb. Niewielka firma nie musi posiadać dużej lodówki. Niedostosowanie rozmiarów urządzenia do potrzeb powoduje, że przy zbyt dużej lodówce nie można w pełni jej wykorzystać, a takie urządzenie zużywa więcej energii niż mniejsze.
- kupując elektryczną płytę kuchenną, warto się zastanowić nad jej rodzajem. Najbardziej oszczędne są płyty indukcyjne (sprawność ok. 90%, co oznacza, że 90% energii elektrycznej zużytej przez płytę zamieniona jest na ciepło oddane do gotowanych potraw i jest to bardzo wysoka sprawność), następnie płyty ceramiczne (sprawność ok. 60%), płyty żeliwne (sprawność rzędu 55%), a najmniej oszczędne są płyty z palnikami gazowymi (sprawność rzędu 50%, gaz z kolei jest dużo tańszy od energii elektrycznej). Sprawność bezpośrednio wpływa na zużycie energii elektrycznej. Należy zwrócić uwagę, że nie wszystkie naczynia mogą być używane do gotowania na płytach indukcyjnych.
- kupując czajnik elektryczny, warto się zastanowić nad kupnem modelu z płytką grzewczą, a nie
  - z grzałką spiralną, pozwoli to na gotowanie mniejszych ilości wody, np. dla jednej osoby. W przypadku czajników z grzałką spiralną powinna być ona w całości zakryta wodą, co w praktyce oznacza konieczność gotowania min. 0,4 l wody każdorazowo,
- kupując czajnik bezprzewodowy, warto zwrócić uwagę czy jest wyposażony w dodatkowe funkcje, jak:
  - głośny sygnał zakończenia gotowania, dzięki czemu unika się częstego kilkakrotnego podgrzewania z powodu zapominania,
  - funkcja automatycznego przerwania pracy przy otwarciu wieczka.
- kupując przelewowy ekspres do kawy, warto się zastanowić nad kupnem ze zintegrowanym termosem, dzięki takiemu rozwiązaniu nie trzeba ciągle podgrzewać kawy już po jej przygotowaniu,
- kupując ciśnieniowy ekspres do kawy, należy zwrócić uwagę ile zużywa energii w stanie czuwania
- (dobre ekspresy nie powinny zużywać więcej niż 1 W, a te z wyświetlaczami nie więcej niż 2 W ), ponadto większość ekspresów na rynku nie ma funkcji automatycznego wyłączenia, przez co ciągle podgrzewana jest w nich woda, roczny potencjał oszczędności na jednym ekspresie ciśnieniowym to rząd około 120 kWh (porównując energooszczędny z typowym).

## 2.4. Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja (chłodzenie) budynków

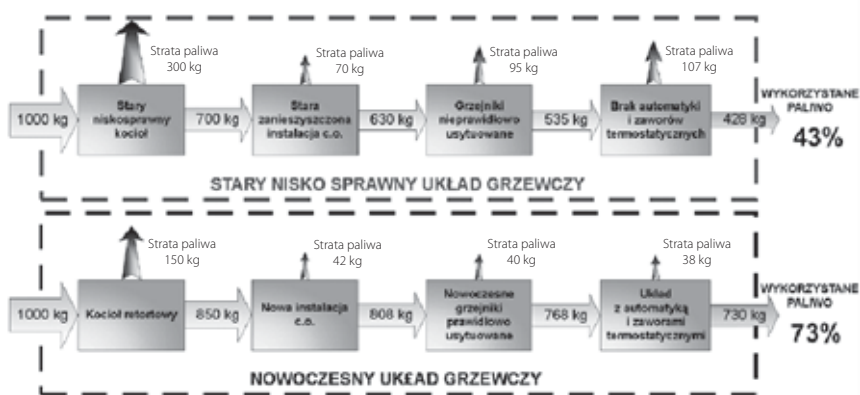
### 2.4.1. Ogrzewanie

Energię w budynku zużywamy na różne cele (np. oświetlenie, urządzenia biurowe i AGD), jednak to właśnie na ogrzewanie pomieszczeń zużywamy jej najwięcej. Bardzo często zużycie jest nadmierne i należy je ograniczyć.

Pierwszą, główną przyczyną są **nadmierne straty ciepła**. Większość budynków nie posiada bowiem dostatecznej izolacji termicznej. Więcej o termomodernizacji można znaleźć w odnośnym punkcie niniejszego poradnika.

Drugą ważną przyczyną dużego zużycia paliwa i energii, a tym samym wysokich kosztów za ogrzewanie, jest **niska sprawność instalacji grzewczej**. Wynika to przede wszystkim z niskiej sprawności samego źródła ciepła (kotła, pieca), ale także ze złego stanu technicznego instalacji wewnętrznej, która zwykle jest rozregulowana, a rury źle izolowane i podobnie jak grzejniki zarośnięte osadami stałymi. Ponadto brak jest możliwości łatwej regulacji i dostosowania zapotrzebowania ciepła do zmieniających się warunków pogodowych (automatyka kotła) i potrzeb cieplnych w poszczególnych pomieszczeniach (przygrzejnikowe zawory termostaticzne).

Sprawność domowej instalacji grzewczej można podzielić na 4 główne składniki: sprawność źródła ciepła, sprawność przesyłania wytworzonego w źródle ciepła do odbiorników (grzejniki), sprawność regulacji i wykorzystania ciepła oraz sprawność akumulacji (tylko w przypadku stosowania zbiorników akumulacyjnych). Poniżej przykładowe porównanie, starej i nowej instalacji grzewczej pokazujące stopień wykorzystania paliwa rokrocznie wkładanego do kotła.

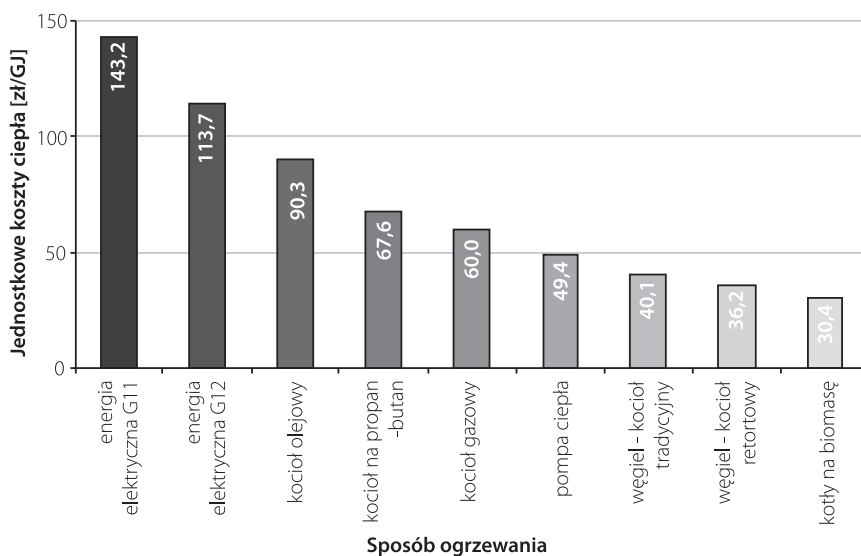


**Rysunek 19:** Porównanie rezultatów stosowania kotła nisko sprawnego i wysoko sprawnego

Widać stąd, że np. użytkowanie nisko sprawnego kotła powoduje 30% stratę paliwa. Jest to wartość typowa dla kotłów około 20-letnich, opalanych paliwem stałym, jednak nie oznacza to, że Twój kocioł musi mieć właśnie taką sprawność. Natomiast dla nowoczesnych kotłów strata ta wynosi od 10 do 20%. Wszystko to przekłada się oczywiście na koszty eksploatacji (paliwo, serwis i remonty), ale także, a może przede wszystkim, na jakość powietrza w najbliższym otoczeniu oraz na zdrowie ludzi.

Modernizacja systemu ogrzewania powinna więc obejmować przede wszystkim źródło wytwarzania ciepła (kocioł, piec, węzeł), ale także inne elementy instalacji wewnętrznej, jak armatura, zawory, grzejniki i inne. W przypadku nowych instalacji, kluczowym staje się odpowiedni wybór źródła ciepła.

Rysunek 19 przedstawia informacje, które mogą być pomocne przy wyborze kotła. Obliczenia kosztów energii przeprowadzono dla budynku mieszkalnego o powierzchni użytkowej 125 m<sup>2</sup> o zapotrzebowaniu na energię cieplną do celów grzewczych wynoszącym 80 GJ/rok oraz zapotrzebowaniu na moc 15 kW. Rysunek 20 nie uwzględnia ciepła sieciowego, z uwagi na bardzo zróżnicowaną cenę tego nośnika w różnych miastach.



**Rysunek 20:** Jednostkowy koszt produkcji ciepła dla różnych typów ogrzewania

### Kotły

W sytuacji, gdy budynek zasilany jest w ciepło wytwarzane w kotłowni, której wiek przekracza 10 lat, z dużym przybliżeniem można powiedzieć, że kotłownia wymaga modernizacji, zwłaszcza gdy zainstalowane kotły zasilane są paliwami stałymi. Ponadto kotły opalane paliwami węglowymi, często niskiej jakości, jak: miał czy muły powodują dużą emisję zanieczyszczeń gazowych oraz lotnych części stałych (pyły).

### Kotły na paliwo stałe

W instalacjach spalania paliw stałych małej mocy znajduje zastosowanie głównie technologia spalania w warstwie w złożu stacjonarnym. Do „dobrych praktyk spalania” w instalacjach produkcji ciepła małej mocy należą:

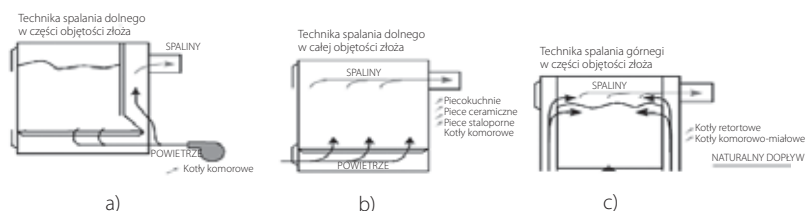
- właściwy dobór paliwa do paleniska; ilość emitowanych zanieczyszczeń ze spalania paliwa stałego w warstwie uzależniona jest nie tylko od techniki organizacji spalania, składu chemicznego paliwa, ale także od wielkości ziarna;
- optymalna organizacja procesu spalania i dobór parametrów procesowych, takich jak: temperatura spalania produktów rozkładu paliwa, odpowiedni stosunek ilości powietrza do spalane go paliwa, zapewniającego całkowite jego spalanie;
- zapewnienie homogeniczności mieszanki paliwowej i utleniacza – powietrza oraz homogeniczności mieszaniny lotnych produktów niezupełnego spalania z utleniaczem/tlenem powietrza;
- zapewnienie maksymalnej sprawności pozyskania ciepła użytecznego z wyprodukowanej energii w czasie spalania, czyli zapewnienie odpowiedniej wymiany ciepła.

Stosowane w rozproszonym indywidualnym i komunalnym ogrzewnictwie instalacje spalania węgla i biopaliw stałych można podzielić w sposób najbardziej ogólny, w zależności od techniki organizacji procesu spalania na następujące trzy grupy:

- tradycyjne konstrukcje – dolne spalanie – spalanie przeciwprądowe w całej objętości:
  - piece ceramiczne, piece grzewcze stałopalne, pieco-kuchnie,
  - kotły wodne komorowe;
- nowoczesne instalacje, kotły komorowe – spalanie dolne w części złoża (dystrybucja powietrza do spalania);



- c) nowoczesne kotły węglowe z automatyzacją procesu spalania – górne spalanie:
- retortowe,
  - podsuwowe, miałowe (palnikowe).



**Rysunek 21:** Porównanie schematów kotłów węglowych

Technika dolnego spalania, spalanie przeciwpądowe, charakterystyczne dla tradycyjnych domowych instalacji (pieców, kotłów) stosowanych w rozproszonym, indywidualnym ogrzewnictwie, charakteryzuje się niską sprawnością energetyczną i wysoką emisją zanieczyszczeń. Zastosowanie w tej technice dystrybucji powietrza na strumień powietrza pierwotnego i wtórnego powoduje, iż w komorze dopalania ulegają spalaniu produkty rozkładu paliwa, wpływając tym samym na wzrost sprawności energetycznej i zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. W technice górnego spalania w części złoża, spalanie współpądowe, paliwo stałe jest cyklicznie doprowadzane do górnej warstwy rozżarzonego paliwa – strefy spalania, wskutek tego lotne produkty odgazowania, przechodząc przez wysokotemperaturową strefę żaru ulegają prawie całkowitemu spalaniu dając bardzo małą emisję zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia i środowiska, a zastosowana dystrybucja i kontrola ilości powietrza pierwotnego powodują, iż sprawność energetyczna tych palenisk sięga 90%.

Tradycyjne instalacje spalania to urządzenia starej generacji, o niskiej sprawności cieplnej (w znacznej części praktycznie średniorocznie poniżej 50%) i wysokiej emisji zanieczyszczeń. Podstawowe ich wady to:

- nierównomierne obciążenie cieplne komory spalania i wymiennika,
- brak kontrolowanego, efektywnego (z wymuszaniem turbulencji spalin) systemu doprowadzenia powietrza wtórnego,
- brak strefy dopalania produktów zgazowania węgla,
- intensywne okresowe emisje produktów niecałkowitego i niepełnego spalania (lotnych związków organicznych, węglowodorów aromatycznych, dioksyn i tlenku węgla), zwłaszcza w pierwszej fazie spalania po uzupełnieniu paliwa w komorze spalania;
- możliwość spalania i współspalania odpadów, co znacząco wpływa na wzrost emisji toksycznych zanieczyszczeń.

Nowoczesne instalacje kotłowe, realizujące technikę dolnego i górnego spalania w części złoża, są urządzeniami nowej generacji, w których wyeliminowano podstawowe wady tradycyjnych, przestarzałych konstrukcji. Instalacje kotłowe realizujące technikę dolnego spalania w części złoża posiadają dodatkowy kanał dopalania. Wyposażone są one w efektywne systemy dystrybucji powietrza pierwotnego i wtórnego, często z regulacją pracy wentylatora za pomocą elektronicznych sterowników, które powodują lepsze dopalanie lotnych produktów rozkładu paliwa stałego. Wskutek tego wzrasta sprawność energetyczna kotła, a maleje emisja zanieczyszczeń. W ostatnim okresie producenci wprowadzili wiele usprawnień zwiększających efektywność tych kotłów (np. wymurówkę ceramiczną w części kotła, ceramiczne dysze powietrza wtórnego do dopalania części palnych w spalinach itp.).

Najnowsze rozwiązania kotłów c.o. to kotły retortowe, palnikowe wyposażone w system dystrybucji powietrza pierwotnego i wtórnego oraz retortę, do której cyklicznie doprowadzone jest kwalifikowane stałe

paliwo – węgiel, pelety drzewne do górnej strefy spalania. Zautomatyzowanie procesu spalania w tych kotłach powoduje, że charakteryzują się one bardzo wysoką sprawnością energetyczną (nawet ponad 90%), a redukcja emisji zanieczyszczeń sięga prawie 99% dla tlenku węgla, lotnych związków organicznych, benzo(a)pirenu i innych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

Kotły komorowe realizujące technikę dolnego spalania w części złoża przeznaczone są do spalania paliw jednorodnych sortymentowo (węgiel w sortymencie orzech lub groszek, brykiety drzewne itp.). Mogą być stosowane do spalania drewna suchego (kawałkowego lub grubszych zrębków, słomy). Należy pamiętać, że do spalania drewna i słomy konieczne są odpowiednie konstrukcje kotłowe (o dwóch strefach – komorach spalania).

### **Kotły zgazowujące, z wstępnym zgazowaniem paliwa (dwustopniowego spalania)**

Do grupy nowoczesnych kotłów komorowych opalanych paliwami stałymi, głównie drewnem, należą kotły zgazowujące. Ich konstrukcja jest zasadniczo oparta na technice dolnego spalania w części złoża (z dużym nadmiarem powietrza), która realizowana jest w komorze zgazowania (komora górna). Mieszanina gazu słabego i powietrza wtórnego z komory zgazowania dostaje się do komory spalania, w której następuje jej spalenie. Rozwiązania konstrukcyjne komory dopalania (dolna komora) zabezpieczają wysoką temperaturę, powyżej 1100°C, co powoduje, iż kotły te charakteryzują się wysokimi sprawnościami energetycznymi oraz niskimi wskaźnikami emisji zanieczyszczeń. Praca kotła sterowana jest automatycznie, a przy dostatecznie dużej pojemności komory zgazowania paliwo dostarcza się nawet raz na dobę. Kotły te znalazły zastosowanie również do spalania węgla.

Kotły węglowe, realizujące górne spalanie w części złoża z automatyzacją procesu spalania, zwane są też często kotłami z palnikiem, kotłami palnikowymi. Wśród tych kotłów rozróżnić należy znane już kotły retortowe, opalane kwalifikowanym sortymentem węgla (groszek), nową generację kotłów podsuwowych opalanych miałem oraz komorowe kotły zasypowe.

Kotły retortowe zaliczane obecnie do najbardziej nowoczesnych i najefektywniejszych konstrukcji kotłów realizujących „czystą technologię spalania”, wykorzystują technikę spalania górnego w części złoża. Ciągłe, automatycznie sterowane podawanie paliwa, regulowana i kontrolowana ilość powietrza wprowadzanego do komory spalania oraz wysoka efektywność energetyczna i ekologiczna to cechy stawiające je na czele nowoczesnych kotłów małej mocy. Charakteryzują się one dużymi możliwościami regulacji mocy w szerokim zakresie (30–100% mocy znamionowej), przy równoczesnym nieznacznym spadku sprawności cieplnej, co skutkuje prawie płaską cieplną charakterystyką pracy kotła. W tym zakresie mocy stabilna jest także efektywność ekologiczna. Podstawowym elementem kotła jest samoczyszczące się palenisko retortowe, w którym spala się określona porcja paliwa, niezbędna do uzyskania temperatury zadanej przez użytkownika na sterowniku elektronicznym. Obsługa ogranicza się do okresowego uzupełnienia paliwa w zasobniku oraz odprowadzenia popiołu. Rozwój konstrukcji kotłów retortowych w Polsce rozpoczął się stosunkowo niedawno, ale ich niewątpliwe zalety – wysoka sprawność energetyczna, wysoka efektywność ekologiczna oraz automatyzacja procesu, czyli prawie bezobsługowa eksploatacja – spowodowały olbrzymi wzrost popytu stymulującego rozwój produkcji.

Kotły podsuwowe, palnikowe, przeznaczone do spalania miału węglowego pojawiły się na rynku kotłów w ostatnich latach. Należą one do tej samej generacji urządzeń, do której należą kotły retortowe i charakteryzują się podobną możliwością regulacji mocy w szerokim zakresie i równie wysoką efektywnością energetyczną i ekologiczną, pod warunkiem zastosowania wysokoenergetycznych miałów węglowych, pozbawionych frakcji drobnoziarnistych. Z uwagi na zmienność właściwości fizykochemicznych miałów węglowych utrzymanie wysokiej efektywności ekologicznej w ciągłej terenowej eksploatacji jest bardzo utrudnione, wskutek czego nierzadko deklarowana przez producenta wielkość sprawności energetycznej i efektywności ekologicznej jest trudna do utrzymania. W tych kotłach mogą być współspalane mieszanki miału węglowego ze zrębkami drzewnymi, czy nawet pocięta słoma.

## Kotły na biomasę

W ostatnich latach nastąpiło wiele zmian w konstrukcji i działaniu kotłów, zarówno ręcznych, jak i automatycznych, zmierzających do uzyskania lepszej wydajności oraz obniżenia emisji zanieczyszczeń z kominów. Ulepszenia te osiągnięto głównie przez zaprojektowanie komory spalania, systemu dopływu powietrza oraz automatycznej kontroli procesu spalania. W stosunku do kotłów sterowanych ręcznie, osiągnięto wzrost wydajności z poziomu poniżej 50% do poziomu 75–90%. Jeśli chodzi o kotły zautomatyzowane, osiągnięto wzrost wydajności z 60% do 85–95%.

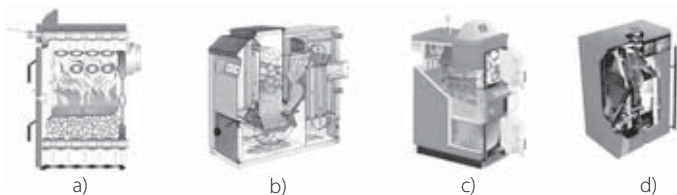
Rodzaje kotłów do spalania drewna:

**Kotły ze spalaniem górnym** – są najpopularniejszymi i najtańszymi urządzeniami na paliwa stałe. W czasie spalania powietrze jest doprowadzone do całej objętości paliwa. Wydłużenie tego procesu powoduje się przez ograniczenie ciągu kominowego za pomocą regulatora. W kotłach takich temperatura spalin jest wysoka, dzięki czemu nie ma problemu z ciągiem kominowym. Nie ma też ryzyka wykraplania się pary wodnej zawartej w spalinach, a więc nie ma konieczności stosowania specjalnych wkładów kominowych ze stali kwasoodpornej. Ponieważ drewno zawiera dużo składników lotnych, tylko 20% jego objętości spalane jest bezpośrednio na ruszcie. W spalinach opuszczających kocioł znajduje się jeszcze dużo nie spalonego węgla, co bardzo obniża sprawność kotła. Z tego powodu kotły ze spalaniem górnym bardziej niż do drewna nadają się do węgla, miału i koks – zawierają one niewielką ilość składników lotnych.

**Kotły ze spalaniem dolnym** – osiągają dużo wyższą sprawność przy spalaniu drewna niż kotły ze spalaniem górnym. Spalanie odbywa się tu w pobliżu tylnej ściany komory spalania lub w komorze spalania znajdującej się w tylnej części komory zasypowej, w miejscu doprowadzenia powietrza. Następnie spaliny przepływają do drugiego ciągu spalinowego, gdzie są dopalane, czego konsekwencją jest wysoka sprawność kotłów.

**Kotły zgazowujące** – w nowoczesnych kotłach na drewno paliwo jest poddawane procesowi zgazowania. Najpierw jest suszone i odgazowane w komorze zgazowania, w wyniku czego uwalnia się gaz drzewny. Proces ten zachodzi przy szczelnie zamkniętej komorze spalania i zamkniętym wylocie kominowym. Następnie gaz drzewny kierowany jest do dyszy palnika, gdzie miesza się z powietrzem wtórnym, włączanym za pomocą wentylatora nadmuchiowego. Na koniec rozgrzana mieszanina gazu drzewnego i powietrza dostaje się do komory spalania, w której następuje zapłon mieszanki. Temperatura spalania gazu drzewnego wynosi około 1200°C. Praca kotła sterowana jest automatycznie. Z tego powodu jest on stosunkowo drogi. Paliwo uzupełnia się co 8 do 12 godzin, a przy dostatecznie dużej pojemności komory zgazowania nawet raz na dobę.

**Kotły retortowe** – spalają pelety, zrębki oraz trociny. Wyposażone są w automatyczny system podawania paliwa oraz doprowadzania powietrza do spalania. Nie wymagają stałej obsługi, mogą współpracować z automatyką pogodową. Paliwo umieszcza się w specjalnym zasobniku, skąd jest pobierane przez podajnik z napędem elektrycznym sterowanym automatycznie w zależności od warunków atmosferycznych. Automatycznie steruje także wentylatorem dozującym powietrze do spalania. Paliwo uzupełnia się co kilka dni, tym rzadziej, im większy jest zasobnik.



**Rysunek 22:** Rodzaje kotłów do spalania drewna: a) kotły ze spalaniem górnym, b) kotły ze spalaniem dolnym, c) kotły zgazowujące, d) kotły retortowe

## Kotły gazowe

Kotły gazowe to urządzenia niezawodne, które zazwyczaj nie są kłopotliwe w użytkowaniu. Nie należy się też obawiać, że zastosowanie techniki kondensacyjnej może spowodować jakieś dodatkowe problemy. Jeśli już się pojawią, będą takie same w przypadku kotłów zwykłych i kondensacyjnych. Montaż i uruchomienie – pod warunkiem że zadanie powierzy się odpowiednio przeszkolonemu instalatorowi nie powinny sprawiać kłopotu bez względu na rodzaj kotła. W obu przypadkach przebieg prac jest podobny. Również ryzyko wystąpienia usterki podczas eksploatacji kotła kondensacyjnego nie jest większe niż dla konwencjonalnego. Ewentualne kłopoty w większym stopniu zależą od jakości wykonania i zastosowanych materiałów niż od rodzaju urządzenia.

Ciekawy problem wynika z konieczności pracy kotłów z niepełnym wykorzystaniem mocy przez ponad 90% sezonu grzewczego. W starych konwencjonalnych kotłach gazowych taka sytuacja jest przyczyną niskiej sprawności średniorocznej. Kocioł, którego moc jest dużo większa niż potrzeba, nie ma optymalnych warunków do pracy, przez co cykle działania jego palnika są krótkie, za to bardzo częste.

Nowoczesne kotły niekondensacyjne z palnikami modulacyjnymi mogą pracować z mocą zmieniającą się automatycznie w pewnym zakresie, w zależności od zapotrzebowania. Ich sprawność średnioroczna jest dzięki temu wyższa (do mniej więcej 92%). Jednak nadal długotrwała praca w warunkach niewielkiego zapotrzebowania na ciepło powoduje spadek sprawności. Tyle tylko, że jest on znacznie mniejszy niż w kotłach konwencjonalnych starego typu.

Zdecydowanie lepiej pod tym względem wypadają kotły kondensacyjne. Zakres modulacji ich palników jest większy, więc mogą pracować w dłuższych cyklach, rzadziej włączając się i wyłączając, co korzystnie wpływa na ich trwałość. Jednocześnie praca przy niewielkim zapotrzebowaniu na ciepło, a więc w warunkach, które występują przez większą część sezonu grzewczego, powoduje intensywniejszą kondensację (temperatura wody grzewczej schładzającej spaliny jest wtedy niższa), dzięki czemu wzrasta sprawność kotła. Dlatego do małego, dobrze ocieplonego budynku kocioł kondensacyjny jest lepszym rozwiązaniem. Sprawność kotłów kondensacyjnych przekracza 100% (maksymalnie 111% dla kotłów zasilanych gazem ziemnym). Sprawność przewyższająca 100% wynika ze sposobu obliczenia sprawności (w czasach gdy wyznaczano definicję sprawności nie brano pod uwagę ciepła skraplania). W praktyce kotły kondensacyjne mają nieco niższą sprawność (od 2% do 6%), ale i tak jest ona wyższa o kilkanaście procent od sprawności kotłów konwencjonalnych. Kotły kondensacyjne mają jednak jedną wadę – są mniej więcej o połowę droższe od kotłów konwencjonalnych.

Zarówno kotły konwencjonalne, jak i kondensacyjne nie wymagają wiele zachodu – są praktycznie bezobsługowe. Po zamontowaniu i ustawieniu przez instalatora wszystkich parametrów ani jeden, ani drugi nie powinien absorbować naszej uwagi przez cały sezon grzewczy. Przed kolejnym powinniśmy jednak wezwać serwisanta, by wykonał przegląd kotła. Polega on przede wszystkim na wyczyszczeniu urządzenia i sprawdzeniu, czy wszystkie elementy działają prawidłowo. Podczas przeglądu kontroluje się także układ odprowadzenia spalin, więc przy okazji można się dowiedzieć, czy czyszczenie komina jest konieczne. Przegląd kotła kondensacyjnego różni się od przeglądu zwykłego kotła właściwie tylko koniecznością oczyszczenia syfonu w układzie odprowadzenia skroplin (nie ma go w konwencjonalnych kotłach). Inne różnice wynikają z odmiennej konstrukcji konkretnych modeli kotłów, a nie z tego, że kocioł jest kondensacyjny lub nie.

Eksploatacja kotła oznacza dla użytkownika właściwie tylko konieczność zmiany parametrów pracy – przede wszystkim temperatury, do jakiej kocioł ma podgrzewać wodę, i ewentualnie okresów, w których ma być utrzymywana określona temperatura. Możliwości i łatwość ich ustawiania zależą od rodzaju regulatora, w jaki jest wyposażony kocioł. Zazwyczaj nic nie stoi na przeszkodzie, by do kotła konwencjonalnego zastosować taki sam regulator jak do kondensacyjnego. Niektórzy producenci sprzedają kotły kondensacyjne w komplecie z bardziej zaawansowanymi regulatorami pogodowymi niż w kotłach konwencjo-

nalnych. Te ostatnie są zazwyczaj uważane za produkty dla klientów o mniej zasobnym portfelu, a zatem standardowo nie wyposaża się ich w elementy podnoszące cenę. Zawsze można jednak dokupić do kotła regulator z większą liczbą funkcji.

Aby kocioł kondensacyjny pracował efektywnie:

- powinien być podłączony przez uprawnionego instalatora. Ponieważ są to urządzenia z zamkniętą komorą spalania i wymuszonym przepływem spalin, nie potrzebują komina. Wylot spalin może być ułożony prawie poziomo, ale tylko wtedy, gdy zezwala na to producent. Spadek przewodu musi być wówczas ustawiony w kierunku do kotła, tak aby kondensat, który ewentualnie powstanie w przewodzie, spływał do kotła, a nie na zewnątrz budynku,
- nie należy zapominać o podłączeniu do kanalizacji. W domach jednorodzinnych zwykle instaluje się kotły o mocy nie większej niż 30 kW. Kondensat, który powstaje w takich kotłach, można bez problemów odprowadzać bezpośrednio do kanalizacji. Trzeba pamiętać, że przewód łączący kocioł z kanalizacją nie powinien być stalowy.
- należy zapewnić optymalne warunki pracy kotła kondensacyjnego. Aby kocioł pracował z największą sprawnością, temperatura wody powracającej z instalacji (temperatura powrotu) powinna być niższa od 58°C. Ogranicza to stosowanie kotłów kondensacyjnych tylko do instalacji niskotemperaturowych. Pojawiło się więc nowe określenie – kotły kondensujące. Są to kotły, w których proces kondensacji występuje nie przez cały czas pracy, ale tylko wtedy, gdy temperatura powrotu jest niższa od temperatury punktu rosy. W momencie, gdy temperatura wody przekroczy tę wartość, następuje przerwanie kondensacji pary wodnej. Nie oznacza to jednak, że kocioł pracuje nieprawidłowo – spaliny nadal przepływają przez ten sam wymiennik ciepła i nadal odbierane jest ze spalin dużo więcej energii niż w kotle standardowym. Jeśli przyjmiemy różnicę temperatury zasilania i powrotu równą 15°C, to kocioł pracuje jako kondensacyjny do temperatury zasilania około 73°C – wówczas temperatura powrotu wynosi około 58°C. W chwili, gdy temperatura na zasilaniu przekroczy tę wartość, kocioł przestaje kondensować. W nowoczesnych instalacjach grzewczych podczas całego okresu pracy kotła czas pracy niekondensacyjnej jest stosunkowo krótki.

Niezwykle ważna decyzja przy wyborze kotła to sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej. Kotły na paliwa stałe i większość kotłów na olej to **urządzenia jednofunkcyjne**, w których nie można samodzielnie przygotować ciepłej wody użytkowej (c.w.u.). Trzeba dokupić do nich dodatkowy podgrzewacz. Kotły gazowe i elektryczne są produkowane w różnych wersjach. Mogą być jednofunkcyjne (pracujące wyłącznie na cele c.o.) albo **dwufunkcyjne** (c.o. + c.w.u.).

Kotły dwufunkcyjne dzielą się na:

- kotły z wbudowanym podgrzewaczem pojemnościowym oraz zbiornikiem do magazynowania podgrzanej wody (zasobniki mają stosunkowo niewielką pojemność od 15 do 100 l, ale dzięki temu, że woda podgrzewana jest w podgrzewaczu przepływowym o wysokiej wydajności, komfort korzystania z niej jest wysoki),
- kotły przepływowe – podgrzewające wodę na bieżąco (polecane do domów, w których nie planuje się intensywnego korzystania z ciepłej wody, gdyż są w stanie zapewnić c.w.u. w jednym punkcie poboru).

W przypadku gdy w budynku brak jest piwnic, w których mógłby być zainstalowany kocioł lub mają małą powierzchnię, istotnym parametrem przy wyborze kotła będzie możliwość jego instalacji w pomieszczeniu. Kotły pod tym względem dzielą się na:

- **wiszące** (dotyczy tylko kotłów o lekkiej konstrukcji, tzn. głównie kotłów gazowych oraz kotłów elektrycznych – najpopularniejsze w chwili obecnej wiszące kotły gazowe ze stalowymi lub aluminiowo-krzemowymi wymiennikami ciepła, które pracują cicho i nie muszą być instalowane w pomieszczeniach technicznych, mają estetyczne obudowy, często dopasowane do kuchennych szafek, można je instalować w kuchni lub w łazience),

- **stojące** (są dostępne wszystkie rodzaje kotłów – kotły gazowe stojące z żeliwnymi wymiennikami charakteryzują się dużą trwałością – kilkakrotnie większą niż kotłów z wymiennikami stalowymi – polecane, jeśli w budynku znajduje się pomieszczenie techniczne).

Ważną sprawą przy doborze urządzenia grzewczego jest również wybór odpowiedniego **sterowania** kotłem. Rozróżnia się następujące typy układów sterowania kotłem:

- **miarkownik ciągu** – umożliwiający automatyczną regulację dopływu powietrza do paleniska – stosowany w najprostszych kotłach głównie na paliwo stałe – zaletą tego typu regulacji jest niezależność od zasilania energią elektryczną kotła,
- **regulator elektroniczny** – moc regulowana jest poprzez zmianę wydajności wentylatora, który dostarcza powietrze do spalania paliwa – stosowany w nowocześniejszych kotłach na paliwo stałe,
- **regulatory pokojowe i pogodowe** – wyposażone w pokrętkę do ustawiania tzw. temperatury zadanej w pomieszczeniu. Spadek wartości temperatury zadanej w pomieszczeniu poniżej ustawionej na termostacie powoduje załączenie się kotła, a wzrost wartości temperatury powyżej zadanej – jego wyłączenie – tego typu urządzenia służą do sterowania kotłem gazowym lub olejowym z palnikiem jednostopniowym,
- **termostaty elektroniczne** – mogą nie tylko sterować pracą palnika, ale także pomp i zaworów regulacyjnych – nadają się do kotłów z płynną regulacją mocy – na ogół umożliwiają programowanie czasu, w którym kocioł ma utrzymywać zadaną temperaturę,
- **regulator pogodowy** – jest to regulator elektroniczny wyposażony w czujnik temperatury zewnętrznej, uwzględniający jej zmiany w funkcji temperatury wody zasilającej instalację grzewczą – pełni wszystkie funkcje programowalnego termostatu pokojowego, ale dzięki temu, że reguluje wydajność instalacji w zależności od temperatury zewnętrznej, jego zastosowanie daje większe oszczędności w zużyciu paliwa przez kocioł,
- **regulatory kilkuobiegowe** – umożliwiają sterowanie kilkoma obiegami grzewczymi w budynku (np. ogrzewaniem podłogowym i grzejnikami) oraz przygotowaniem c.w.u.

## 2.4.2. Wentylacja

Wymiana powietrza wentylacyjnego powoduje straty dochodzące nawet do 40% łącznego zużycia ciepła. Wyróżniamy generalnie dwa rodzaje systemów wentylacyjnych: wentylacja grawitacyjna oraz wentylacja mechaniczna.

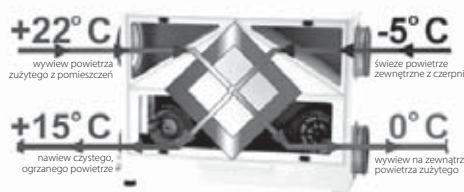
Najbardziej powszechnym i szeroko stosowanym rozwiązaniem jest wentylacja naturalna (grawitacyjna), gdzie ciągły dopływ powietrza do pomieszczeń realizowany jest poprzez nieszczelności okien, drzwi i okresowe uchylanie, otwieranie okien. Odprowadzanie powietrza następuje poprzez kratki wentylacyjne zlokalizowane zwykle w kuchniach, łazienkach, ustępach, a czasami w innych pomieszczeniach, stąd ważne jest również zapewnienie nieszczelności drzwi wewnętrznych umożliwiających swobodny przepływ powietrza. Wadą naturalnego systemu wentylacji jest przede wszystkim praktyczny brak możliwości regulacji wydajności wymiany powietrza, ponieważ zależy ona właściwie od panujących warunków pogodowych (temperatury, wiatru, ciśnienia). W takiej sytuacji czasami mamy do czynienia ze zbyt intensywną wymianą powietrza, a czasami z niewystarczającą. Dużym problemem okazała się wymiana okien na nowoczesne, o wysokiej szczelności, co spowodowało, że wentylacja grawitacyjna bez dopływu przez nieszczelności okienne świeżego powietrza przestaje pracować w sposób prawidłowy. Takie ograniczenie dopływu powietrza może wiązać się z bardzo poważnymi konsekwencjami, skutkującymi powstawaniem w pomieszczeniach wilgoci, pleśni i grzybów. Dobrym rozwiązaniem tego problemu jest montaż nawiewników ręcznych lub automatycznych.

W ten sposób użytkownicy mogą także kontrolować, w pewnym stopniu, ilość dostarczanego świeżego powietrza do pomieszczeń, w zależności od potrzeb. Najlepszym rozwiązaniem są nawiewniki higroste-

rowalne, które otwierają się i przysysają pod wpływem zmian wilgotności powietrza w pomieszczeniu. Tak więc w okresie, gdy w pomieszczeniu nie przebywają ludzie i wilgotność powietrza utrzymuje się na dopuszczalnym poziomie, dopływ świeżego powietrza jest minimalizowany, a co za tym idzie ilość energii na podgrzanie tego powietrza także jest zmniejszona. Nawiewniki takie mogą być montowane zarówno w górnej, jak i dolnej części okien.

Najlepszym rozwiązaniem jest wentylacja nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła z powietrza wentylacyjnego, która zapewnia kontrolę jakości i ilości doprowadzanego powietrza. Wadą takiego systemu są wysokie nakłady inwestycyjne, oszczędności natomiast są niepodważalne i w zależności od rodzaju ogrzewania układ taki potrafi się szybko zwrócić (np. przy ogrzewaniu elektrycznym).

W układzie takim zużyte powietrze, zanim zostanie odprowadzone na zewnątrz budynku, przechodzi przez rekuperator, który odzyskuje część ciepła z powietrza wywiewanego, ogrzewając świeże powietrze, dostarczane przez wentylację nawiewną do wnętrza budynku. Świeże powietrze zanim trafi do rekuperatora może zostać wstępnie podgrzane w gruntowym wymienniku ciepła, co dodatkowo zmniejsza zapotrzebowanie na energię do podgrzewania powietrza wentylacyjnego. Obecnie produkowane rekuperatory pozwalają na odzyskanie od 70 do nawet 90% ciepła z powietrza wywiewanego i jego ponowne wykorzystanie w budynku.



**Rysunek 23: Schemat działania wymiennika krzyżowego**

Źródło: [www.budynkipasywne.pl](http://www.budynkipasywne.pl)

Przy dobrej izolacji przegród zewnętrznych budynku znacząco rośnie rola wentylacji, jednakże często jest ona źle rozumiana i niedoceniana. Bez sprawnie działającej wentylacji mechanicznej nie byłby możliwy odzysk ciepła za pomocą rekuperatora, pozyskanie ciepła utajonego za pomocą pompy ciepła oraz pozyskanie ciepła za pomocą gruntowego wymiennika ciepła.

Jak już wspomniano wcześniej, świeże powietrze do wentylacji pomieszczeń może przejść przez biegnący pod ziemią system rur (lub przez warstwę żwiru), co pozwala na jego wstępne ogrzanie. Jest to tzw. gruntowy wymiennik ciepła, który jest powszechnie stosowanym rozwiązaniem w tzw. budynkach pasywnych. Gruntowy wymiennik ciepła pozwala pozyskać czystą energię z gruntu i jest to urządzenie bardzo wydajne (zużycie energii wynika jedynie z oporów przepływowych powietrza). Ponadto wykonanie gruntowego wymiennika ciepła jest stosunkowo tanie i proste – może być wykonany we własnym zakresie. Pomimo rozlicznych zalet rozwiązania takiego nie można zastosować przy wentylacji grawitacyjnej, powszechnie stosowanej w budownictwie. Może on być stosowany jedynie w budynkach z wentylacją mechaniczną. Wspomniane wcześniej urządzenia, jak rekuperator i pompa ciepła, zastępowane są coraz częściej jednym urządzeniem – kompaktową centralą grzewczą (wentylacja, odzysk ciepła, ogrzewanie powietrza, filtry powietrza, ogrzewanie ciepłej wody użytkowej). Urządzenia takie pojawiły się w ostatnich latach specjalnie na potrzeby budynków pasywnych.



### 2.4.3. Klimatyzacja (chłodzenie)

Debata tocząca się na temat jakie właściwie systemy chłodzenia są elementami systemów zrównoważonych oraz jaka jest efektywność energetyczna systemów zasilania, przybiera na sile, nie tylko jako „gorący temat” pomiędzy architektami i inżynierami, ale również pomiędzy decydentami i inwestorami. .

Podjęcie odpowiedniej decyzji przez zainteresowanych wymaga, aby posiadali oni niezbędną wiedzę na temat warunków i opcji technicznych. Podobnie, jak w wielu innych dyscyplinach technicznych i biznesowych, system można przypisać do rozmaitych kategorii i różnicować na podstawie możliwości eksploatacyjnych. Technologie chłodzenia i ich zastosowania dzieli się na główne grupy, jako:

- Systemy strukturalne – pasywne,
- Chłodzenie „ciche” ze źródłami energii z otoczenia,
- Aktywne systemy chłodzenia z wentylacją,
- oraz – jeśli to możliwe – z klimatyzacją.

#### **Chłodzenie pasywne**

Chłodzenie pasywne realizuje się bez stosowania urządzeń napędzanych mechanicznie. Jego działanie opiera się wyłącznie na środkach strukturalnych (architektonicznych i budowlanych), takich jak optymalizacja fasad i zacieniania, wykorzystanie mas akumulujących, chłodzenie nocne i konstrukcje wytwarzające mikroklimat. Pierwszym zadaniem do zrealizowania jest zoptymalizowanie konstrukcji budynku, czyli wykorzystanie systemów pasywnych dla uzyskania efektu chłodzenia.

Orientacja budynku względem stron świata, udział procentowy powierzchni okien i ich ukierunkowanie względem stron świata stanowią kluczowe czynniki w zakresie minimalizacji nakładów na chłodzenie, wymaganych do poniesienia po zasiedleniu budynku.

Zastosowanie nowoczesnych materiałów budowlanych i optymalizacja zdolności akumulacyjnych odgrywają decydującą rolę w odniesieniu do efektywności chłodzenia budynku. Wszelako, udogodnienia w budynku powinny być tak zoptymalizowane, aby wewnętrzne obciążenia budynku były ograniczone w takim stopniu, żeby nie powstawało przekroczenie wartości 300 W na osobę.

#### **Systemy „cichego chłodzenia”**

Bezglębne systemy chłodzenia, takie jak aktywacja betonowego rdzenia budowli, układy chłodzenia podłogowego lub kapilarne ogrzewanie stropów albo ścian służą do doprowadzania i wyprowadzania energii do i z budynku za pośrednictwem wody. Sondy geotermalne, płaskie kolektory pod budynkiem lub parkingiem mogą być wykorzystane jako potencjalne systemy ogrzewania lub chłodzenia. Dotyczy to nawet fontann posiadających studnie pobierania i odprowadzania wody – istnieje możliwość regulacji temperatury wewnątrz budynku, bez stosowania urządzeń chłodniczych. Kolejnym systemem bezgłośnym jest regulowane chłodzenie nocne za pomocą wentylacji okiennej. Umożliwia to rozładowanie elementów akumulujących ciepło w ciągu nocy przy zachowaniu zgodności z zagadnieniami bezpieczeństwa technicznego i chroni przed potencjalnymi gwałtownymi ulewami.

#### **Aktywne układy chłodzenia**

Układy aktywne dzieli się na dwie zasadnicze grupy, w zależności od stosowanego medium: wodne lub powietrzne. Transmisja chłodu za pośrednictwem wody oznacza dużą skuteczność z zastosowaniem: chłodzonych stropów lub np. aktywnych betonowych rdzeni budynków oraz stropów kapilarnych. Układy działające z wykorzystaniem powietrza jako medium transmitują znaczne ilości energii grzewczej i chłodzącej, poprzez wymuszony mechanicznie wpływ i wypływ powietrza. Należy rozróżnić klimatyzację częściową bez nawilżania i klimatyzacją pełną, przy której reguluje się również poziom wilgotności w pomieszczeniu. Aktywne układy chłodzenia mogą pracować w rozmaitych konfiguracjach systemowych. Powszechnie stosuje się sprężarki tłokowe, śrubowe lub wirowe, które zapewniają osiągnięcie efektu chłodzenia w połączeniu z instalacją odzysku chłodu.



W rozwiązaniach zoptymalizowanych można również zastosować skojarzone wytwarzanie ciepła i chłodu, które jest rozwiązaniem efektywnym. Urządzenia do wytwarzania chłodu na zasadzie absorpcji lub adsorpcji wykorzystują energię pobieraną z otoczenia, np. proces absorpcji pozwala na wykorzystanie energii słonecznej. W połączeniu z chłodzarką absorpcyjną można zbudować układ chłodzący w całości zasilany energią solarną.

### **Ogrzewanie kapilarne**

Kapilarne systemy ogrzewania instaluje się na wykończonej ścianie, jako pęczek plastikowych rur pokryty tynkiem. Podobnie jak w systemach aktywacji betonowego rdzenia budynku, ogrzewanie kapilarne wykorzystuje właściwości akumulacyjne przegród budynku, aczkolwiek w mniejszym stopniu. Systemy kapilarne można szybciej dostosować do sytuacji i dlatego można je stosować w projektach obejmujących remont.

W efekcie są to wysokoefektywne systemy. Ich zintegrowanie z procesem budowy obiektu jest znacznie bardziej skomplikowane i koszty są znacznie wyższe niż odpowiadające im koszty związane z aktywowaniem betonowego rdzenia budynku. Jeśli moc grzewcza lub chłodząca systemu zainstalowanego w ścianie jest niewystarczająca, to można ją uzupełnić konwektorem chłodzącym zamontowanym na stropie biura. Taka kombinacja pozwala na uzyskanie systemu optymalnego pod względem regulacyjności.

### **Podłogowe systemy chłodzenia**

Podłogowy system chłodzenia, który działa na podobnej zasadzie jak ogrzewanie podłogowe, ma znacznie mniejszą wydajność chłodzenia. Przy wartości od 15 do 20 W/m<sup>2</sup> może wyprowadzać ciepło z pomieszczenia i można go łatwo regulować, przy czym wymagane nakłady inwestycyjne są znacznie niższe. Można go również wykorzystać do ogrzewania, jeśli zajdzie taka potrzeba. Jedyne warunki, jakie należy spełnić to wybór pokrycia podłogi, które musi mieć dobre właściwości pod względem transmisji ciepła i chłodu. Fakt, że podłogowe układy chłodzenia natychmiast absorbują energię słoneczną wpływającą do pokoju, bez wzrostu temperatury w pokoju powoduje, że takie systemy są idealne do zapewnienia komfortu cieplnego. Jeśli poziom komfortu w pokoju odczuwany przez użytkowników (chłód w stopach) ma niezamierzone skutki, systemy takie można włączać tylko w nocy.

### **Stropy chłodzące**

Stropy chłodzące należą do najskuteczniejszych systemów chłodzenia do stosowania w biurach, równocześnie jednakże są najbardziej kosztowne. Przy potencjale cieplnym wynoszącym 80–120 W/m<sup>2</sup>, można je zastosować jako integralną część nowoczesnych budynków biurowych. Są łatwe w regulacji działania.

### **Żaluzje chłodzące**

Tego rodzaju urządzenia są szczególnie przydatne do instalowania w ramach przedsięwzięć remontowych. Składają się z powierzchni lub elementów chłodzących, podwieszanych pod stropem. Przy wydajnościach cieplnych rzędu 60–80 W/m<sup>2</sup>, są łatwe w regulacji i zapewniają skuteczne rozwiązanie, które można zastosować w każdym standardowym pomieszczeniu biurowym, przy średnim koszcie od 2000 do 2500 EUR na pomieszczenie lub urządzenie. W zależności od rodzaju instalacji, należy je skoordynować z układem oświetlenia. Żaluzje chłodzące pozwalają znacznie poprawić właściwości akustyczne pomieszczenia.

### **Aktywacja rdzenia betonowego budynku z wentylacją**

Ograniczoną regulacyjność systemów polegających na aktywacji betonowego rdzenia budynku można częściowo zoptymalizować, jeśli taki system stosuje się w połączeniu z rozwiązaniem układu wentylacji. W zasadzie, układy wentylacji mają decydujące znaczenie pod względem higieny powietrza w pomieszczeniach wewnętrznych.

Poprzez dostarczanie do pomieszczeń powietrza wentylacyjnego, można do nich równocześnie doprowadzać ciepło lub chłód. W rezultacie tego, temperaturę w pokojach wewnętrznych oraz podstawowe obciążenia (wymagania) cieplne można dostosować szybko i indywidualnie dla każdego pomieszczenia, poprzez aktywację rdzenia betonowego budynku.

## Ogrzewanie i chłodzenie za pomocą powietrza

Jeśli system wentylacji centralnej zainstalowano w celu zapewnienia higieny powietrza, to dopływające powietrze można ogrzewać lub chłodzić w celu wprowadzenia regulacji temperatury w pokoju. Jednakże takie rozwiązanie jako jedyne źródło ciepła lub chłodu nadaje się do stosowania w szczególnie dobrze zaizolowanych budynkach pasywnych.

Poniższa Tabela obejmuje zestawienie porównawcze cech różnych systemów chłodzenia, opisanych w paragrafie 2.4.3.

**Tabela 13:** Zestawienie porównawcze cech różnych systemów chłodzenia

Pasywne systemy chłodzenia	„Ciche” systemy chłodzenia	Aktywne chłodzenie i klimatyzacja
<b>Transport energii w pokoju</b>		
<b>Optymalizacja obciążeń zewnętrznych</b> – Powierzchnie okien i ich jakość – Powierzchnie ścian i ich jakość – Zacienienie przeciwsłoneczne <b>Optymalizacja obciążeń wewnętrznych</b> – Wyposażenie (PC, monitory, sprzęt, ...) <b>Optymalizacja mas akumulujących</b> – Dostęp do tych mas (nieobniżone stropy) <b>Innowacyjne materiały budowlane</b> Chłodzenie nocne	Transport energii w pokoju przy niskich temperaturach (12–17°C) – Aktywacja rdzenia betonowego – Stropy i ściany kapilarne – Chłodzenie podłogowe (przez podłogowe systemy)	Systemy ciche i klimatyzacja przez syst. powietrza świeżego/wylotowego – bez nawilżania – z nawilżaniem (+30% na potrzeby własne) – z odzyskiem ciepła odpadowego z centralnej wentylacji  Systemy stropowe (kasety) – z dostawą zimnej wody – z dostawą medium chłodniczego (split)
<b>Energia-Kompilacja</b>		
	Potencjał środowiskowy – Sondy gruntowe – Kolektory gruntowe – Fontanny/studnie – Rzeki i jeziora	Chłodzenie techniczne – Chłodziarki sprężarkowe

## 2.5. Certyfikacja budynków

Budynki funkcjonują jako obiekty, których oddziaływanie na środowisko jest duże, ponadto są przedmiotem handlu lub za utrzymanie których po prostu płacimy. W takiej sytuacji budynki powinny mieć certyfikaty potwierdzające ich jakość. Na świecie, od wielu już lat, próbuje się wprowadzać różne systemy oceny jakości budynków i ich certyfikowania.

Dzięki Dyrektywie w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r.) etykietowanie stało się obowiązkowe dla nowych budynków i budynków poddawanych kompleksowym remontom. Nowa edycja tej dyrektywy z roku 2010 powinna sprawić, że etykietowanie budynków stanie się powszechną praktyką w państwach Unii Europejskiej. W szczególności dotyczy to budynków publicznych, w których przebywają pracownicy, uczniowie i które są często odwiedzane przez gości i interesantów – budynki takie powinny stanowić wzorzec dobrego gospodarowania energią.

Konieczność sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej dla budynku została wprowadzona w polskim ustawodawstwie z dniem 1 stycznia 2009 r. jako wdrożenie ww. Dyrektywy 2002/91/WE.

Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku, zwane również etykietą energetyczną budynku, jest dokumentem ważnym przez 10 lat, wystawionym przez osobę uprawnioną do sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej. Dokument ten określa zapotrzebowanie energetyczne budynku lub lokalu niezbędne do zaspokojenia potrzeb związanych z jego użytkowaniem (tj. zużycie energii na potrzeby

ogrzewania, przygotowania ciepłej wody, wentylacji, klimatyzacji oraz oświetlenie pomieszczeń). Co najważniejsze, świadectwo nie jest sporządzane na podstawie pomiaru zużycia energii (które są zmienne ze względu na indywidualne nawyki użytkowników), ale brane są pod uwagę stałe cechy budynku wynikające z przeznaczenia i jego standardu oraz z zastosowanych w nim systemów instalacyjnych.

Obowiązek sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej budynku obowiązuje od 1 stycznia 2009 r. na podstawie ustawy z dnia 19 września 2007 r. o zmianie ustawy Prawo budowlane, a o obowiązku wykonania świadectwa mówi art. 5 Prawa budowlanego.

Świadectwo energetyczne budynku zawiera następujące informacje:

- podstawowe dane dotyczące budynku oraz obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną, energię końcową i energię użytkową (na ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody, wentylację, klimatyzację, oświetlenie) wraz ze wskaźnikami porównawczymi (wymagania techniczne WT2008 określone w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”). Dane te są prezentowane w formie tzw. suwaka wraz z propozycją możliwych usprawnień mających na celu zmniejszenie zużycia energii, a w związku z tym przesunięcie suwaka w kierunku niższego zapotrzebowania na energię w budynku/lokalu,
- charakterystykę techniczno-użytkową budynku, objaśnienia i informacje dodatkowe.

Korzyści z posiadania świadectwa energetycznego:

- ułatwienie określenia przyszłego zużycia energii wraz z kosztami eksploatacji budynku/lokalu,
- świadectwa powinny prowadzić do stałego zmniejszania zużycia energii związanej z użytkowaniem budynków,
- umożliwienie wykazania energooszczędności budynku, co pozwoli na uzyskanie wyższej ceny z ich sprzedaży lub najmu adekwatnej do jednostkowego zapotrzebowania na energię,
- projektanci budynków powinni stosować rozwiązania technologiczne jak najbardziej racjonalizujące koszty użytkowania projektowanego budynku,
- w świadectwie znajdują się również propozycje dotyczące zmniejszenia zapotrzebowania na energię końcową.

Sporządzenie świadectwa energetycznego budynku powinien zapewnić właściciel budynku. Dokument ten należy przedstawić nabywcy lub najemcy budynku/lokalu. Obowiązek sporządzania etykiety energetycznej nie dotyczy budynków, które nie będą wynajmowane nowym najemcom, sprzedawane ani modernizowane. Świadectwo jest ważne przez 10 lat od daty jego wystawienia. Nowe świadectwo należy sporządzić po wygaśnięciu jego ważności lub w wyniku remontu budynku/lokalu mającego wpływ na jego charakterystykę energetyczną (np. termomodernizacja budynku). Obiekty użyteczności publicznej powinny odgrywać ważną rolę w upowszechnianiu wiedzy o certyfikatach energetycznych budynków. Powinny one stanowić dobry przykład dla mieszkańców, którzy z nich korzystają i ponoszą koszty ich przygotowania.

## 2.6. Termomodernizacja budynków

Realizacja przedsięwzięć powodujących zmniejszenie zużycia energii i obniżenie kosztów na nią ponoszonych nazywana jest termomodernizacją. Główne zabiegi termomodernizacyjne to:

- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie stropów, podłóg na gruncie,
- ocieplenie dachów, stropodachów wentylowanych i pełnych, stropów pod nieogrzewanymi poddaszami,
- wymiana stolarki zewnętrznej, głównie okien i drzwi.

Przedsięwzięcia termomodernizacyjne polegające na modernizacji lub wymiana źródła ciepła, modernizacja lub wymiana wewnętrznej instalacji grzewczej, montażu automatyki sterującej, modernizacji lub wymiana układu przygotowania ciepłej wody użytkowej, modernizacji systemu wentylacji oraz zastosowaniu technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii przedstawiono w innych rozdziałach.

### **2.6.1. Ocieplenie ścian zewnętrznych**

Ściany są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 24–35% ciepła. Ocieplenie ścian polega na dodaniu do istniejącej ściany dodatkowych warstw materiałów izolacyjnych (czasami wiąże się to z usunięciem starych, zniszczonych warstw). Zabieg taki powoduje przede wszystkim zmniejszenie straty ciepła oraz podwyższenie temperatury ściany od strony pomieszczeń, przez co w znaczącym stopniu redukuje się zagrożenie powstawania pleśni i zagrzybień (wykraplanie pary wodnej). Najczęstszym sposobem izolowania ścian jest izolowanie od zewnątrz, dzięki czemu likwiduje się mostki cieplne występujące w konstrukcjach zewnętrznych (wieńce, pręty płyt żelbetowych, zbrojenia, kołki i inne), tworzy się jednorodną izolację na całej powierzchni, poprawia się estetykę często starych i uszkodzonych elewacji. Ponadto wzrasta akumulacyjność cieplna budynku, dzięki czemu nawet przy czasowym obniżeniu ogrzewania (np. przykręcanie zaworów przygrzejnikowych na czas nieobecności użytkowników) temperatura w budynku nieznacznie spada, a doprowadzenie jej do wymaganego poziomu zajmuje znacznie mniej czasu. Rzadziej i w zasadzie tylko w przypadkach, kiedy nie ma możliwości ocieplania budynku od zewnątrz realizowane jest izolowanie ścian od strony pomieszczeń wewnętrznych (np. budynki zabytkowe lub o elewacjach wzbogacanych rzeźbami, gzymsami, attykami itp.). Najpopularniejszym systemem zewnętrznego izolowania elewacji budynków jest Bezspoinowy System Ociepleniowy (BSO), nazywany powszechnie Metodą Lekką Mokrą. Najczęściej stosowanym materiałem izolacyjnym w tej metodzie jest styropian, wykorzystywany od ponad 30 lat w budownictwie, a obecnie dominujący na budowach, oprócz styropianu, aczkolwiek rzadziej, stosuje się płyty z wełny mineralnej. Przy stosowaniu metody BSO warstwy izolacyjne są klejone i mocowane przy pomocy kołków do ścian, a następnie wzmocnione zbrojeniem z siatki wykonanej z włókna szklanego, zatopionej w cienkiej warstwie kleju, a od strony zewnętrznej pokryte cienką warstwą tynku. W zależności od rodzaju systemu i stosowanych w nim materiałów wiążących konieczne może być równoległe z klejeniem mechaniczne mocowanie płyt styropianowych przy użyciu kołków kotwiących. Mocowanie tego typu niezbędne jest tam, gdzie występuje słabe podłoże lub izolowane są wysokie budynki. Bardzo ważnym jest użycie styropianu sezonowanego (dystrybutorzy mają zakaz sprzedawania niesezonowanego styropianu, ale rzeczywistość jest różna), aby wyeliminować efekty skurczu technologicznego. W przypadku użycia niesezonowanego materiału po pewnym czasie powstają szczeliny pomiędzy płytami, a więc miejsca wychłodzeń. Wszystkie systemy zewnętrznego izolowania ścian, obecne na polskim rynku budowlanym, muszą posiadać aprobatę techniczną, wydawaną przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

### **2.6.2. Ocieplenie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami**

Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 5–10% ciepła. Ocieplenie wykonuje się głównie od strony pomieszczeń piwnic przez zamocowanie płyt izolacyjnych, głównie styropianowych do stropów (podwieszanie lub przyklejanie).

### **2.6.3. Ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem, dachem, stropodachem**

Dachy, stropodachy i stropy nad ostatnią kondygnacją są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 8–20% ciepła.

Najprostszym sposobem zaizolowania stropów nad ostatnią kondygnacją oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanego poddasza jest ułożenie warstw izolacyjnych wprost na stropie i jeżeli poddasze nie jest użytkowe, to w zasadzie nie jest konieczna dalsza obróbka i wykonywanie utwardzenia posadzki. W przypadku poddaszy użytkowych oprócz izolacji o wzmocnionych parametrach (utwardzanych) należy wykonać zabezpieczenie chroniące przed uszkodzeniem warstwy izolacyjnej poprzez wykonanie odeskowania lub wylewki gładzi cementowej. Tego typu ocieplenie jest stosunkowo prostym i tanim sposobem na zaoszczędzenie kilku do kilkunastu procent ciepła rocznie.

Zasady postępowania w sytuacji stropodachów wentylowanych, gdzie powyżej stropu nad najwyższą kondygnacją, a pod płytami dachowymi znajduje się wentylowana, zazwyczaj kilkudziesięciocentymetrowa warstwa pustki powietrznej. Dostęp do takiej pustki jest bardzo trudny i wykonanie ułożenia warstw z mat izolacyjnych jest praktycznie niemożliwe. W takim przypadku stosuje się metodę polegającą na wdmuchiwanii do zamkniętej przestrzeni stropodachu granulatu z materiału izolacyjnego, który tworzy grubą warstwę ocieplającą. Metoda taka wymaga użycia specjalistycznego sprzętu, zdolnego do wdmuchiwania granulatu. Ocieplenie stropodachów pełnych wykonuje się przez ułożenie dodatkowych warstw izolacyjnych i pokryciowych na istniejącym pokryciu dachowym.

#### **2.6.4. Modernizacja okien i drzwi zewnętrznych**

Okna są elementami budynku, które zazwyczaj tracą 10–15% ciepła, a w przypadku okien nieszczelnych straty te znacznie rosną, nawet 30% i więcej.

Najbardziej rozpowszechnionym i najskuteczniejszym sposobem zmniejszenia strat ciepła jest wymiana istniejących okien na nowoczesne, energooszczędne okna. Rynek obecnie jest bardzo bogaty w różnego rodzaju ofertę okien, od drewnianych, aluminiowych po najpopularniejsze – wykonywane z tworzywa sztucznego. Wybór jest również po stronie szklenia, dostępne są okna podwójnie szklone, potrójnie, a także z różnego rodzaju szkła specjalnego, niskoemisyjne, bezpieczne itp. Również wypełnienie przestrzeni międzyszybowej może być wykonane z różnego rodzaju gazów, które mają wpływ na jakość okien. Często wymiana okien to nie tylko zabieg poprawiający efektywność cieplną, ale również zabieg poprawiający bezpieczeństwo użytkownika, jak i samą użyteczność okien (stare, wyeksploatowane okna często nie mają nawet możliwości otwierania). Tak więc mimo wysokich kosztów związanych z wymianą okien uzyskuje się wiele korzyści dodatkowych, jak np. poprawienie warunków akustycznych, szczelność, łatwość konserwacji (brak konieczności malowania okien z PCV).

Innym sposobem zmniejszenia strat ciepła jest zmniejszenie powierzchni okien tam, gdzie ich powierzchnia jest zdecydowanie za duża w stosunku do potrzeb naświetlenia naturalnego. Jest to częste zjawisko w przypadku budynków użyteczności publicznej, gdzie nierzadko całe ciągi komunikacyjne, czy klatki schodowe przeszklone są stolarką okienną, często stalową lub aluminiową o bardzo złych parametrach izolacyjnych.

#### **2.6.5. Budownictwo pasywne**

Budynek pasywny jest kolejnym etapem w podejściu do oszczędzania energii we współczesnym budownictwie. Znajduje się na drodze pomiędzy budynkiem energooszczędnym a budynkiem zero energetycznym (samowystarczalnym). Niewątpliwą zaletą budynków pasywnych jest wykorzystanie istniejących, sprawdzonych rozwiązań, a nie tworzenie nowych, przez co uzyskuje się dużą niezawodność obiektów wykonanych w tej technologii. Ponadto technologia ta doczekała się licznych realizacji, zwłaszcza w państwach „starej” Unii Europejskiej.

Technologia budynków pasywnych charakteryzuje się tym, że korzysta się w niej z materiałów lepszej jakości niż te stosowane standardowo w trakcie budowy nowych obiektów. Dzięki takiemu podejściu, oprócz

znacznego zmniejszenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania, nawet o 85%, dodatkowo uzyskujemy wzrost trwałości i podniesienie wartości rynkowej budynku.

Co bardzo istotne, koncepcja budynku pasywnego niejako naturalnie łączy się z kwestią wykorzystywania odnawialnych źródeł energii. Budynki wykonane w omawianej technologii wykazują dużo mniejsze zapotrzebowanie na energię niż budynki tradycyjne. Prowadzi to do obniżenia kosztów związanych z zastosowaniem takich rozwiązań, jak pompy ciepła, kolektory słoneczne czy gruntowe wymienniki ciepła. Już znacznie mniejsze i tańsze instalacje tego typu są w stanie pokryć zapotrzebowanie na ciepło w budynku. Wszystkie przegrody zewnętrzne budynku, a więc: ściany, dach, okna czy podłoga na gruncie posiadają bardzo niski współczynnik przenikania ciepła. Jest on odpowiednio 2–3-krotnie mniejszy niż w przypadku budownictwa standardowego (w rozumieniu obecnych wymogów stawianych budynkom nowo budowanym).

Takie rozwiązanie pozwala zminimalizować straty ciepła przez przegrody, a w przypadku okien na uzyskanie dodatniego bilansu energetycznego (większe zyski ciepła od słońca niż straty przez przenikanie ciepła przez okna). Ponadto budynek pasywny musi być szczelny dla powietrza, aby zapobiec niekontrolowanej ucieczce ciepła wraz z wydostającym się powietrzem.

Cechą wyróżniającą domy pasywne jest sposób ich ogrzewania. Budynki pasywne nie są bowiem wyposażone w typowe instalacje grzewcze. Budynki te nie posiadają hydraulicznej instalacji grzewczej, tak więc nie ma w nich grzejników czy ogrzewania podłogowego. Ogrzewanie budynku jest natomiast realizowane w połączeniu z wentylacją mechaniczną. Pamiętajmy, że budynek powinien być tak zaprojektowany i wykonany, aby jego jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło było zbliżone do poziomu 15 kWh/m<sup>2</sup> na rok. Przy tak niskim zużyciu energii wystarczy ogrzewanie powietrza wentylacyjnego nawiewanego do pomieszczeń, np. za pomocą nagrzewnicy umieszczonej w rekuperatorze lub za pomocą pompy ciepła powietrze–powietrze.

## 2.7. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej

Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej jest skutecznym sposobem racjonalizacji zużycia paliw. Obecny stan techniki i bogata oferta rynkowa w zakresie urządzeń służących do skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w oparciu o rozmaite paliwa powinny stanowić – dla przedsiębiorstw produkcyjnych i podmiotów świadczących usługi na rzecz społeczeństwa – zdecydowaną zachętę do rozważenia możliwości zastosowania kogeneracji we własnych obiektach i instalacjach.

Oczywiście zawsze należy przeprowadzić staranną analizę ekonomiczną, uwzględniającą relacje nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych i amortyzacji na tle obecnych i przewidywanych kosztów i cen energii i ciepła w danej lokalizacji.

Obowiązujące w Polsce przepisy i systemy wspierające kogenerację, są nakierowane na wspieranie tego rodzaju inwestycji. Nie sposób w krótkim poradniku odnieść się do wszystkich zapisów i regulacji w tym zakresie, ale należałoby wspomnieć przynajmniej te najważniejsze. Podstawowy dokument w UE stanowi Dyrektywa EC/2004/8, w której m.in. zapisano, że: „Potencjał kogeneracji, jako metody oszczędzania energii, jest obecnie wykorzystywany przez Wspólnotę w niewystarczającym stopniu. Promowanie wysokowydajnej kogeneracji w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe stanowi priorytet Wspólnoty ze względu na związane z nią potencjalne korzyści w zakresie oszczędzania energii pierwotnej, unikania strat sieciowych oraz ograniczania emisji szkodliwych substancji, w szczególności gazów cieplarnianych. Ponadto efektywne użytkowanie energii poprzez kogenerację może wpłynąć pozytywnie na bezpieczeństwo dostaw energii oraz konkurencyjność Unii Europejskiej i jej Państw Członkowskich. Należy zatem podjąć środki, które zapewnią lepsze wykorzystanie potencjału kogeneracji w ramach wewnętrznego rynku energii”.

W praktyce w Polsce obowiązuje wiele przepisów, mających na celu wdrażanie zapisów Dyrektyw UE, związanych z kogeneracją i innymi aspektami efektywności energetycznej w tym obszarze. Najważniejsze akty prawne obejmują całą gamę zagadnień. Jednym z najważniejszych aktów prawnych jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 9 grudnia 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła, który to akt prawny nakłada na przedsiębiorstwo energetyczne obowiązek zapewnienia – w skali rocznej – sprzedaży energii elektrycznej odbiorcom końcowym tak, aby stopniowo osiągnąć udział energii elektrycznej pochodzącej ze skojarzonych źródeł energii wynoszący 16% w 2010 r.

Ustawa z 12 stycznia 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo energetyczne, ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz ustawy o systemie oceny zgodności, wprowadzają zapisy o handlu tzw. „czerwonymi certyfikatami”. Jest to mechanizm, który mocno i nowatorsko wspiera stosowanie kogeneracji. Dla niektórych przedsiębiorstw istotnym wsparciem w zakresie inwestowania w kogenerację może okazać się komunikat prezesa URE w sprawie możliwości uznania gazów specjalnych za paliwa gazowe, na potrzeby wydawania świadectw pochodzenia z kogeneracji. Generalnie chodzi tu o możliwość uznania niektórych gazów specjalnych za paliwa gazowe. Dzięki takiemu podejściu – a dotyczy to licznych przedsiębiorstw – możliwe jest uzyskanie uprawnienia do korzystania z systemu wsparcia zapisanego w ustawie Prawo energetyczne. Wspomniany komunikat Prezesa URE, do gazów specjalnych, mogących znaleźć zastosowanie w układach kogeneracyjnych, zalicza między innymi:

- gazy z procesów zgazowania paliw stałych (np. węgla),
- gazy syntezowe,
- gaz z odmetanowania kopalń,
- gaz koksowniczy,
- inne gazy odpadowe z procesów technologicznych (głównie hutniczych i chemicznych) – m.in. gaz gardzielowy.

Znaczące wsparcie dla kogeneracji wnosi również obecna strategia i polityka energetyczna Polski. Ponadto oczekuje się dalszego wprowadzania kolejnych mechanizmów wspierających w przyszłości. Według obecnego stanu prawnego i w oparciu o dostępne mechanizmy finansowe, wsparcie inwestycji w zakresie wysokosprawnej kogeneracji może następować z wykorzystaniem środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko oraz ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Przykład obliczeniowy, wykonany za pomocą oprogramowania RETScreen, dotyczący ekonomiki i oczekiwanych efektów ekologicznych wynikających z zastosowania własnego źródła kogeneracyjnego, przedstawiono w rozdziale 3.2.

## 2.8. Ciepło odpadowe, wymienniki oraz pompy ciepła

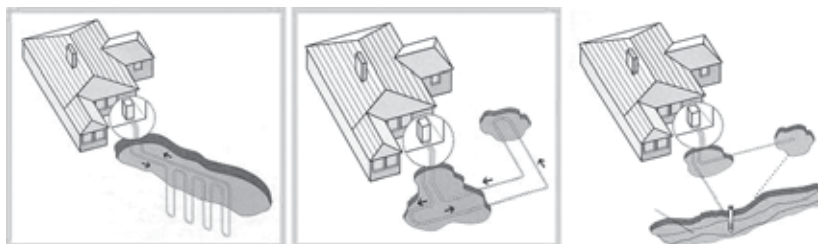
Otoczające nas powietrze, wody powierzchniowe i głębinowe też są źródłem ciepła, ale mają niską temperaturę. Są to powierzchniowe źródła ciepła. Pozyskiwanie i użytkowanie ciepła niskotemperaturowego, pochodzącego z takich źródeł, jak powietrze, woda czy gleba jest możliwe dzięki urządzeniom nazwanym pompami ciepła.

Pompa ciepła odbiera ciepło z otoczenia – gruntu, wody lub powietrza – i przekazuje je do instalacji c.o. i c.w.u, ogrzewając w niej wodę albo do instalacji wentylacyjnej, ogrzewając powietrze nawiewane do pomieszczeń. Przekazywanie ciepła z zimnego otoczenia do znacznie cieplejszych pomieszczeń jest możliwe dzięki zachodzącym w pompie ciepła procesom termodynamicznym. Do napędu pompy potrzebna jest zazwyczaj energia elektryczna. Jednak ilość pobieranej przez nią energii jest kilkakrotnie mniejsza od ilości dostarczanego ciepła.



Pompy ciepła najczęściej odbierają ciepło z gruntu. Przez cały sezon letni powierzchnia gruntu chłonie energię słoneczną, akumulując ją coraz głębiej, ilość zakumulowanego ciepła zależy oczywiście od pory roku. Aby odebrać ciepło, niezbędny jest do tego wymiennik ciepła, który najczęściej wykonywany jest z długich rur z tworzywa sztucznego lub miedzianych powlekanych tworzywem. Przepływający nimi czynnik ogrzewa się od gruntu, który na głębokości ok. 2 m pod powierzchnią ma zawsze dodatnią temperaturę.

W przypadku pomp ciepła wykorzystujących ciepło z gruntu lub z wody niezbędny jest wymiennik, za pośrednictwem którego ciepło dostarczane będzie do parownika pompy (w małych układach krąży czynnik roboczy pompy, więc rury wymiennika są jednocześnie parownikiem). W zasadzie prawidłowe wykonanie oraz dobór wielkości wymiennika determinuje poprawne funkcjonowanie pompy i jest najbardziej kłopotliwym etapem instalowania urządzenia.



**Rysunek 24:** Gruntowe pompy ciepła

Najczęściej spotykanymi wymiennikami są wymienniki gruntowe, w kilku różnych wariantach ułożenia. Zazwyczaj układa się je poziomo, w jednej lub dwóch płaszczyznach albo w formie spirali. Stabilna, jednokowa przez cały rok temperatura gruntu występuje na głębokości powyżej 10 m. Jest ona w przybliżeniu równa średniorocznej temperaturze powietrza (w naszych warunkach wynosi ok. 8°C). Jednak ze względu na wysoki koszt robót poziome wymienniki układa się na głębokości 1,5–2 m, gdzie temperatura zmienia się od 11–17°C w lecie oraz od 0–5°C zimą. Wysokość temperatury zależy w dużym stopniu od nasłonecznienia terenu i właściwości fizycznych gleby, dlatego przed wykonaniem wymiennika powinno się ją zbadać, bo zbyt optymistyczne założenie temperatury gruntu wokół wymiennika będzie skutkowało niedostateczną wydajnością pompy ciepła, a w konsekwencji problemem z dogrzaniem obiektu. Najlepsze warunki do pozyskania ciepła występują w mokrym gruncie gliniastym. Gęstość strumienia ciepła, od której zależy efektywność wymiennika gruntowego, wynosi w nim 40–50 W/m<sup>2</sup>, podczas gdy w gruncie suchym tylko 10–30 W/m<sup>2</sup>, czyli nawet pięciokrotnie mniej.

Aby moc pompy ciepła wynosiła 15 kW, konieczne jest wykonanie wymiennika o długości rur wynoszącej około 700 m. W zależności od sposobu ułożenia (jedna lub dwie płaszczyzny, spirala) trzeba na nie przeznaczyć powierzchnię od kilkudziesięciu do kilkuset metrów kwadratowych. Ze względu na opory przepływu długość jednej pętli rury o średnicy 1" może wynosić maksymalnie ok. 200 m, jeśli zaś rura ma średnicę 1,5", jej długość może sięgać 350 m. Jeżeli na działce nie ma dostatecznej ilości miejsca do ułożenia rur w poziomie, wykonuje się wymienniki pionowe. Wymaga to z kolei wywiercenia w ziemi kilku otworów o długości ok. 20 m, odległych od siebie przynajmniej 5 m i włożenia do każdego jednej pętli rur. Jest to zdecydowanie trudniejsze niż wykonanie wymiennika poziomego, gdyż wymaga zatrudnienia wykonawców ze specjalistycznym sprzętem i dlatego kosztuje znacznie więcej. Jest to opłacalne jedynie na działce o bardzo niskim poziomie wód gruntowych.

Pozyskanie ciepła z wody jest bardziej kłopotliwe. Przede wszystkim trzeba mieć do niej dostęp. W przypadku wód powierzchniowych (rzek, jezior), których temperatura waha się między 0 a 10°C, problemy

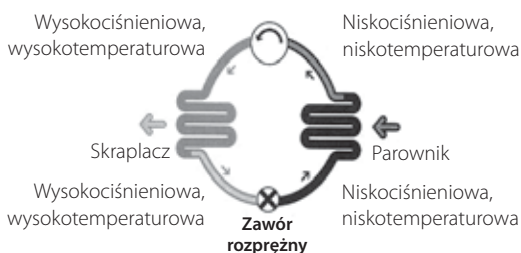


wynikają z zamarzania parownika, co oznacza unieruchomienie pompy. Poza tym w celu uzyskania niezbędnej ilości ciepła konieczne jest przepompowanie stosunkowo dużej ilości wody. Do osiągnięcia mocy 10 kW potrzebny jest przepływ ponad 2 m<sup>3</sup>/h wody o temperaturze 5°C. Zużycie energii do napędu pompy wymuszającej taki przepływ wpływa niekorzystnie na sprawność układu, podobnie jak zanieczyszczenie wody, które powoduje konieczność stosowania układów filtrujących i wymienników pośrednich. Wszystko to znacznie podnosi koszt inwestycji. Efektywnym źródłem ciepła jest woda gruntowa, która przez cały rok ma temperaturę ok. 10°C. Aby ją wykorzystać, trzeba wywiercić studnię o wydajności przynajmniej 1,5 m<sup>3</sup>/h. Pompowana w niej woda będzie oddawać ciepło w parowniku. Następnie trzeba ją odprowadzić do drugiej studni, tzw. chłonnej. Jeśli jej chłonność jest niewystarczająca, trzeba wywiercić więcej studni, co oczywiście znacznie podnosi koszt inwestycji. Istotne jest, aby woda nie była zbyt twarda – kamień osadzający się na wymienniku ograniczy wymianę ciepła. Jeżeli woda będzie zawierała dużo żelaza i manganu, szybko zniszczy pompę i wymiennik.

Powietrzna pompa ciepła wykorzystuje jako dolne źródło ciepła powietrze i jest najmniej kłopotliwa do zainstalowania. Nie potrzebuje zewnętrznego wymiennika ciepła. Powietrze zasysane jest do jej wnętrza przez wentylator i bezpośrednio omywa parownik, oddając ciepło czynnikowi robocznemu krążącemu w obiegu wewnętrznym pompy. Powietrze to może pochodzić z zewnątrz, ale jej wydajność jest tym mniejsza, im niższa jest temperatura powietrza. Poniżej -10°C pompa w ogóle nie pracuje. Innym rozwiązaniem jest pompa odzyskująca ciepło z powietrza wywiewanego z pomieszczeń, którego temperatura wynosi na ogół ok. 20°C. Powietrzna pompa ciepła sprawdza się w naszym klimacie jako urządzenie do podgrzewania wody użytkowej. Do ogrzewania pomieszczeń można ją stosować tylko z drugim źródłem ciepła, które zastąpi ją w czasie dużych mrozów.

### Efektywność pompy ciepła

Sprężarkowe pompy ciepła są najpopularniejszym rodzajem pomp. Urządzenie wykorzystuje zjawisko pobierania ciepła w niskiej temperaturze podczas odparowania cieczy, a następnie po sprężeniu pary – skraplania z oddawaniem ciepła. Ciepło z dolnego źródła (gruntu, wody, powietrza) odebrane w parowniku przez czynniki robocze, jest oddawane w skraplaczu do instalacji grzewczej, w której jest zwykle ogrzewana woda, ewentualnie powietrze.



**Rysunek 25:** Pompa ciepła

Zazwyczaj niezbędną energię do czynnika roboczego dostarcza się z sieci elektrycznej. Dwie spośród wielu wartości, które charakteryzują pompy ciepła to moc grzewcza oraz pobór mocy elektrycznej. Stosunek tych wartości określany jest jako współczynnik efektywności pompy ciepła (COP).

Moc cieplna pompy jest podawana w ściśle określonym zakresie temperatur, który z kolei zależy od rodzaju dolnego i górnego źródła ciepła. Moc pompy ciepła dobiera się na podstawie uprzednio oszacowanego zapotrzebowania cieplnego budynku.

Współczynnik efektywności w sprężarkowych pompach ciepła jest tym wyższy, im mniejsza jest różnica temperatur pomiędzy górnym a dolnym źródłem.

Sprężarkowe pompy ciepła mają ograniczone parametry pracy. Wynika to z rodzaju zastosowanego w obiegu wewnętrznym czynnika oraz technicznych parametrów sprężarki. Dla sprężarkowych pomp można przyjąć następujące zakresy temperaturowe dolnego i górnego źródła ciepła:

- dolne źródło ciepła: od  $-7^{\circ}\text{C}$  do  $25^{\circ}\text{C}$ ,
- górne źródło ciepła: od  $25^{\circ}\text{C}$  do  $60^{\circ}\text{C}$ .

Parametrami określającymi ilościowo dolne źródło ciepła są: zawartość ciepła, temperatura źródła i jej zmiany w czasie; natomiast od strony technicznej istotne są: możliwość ujęcia i pewność eksploatacji. Górne źródło ciepła stanowi instalacja grzewcza, jest ono więc tożsame z potrzebami cieplnymi odbiorcy. Parametry techniczne pomp ciepła ograniczają ich przydatność do następujących celów:

- ogrzewania podłogowego:  $25\text{--}29^{\circ}\text{C}$ ,
- ogrzewania sufitowego: do  $45^{\circ}\text{C}$ ,
- ogrzewania grzejnikowego o obniżonych parametrach: np.  $55/40^{\circ}\text{C}$ ,
- podgrzewania ciepłej wody użytkowej:  $55\text{--}60^{\circ}\text{C}$ ,
- niskotemperaturowych procesów technologicznych:  $25\text{--}60^{\circ}\text{C}$ .

Nie jest to wcale mały obszar zastosowania. Wskutek budowy dobrze izolowanych termicznie budynków temperatura obliczeniowa powierzchni grzejnych jest coraz niższa.

Ze względów ekonomicznych oraz strat wynikających z przesyłu ciepła pompy ciepła powinno się montować w pobliżu źródeł ciepła, zarówno dolnego, jak i górnego.

## 2.9. Kolektory słoneczne i ogniwa fotowoltaiczne, ściany solarne

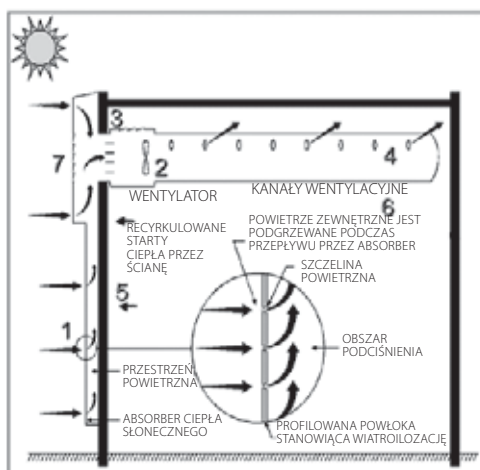
W Polsce, w zależności od miejsca, słońce dostarcza w ciągu roku od 900 kWh do 1200 kWh energii na każdy  $\text{m}^2$  powierzchni poziomej.

W uproszczeniu przyjmuje się, że średnio w Polsce do  $1 \text{ m}^2$  powierzchni dociera w ciągu roku 1000 kWh energii słonecznej, co odpowiada energii zawartej w 100 litrach oleju opałowego. Nie jest to ilość mała, ale i nie na tyle duża, aby w 100% pokryć zapotrzebowanie na energię potrzebną do ogrzewania naszych budynków, zwłaszcza że efektywnie można wykorzystać 30–50% rocznego promieniowania słonecznego. Z tego względu instalacje solarne w Polsce służą głównie do celów przygotowania ciepłej wody użytkowej i sporadycznie, jako wspomaganie systemu ogrzewania. Do obliczeń konkretnych przypadków instalacji solarnych należy przyjmować dokładne wartości promieniowania słonecznego dla danej lokalizacji.

### Powietrzne kolektory słoneczne

Oparte na powietrznych kolektorach słonecznych systemy solarnego podgrzewania powietrza (SPP) wykorzystują energię promieniowania słonecznego do podgrzewania powietrza. Ogrzane w ten sposób powietrze można wykorzystać do wentylacji budynku lub do procesów technologicznych, które wymagają ciepłego powietrza, takich jak np. suszenie. Ponieważ słońce nie świeci na Ziemi przez cały czas jednakowo intensywnie, systemy solarnego podgrzewania powietrza zazwyczaj dostarczają jedynie pewną część energii wymaganej do ogrzania powietrza wentylacyjnego lub technologicznego. W ten sposób systemy te pozwalają na zmniejszenie zapotrzebowania na energię konwencjonalną, pochodzącą np. z gazu ziemnego czy oleju opałowego, przez co generują znaczne oszczędności.

Korzyści wynikające z solarnego podgrzewania powietrza nie dotyczą tylko podgrzewu powietrza. Tego typu systemy solarne równocześnie spełniają funkcję układów zwiększających odporność budynku na warunki pogodowe.



**Rysunek 26:** Kolektor słoneczny

Źródło: RETScreen International

Kolektor słoneczny stanowi zwykle pomalowana na ciemny kolor płyta stalowa lub aluminiowa, w której wykonano perforację w postaci bardzo drobnych, regularnie rozmieszczonych otworków. Woda, która może przedostać się poprzez te otworki, spływa po wewnętrznej powierzchni osłony i wypływa dołem. Nie wykonuje się szklenia, a konstrukcja kolektora jest prosta i stabilna.

System solarnego podgrzewania powietrza obejmuje szczelinę powietrzną pomiędzy osłoną zewnętrzną a ścianą budynku. Szczelina ta stanowi równocześnie dodatkową izolację budynku. Ponadto, dzięki temu, że w szczelinie gromadzi się ogrzane ciepłem słonecznym powietrze, ciepło uchodzące przez ścianę budynku w większym stopniu podlega rekuperacji niż ucieka na zewnątrz. Z tego względu systemy SPP zmniejszają straty ciepła przez ściany, na których są zainstalowane.

W budynkach przemysłowych o dużej kubaturze ciepłe powietrze często gromadzi się pod stropem, a poniżej zalegają kolejne warstwy coraz chłodniejszego powietrza. Tam, gdzie występuje takie zjawisko stratyfikacji, dochodzi do strat ciepła przez dach budynku, przy czym równocześnie osoby pracujące na poziomie podłogi odczuwają chłód. Solarny układ podgrzewania powietrza może wykorzystać ciepło nagromadzone pod stropem i ograniczyć zjawisko stratyfikacji.

Dodatkowo w wielu budynkach obserwuje się niekorzystne zjawisko podciśnienia, co wynika z tego, że układy wentylacji wyprowadzają więcej powietrza niż dopływa go przez wloty. Rezultatem tego jest infiltracja zimnego powietrza i powstawanie przeciągów i przewiewów w korytarzach. Solarne podgrzewanie może wyeliminować ten problem.

W budynkach biurowych solarne podgrzewanie powietrza zwykle nie wymaga instalowania dodatkowych wentylatorów i kanałów wentylacyjnych. Sklepienie ponad kolektorem solarnym jest połączone kanałem bezpośrednio z wlotem powietrza układu konwencjonalnego. Powietrze o stałym przepływie jest zasysane poprzez kolektor. W rezultacie podnosi się temperatura powietrza wpływającego do wlotu, dzięki czemu zmniejsza się zapotrzebowanie na ciepło z ogrzewania konwencjonalnego, wykorzystywane do podwyższenia temperatury powietrza do poziomu zapewniającego komfort użytkownikom budynku. Zastosowanie SPP wiąże się zatem z niskim kosztem samego urządzenia (systemu) i kosztami materiałowymi, a układ można łatwo zintegrować z konwencjonalnymi układami wentylacyjnymi.

Solarne podgrzewanie powietrza ma sens, gdy ciepło jest generowane wtedy, kiedy jest faktycznie potrzebne. Z tego względu niektóre osoby wątpią w użyteczność tej techniki, ponieważ zakładają, że ciepło jest potrzebne zimą, a wtedy światło słoneczne jest mniej dostępne. Jednak jak pokazała praktyka, już

niewielkie ilości słońca mogą znacznie ograniczyć ilość energii potrzebnej na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, także w warunkach polskich.

Solarne podgrzewanie powietrza jest najbardziej efektywne, kiedy instaluje się go w nowym budynku. Dzięki temu kolektor zastępuje niektóre formy wykańczania budynku, redukując w ten sposób koszty netto samego systemu. Ponadto układ wentylacyjny budynku można zaprojektować i zainstalować w sposób umożliwiający jego integrację z systemem solarnym, przez co unika się budowy dodatkowych kanałów powietrza i wentylatorów.

Następnym najbardziej efektywnym zastosowaniem SPP jest modernizacja, umotywowana potrzebą renowacji lub naprawy istniejącej ściany zewnętrznej, poprawy jakości powietrza wewnątrz budynku lub wyeliminowania problemów z podciśnieniem. W takiej sytuacji system solarny zastąpi niektóre koszty renowacji zewnętrznej, ale może wymagać niewielkich modyfikacji istniejącego układu wentylacji. Jeśli koszt energii jest wysoki, solarne podgrzewanie powietrza może być finansowo korzystne jako składnik modernizacji lub jako źródło ciepła procesowego, tylko dzięki wnoszonym korzyściom energetycznym.

Kolor czarny absorbuje więcej energii słonecznej niż inne kolory, ale nie zawsze stanowi on najlepszy wybór w przypadku kolektora słonecznego. Większość ciemnych kolorów może przetworzyć 80 do 95% padającej na nie energii słonecznej na ciepło, tak że zamiana koloru czarnego na inny ciemny kolor zmniejsza wydajność kolektora najwyżej o 15%. W związku z tym względy architektoniczne są często bardziej istotne, niż niewielka poprawa działania kolektora, jaką zapewniłby kolor czarny.

Kiedy w budynku nie przebywają osoby, zapotrzebowanie na wentylację i podgrzewanie powietrza energią słoneczną maleje. To powoduje, że solarne podgrzewanie powietrza jest bardziej konkurencyjne wówczas, gdy w budynku jego użytkownicy przebywają przez całą dobę, również w weekendy i wakacje.

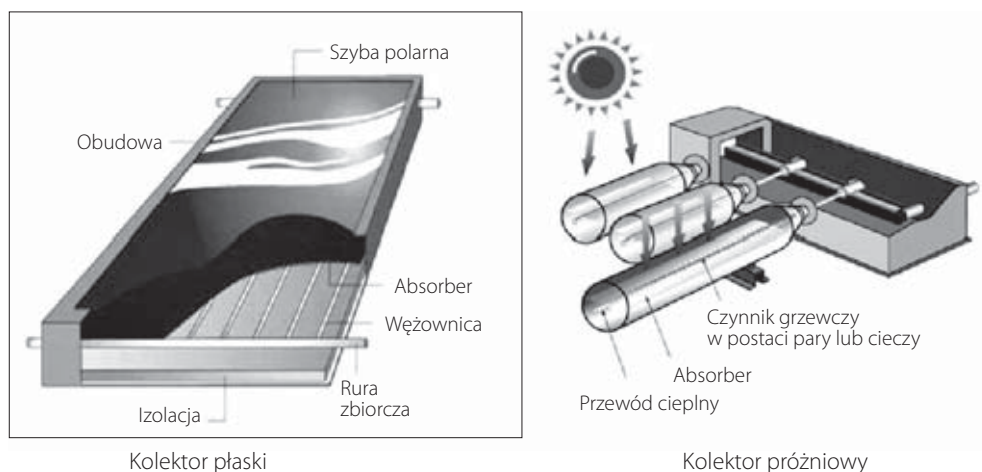
Kolektor słoneczny najłatwiej jest zainstalować na ścianie, w której nie ma okien ani drzwi przechodzących przez kolektor, ale jeśli jest to konieczne, można się dostosować i do tej sytuacji.

Systemy solarne podgrzewania powietrza generują małe lub wcale nie generują kosztów utrzymania. Letnie obejście żaluzjowe może być obsługiwane w taki sam sposób, jak inne tego typu elementy układu wentylacji. Wentylatory będące elementem układu wentylacji budynku wymagają takiej samej konserwacji, bez względu na to, czy zasysają powietrze przez kolektor słoneczny, czy przez zwykły wlot. Stalowy kolektor nie ma wymagań dotyczących utrzymania, innych niż te, które miałyby elewacja, jaką zastąpił, a w razie konieczności może być przemalowany. Zabrudzenia nie zmniejszają znacząco sprawności kolektora. Pyłki roślinne, kurz ani śnieg nie zatykają perforacji, a natężenie przepływu powietrza jest zbyt małe, aby spowodować ich zasysanie w kierunku ściany budynku. Przepływ ciepłego powietrza osusza przestrzeń pod kolektorem, dzięki czemu nie jest ona gościnna dla insektów. Każdy z tych względów jest istotny z punktu widzenia właścicieli i projektantów budynków, którzy rozważają zastosowanie podgrzewania powietrza energią słoneczną.

### **Wodne kolektory słoneczne**

W Polsce stosuje się głównie dwa typy kolektorów: płaskie i rurowe (próżniowe). Oba typy różnią się oczywiście budową, co z kolei ma wpływ na ich sprawność oraz jak to zwykle bywa, na cenę. Kolektory próżniowe charakteryzują się wyższą sprawnością aniżeli kolektory płaskie. Dodatkowo można je montować na powierzchniach pionowych (np. na ścianie budynku) lub płasko na powierzchniach poziomych (np. na dachu). W przypadku kolektorów płaskich, dla naszej szerokości geograficznej należy montować je z kątem pochylenia wynoszącym od 35° do 45°. Wszystkie rodzaje kolektorów należy montować od strony południowej, gdzie nasłonecznienie jest największe.

Zasada działania układu kolektorów słonecznych jest stosunkowo prosta. Słońce ogrzewa absorber kolektora i krążący w nim nośnik ciepła, którym zazwyczaj jest mieszanina wody i glikolu. Nośnik ciepła za pomocą pompy obiegowej (rzadziej grawitacyjnie) transportowany jest do dolnego wymiennika ciepła, gdzie przekazuje swoją energię cieplną wodzie.



**Rysunek 27:** Kolektory słoneczne

Źródło: RETScreen International

Regulator solarny włącza pompę obiegową w przypadku, gdy temperatura w kolektorze jest wyższa od temperatury w dolnym wymienniku. W praktyce przyjmuje się, że opłacalny uzysk energii słonecznej jest możliwy przy różnicy temperatur powyżej 3 K (stopni Kelvina). Gdy różnica będzie mniejsza, może się okazać, że zużyta energia elektryczna na pracę pompki obiegowej przewyższa wartość uzyskaną energią słoneczną. W przypadku, gdy promieniowanie słoneczne nie wystarcza do nagrzania wody do wymaganej temperatury, to wówczas musimy dogrzać ją przy wykorzystaniu konwencjonalnych źródeł energii. Przypadek ten pokazuje jedną z głównych wad układów wykorzystujących energię słoneczną, a mianowicie ich dużą zależność od zmiennych warunków pogodowych, co wprowadza konieczność równoległego stosowania układów opartych na energii konwencjonalnej, które będą mogły wspomagać oraz w razie konieczności zastąpić energię słoneczną. Ponadto dla optymalnego wykorzystania energii słonecznej powinno się stosować podgrzewacze zasobnikowe do magazynowania energii.

Drugą i zdaje się ostatnią wadą stosowania systemów solarnych jest ich cena. Niestety koszt kompletnej instalacji solarnej wraz z montażem jest duży w stosunku do możliwości budżetowych polskich gospodarstw domowych oraz miast i gmin, do których należą budynki użyteczności publicznej. Koszt jednostkowy kolektora płaskiego w zależności od producenta wynosi od 700 do 1200 zł/m<sup>2</sup>, a dla kolektorów próżniowych koszt ten jest dwukrotnie wyższy. Do tego dochodzą koszty zakupu zasobnika wody, regulatora, instalacji, pompki obiegowej, konstrukcji dla montażu kolektora itp.

Zdecydowanie lepiej wygląda sprawa kosztów samej eksploatacji instalacji solarnej. Praktycznie oprócz kosztu energii elektrycznej zużywanej przez pompkę obiegową o niewielkiej mocy (80 W–360 W) użytkownik nie ponosi żadnych dodatkowych kosztów. Obecnie producenci kolektorów deklarują ich żywotność na ponad 20 lat, tak więc w przypadku odpowiednio dobranej wielkości instalacji jest możliwy zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych z oszczędności kosztów energii. Odpowiedni dobór powierzchni kolektorów zależy od indywidualnych potrzeb energetycznych budynku, jednak istnieją pewne ogólne zasady doboru tego typu urządzeń. I tak, za racjonalne uznaje się instalacje kolektorów słonecznych, które pokrywają około 60% zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz do 30% zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń. Dogrzewanie pomieszczeń z zastosowaniem układów solarnych jest najbardziej wydajne w okresach przejściowych: marzec–kwiecień i wrzesień–październik. Średnio przyjmuje się 1 m<sup>2</sup> kolektora słonecznego na 10 m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej. Coraz częściej można też spotkać instalacje solarne wykorzystywane do ogrzewania wody basenowej. W okre-

się od czerwca do sierpnia, utrzymanie temperatury wody na poziomie 23–24°C wymaga zainstalowania 0,4–0,6 m<sup>2</sup> kolektora na m<sup>2</sup> basenu.

Podstawowym powodem stosowania kolektorów słonecznych na całym świecie jest ich wpływ, a może raczej brak ich wpływu na środowisko naturalne. W porównaniu z nowoczesnym kotłem grzewczym już 4 m<sup>2</sup> powierzchni kolektorów słonecznych pozwala uniknąć do jednej tony dwutlenku węgla wyemitowanego do atmosfery!

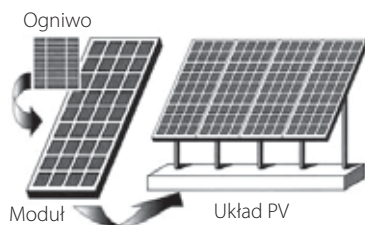
Głównym warunkiem opłacalności stosowania kolektorów słonecznych jest odbiór i zagospodarowanie wytworzonego ciepła. Dlatego też najlepiej nadają się do tego obiekty o dużym i ciągłym zużyciu ciepłej wody.

Kolektory słoneczne można w zależności od warunków budowlanych montować zarówno na dachu domu, ustawić na płaskim dachu albo założyć na fasadzie budynku. Producenci kolektorów posiadają bogatą ofertę wyposażenia dodatkowego, które dopuszcza realizację każdej z wymienionych powyżej możliwości. Szeregowo można łączyć ograniczoną liczbę kolektorów. W zależności od typów kolektorów i od ich producenta, zależy maksymalna liczba kolektorów, jaką można w ten sposób połączyć. Gdy istnieje konieczność połączenia w układ większej liczby kolektorów od dopuszczanej przez producenta, to możliwe jest zastosowanie kombinacji połączenia szeregowego z równoległym. Równolegle powinno się łączyć układy szeregowo składające się z tej samej liczby kolektorów.

W przypadku ustawiania większej liczby kolektorów jeden za drugim, na powierzchniach płaskich należy pamiętać o zachowaniu pomiędzy nimi odpowiedniego odstępu, aby nie dochodziło do wzajemnego zacieniania się kolektorów, zwłaszcza w okresie zimowym, gdy słońce znajduje się niżej nad horyzontem.

### Ogniwa fotowoltaiczne (PV)

Na pierwszy rzut oka ogniwa fotowoltaiczne zamontowane na dachu budynku trudno odróżnić od płaskich kolektorów słonecznych. Ogniwa fotowoltaiczne, nazywane bateriami słonecznymi, służą jak już wspomniano do zamiany promieniowania słonecznego w energię elektryczną, a nie w ciepło, jak to ma miejsce w przypadku kolektorów.



**Rysunek 28:** Ogniwa fotowoltaiczne (PV)

Ogniwo fotowoltaiczne to układ fotoogniwa wykonanych z półprzewodnika, zazwyczaj krzemu. Pod wpływem padającego na nie światła słonecznego w ogniwie powstaje napięcie elektryczne, a po podłączeniu odbiornika zaczyna płynąć prąd.

Aby uzyskać odpowiednio wysokie napięcie, ogniwa łączy się szeregowo, natomiast dla zwiększenia mocy baterii, ogniwa łączy się równolegle. Wiele połączonych ze sobą ogniwa tworzy tzw. panel.

Systemy fotowoltaiczne mają kilka cech, które dla niektórych użytkowników są równie ważne, jak zdolność tych systemów do generowania energii elektrycznej.

Moduły fotowoltaiczne należą do najbardziej niezawodnych źródeł energii elektrycznej, jaki kiedykolwiek wyprodukowano. Nie zawierają ruchomych części i będą przez dziesięciolecia funkcjonować bez interwencji ze strony człowieka. Jest to zasadnicza cecha dla lokalizacji, gdzie doświadczenie techniczne i in-

frastruktura potrzebne do obsługi skomplikowanych systemów elektroenergetycznych nie są dostępne po cenach, jakie byłyby możliwe do zaakceptowania przez właściciela systemu. Takie lokalizacje można znaleźć nie tylko w krajach rozwijających się. Istnieją one na całym świecie, a nawet w przestrzeni okołozemskiej (satelity i sondy kosmiczne, które stały się pierwotną motywacją dla rozwoju technologii fotowoltaicznych).

Systemy PV zawierają niewiele elementów składowych i podlegają bardzo prostym procedurom w zakresie eksploatacji i utrzymania. Dzięki temu mogą być wykorzystywane przez ludzi, którzy prawdopodobnie nie posiadają umiejętności i wiedzy niezbędnych do eksploatacji generatora napędzanego paliwem kopalnym.

Moc elektryczna dostarczana przez ogniwa fotowoltaiczne, przy pewnych warunkach nasłonecznienia, w znacznym stopniu jest podyktowana przez wielkość i liczbę modułów fotowoltaicznych, zainstalowanych w systemie. Po dołożeniu dodatkowych modułów, osiąga się większą moc systemu. Pozwala to na łatwe skalowanie systemu i dopasowanie go w ślad za zmianami w zakresie zapotrzebowania mocy lub dostępności środków inwestycyjnych. Na przykład, jeśli w gospodarstwie planuje się zakup komputera za dwa lata, to użytkownicy będą mogli zwiększyć moc systemu wtedy, gdy zapotrzebowanie wzrośnie i nie będą zmuszeni do znalezienia niezbędnych pieniędzy już teraz, żeby z góry zapłacić za jeszcze niepotrzebnie przewymiarowany system.

Systemy PV wytwarzają energię elektryczną całkowicie bezgłośnie. Systemy PV wytwarzają prąd stały, dlatego układy z ogniwami fotowoltaicznymi często zawierają podzespoły, które przetwarzają go na prąd przemienny.

Ponieważ moduł PV dostarcza niewiele energii w okresach zachmurzenia i nie dostarcza energii w nocy, niepołączone z siecią energetyczną systemy fotowoltaiczne muszą magazynować nadmiarową energię, generowaną w okresach słonecznych. Funkcję tę spełnia bateria akumulatorów lub w przypadku systemów pompowania wody, zbiornik magazynowy wody. Około 90% akumulatorów stosowanych w systemach fotowoltaicznych stanowią akumulatory kwasowo-ołowiowe. O ile akumulator kwasowo-ołowiowy jest stosunkowo tani i powszechnie stosowany, o tyle nie jest tak trwały, jak moduł fotowoltaiczny i wymaga nieco obsługi, takiej jak uzupełnianie wody traconej w czasie jego użytkowania.

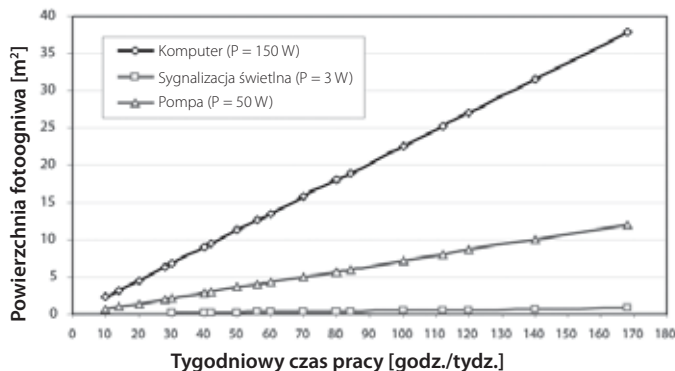
Systemy fotowoltaiczne mogą również obejmować elektroniczne układy optymalizacji mocy. Układy te regulują moc wyjściową układów w taki sposób, aby spełniały bieżące wymagania w zakresie prądu i napięcia wymaganych przez odbiorniki. Powszechnie stosowanymi regulatorami są przetworniki, które przetwarzają prąd stały w prąd przemienny. Jeśli układ PV posiada taki przetwornik, to wówczas może zasilать powszechnie stosowane urządzenia zaprojektowane na zasilanie z sieci, takie jak standardowe pralki i telewizory lub może podawać energię wprost do sieci. Regulatory obciążenia, stanowiące odrębną grupę urządzeń optymalizujących moc wyjściową, ograniczają tę moc w układach ładujących akumulator wtedy, kiedy akumulator jest naładowany. Przetworniki pełnią funkcję odwrotną do przetworników: przetwarzają prąd przemienny na prąd stały. Pozwala to odbiornikom na prąd stały i akumulatorom pracującym w systemach PV na otrzymanie dodatkowej energii ze źródła prądu przemiennego, takiego jak sieć lub generator wirnikowy. Przetwornik prąd stały – prąd stały pozwala na to, aby układ i odbiorniki pracowały przy różnych napięciach. Można go stosować po to, aby układ PV był eksploatowany przy napięciu, które pozwala wytworzyć największą możliwą moc elektryczną lub też po to, aby wzmocnić prąd zasilający silnik elektryczny lub pompę podczas rozruchu. Obecnie na rynku istnieje bogata oferta paneli różnej wielkości i mocy. Dostępne są także panele zintegrowane z pokryciem dachowym lub fasadą budynku, a nawet półprzezroczyste moduły, które można montować w oknach.

Systemy PV instalowane na dachach domów mogą mieć moc rzędu kilku kilowatów. Teoretycznie jest więc możliwe zasilanie z nich wszystkich elektrycznych urządzeń domowych. Jednak dla naszej szerokości geograficznej ilość i zmiany promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi powodują,



że systemy te nie w każdych warunkach zapewnią całkowite pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną.

Rozwiązaniem tego problemu może być wielokrotne zwiększenie mocy baterii, jednak wiąże się to również ze zwiększeniem powierzchni ogniwa fotowoltaicznego (patrz Rysunek 29), a co za tym idzie znacznym zwiększeniem kosztów takiej instalacji.



**Rysunek 29:** Przykład możliwości zasilania urządzeń elektrycznych za pomocą fotoogniw

Na powyższym wykresie widać, że np. dla zasilania z ogniw fotowoltaicznych komputera pracującego przez 8 godzin dziennie, powierzchnia zestawu modułów fotowoltaicznych musiałaby wynosić blisko 40 m<sup>2</sup>. Tak duża powierzchnia wynika z faktu, że aby zapewnić pracę komputera w nocy i w okresach gorszej pogody, należy zakumulować odpowiednią ilość energii w ciągu dnia. Tę odpowiednią ilość energii jest w stanie zapewnić tylko duża powierzchnia baterii słonecznych. Nieco lepiej wygląda sprawa dla odbiorników energii małej mocy (kilka W mocy). Na przykładzie sygnalizacji świetlnej widać, że już ok. 1 m<sup>2</sup> powierzchni fotoogniwa w połączeniu z niewielkim akumulatorem zapewni ciągłą pracę sygnalizacji w dzień i w nocy. Z opisanych powyżej powodów, dla zasilania większych odbiorników ogniwa fotowoltaiczne nie są stosowane jako jedyne źródło energii elektrycznej dla budynku. Zwykle stosuje się je w połączeniu z generatorami spalinowymi, gazowymi czy wiatrowymi. W takim przypadku mówimy o układach hybrydowych. Układy te wymagają nieco bardziej skomplikowanego systemu kontroli i regulacji niż układy wolno stojące. Ich eksploatacja praktycznie nic nie kosztuje, jednak cena kompletnego systemu PV, w skład którego obok ogniw wchodzi akumulatory, regulatory sterujące procesem ich ładowania i rozładowania, regulator napięcia oraz falownik zamieniający wytwarzany przez baterie prąd stały na przemienny jest bardzo wysoki. Koszt takiej małej elektrowni słonecznej o mocy ponad 5 kW to obecnie wydatek znacznie przekraczający 100 tys. zł.

Jest jednak szansa na znaczną poprawę konkurencyjności tej technologii. Rozwój technologii produkcji ogniw fotowoltaicznych postępuje bardzo dynamicznie i uzyskiwane są coraz lepsze ich osiągi przy jednoczesnym ograniczeniu ich kosztu, co w niedługim czasie może spowodować ogromny wzrost popularności tych urządzeń.

### Kolektory hybrydowe

Hybrydowe kolektory słoneczne wykorzystują efektywniej promieniowanie słoneczne, niż oddzielnie ogniwa fotowoltaiczne oraz baterie grzewcze. Ta technika nie mogła dłużej czasu doczekać się przemysłowej realizacji, gdyż nie potrafiono dostatecznie szybko pokonać różnorodnych problemów związanych z przepływem ciepła od modułu fotowoltaicznego do absorbera.



W hybrydowych kolektorach słonecznych osiąga się sprawność energetyczną w granicach 70 – 80 procent. Równoczesne przetwarzanie promieniowania słonecznego na energię elektryczną oraz ciepło użytkowe jest zatem pod względem ekonomicznym bardziej opłacalne, niż oddzielnie eksploatowane baterie słoneczne i moduły fotowoltaiczne. Dzięki temu hybrydowe kolektory słoneczne cieszą się w krajach wysokorozwiniętych znacznym zainteresowaniem.

Przykłady obliczeniowe, wykonane za pomocą oprogramowania RETScreen, dotyczące ekonomiki i efektów ekologicznych wynikających z zastosowania kolektorów słonecznych, przedstawiono w rozdziale 3.2.

### 3. Racjonalnie wydaję pieniądze – liczę efektywność ekonomiczną i efekt ekologiczny przedsięwzięć

#### 3.1. Rachunek ekonomiczny – nakłady, efekty, okres zwrotu

Do wyliczeń zastosujemy rachunek dyskonta, czyli będziemy uwzględniać wartość pieniądza w czasie. Obecny nominal pieniądza np. 1000 zł za 10 lat będzie miał inną wartość, inną siłę nabywczą. Po pierwsze dlatego, że mamy prawie zawsze do czynienia z inflacją, czyli z corocznym wzrostem cen dóbr i usług w gospodarce, a po drugie – zawsze alternatywną inwestycją jest złożenie pieniędzy w banku na pewien procent (stopa procentowa depozytów bankowych). Dlatego też, jeżeli stopę procentową (dyskonta) przyjmiemy jako  $i = 5\%/rok$  ( $0,05/rok$ ), to po 5 latach  $F$  – wartość obecnego nominalu 1000 zł –  $P$  wyniesie:

$$F = \frac{1000}{(1+0,05)^5} = \frac{1000}{1,276} = 783 \text{ zł } 53 \text{ grosze}$$

Ogólnie, jeżeli chcemy przeliczyć wartość bieżącą  $P$  na przyszłą  $F$  po  $n$  latach, przy stopie procentowej  $i$ , to:

$$F = \frac{P}{(1+i)^n}$$

##### 3.1.1. Liczę jak w banku – wskaźniki efektywności – zdyskontowany okres zwrotu, koszty w cyklu żywotności, wartość bieżącą netto

W rachunku dyskonta koszt w cyklu żywotności LCC (akronim pochodzi z j. angielskiego: *Life Cycle Cost*) można obliczyć w taki sposób, że coroczne przepływy finansowe (np. koszty operacyjne), będzie się przeliczać na okres początkowy, to znaczy na tę chwilę, w której ponosimy koszty początkowe  $Kp$  (na czas „0”). Stąd:

$$LCC = Kp + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{Kop}{(1+i)^n} - \frac{SV}{(1+i)^t}$$

gdzie:  $n = 1 \dots 25$  kolejny rok kosztów,

$t = 25$  lat długość cyklu żywotności,

$i = \%/rok$  stopa procentowa,

$SV$  – końcowa wartość urządzeń systemu (po 25 latach). Dla uproszczenia przyjmijmy:  $SV = 0$

Obliczenie LCC można uprościć, jeżeli przyjmie się założenie, że roczne koszty operacyjne w całym cyklu żywotności  $t$  są stałe, czyli  $Kop = const$ .

Wtedy

$$LCC = Kp + Kop \sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$\text{Sumę } \sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n}$$

można obliczyć i wynosi ona:

$$\sum_{n=1}^{n=t} \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1-(1+i)^{-t}}{i} = \frac{1}{CRF}$$

Więc wyrażenie CRF wynosi

$$CRF = \frac{i}{1-(1+i)^{-t}}$$

i nazywa się ratą rozszerzonej reprodukcji lub współczynnikiem odzysku kapitału.

Wartość CRF obliczamy komputerowo lub szukamy w tablicach. Korzyść z uproszczenia ( $Kop = \text{const.}$ ) jest taka, że nie musimy rozpisać sumy na 25 członów (dla każdego roku z 25 lat), lecz koszt w cyklu żywotności liczymy jak:

$$LCC = Kp + \frac{Kop}{CRF}$$

Na przykład, przy założeniu, że stopa procentowa  $i = 5\%$ /rok

Oblicza się CRF:

$$CRF = \frac{0,05}{1-(1+0,05)^{-25}} = 0,0710$$

W przypadku analizowania wartości oszczędności kosztów energii na przestrzeni cyklu żywotności urządzenia wytwarzającego energię, np. 25 lat, wartość oszczędności kosztów energii sprowadzona do roku początkowego (0), maleje wraz z upływem lat, bo mnoży koszty energii w danym roku przez współczynnik

$$\frac{1}{(1+0,05)^n}$$

gdzie:  $n$  oznacza dany, kolejny rok.

Na ogół, w przypadku porównywania dwóch opcji urządzeń wytwarzających energię, które znacznie różnią się wysokością kosztów początkowych, silniejszy wpływ na wynik ma koszt początkowy  $Kp$  w roku 0, aczkolwiek oszczędności bieżące, wynikające z samej eksploatacji urządzeń też mają znaczenie. Wynik zawsze jest przypisany indywidualnej sytuacji. Koszty w cyklu żywotności dla każdego z rozpatrywanych wariantów możemy policzyć jak niżej:

$$LCC = Kp + \sum_{n=1}^{n=t} \frac{Ke, o(1+re)^n}{(1+i)^n}$$

gdzie:  $re$  – stopa wzrostu cen energii elektrycznej

$Ke, o$  – koszt operacyjny równy kosztowi energii elektrycznej w roku zerowym (budowy instalacji).

### Wartość bieżąca netto (NPV)

Wartością bieżącą netto nazywamy sumę zdyskontowanych, oddzielnie dla każdego roku, przepływów pieniężnych (różnica pomiędzy wpływami i wydatkami w danym roku). Sumowanie wykonywane jest w całym okresie funkcjonowania przedsięwzięcia inwestycyjnego.

gdzie:

$$NPV = \sum_{i=1}^n (1+r)^{-i} CF_i$$

$r$  – stopa dyskonta

$n$  – czas życia inwestycji

$CF$  – roczny przepływ pieniężny

$CF_i$  – przepływ pieniężny w roku  $i$

$Dop$  – nakłady inwestycyjne

$Woc$  – roczna wartość oszczędności

Policzmy, ile będzie wynosił zdyskontowany okres zwrotu kapitału własnego DPBP (własnych wydatków), jeżeli np. w modelu finansowym zakłada się 50% wydatków własnych, 50% dotacji z funduszu ekologicznego, odpowiednio, w kosztach początkowych  $K_p$ .

Zastosujemy definicję zdyskontowanego okresu zwrotu kapitału DPBP. Jest to rok, w którym wydatki do tego czasu ponoszone i oszczędności się równoważą, to znaczy:

$$NPV = \Delta K_p + \sum_{n=1}^{n=DPBP} \frac{\Delta K_{op}}{(1+i)^n} = 0$$

gdzie: NPV – wartość bieżąca netto,

$\Delta K_p$  – różnica kosztów początkowych,

$\Delta K_{op}$  – różnica kosztów operacyjnych,

DPBP – rok, w którym zdyskontowane poniesione wydatki równoważą się z wartością oszczędności, czyli NPV = 0,

$\Delta$  – różnica między dwoma wariantami inwestycji, na korzyść wariantu o niższych kosztach w cyklu żywotności.

Jeżeli, jak poprzednio założyliśmy, że koszty operacyjne  $K_{op}$  to tylko koszty energii  $K_e$  i cena energii elektrycznej  $re$  rośnie o  $re = 3\%/rok$  oraz uzyskano 50% dotacji dla poniesienia kosztu początkowego, to wyrażenie NPV = 0 przekształca się jak niżej:

$$\sum_{n=1}^{n=DPBP} \frac{(K_{e,A} - K_{e,B})(1+re)^n}{(1+i)^n} = \Delta K_p$$

Z pomocą arkusza kalkulacyjnego liczymy lewą stronę wyrażenia L, a wartość tego wyrażenia dla danego roku  $n$  (od 1 do 25) oraz sumę narastającą do danego roku.

### Inne stosowane wskaźniki

Prosty okres zwrotu nakładów (SPBP) jest ilorazem nakładów inwestycyjnych i całkowitej wartości oszczędności, wyrażany jest w latach.

$$SPBP = \frac{Dop}{Woc} \text{ [lata]}$$

Dyskontowany okres zwrotu nakładów (PBP) uwzględnia zmienną wartość zainwestowanej kwoty w czasie.

$$PBP = \frac{\ln\left(\frac{1}{1 - (Dop / Woc)r}\right)}{\ln(1+r)} \text{ [lata]}$$

PBP pozwala precyzyjniej oszacować rzeczywisty czas zwrotu poniesionych nakładów niż SPBP (prosty okres zwrotu).

### Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)

Obliczenie wartości IRR polega na znalezieniu takiej wartości stopy dyskontowej  $r$ , która spełnia warunek:

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

$CF_t$  – przepływy gotówkowe w okresie  $t$ ,

$r$  – stopa dyskonta,

$I_0$  – nakłady początkowe,

$t$  – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji.

Formuła ma zastosowanie przy stałej stopie dyskonta w rozpatrywanym okresie.

Od paru lat konsekwentnie stosuje się wskaźnik dynamiczny DGC (Dynamic Generation Cost), który ma tę zaletę, że jako wskaźnik dynamiczny uwzględnia takie aspekty, jak to, że koszty eksploatacyjne inwestycji wymagających wyższych nakładów inwestycyjnych, mogą okazać się stosunkowo niskie, dzięki czemu kosztowna instalacja na przestrzeni lat wykaże się dobrą opłacalnością. DGC uwzględnia realny okres żywotności instalacji oraz uwzględnia okres dochodzenia danej instalacji do jej pełnej mocy przerobowej. Uwzględnia on również zmianę wartości pieniądza oraz przepływy pieniężne w funkcji czasu. Jest to wskaźnik zalecany do stosowania w dokumentach (wnioskach) przedkładanych do NFOŚiGW.

### Dynamiczny koszt jednostkowy (DGC)

Uwzględniając parametry ekonomiczne danej instalacji i uwzględniając efekty ekologiczne, definiuje się następującą formułę wskaźnika dynamicznego DGC:

$$DGC = PEE = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{KI_t + KE_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{EE_t}{(1+i)^t}}$$

gdzie:

$KI_t$  – koszty inwestycyjne poniesione w danym roku;

$KE_t$  – koszty eksploatacyjne poniesione w danym roku;

$i$  – stopa dyskontowa;

$t$  – rok, przyjmuje wartości od 0 do  $n$ , gdzie 0 jest rokiem, w którym ponosimy pierwsze koszty, natomiast  $n$  jest ostatnim rokiem, działania instalacji;

$EE$  – każdoroczny efekt ekologiczny o cenie  $p_{EE}$  za jednostkę (cena ta jest stała w całym okresie analizy);

$ZP$  – wartość zdyskontowanych przychodów.

DGC (Dynamiczny koszt jednostkowy) jest równy cenie, która pozwala na uzyskanie zdyskontowanych przychodów równych zdyskontowanym kosztom, a zatem DGC pokazuje, jaki jest techniczny koszt uzyskania jednostki efektu ekologicznego (PLN/jedn. Efektu ekologicznego), (dr J. Rączka „Analiza efektywności kosztowej w oparciu o wskaźnik dynamicznego kosztu jednostkowego”, (*Transform Advice Programme – Investment In Environmental Infrastructure In Poland*, Warszawa, 13.06. 2002 r.).

„Warunkiem koniecznym przedsięwzięcia jest to, żeby zdyskontowany strumień przychodów był większy lub równy zdyskontowanemu strumieniowi kosztów. Formuła opisująca DGC jest prawdziwa, jeżeli horyzont analizy jest równy czasowi życia inwestycji.

Podsumowując – DGC (Dynamiczny koszt jednostkowy) jest równy cenie, która pozwala na uzyskanie zdyskontowanych przychodów równych zdyskontowanym kosztom, a zatem DGC pokazuje, jaki jest techniczny koszt uzyskania jednostki efektu ekologicznego (PLN/jedn. Efektu ekologicznego)”, (dr J. Rączka „Analiza efektywności kosztowej w oparciu o wskaźnik dynamicznego kosztu jednostkowego”, (*Transform Advice Programme – Investment In Environmental Infrastructure In Poland*, Warszawa 13.06. 2002 r.)).

### 3.1.2. Mierzenie efektów podejmowanych działań – czy cel został osiągnięty?

Poprawa efektywności energetycznej, podobnie jak zastosowanie odnawialnych źródeł energii, wiąże się ze zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń do środowiska, głównie dzięki mniejszemu zużyciu paliw kopalnych. Dotyczy to zarówno poprawy efektywności energetycznej we wszelkiego rodzaju budynkach, jak i w liniach technologicznych w zakładach produkcyjnych.

Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń może występować bezpośrednio, jeżeli obiekt (instalacja) ma własne źródło energii, np. wytwarzania ciepła w kotle do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej lub ciepła technologicznego oraz pośrednio, jeżeli obiekt (instalacja) zasilany jest tylko w sieciowe nośniki energii, jak: energia elektryczna, czy też ciepło sieciowe. Każdorazowo efekt ekologiczny wiąże się ze zmniejszeniem ilości zużywanych pierwotnych nośników energii.

Metody i ogólne zasady prowadzenia pomiarów oszczędności energii i uzyskanych efektów ekologicznych i ekonomicznych opisano we wspomnianych w rozdziale 1 Protokołach EVO. Materiały IPMVP oraz IEEFP dostarczają przykładów obliczeń takich efektów. Niezależnie od możliwości oferowanych przez dokumenty EVO, do określania korzyści ekologicznych, dogodnie jest wykorzystać oprogramowanie narzędzia RETScreen. W kolejnym rozdziale 3.2 przedstawiono kilka przykładów obliczeń efektów ekonomicznych i ekologicznych z zastosowaniem tego właśnie narzędzia. Przykłady dotyczą niektórych urządzeń i instalacji, których rodzaje opisano szczegółowo w Rozdziale drugim.

Na końcu poradnika zamieszczono również słownik terminów i definicje formuł służących do obliczania efektywności ekonomicznej przedsięwzięć.

## **3.2. Przykłady obliczeń efektywności ekonomicznej i efektu ekologicznego**

Poniższe przykłady opracowano z zastosowaniem oprogramowania RETScreen.

Przyjęto nazewnictwo, które jest zastosowane w programie RETScreen.

### **3.2.1. Wymiana silnika**

Standardowy pojedynczy silnik elektryczny wykorzystywany w zakładzie przemysłowym do napędu maszyn wymieniany jest na nową energooszczędną jednostkę. Niezmiennym parametrem technicznym silników jest moc oraz prędkość obrotowa. Czas pracy obu silników oraz współczynnik obciążenia jest identyczny.

#### **1. Projektowe założenia parametrów technicznych oraz pracy silnika**

##### **1.1. Stan odniesienia i stan porównawczy**

Moc silnika	75 kW
Sprawność nominalna silnika (wg bazy danych RETScreen)	93%
Sprawność nominalna nowego silnika (wg bazy danych RETScreen)	95,1%
Sprawność robocza silnika (wg bazy danych RETScreen)	92,2%
Sprawność robocza nowego silnika (wg bazy danych RETScreen)	94,3%
Prędkość obrotowa przy pełnym obciążeniu	1500 rpm

##### **1.2. Parametry pracy silnika**

Czas pracy silnika	5000 h/rok
Procentowe obciążenie silnika	75%

## 2. Projektowe założenia kosztów projektu

### 2.1 Jednostkowa cena energii elektrycznej dla stanu odniesienia i porównawczego

Jednostkowa cena energii elektrycznej	0,42 PLN/kWh
---------------------------------------	--------------

### 2.2 Koszty początkowe

Koszty projektowania	500 PLN
Nakłady inwestycyjne na wymianę silnika	12 300 PLN

### 2.3 Parametry do analizy finansowej

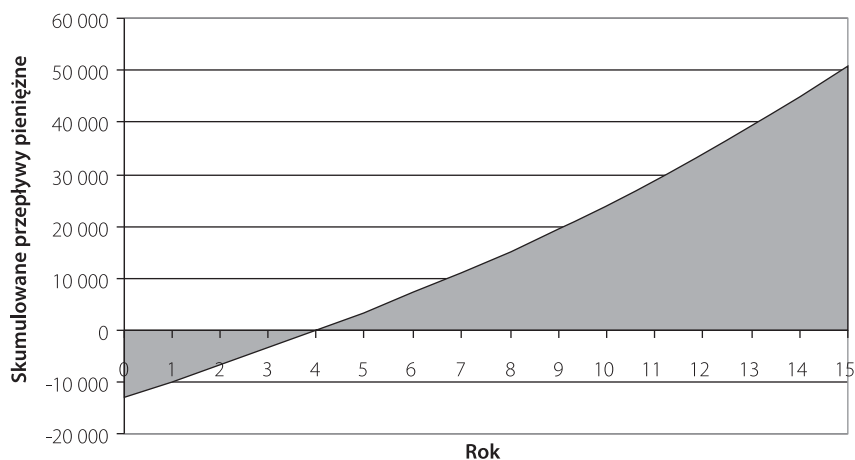
Wskaźnik wzrostu kosztów energii	5,00%
Stopa inflacji	4,10%
Stopa dyskonta	8,00%
Czas trwania projektu	15 lat

## 3. Wyniki efektu energetycznego

Roczne zużycie energii elektrycznej w stanie odniesienia	302,42 MWh
Roczne zużycie energii elektrycznej w stanie porównawczym	295,74 MWh
Roczne oszczędności energii elektrycznej	6,68 MWh

## 4. Wyniki efektu finansowego projektu

Roczne koszty eksploatacyjne w stanie odniesienia	127 016 PLN
Roczne koszty eksploatacyjne w stanie porównawczym	124 211 PLN
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	26,62%
Prosty okres zwrotu inwestycji SPBT	4,0 lata
Koszt cyklu życia LCC	1 510 566 PLN
Koszt zaoszczędzonej energii CCE	0,22 PLN/kWh



Rysunek 30: Skumulowane przepływy pieniężne

## 5. Wyniki efektu ekologicznego

Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie odniesienia	290,3 tCO <sub>2</sub>
Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie porównawczym	283,9 tCO <sub>2</sub>
Redukcja emisji CO <sub>2</sub> w okresie objętym analizą	96 tCO <sub>2</sub>
Koszt unikniętej emisji CO <sub>2</sub> CCC	-0,20 PLN/kg_CO <sub>2</sub> eq

### 3.2.2. Modernizacja oświetlenia

Projekt polega na wymianie w obiekcie handlowym energochłonnych żarowych źródeł światła o skuteczności świetlnej 14,7 lm/W na zintegrowaną energooszczędną świetlówkę kompaktową o skuteczności świetlnej 56,7 lm/W. W stanie odniesienia poziom natężenia oświetlenia wynosi 600 lux. Wymiana źródeł światła na nowe zapewni zalecane (dla większości sklepów, oprócz supermarketów) natężenie oświetlenia 500 lux, co spowoduje ograniczenie efektu olśnienia. Czas pracy źródeł światła w ciągu doby dla stanu odniesienia i porównawczego jest taki sam.

#### 1. Projektowe założenia parametrów technicznych

##### 1.1. Stan odniesienia

Moc elektryczna pojedynczego źródła światła	70 W
Liczba źródeł światła zainstalowanych w obiekcie	30 szt.
Liczba godzin pracy źródła światła w ciągu doby	12 h/dobę

##### 1.2. Stan porównawczy

Moc elektryczna pojedynczego źródła światła	36 W
Liczba źródeł światła zainstalowanych w obiekcie	13 szt.

#### 2. Projektowe założenia kosztów

##### 2.1. Jednostkowy koszt energii dla stanu odniesienia i stanu porównawczego

Cena jednostki energii elektrycznej	0,42 PLN/kWh
-------------------------------------	--------------

##### 2.2. Koszty początkowe

Koszty projektowania	700 PLN
Nakłady inwestycyjne na nowe oświetlenie	2500 PLN

#### 3. Założenia parametrów do analizy finansowej

Wskaźnik wzrostu kosztów paliwa	5,0%
Stopa inflacji	4,10%
Stopa dyskonta	8,00%
Czas trwania projektu	15 lat

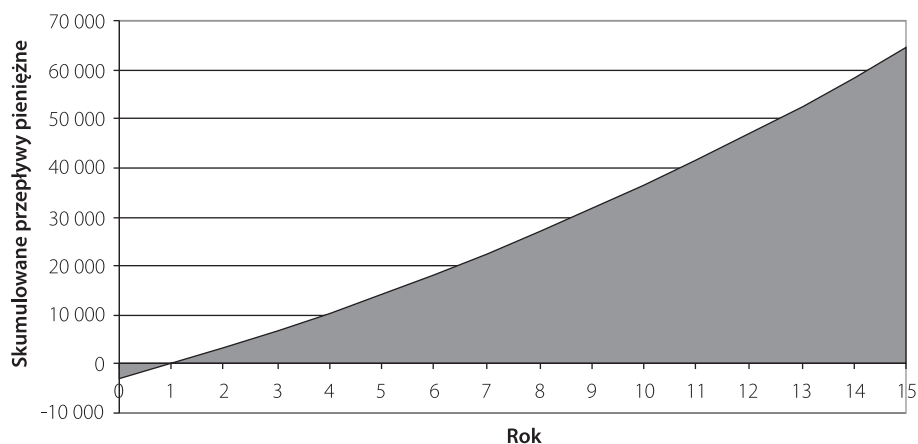
#### 4. Wyniki efektu energetycznego

Roczne zużycie energii elektrycznej w stanie odniesienia	9,20 MWh
Roczne zużycie energii elektrycznej w stanie porównawczym	2,05 MWh
Roczne oszczędności energii elektrycznej	7,15 MWh



## 5. Wyniki efektu finansowego projektu

Roczne koszty eksploatacyjne w stanie odniesienia	3200 PLN
Roczne koszty eksploatacyjne w stanie porównawczym	3863 PLN
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	861 PLN
Wewnętrzna stopa zwrotu inwestycji	103,5 PLN
Prosty okres zwrotu inwestycji SPBT	1,1 PLN
Koszt cyklu życia LCC	12 885 PLN
Koszt zaoszczędzonej energii CCE	0,052 PLN/kWh



Rysunek 31: Skumulowane przepływy pieniężne

## 6. Wyniki efektu ekologicznego

Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie odniesienia	6,6 tCO <sub>2</sub> /rok
Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie porównawczym	1,5 tCO <sub>2</sub> /rok
Redukcja emisji CO <sub>2</sub> w okresie 15 lat	77,4 tCO <sub>2</sub>
Koszt unikniętej emisji CO <sub>2</sub> – CCC	-0,509 PLN/kg_CO <sub>2</sub> eq

### 3.2.3. Wymiana kotła

Projekt polega na wymianie starego kotła gazowego na nowy kocioł gazowy kondensacyjny. Ciepło produkowane w kotle wykorzystywane jest na cele centralnego ogrzewania w budynku o łącznej powierzchni ogrzewanej 5470 m<sup>2</sup>. Część produkowanego ciepła zużywana jest również do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. Paliwem zasilającym kocioł jest gaz ziemny.

#### 1. Projektowe założenia systemu grzewczego

##### 1.1. Stan odniesienia

Sezonowa sprawność systemu grzewczego	86%
Udział produkowanej energii cieplnej niezbędnej do wytwarzania ciepłej wody użytkowej	10%
Obniżenie zapotrzebowania na moc w wyniku przedsięwzięcia energooszczędnego	15%

## 1.2. Stan porównawczy

Moc grzewcza kotła kondensacyjnego	265,0 kW
Sezonowa sprawność systemu grzewczego	97%

## 2. Projektowe założenia kosztów

### 2.1. Koszty początkowe, koszty konserwacji

Koszty projektowania	5000 PLN
Całkowity koszt instalacji	82 875 PLN
Roczny koszt konserwacji	300 PLN

### 2.2. Jednostkowe ceny paliwa gazowego

Jednostkowa cena paliwa gazowego w stanie odniesienia	1,5 PLN/m <sup>3</sup>
Jednostkowa cena paliwa gazowego w stanie porównawczym	1,5 PLN/m <sup>3</sup>

### 2.3. Parametry do analizy finansowej

Wskaźnik wzrostu kosztów paliwa	5,00%
Stopa inflacji	4,10%
Stopa dyskonta	8,00%
Czas trwania projektu	15 lat

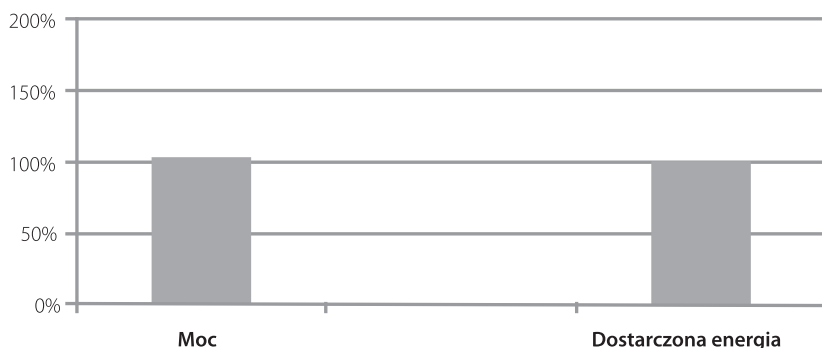
## 3. Wyniki efektu energetycznego

### 3.1. Stan odniesienia

Łączne szczytowe zapotrzebowanie na moc cieplną	301 kW
Łączne roczne zapotrzebowanie na ciepło	707 MWh
Roczne zużycie paliwa	87 138 m <sup>3</sup>
Zapotrzebowanie mocy cieplnej na skutek wykonania przedsięwzięcia energooszczędnego	255,7 kW
Roczne zapotrzebowanie na ciepło na skutek wykonania przedsięwzięcia energooszczędnego	601 MWh

### 3.2. Stan porównawczy

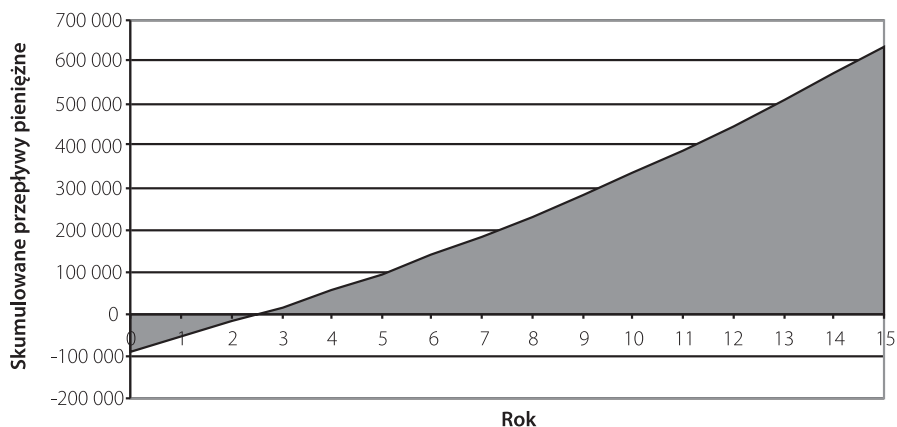
Roczna ilość ciepła produkowanego przez kocioł	601 MWh
Roczne zużycie paliwa	65 668 m <sup>3</sup>



Rysunek 32: Wykres pokrycia zapotrzebowania mocy oraz energii przez kocioł

#### 4. Wyniki efektu finansowego projektu

Łączne koszty początkowe	87 875 PLN
Roczne koszty eksploatacyjne w stanie porównawczym	98 801 PLN
Roczne koszty eksploatacyjne w stanie odniesienia	130 706 PLN
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	43%
Prosty okres zwrotu inwestycji SPBT	2,5 lata
Koszt cyklu życia – LCC	1 277 207 PLN
Koszt zaoszczędzonej energii – CCE	0,0506 PLN/kWh



Rysunek 33: Skumulowane przepływy pieniężne

#### 5. Wyniki efektu ekologicznego

Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie odniesienia	162,4 tCO <sub>2</sub>
Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie porównawczym	122,4 tCO <sub>2</sub>
Redukcja emisji CO <sub>2</sub> w okresie objętym analizą	600 tCO <sub>2</sub>
Koszt unikniętej emisji CO <sub>2</sub> – CCC	-0,540 PLN/kg_CO <sub>2</sub> eq

#### 3.2.4. Układ kogeneracyjny

Projekt polega na zainstalowaniu układu kogeneracyjnego z gazowym silnikiem tłokowym do skojarzonego wytwarzania ciepła oraz energii elektrycznej. Ciepło produkowane z silnika zastąpi częściowo ciepło produkowane przez kocioł gazowy na cele grzewcze – technologiczne i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku o łącznej powierzchni ogrzewanej 26 000 m<sup>2</sup>. Zapotrzebowanie na moc cieplną jest zmienne w czasie. W okresach, kiedy układ kogeneracyjny (Combined Heat and Power – CHP) produkuje ciepło ponad zapotrzebowanie, nadmiary te są tracone do otoczenia. Energia elektryczna wytwarzana w układzie kogeneracyjnym zużywana będzie przez odbiorniki zainstalowane w obiekcie, nadmiary zaś sprzedawane do sieci elektroenergetycznej. W okresach, kiedy silnik nie pracuje, energia elektryczna jest zakupowana z sieci elektroenergetycznej. Przez 48 godzin, w ciągu całego roku, zapotrzebowanie na moc elektryczną szczytową wzrasta o 50% od średniej wielkości zapotrzebowania na moc. W tych okresach niedobory energii elektrycznej zaspokajane są energią z sieci.

## 1. Projektowe założenia systemu grzewczego oraz systemu elektroenergetycznego

### 1.1. Stan odniesienia

Sezonowa sprawność systemu grzewczego	80%
Udział ciepła do produkcji ciepłej wody użytkowej	25%
Średnie miesięczne zapotrzebowanie na moc elektryczną	560 kW

### 1.2. Stan porównawczy

Dostępność pracy układu kogeneracyjnego w ciągu roku	90%
Moc elektryczna silnika tłokowego	660 kW
Jednostkowe zużycie ciepła w silniku na jednostkę energii elektrycznej	10 500 kJ/kWh
Sprawność odzysku ciepła z układu kogeneracyjnego	70%
Moc gazowego kotła pracującego przy obciążeniu szczytowym oraz przy braku pracy silnika	2900 kW
Sezonowa sprawność kotła gazowego	80%

## 2. Projektowe założenia kosztów

### 2.1. Jednostkowe ceny nośników energii

Jednostkowa cena paliwa gazowego w stanie porównawczym	1,5 PLN/m <sup>3</sup>
Jednostkowa cena energii elektrycznej w stanie porównawczym	0,39 PLN/kWh
Jednostkowa cena paliwa gazowego w stanie odniesienia	1,5 PLN/m <sup>3</sup>
Jednostkowa cena energii elektrycznej zakupionej z sieci elektroenergetycznej w stanie porównawczym	0,39 PLN/kWh
Jednostkowa cena energii elektrycznej sprzedawanej do sieci elektroenergetycznej w stanie porównawczym	0,125 PLN/kWh
Jednostkowa cena sprzedaży certyfikatu	0,107 PLN/kWh
Jednostkowa cena eksportu energii wraz z certyfikatem	0,232 PLN/kWh

### 2.2 Koszty początkowe

Koszty projektowania	15 000 PLN
Całkowity koszt układu kogeneracyjnego	2 244 000 PLN
Roczne koszty konserwacji, wymiany oleju	40 000 PLN

### 2.3 Parametry do analizy finansowej

Wskaźnik wzrostu kosztów paliwa	5,00%
Stopa inflacji	4,10%
Stopa dyskonta	8,00%
Czas trwania projektu	15 lat

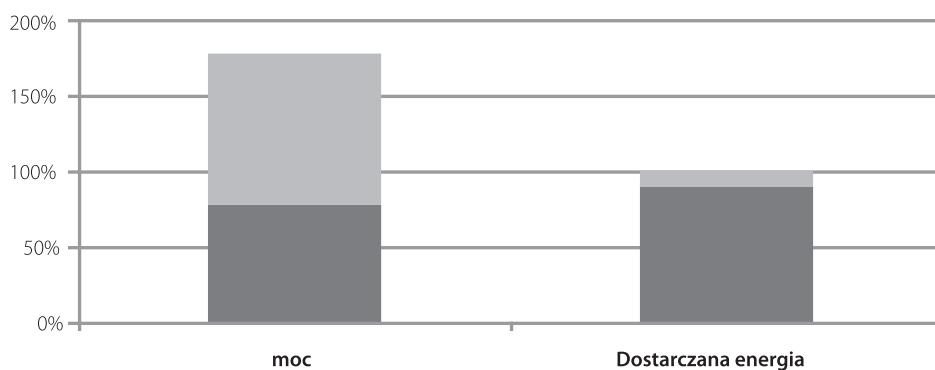
## 3. Wyniki efektu energetycznego

### 3.1. Stan odniesienia

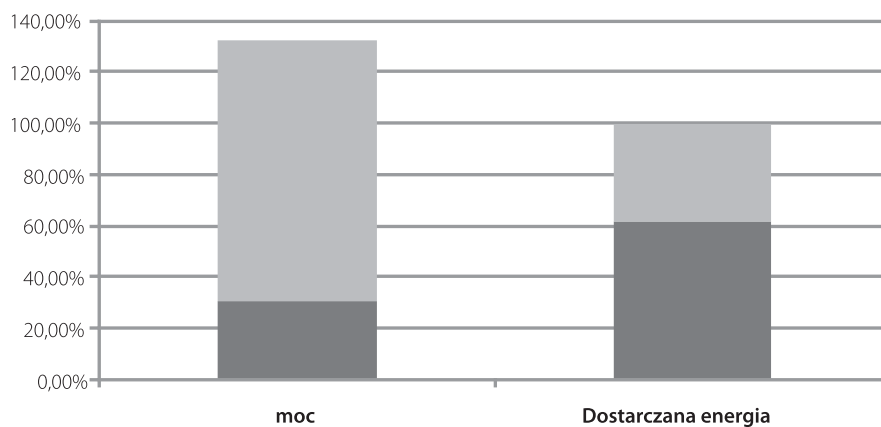
Szczytowe roczne zapotrzebowanie na moc grzewczą	2860 kW
Roczne zapotrzebowanie ciepła	8102 MWh
Roczne zużycie paliwa gazowego	1 073 006 m <sup>3</sup>
Zapotrzebowanie na moc systemu elektroenergetycznego w okresie szczytowym	840 kW
Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej	4946 MWh

### 3.2 Stan porównawczy

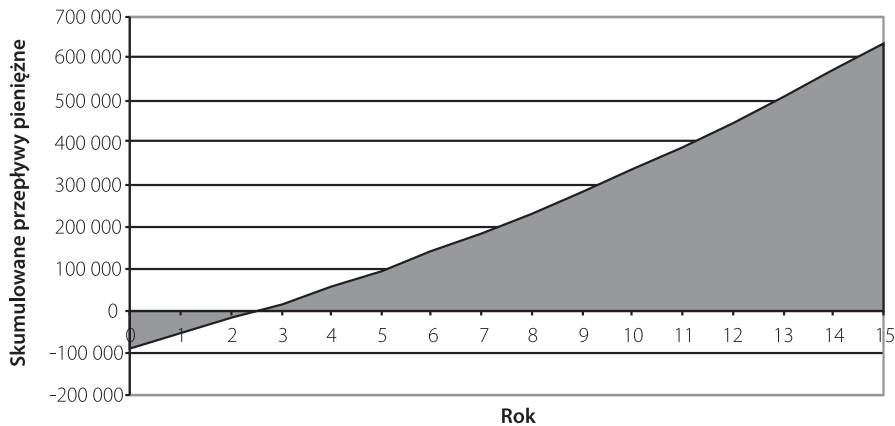
Roczna ilość energii elektrycznej dostarczana przez układ CHP do odbiorników w obiekcie	4428 MWh
Energia elektryczna dostarczana przez układ CHP do sieci elektroenergetycznej	776 MWh
Roczny niedobór energii elektrycznej	518 MWh
Moc cieplna silnika tłokowego	885,5 kW
Roczna ilość ciepła odzyskanego z silnika tłokowego	4974 MWh
Roczna ilość ciepła dostarczona przez kocioł gazowy	3128 MWh
Roczne zużycie paliwa gazowego przez układ CHP	1 607 997 m <sup>3</sup>
Całkowite roczne zużycie paliwa gazowego (kocioł+układ CHP)	2 022 288 m <sup>3</sup>



Rysunek 34: Wykres pokrycia zapotrzebowania mocy oraz energii elektrycznej



Rysunek 35: Wykres pokrycia zapotrzebowania mocy oraz energii cieplnej



**Rysunek 36:** Skumulowane przepływy pieniężne

#### 4. Wyniki efektu finansowego

Łączne koszty początkowe inwestycji	2 259 000 PLN
Roczny koszt energii elektrycznej w stanie odniesienia	1 928 800 PLN
Roczne koszty paliwa gazowego w stanie odniesienia	1 609 508 PLN
Roczny koszt energii elektrycznej w stanie porównawczym	201 915 PLN
Roczne koszty paliwa gazowego w stanie porównawczym	3 033 432 PLN
Roczne koszty eksploatacji układu CHP w stanie porównawczym	3 275 347 PLN
Roczne przychody ze sprzedaży energii elektrycznej do sieci elektroenergetycznej w stanie porównawczym	179 923 PLN
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	21,8%
Prosty okres zwrotu inwestycji SPBT	4,7 lat
Koszt cyklu życia LCC	41 766 996 PLN
Koszt zaoszczędzonej energii CCE	-0,0582 PLN/kWh

#### 5. Wyniki efektu ekologicznego

Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie odniesienia	7377,9 tCO <sub>2</sub>
Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie porównawczym	4256,1 tCO <sub>2</sub>
Redukcja emisji CO <sub>2</sub> w okresie objętym analizą	46 827 tCO <sub>2</sub>
Koszt unikniętej emisji CO <sub>2</sub> CCC	0,245 PLN/kg_CO <sub>2</sub> eq

#### 3.2.5. Instalacja kolektorów słonecznych

Projekt polega na instalowaniu kolektorów słonecznych typu Hewalex KS 2000 S/P wspomagających układ systemu wytwarzania ciepłej wody w myjni samochodowej. Pierwotnie ciepła woda przygotowywana jest w elektrycznych podgrzewaczach wody, zużywając znaczne ilości energii elektrycznej. W celu zapewnienia odpowiednich wymagań dotyczących temperatury wody oraz sprostaniu jej zapotrzebowania, jest ona dodatkowo podgrzewana za pomocą grzałek elektrycznych. Myjnia samochodowa jest w stanie obsłużyć 100 samochodów w ciągu doby oraz jest otwarta przez 6 dni w tygodniu. Zapotrzebowanie wody oraz jej parametry są takie same dla stanu odniesienia oraz stanu porównawczego.

## 1. Projektowe założenia zapotrzebowania ciepłej wody

Dobowe zużycie ciepłej wody	3400 L
Temperatura przygotowanej ciepłej wody	45 °C

## 2. Projektowe założenia kolektorów słonecznych oraz systemu przygotowania ciepłej wody

Kąt nachylenia kolektorów słonecznych	45°
Liczba kolektorów słonecznych	21 szt.
Procentowe straty ciepła w kolektorze słonecznym	2,0%
Pojemność zasobnika ciepłej wody na jednostkę powierzchni kolektora	50 L/m <sup>2</sup>
Procentowe straty ciepła w zasobniku ciepłej wody	3,0%
Moc pompy na jednostkę powierzchni kolektora	5,0 W/m <sup>2</sup>
Sprawność przygotowania ciepłej wody w podgrzewaczach elektrycznych w stanie odniesienia stanie porównawczym	100%

## 3. Projektowe założenia kosztów

### 3.1. Jednostkowy koszt energii dla stanu odniesienia i stanu porównawczego

Cena jednostki energii elektrycznej	0,57 PLN/kWh
-------------------------------------	--------------

### 3.2. Koszty początkowe

Koszty projektowania	5000 PLN
Koszt solarnego podgrzewacza wody	41 895 PLN
Pozostałe koszty układu solarnego	17 500 PLN

### 3.3. Założenia parametrów do analizy finansowej

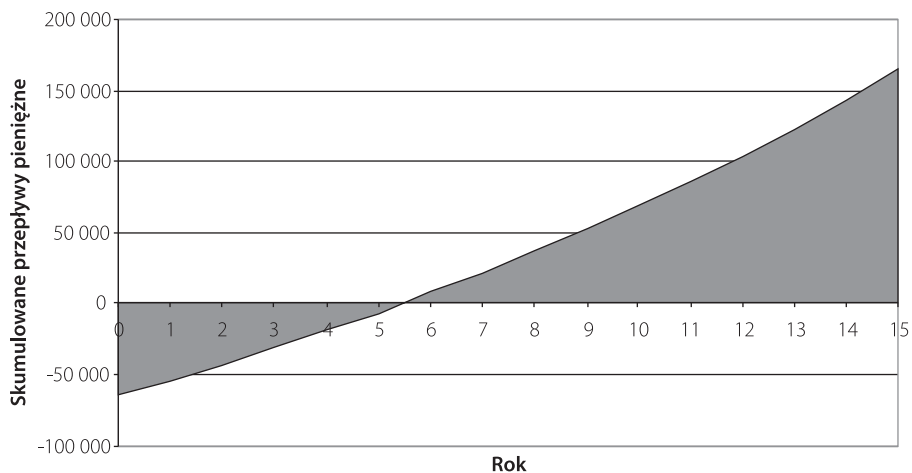
Wskaźnik wzrostu kosztów paliwa	5,00%
Stopa inflacji	4,10%
Stopa dyskonta	8,00%
Czas trwania projektu	15 lat

## 4. Wyniki efektu energetycznego

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody w stanie odniesienia oraz stanie porównawczym	40,57 MWh
Moc cieplna kolektorów słonecznych	26,89 kW
Roczne zużycie energii elektrycznej pomp obiegowych kolektorów słonecznych	0,40 MWh
Roczna ilość ciepła dostarczonego przez kolektory słoneczne	18,12 MWh
Roczne zużycie energii elektrycznej do przygotowania ciepłej wody w stanie porównawczym	22,45 MWh

## 5. Wyniki efektu finansowego projektu

Łączne koszty początkowe	64 395 PLN
Roczne koszty eksploatacyjne w stanie odniesienia	23 125 PLN
Roczne koszty eksploatacyjne w stanie porównawczym	13 033 PLN
Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	18,91%
Prosty okres zwrotu inwestycji SPBT	5,43 lat
Koszt cyklu życia LCC	216 597 PLN
Koszt zaoszczędzonej energii CCE	0,406 PLN/kWh



**Rysunek 37:** Skumulowane przepływy pieniężne

## 6. Wyniki efektu ekologicznego

Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie odniesienia	38,7 tCO <sub>2</sub>
Roczna wielkość emisji CO <sub>2</sub> w stanie porównawczym	21,8 tCO <sub>2</sub>
Redukcja emisji CO <sub>2</sub> w okresie 15 lat	254 tCO <sub>2</sub>
Koszt unikniętej emisji CO <sub>2</sub> CCC	-0,145 PLN/kg_CO <sub>2</sub> eq





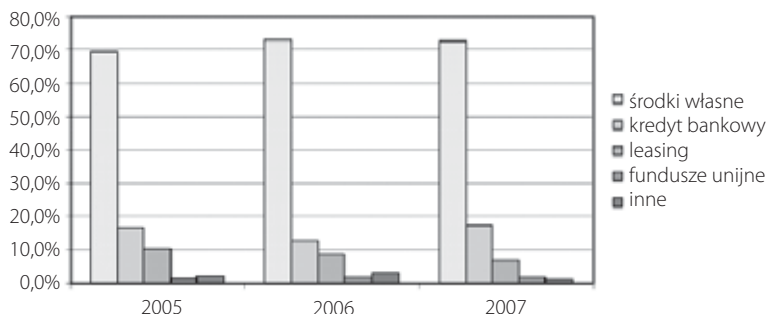
## 4. Jak sfinansować przedsięwzięcie i zwiększyć jego efektywność?

### 4.1. Sposoby finansowania przedsięwzięć (środki własne, fundusze pomocowe, środki komercyjne, finansowanie strony trzeciej, ESCO)

Wyniki analiz przeprowadzanych w przemyśle pokazują, że istnieje wiele efektywnych ekonomicznie inwestycji prowadzących do zmniejszenia energochłonności. Warunkami opłacalności ekonomicznej są: prawidłowa identyfikacja źródeł oszczędności i sposobu ich osiągnięcia oraz dysponowanie środkami inwestycyjnymi i racjonalne ich wykorzystanie.

Wciąż jedną z najpoważniejszych barier ich rozwoju stanowi brak środków finansowych na ich modernizację i rozwój. Wśród małych i średnich przedsiębiorstw utrzymuje się tendencja do finansowania rozwoju przede wszystkim w oparciu o środki własne, a w dalszej kolejności kredyt bankowy czy leasing.

Sposób finansowania inwestycji w przedsiębiorstwach z sektora MŚP wg danych z Raportu o stanie sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce w latach 2007–2008 – PARP przedstawiono na poniższym rysunku.



Rysunek 38: Sposób finansowania inwestycji w przedsiębiorstwach z sektora MŚP

Po akcesji do UE wzrosły możliwości pozyskania przez polskie przedsiębiorstwa bardziej preferencyjnych środków na przedsięwzięcia inwestycyjne. Środki unijne trafiają do przedsiębiorców w formie dotacji. Należy jednak pamiętać, że finansowanie tego typu przekazywane jest najczęściej jako refundacja poniesionych wcześniej nakładów, co pociąga za sobą często konieczność wspierania się kredytem pomostowym. Oczywiście wymagane jest tu również wykazanie wkładu w postaci środków własnych.

W ramach realizacji przedsięwzięć z zakresu ochrony środowiska, w tym podnoszenia efektywności energetycznej, ofertę wsparcia dla przedsiębiorców oferują fundusze krajowe, takie jak Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wsparcie ze środków krajowych dla przedsiębiorstw proponowane jest zazwyczaj w postaci preferencyjnych pożyczek. Na ewentualne dotacje można liczyć przy próbie pozyskania środków na przedsięwzięcia związane z odnawialnymi źródłami energii.

Bogatą ofertę kredytową skierowaną do przedsiębiorców na działania proekologiczne posiada również Bank Ochrony Środowiska SA.

Innym podejściem do finansowania przedsięwzięć oszczędzających energię jest tzw. finansowanie przez stronę trzecią (Third Party Financing – TPF). Oznacza ono, że wyspecjalizowane przedsiębiorstwo usług energetycznych (energy service company – ESCO), jako jeden podmiot realizuje inwestycję, dostarczając rozwiązania techniczne i organizacyjne, również w zakresie jej finansowania. Zakłada się, że zwrot kosztów przedsięwzięcia następuje na bazie osiągniętych oszczędności energii. W ramach ESCO zazwyczaj zawierana jest umowa o efekt energetyczny (Energy Performance Contracting – EPC). Mogą być formułowane dwa główne rodzaje umów o efekt:

- umowa alternatywna (*first out contract*) zawiera szczegółowy podział szacowanych całkowitych kosztów projektu łącznie z opłatą (należnością) gwarantowaną dla firmy ESCO,
- umowa o podziale oszczędności (*shared savings contract*), w której ESCO i klient dokonują wcześniejszego podziału efektów finansowych wynikających z oszczędności energii lub z oszczędności energii podczas całego okresu trwania umowy. Umowa określa przedsięwzięcia do realizacji, ale nie dzieli kosztów projektu jak w poprzednim rodzaju umowy.

W obu rodzajach umów ESCO otrzymuje należności tylko wtedy, gdy wykazane są oszczędności zgodnie z pomiarami lub obliczeniami według procedury uzgodnionej w umowie. W ramach kontraktu firma ESCO jest odpowiedzialna za:

- opracowanie wraz z klientem strategii działania;
- wykonanie audytu energetycznego dla klienta, opracowanie projektu technicznego, udzielenie gwarancji oszczędności oraz przygotowanie umowy o efekt energetyczny;
- finansowanie, wykonanie i odbiór wyposażenia usprawniającego użytkowanie energii;
- realizację projektu;
- monitoring oszczędności energii, włączając zapewnienie oszczędności energii;
- obsługę i utrzymanie wyposażenia.

Szeroki zakres odpowiedzialności firmy ESCO obejmuje przygotowanie projektu, zapewnienie jego finansowania i wdrożenie. ESCO jest odpowiedzialna za funkcjonowanie projektu, a jej należności pochodzą z oszczędności energii gwarantowanych przez projekt. Oszczędności kosztów w czasie wprowadzania w życie inwestycji energooszczędnych muszą więc być wystarczająco wysokie, aby zapewnić pokrycie odsetek i spłacanie kosztów inwestycji, eksploatacji i utrzymania.

Nowe możliwości finansowania przedsięwzięć energooszczędnościowych da system białych certyfikatów w ramach ustawy o efektywności energetycznej.

Certyfikaty wydawane będą za inwestycje nakierowane na zmniejszenie zużycia energii, zwiększenie sprawności wytwarzania energii, ograniczenie strat w przesyłce i dystrybucji i będą wydawane przez Prezesa URE.

Prawa majątkowe z białych certyfikatów będą mogły być zbywane na Towarowej Giełdzie Energii. Przedsięwzięcia, które będą mogły być certyfikowane będą zapisane w katalogu działań wydanym jako rozporządzenie, a przyznanie certyfikatu (świadczenia efektywności energetycznej przedsięwzięcia) będzie odbywało się na zasadzie przetargu, tzn. uczestnik przetargu ubiegający się o certyfikat określa ilość zaoszczędzonej energii i liczbę certyfikatów, jaką chce otrzymać w ramach tej oszczędności – wygrywają oferty najkorzystniejsze.

Zainteresowane pozyskaniem świadectw efektywności energetycznej będą podmioty zajmujące się wytwarzaniem energii lub jej obrotem i sprzedające energię (elektryczną, ciepłą, paliwa gazowe) odbiorcom końcowym. Będą one miały obowiązek przedłożenia wyznaczonej liczby certyfikatów do umorzenia Prezesowi URE lub uiszczenia opłaty zastępczej.

## 4.2. Przegląd i możliwości dofinansowania z funduszy pomocowych

### 4.2.1. Środki unijne

W latach 2007–2013 Polska, w ramach polityki spójności, rozwoju obszarów wiejskich i polityki rybackiej, będzie mogła przeznaczyć na cele rozwojowe około 85 mld EUR pochodzących z funduszy Unii Europejskiej. Wraz z wkładem krajowym do wykorzystania będzie około 108 mld EUR.

Działania mające na celu zwiększenie efektywności wykorzystania energii oraz rozwój energetyki opartej na odnawialnych źródłach energii mogą być wspierane przez fundusze przeznaczone na realizację wielu Programów Operacyjnych, takich jak:

- Infrastruktura i Środowisko,
- większość regionalnych (wojewódzkich) programów operacyjnych.

Dodatkowo do przedsięwzięć kierowany jest Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka, który ma na celu wspieranie szeroko rozumianej innowacyjności. Strona internetowa programu – [www.poig.gov.pl](http://www.poig.gov.pl).

### 4.2.2. Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko

Strona główna programu – [www.pois.gov.pl](http://www.pois.gov.pl)

Celem programu jest poprawa atrakcyjności inwestycyjnej Polski i jej regionów poprzez rozwój infrastruktury technicznej przy równoczesnej ochronie i poprawie stanu środowiska, zdrowia, zachowaniu tożsamości kulturowej i rozwijaniu spójności terytorialnej. W ramach programu realizowanych jest 15 priorytetów. Priorytety dotyczące bezpośrednio zagadnień efektywności energetycznej i odnawialnych źródeł energii to:

- przedsięwzięcia dostosowujące przedsiębiorstwa do wymogów ochrony środowiska o budżecie 667,0 mln EUR. Instytucją odpowiedzialną za wdrażanie priorytetu jest NFOŚiGW – [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl)
- infrastruktura energetyczna przyjazna środowisku i efektywność energetyczna o budżecie 1403,0 mln EUR. Instytucją odpowiedzialną za wdrażanie priorytetu jest NFOŚiGW oraz Instytut Paliw i Energii Odnawialnej – [www.ipieo.pl](http://www.ipieo.pl)

Ponadto każde z województw realizuje swój program operacyjny zawierający elementy programu krajowego. Szczegółowych informacji na ten temat należy szukać na stronach urzędów marszałkowskich pod hasłem Regionalny Program Operacyjny.

### 4.2.3. Środki funduszy krajowych – NFOŚiGW oraz WFOŚiGW

Obok koordynacji we wdrażaniu projektów finansowanych ze środków unijnych Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej posiada ofertę dla przedsiębiorców w ramach finansowania przedsięwzięć ze środków krajowych. Przedsiębiorcy mogą pozyskiwać wsparcie finansowe głównie w postaci preferencyjnych pożyczek z możliwością częściowego ich umorzenia. Preferowane są duże projekty. Finansowane mogą być zadania mieszczące się w programach ogłaszanych przez NFOŚiGW. Finansowanie w danym programie jest realizowane po ogłoszeniu naboru wniosków.

Lista priorytetowych programów Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej zatwierdzona na rok 2012, w obszarze „5. Ochrona klimatu i atmosfery” obejmuje następujące programy:

- 5.1 Program dla przedsięwzięć w zakresie odnawialnych źródeł energii i obiektów wysokosprawnej kogeneracji.

- 5.2. Współfinansowanie opracowania programów ochrony powietrza i planów działania.
- 5.3. System zielonych inwestycji (GIS – *Green Investment Scheme*).
- 5.4. Efektywne wykorzystanie energii.
- 5.5. Współfinansowanie IX osi priorytetowej Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko – infrastruktura energetyczna przyjazna środowisku i efektywność energetyczna.
- 5.6. Realizacja przedsięwzięć finansowanych ze środków pochodzących z darowizny rządu Królestwa Szwecji.
- 5.7. Inteligentne sieci energetyczne.
- 5.8. Likwidacja niskiej emisji wspierająca wzrost efektywności energetycznej i rozwój rozproszonych odnawialnych źródeł energii.

Źródło: <http://www.nfosigw.gov.pl/srodki-krajowe/lista-programow-priorytetowych/>

Oferta Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej dotyczy projektów w skali województwa. Jest ona zróżnicowana ze względu na dany oddział Funduszu. Przedsiębiorcy mogą pozytywnie oczekiwać wsparcia finansowego głównie w postaci preferencyjnych pożyczek z możliwością częściowego ich umorzenia. Wysokość dofinansowania wynosi do 80% kosztów kwalifikowanych zadania. Wnioski na ogół przyjmowane są na bieżąco.

Zestawienie tabelaryczne z informacją o stronie internetowej danego WFOŚiGW oraz finansowanych zadaniach przedstawiono poniżej.

## Oferta Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

**Tabela 14: Dane o Wojewódzkich Funduszach Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej**

Lp	Nazwa instytucji	Strona internetowa	Linia finansowa/finansowane zadania
1	2	3	4
1	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu	<a href="http://www.fos.wroc.pl">http://www.fos.wroc.pl</a>	Zmniejszanie emisji pyłów i gazów, ze szczególnym uwzględnieniem redukcji dwutlenku siarki, tlenków azotu oraz gazów cieplarnianych z energetycznego spalania paliw i procesów technologicznych. Ograniczanie niskiej emisji, głównie w miastach, miejscowościach turystyczno-uzdrowiskowych oraz położonych w kotlinach górskich. Ograniczanie emisji zanieczyszczeń do powietrza przez pojazdy samochodowe. Racjonalizacja gospodarki energią. Wykorzystanie źródeł energii odnawialnej, w tym biopaliw.
2	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Toruniu	<a href="http://www.wfosigw.torun.pl">http://www.wfosigw.torun.pl</a>	Wspomaganie działań wskazanych w programach ochrony powietrza. Ograniczenie niskiej emisji w miejscowościach posiadających status uzdrowiska i obszarach szczególnie chronionych. Wspieranie działań dotyczących wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Działania związane ze zwiększeniem efektywności energetycznej w tym termomodernizacja budynków.
3	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie	<a href="http://www.wfos.lublin.pl">http://www.wfos.lublin.pl</a>	Przedsięwzięcia zmierzające do obniżenia zawartości szkodliwych substancji takich m.in. jak dwutlenek siarki, tlenki azotu, pyły, gazy cieplarniane, w powietrzu atmosferycznym a w szczególności: <ul style="list-style-type: none"> <li>• działania ukierunkowane na obniżanie emisji zanieczyszczeń do powietrza, podejmowane przez zakłady przemysłowe i zakłady energetyki zawodowej,</li> </ul>

1	2	3	4
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczenie niskiej emisji szczególnie w miastach, miejscowościach uzdrowiskowych oraz na terenach szczególnie cennych przyrodniczo (budowa instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii; modernizacja kotłowni opalanych paliwem stałym na zasilane paliwem bardziej ekologicznym, likwidacja lokalnych kotłowni opalanych paliwem stałym i przyłączanie obiektów do miejskiej sieci ciepłowniczej na terenie większych miast Lubelszczyzny, podniesienie efektywności gospodarowania energią m.in. poprzez modernizację systemów przesyłu i dystrybucji energii oraz termomodernizację i termorenowację budynków użyteczności publicznej; rozbudowa sieci gazowej na terenie województwa lubelskiego; wspieranie ekologicznych form transportu),</li> <li>• realizacja programów ochrony powietrza dla stref: Miasto Lublin – aglomeracja, miasto Chełm, miasto Zamość, miasto Biała Podlaska, strefa łącznińsko-włodawska oraz dla innych obszarów, dla których w ramach obowiązku wynikającego z art. 91 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, takie programy zostaną opracowane,</li> <li>• zapobieganie transgranicznemu przepływowi zanieczyszczeń.</li> </ul>
4	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Zielonej Górze	<a href="http://www.wfosigw.zgora.pl">http://www.wfosigw.zgora.pl</a>	<p>Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii.  Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powstających w procesach energetycznych.  Stosowanie mniej uciążliwych dla środowiska paliw, w tym wykorzystywanie odpadów energetycznych (metan, ciepło odpadowe, odpady organiczne).  Ograniczanie niskiej emisji na obszarach zabudowanych oraz szczególnie przyrodniczo cennych.  Ograniczenie emisji substancji toksycznych zagrażających zdrowiu i życiu ludności.  Zapobieganie powstawaniu lub przenikaniu hałasu do środowiska.  Podniesienie efektywności gospodarowania energią m.in. poprzez ograniczanie strat w procesie przesyłania i dystrybucji energii, w tym przebudowa systemów ciepłowniczych.  Realizacja kompleksowych programów termomodernizacji obiektów użyteczności publicznej.  Realizacja zadań inwestycyjnych wynikających z przyjętych programów ochrony powietrza.</p>
5	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Łodzi	<a href="http://www.wfosigw.lodz.pl">http://www.wfosigw.lodz.pl</a>	<p>Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.  Redukcja zanieczyszczeń gazowych i pyłowych w energetyce i przemyśle.  Ograniczenie niskiej emisji oraz racjonalizacja zużycia energii.  Wykorzystanie procesu skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w jednostkach kogeneracyjnych.</p>
6	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie <sup>1</sup>	<a href="http://www.wfos.krakow.pl">http://www.wfos.krakow.pl</a>	<p>Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powstających w procesach energetycznych.  Stosowanie mniej uciążliwych dla środowiska paliw.  Eliminowanie niskiej emisji na obszarach zabudowanych oraz szczególnie przyrodniczo cennych.</p>

<sup>1</sup> Informacje dotyczą listy przedsięwzięć priorytetowych z 2011 roku

1	2	3	4
7	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie <sup>1</sup>	<a href="http://www.wfosigw.pl">http://www.wfosigw.pl</a>	Zadania i programy dotyczące wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Modernizacja systemów ciepłych w połączeniu z likwidacją kotłowni o niskiej sprawności i złym stanie technicznym, w szczególności na terenach, gdzie występują przekroczenia dopuszczalnych stężeń pyłu. Ograniczenie emisji pyłów i gazów powstających w procesach energetycznych oraz emisji substancji toksycznych zagrażających życiu i zdrowiu ludności. Likwidacja niskich emisji na terenach zabudowanych i obszarach szczególnie przyrodniczo cennych, w pierwszej kolejności na terenach, gdzie występują przekroczenia dopuszczalnych stężeń pyłu. Wprowadzanie w zakładach przemysłowych nowych technologii, mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń do powietrza. Podniesienie efektywności gospodarowania energią, poprzez ograniczenie strat przesyłowych, ograniczenie jej zużycia, w tym termomodernizacja obiektów.
8	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Opolu	<a href="http://www.wfosigw.opole.pl">http://www.wfosigw.opole.pl</a>	Termomodernizacja budynków użyteczności publicznej. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Modernizacja sieci ciepłowniczych. Modernizacja systemów ciepłowniczych na obszarze miast.
9	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Rzeszowie	<a href="http://www.wfosigw.rzeszow.pl">http://www.wfosigw.rzeszow.pl</a>	Likwidacja tzw. „niskich” źródeł emisji na terenach miast, w szczególności w strefach i aglomeracjach, dla których opracowane zostały programy ochrony powietrza. Realizacja przedsięwzięć dotyczących odnawialnych źródeł energii. Realizacja zadań mających na celu poprawę stanu czystości powietrza w miejscowościach uzdrowiskowych woj. podkarpackiego. Racjonalizacja gospodarki energią, wdrażanie technologii i przedsięwzięć ograniczających zużycie energii w przemyśle i gospodarce komunalnej.
10	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Białymstoku	<a href="http://www.wfosigw.bialystok.pl">http://www.wfosigw.bialystok.pl</a>	Działania zapobiegające zmianom klimatu poprzez: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczenie niskiej emisji w szczególności na terenach miejskich, uzdrowiskowych, parków narodowych i krajobrazowych,</li> <li>• energetyczne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, w tym produkcji biopaliw,</li> <li>• instalowanie urządzeń ograniczających emisję paliw i pyłów,</li> <li>• zmniejszenie zużycia energii cieplnej i elektrycznej w tym zadania związane z termomodernizacją budynków użyteczności publicznej i modernizacją oświetlenia ulic.</li> </ul>
11	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku	<a href="http://www.wfosigw-gda.pl">http://www.wfosigw-gda.pl</a>	Likwidacja tzw. „niskich” źródeł emisji na terenach miast, w szczególności w strefach i aglomeracjach, dla których opracowane zostały programy ochrony powietrza. Realizacja przedsięwzięć dotyczących odnawialnych źródeł energii. Realizacja zadań mających na celu poprawę stanu czystości powietrza w miejscowościach uzdrowiskowych woj. pomorskiego. Racjonalizacja gospodarki energią, wdrażanie technologii i przedsięwzięć ograniczających zużycie energii w przemyśle i gospodarce komunalnej.
12	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach	<a href="http://www.wfosigw.katowice.pl">http://www.wfosigw.katowice.pl</a>	Zmniejszanie emisji pyłowo-gazowej, w tym tzw. „niskiej emisji”: <ul style="list-style-type: none"> <li>• wdrażanie projektów nowoczesnych, efektywnych i przyjaznych środowisku,</li> <li>• układów technologicznych oraz systemów wytwarzania, przesyłu lub użytkowania energii,</li> <li>• budowa lub zmiana systemu ogrzewania na bardziej efektywny ekologicznie i energetycznie,</li> </ul>

1	2	3	4
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• budowa i modernizacja systemów redukcji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych,</li> <li>• wdrażanie obszarowych programów ograniczenia emisji pyłowo-gazowych,</li> <li>• termoizolacja budynków w zakresie wynikającym z audytu energetycznego,</li> <li>• wykorzystanie metanu z kopalń węgla kamiennego.</li> <li>• instalacje do produkcji paliw niskoemisyjnych lub biopaliw,</li> <li>• Wymiana autobusów komunikacji miejskiej z wprowadzeniem do eksploatacji pojazdów z napędem hybrydowym.</li> </ul> <p>Zastosowanie odnawialnych lub alternatywnych źródeł energii w tym: wdrażanie programów lub projektów zwiększających efektywność energetyczną, z zastosowaniem odnawialnych lub alternatywnych źródeł energii.</p>
13	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Kielcach	<a href="http://www.wfos.com.pl">http://www.wfos.com.pl</a>	<p>Opracowanie Programów ochrony powietrza dla stref, dla których zachodzi taka konieczność (w tym opracowanie bazy danych o emisji, modelowanie stanu zanieczyszczenia powietrza, określenie źródeł przekroczeń standardów jakości powietrza i określenie niezbędnych działań zmierzających do likwidacji przekroczeń) oraz na realizację tych programów.</p> <p>Ograniczenie niskiej emisji poprzez:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przebudowę kotłowni opalanych paliwem stałym (węgiel, koks) na opalane paliwem ciekłym (olej opałowy) lub paliwem gazowym (z sieci lub zbiorników) o łącznej mocy kotłów, instalowanych w obrębie jednego kompleksu obiektów, nie mniejszej niż 50 kW,</li> <li>• podłączenie obiektów do źródła ciepła scentralizowanego dla danego kompleksu obiektów, z jednoczesną likwidacją indywidualnego źródła ciepła o mocy nie mniejszej niż 50 kW, opalanego paliwem stałym.</li> </ul> <p>Ograniczenie emisji pyłowo-gazowej poprzez:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczanie emisji z pozostałych źródeł przemysłowych i komunalnych (w tym: przebudowa lub wykonanie nowych instalacji do ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych do atmosfery; przebudowa kotłów opalanych paliwem stałym w ciepłowniach miejskich; osiedlowych i zakładowych na nowoczesne, zwiększające wydajność cieplną, z jednoczesnym zmniejszeniem zużycia paliwa stałego; przebudowa sieci ciepłowniczych, węzłów cieplnych, wraz z ich monitoringiem i regulacją),</li> <li>• zastosowanie odnawialnych i alternatywnych źródeł energii (w tym: zakup i montaż nowych urządzeń elektrowni wodnych o mocy nie mniejszej niż 50 kW; zakup i montaż nowych urządzeń kotłowni opalanych biomasą o mocy nie mniejszej niż 50 kW, w ramach wykonania nowych kotłowni oraz przebudowy kotłowni opalanych paliwem stałym na opalane biomasą; zakup i montaż nowych kolektorów słonecznych o powierzchni absorbera nie mniejszej niż 20 m<sup>2</sup>, zakup i montaż nowych urządzeń elektrowni wiatrowych o mocy nie mniejszej niż 100 kW),</li> <li>• oszczędzanie energii – przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wynikające z audytu energetycznego, opracowanego zgodnie z obowiązującymi przepisami realizowane w obiektach budowlanych użyteczności publicznej, w obiektach budowlanych spółdzielni mieszkaniowych, wspólnot mieszkaniowych (w następującym zakresie: ocieplanie ścian zewnętrznych budynków; ocieplanie stropodachu; wymiana okien; regulacja instalacji c.o. i /lub c.w.u. poprzez montaż zaworów termoregulacyjnych i podpionowych),</li> </ul>



1	2	3	4
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• w ramach linii kredytowej: zakup i montaż urządzeń kotłowni w przypadku przebudowy kotłowni opalanych paliwem stałym na kotłownie wykorzystujące niskoemisyjne źródła ciepła, o łącznej mocy instalowanych kotłów poniżej 50 kW; Zakup i montaż kolektorów słonecznych o powierzchni absorbera poniżej 20 m<sup>2</sup>; zakup i montaż urządzeń elektrowni wodnych o mocy poniżej 50 kW; zakup i montaż urządzeń elektrowni wiatrowych o mocy poniżej 100 kW.</li> </ul>
14	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Olsztynie <sup>1</sup>	<a href="http://www.wfosigw.olsztyn.pl">http://www.wfosigw.olsztyn.pl</a>	<p>Energetyczne wykorzystanie Odnawialnych Źródeł Energii. Produkcja energii w wysokosprawnej kogeneracji z wykorzystaniem Odnawialnych Źródeł Energii. Ograniczenie emisji zanieczyszczeń.</p>
15	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Poznaniu	<a href="http://www.wfosgw.poznan.pl">http://www.wfosgw.poznan.pl</a>	<p>Ograniczenie niskiej emisji w strefach i aglomeracjach, dla których opracowano programy ochrony powietrza oraz na terenach zwartej zabudowy ośrodków miejskich, w obiektach zabytkowych i na terenach chronionych.</p> <p>Ograniczenie emisji substancji z instalacji kwalifikowanych do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, zlokalizowanych w zwartej zabudowie ośrodków miejskich, zgodnie z priorytetami wynikającymi z okresów przejściowych we wdrażaniu Traktatu Akcesyjnego w tym:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczanie emisji dwutlenku siarki,</li> <li>• ograniczanie emisji pyłów,</li> <li>• ograniczanie emisji tlenków azotu.</li> </ul> <p>Zwiększenie wykorzystania energii z odnawialnych źródeł. Wdrażanie kompleksowych programów w zakresie oszczędności energii.</p>
16	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Szczecinie <sup>1</sup>	<a href="http://www.wfos.szczecin.pl">http://www.wfos.szczecin.pl</a>	<p>Wspieranie przedsięwzięć zmierzających do ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych (w tym gazów cieplarnianych) i pyłów do atmosfery.</p> <p>Wspieranie zadań w zakresie likwidacji źródeł niskiej emisji poprzez racjonalizację systemów grzewczych z wykorzystaniem istniejących źródeł ciepła oraz modernizacji kotłowni i systemów grzewczych, w szczególności na terenach miejskich, uzdrowiskowych, parków krajobrazowych i kompleksów leśnych.</p> <p>Wdrażanie nowoczesnych technologii i przedsięwzięć ograniczających zużycie energii w przemyśle, energetyce i gospodarce komunalnej.</p> <p>Wspieranie wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE), w tym wykorzystanie biogazu, małe elektrownie wodne, elektrownie wiatrowe, kotłownie na zrębki i słomę, pompy ciepłe, baterie słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne; rozwój energetyki wykorzystującej biomasę.</p> <p>Wspieranie kompleksowych działań związanych z termomodernizacją budynków, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów użyteczności publicznej.</p>

#### 4.2.4. Oferta kredytów proekologicznych Banku Ochrony Środowiska

BOŚ SA oferuje dla przedsiębiorców następujące preferencyjne linie kredytowe:

- kredyty preferencyjne w BOŚ SA z dopłatami do oprocentowania wnoszonymi przez NFOŚiGW,
- kredyty we współpracy z WFOSiGW,

- kredyty na zakup lub montaż urządzeń i wyrobów służących ochronie środowiska,
- kredyty dla firm realizujących inwestycje w formule „Trzeciej strony”,
- kredyty z 5 linii KfW na długoterminowe inwestycje – linia jest dofinansowana przez Council of Europe Development Bank (CEB), a także wspierana przez Komisję Europejską.

Więcej informacji pod adresem: [www.bosbank.pl](http://www.bosbank.pl) w zakładce EKOLOGIA

## 4.3. Wybrane programy wspierające projekty energo-efektywnościowe

### 4.3.1. Usługi Enterprise Europe Network

Funkcjonująca od 1 stycznia 2008 r. Enterprise Europe Network jest europejską siecią oferującą bezpłatne, kompleksowe usługi informacyjno-szkoleniowe i doradcze dla małych i średnich przedsiębiorstw. Sieć, powstała na bazie dwóch uprzednio działających na rzecz sektora MŚP sieci: Euro Info Centres i Innovation Relay Centres, łączy w sobie ich dorobek i zalety.

Enterprise Europe Network świadczy na rzecz małych i średnich przedsiębiorstw szeroki zakres usług, które mają pomóc w pełni rozwinąć ich potencjał i zdolności innowacyjne. Dodatkowo pełni ona także rolę pośrednika umożliwiającego instytucjom Unii Europejskiej pełniejszą orientację w potrzebach małych i średnich przedsiębiorstw.

Ośrodki sieci, afiliowane przy różnych organizacjach wspierających rozwój gospodarczy, takich jak izby przemysłowo-handlowe, agencje rozwoju regionalnego, centra wspierania przedsiębiorczości, działają na zasadzie *non profit*. Źródłem finansowania ich działalności są środki unijne oraz budżet państwa. Obecnie w Europie i krajach basenu Morza Śródziemnego działa około 600 jednostek sieci. Enterprise Europe Network to jednak więcej niż pojedyncze instytucje rozmieszczone w różnych krajach i regionach. Wyjątkowa wartość i możliwości sieci wypływają ze ścisłej współpracy ośrodków, która umożliwia im szybkie uzyskiwanie i przekazywanie informacji.

Działalność ośrodków sieci opiera się na zasadzie „zawsze właściwych drzwi”, co oznacza, iż wszystkie MŚP, które zwrócą się z konkretnym zapytaniem, otrzymają niezbędne informacje i dostęp do zindywidualizowanych usług dostosowanych do ich potrzeb, przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii i zaangażowaniu adekwatnych merytorycznie ośrodków sieci.

Ośrodek przy Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości działa w ramach konsorcjum o nazwie **Central Poland – Business Support Network (CP-BSN)**. W skład tego konsorcjum wchodzi następujące organizacje:

- Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (koordynator) – Warszawa,
- Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego – Warszawa,
- Fundacja Rozwoju Przedsiębiorczości – Łódź,
- Toruńska Agencja Rozwoju Regionalnego – Toruń,
- Stowarzyszenie „Wolna Przedsiębiorczość” – Gdańsk,
- Centrum Transferu Technologii – Gdańsk.

Więcej informacji:

Ośrodek Enterprise Europe Network

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości ul. Pańska 81/83

00-834 Warszawa

e-mail: [coordinator\\_cpbsn@parp.gov.pl](mailto:coordinator_cpbsn@parp.gov.pl) [www.een.org.pl](http://www.een.org.pl)

tel. + 48 22 432 71 02, faks + 48 22 432 70 46

czynny w godz. 9:00–16:00

### 4.3.2. Program POLSEFF

Szczegółowe informacje o Programie Polseff można znaleźć na stronie internetowej Programu: <http://www.polseff.org/program-finansowania-rozwoju-energii-zr%C3%B3wnowa%C5%BConej-w-polsce>

Celem przybliżenia Czytelnikowi niniejszego poradnika informacji o programie Polseff, niżej cytujemy fragmenty ww. strony internetowej.

„POLSEFF jest Programem Finansowania Rozwoju Energii Zrównoważonej w Polsce, z linią kredytową o wartości 150 milionów euro. Oferta POLSEFF jest skierowana do małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), zainteresowanych inwestycją w nowe technologie i urządzenia obniżające zużycie energii lub wytwarzające energię ze źródeł odnawialnych.

Finansowanie można uzyskać w formie kredytu lub leasingu w wysokości do 1 miliona euro za pośrednictwem uczestniczących w Programie instytucji finansowych (banków i instytucji leasingowych).

Projekty realizowane w ramach programu POLSEFF można podzielić na trzy główne grupy inwestycji:

- inwestycje bazujące na urządzeniach i rozwiązaniach z listy LEME
- projekty dużej skali z obszaru efektywności energetycznej, energii odnawialnej oraz budynków
- projekty inwestycyjne dostawców”

„POLSEFF oferuje przedsiębiorcom dostęp do finansowania i wiedzy niezbędnej przy realizacji projektów inwestycyjnych zwiększających efektywność energetyczną przedsiębiorstwa lub wykorzystujących odnawialne źródła energii.

Organizator Programu zapewnia przedsiębiorstwom, które skorzystają z oferty, szereg korzyści, podzielonych na kilka grup:

- korzyści finansowe – wynikające z redukcji kosztów energii,
- dostęp do bezpłatnego doradztwa inżynierskiego i finansowego oraz pomocy technicznej – w zakresie konsultacji, audytów i katalogu sprawdzonych urządzeń i technologii służących poprawie efektywności energetycznej i wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych;
- korzyści rynkowe wynikające ze wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstwa i poprawy jakości produkcji.”

Udział w programie jest łatwo dostępny, a oferta pozostaje szeroka i urozmaicona.

W odniesieniu do przedsiębiorstw, które kwalifikują się do udziału w Programie, ustalono następujące kryteria:

- „przedsiębiorstwa zarejestrowane w Polsce, które są własnością osób prywatnych w co najmniej 51%, w tym osoby prowadzące jednoosobową działalność gospodarczą i rolnicy;
- przedsiębiorstwa zatrudniające mniej niż 250 pracowników,
- roczne obroty nie przekraczają 50 mln euro lub aktywa nie przekraczają wartości 43 mln euro,
- przedsiębiorstwa nie będące częścią przedsiębiorstw nie spełniającego kryteriów MSP,
- przedsiębiorstwa, które działają zgodnie ze standardami krajowymi oraz Unii Europejskiej,
- Przedsiębiorstwa Usług Energetycznych (ESCO), których klienci należą do sektora MSP
- przedsiębiorstwa posiadające zdolność kredytową”

W odniesieniu do rodzajów projektów kwalifikujących się do udziału w programie ustalono następujące kryteria:

- projekty inwestycyjne w poprawę Efektywności Energetycznej (EE) bazujące na urządzeniach i rozwiązaniach z listy LEME (dotyczy projektów, których finansowanie nie przekracza 250 tys euro),
- projekty w poprawę Efektywności Energetycznej (EE) bazujące na rozwiązaniach indywidualnych i osiągające minimum 20% oszczędności energii, finansowanie nie może przekraczać 1 mln euro,

- projekty w budynkach komercyjnych, w rezultacie których osiągnięte jest min. 30% oszczędność energii,
- projekty w odnawialną energię generujące rocznie min. 3kWh energii na 1 zainwestowane euro,
- inwestycje dostawców w powiększenie mocy produkcyjnych urządzeń i technologii podnoszących Efektywność Energetyczną lub z obszaru Energii Odnawialnej.

Ustalone ogólne warunki finansowania są następujące:

- kredyt może stanowić do 100% inwestycji,
- finansowanie maksymalnie w wysokości do 1 miliona euro z wyłączeniem inwestycji bazujących na urządzeniach z listy LEME (do 250.000 euro),
- finansowanie odbywa się wyłącznie za pośrednictwem instytucji finansowych uczestniczących w programie i zgodnie z określonymi przez te instytucje zasadami i procedurami,
- każdy projekt może być finansowany tylko w ramach jednej dotacji Unii Europejskiej
- kredyt nie może być przeznaczony na spłatę istniejącego kredytu.

Banki pośredniczące:

- Millenium Bank
- Bank BGŻ
- BNP PARIBAS
- BZ WBK Finanse & Leasing.

#### 4.3.3. Protokoły EVO w praktyce: Projekt PERMANENT

Organizacja EVO wraz z pokrewnymi organizacjami i programami międzynarodowymi (m.in. Intelligent Energy Europe) przeprowadziła program o nazwie PERMANENT, w którym uczestniczyła również Polska. Projekt PERMANENT realizowano od września 2009 r. do grudnia 2011. Finansowany był przez Program *Intelligent Energy Europe*. Zarówno EVO, jak i Projekt PERMANENT są szczegółowo opisane w internecie, w niniejszym rozdziale przybliżymy nieco te kwestie, w oparciu o materiały źródłowe EVO i PERMANENT. Rola EVO w tym projekcie polegała na zapewnieniu podstawowych materiałów szkoleniowych, które byłyby zaadaptowane przez PERMANENT. Eksperti, posiadający gruntowną wiedzę o IPMVP oraz IEEFP, czuwali nad wsparciem ze strony EVO, poprzez opracowanie materiałów szkoleniowych (oraz zaaranżowanie 'zwycajął' IPMVP oraz IEEFP na potrzeby PERMANENT). Współpraca z EVO zapewni długofalowy dostęp do materiałów projektowych i punkt odniesienia dla bieżących aktualizacji.

Projekt PERMANENT ma na celu podniesienie poziomu wiedzy o pomiarach i ich weryfikacji w projektach dotyczących efektywności energetycznej i energii odnawialnej. Pomiary i weryfikacja (M&V) w zakresie projektów energoefektywnościowych są ważnym narzędziem pomocnym w usuwaniu nieufności wobec takich projektów ze strony potencjalnych instytucji finansujących i ze strony decydentów na poziomie korporacyjnym. Głównym celem projektu Permanent była edukacja osób decydujących o finansowaniu, deweloperów projektów i końcowych użytkowników energii na temat tego, w jaki sposób projekty energo-efektywnościowe mogą dawać trwałe (czyli **'permanentne'**) rezultaty.

Generalnie, Projekt PERMANENT odnosił się do najpowszechniej występujących barier utrudniających wdrażanie projektów energo – efektywnościowych: braku ufności, że planowane oszczędności zostaną osiągnięte i że mogą, w trwały sposób zapewniać zwrot nakładów inwestycyjnych.

Tego typu nieufność lub w ogóle brak wiary w możliwość oszczędności wynikających z projektu, powstrzymują od podejmowania inwestycji nawet w sytuacjach, gdy audyty energetyczne lub inne analizy inżynierskie wskazują na niewątpliwą okazję do inwestowania.

Skuteczne projekty energo – oszczędnościowe, a zwłaszcza umowy o efekt energetyczny (EPC) pozwoliły zademonstrować kluczowe techniki opomiarowania i weryfikacji wyników projektów i ich osiągnięć w za-

kresie gwarantowanych oszczędności. To z kolei pozwala na finansowanie projektów energo – oszczędnościowych bez konieczności poszukiwania zabezpieczenia spłaty długu, poza samym projektem.

Koordynatorem Projektu była czeska spółka ENVIROS. Była wspomagana przez Maicon, które zarządza transferem wiedzy i technologii w aspekcie projektu.

Uczestnicy projektu posiadali doświadczenie praktyczne zdobyte w swoich krajach, w zakresie audytów energetycznych, weryfikacji projektów energo-oszczędnościowych oraz umów o efekt energetyczny.

Projekt opierał się na 12-letnim doświadczeniu zdobytym przez *Efficiency Valuation Organization* (EVO), w ramach zarządzania ryzykiem i ewaluacji projektów energo – oszczędnościowych u użytkowników końcowych. Eksperti EVO mieli też własne doświadczenia w zakresie opracowywania narzędzi pomiarowych i weryfikacyjnych i byli bezpośrednio zaangażowani w projekcie.

Projekt PERMANENT miał na celu:

- edukacje profesjonalistów zajmujących się efektywnością energetyczną, w zakresie Międzynarodowego Protokołu Pomiarów Eksploatacyjnych i Weryfikacji (IPMVP),
- edukacje końcowych użytkowników energii, finansistów i dostawców usług energetycznych w zakresie prowadzenia pomiarów w aspekcie ryzyka eksploatacyjnego oraz technik zarządzania w odniesieniu do projektów energo-oszczędnościowych, z wykorzystaniem innego narzędzia EVO – Międzynarodowego Protokołu Finansowania Działań Energo-efektywnościowych (IEEFP);
- wyszkolenie instruktorów, którzy, po zakończeniu niniejszego projektu, będą mogli kontynuować szkolenia w zakresie pomiarów ryzyka eksploatacyjnego projektów energo-oszczędnościowych.

Projekt powinien pozwolić wesprzeć rozpowszechnianie informacji i podnieść stopień akceptacji w odniesieniu do następujących technik i metod:

- pomiarów efektów projektu – z wykorzystaniem powszechnych praktyk prowadzenia pomiarów efektów, gdzie może mieć miejsce efektywne zarządzanie ryzykiem eksploatacyjnym;
- weryfikacji gwarantowanych zamierzeń co do oszczędności energii – z wykorzystaniem powszechnych praktyk weryfikowania osiągniętych oszczędności energii, inwestorzy mogą wybierać projekty zbudowane na solidnych podstawach i przystępować do inwestycji z mniejszymi obawami co do skuteczności tych projektów;
- doprowadzić do uruchomienia znacznie większej liczby projektów energo-oszczędnościowych, bez dodatkowych zabezpieczeń (poza tymi, które dotyczą samego projektu). Jeśli tego typu powszechne praktyki zostaną wdrożone, to podmioty finansujące nie będą musiały stosować zabezpieczeń na innych środkach trwałych (aktywach) właściciela projektu, dzięki czemu otworzy się możliwość uruchomienia większej liczby projektów, w oparciu o dostępną pulę środków finansowania.

Program oferuje wytyczne i procedury dla następujących zagadnień:

- Kredyt, kryteria analizy projektu i wniosku kredytowego;
- Kryteria dotyczące inwestycji i technologii;
- Umowy (kredytowe, z ESCO, kontrakty budowlane itp.);
- Pomiary i weryfikacja oszczędności (wg IPMVP);
- Studia przypadków, narzędzia do analiz finansowych, itd.

## **4.4. Linki do interesujących informacji**

### **4.4.1. Odniesienia krajowe:**

[www.funduszeuropejskie.gov.pl](http://www.funduszeuropejskie.gov.pl) – strony poświęcone funduszom europejskim na lata 2007–2013, komplet informacji dla ubiegających się o dofinansowanie,

[www.topten.info.pl](http://www.topten.info.pl) – strony zawierające informacje o efektywnych energetycznie produktach dostępnych na krajowym rynku.

[www.een.org.pl](http://www.een.org.pl) – polska strona sieci Enterprise Europe Network, zawierająca informacje o prawie europejskim, dotacjach, działalności innowacyjnej oraz o imprezach organizowanych przez poszczególne ośrodki sieci.

[www.polseff.com](http://www.polseff.com) – strona projektowa POLSEff

[www.pemp.pl](http://www.pemp.pl) – strona poświęcona silnikom i napędom elektrycznym

[www.retscreen.org](http://www.retscreen.org) – strona systemu RETScreen

### **4.4.2. Odniesienia międzynarodowe:**

[ec.europa.eu/energy/efficiency](http://ec.europa.eu/energy/efficiency) – portal Komisji Europejskiej dotyczący efektywności energetycznej, podstawowe źródło informacji o prawie i programach dotyczących efektywności energetycznej,

[ec.europa.eu/energy/intelligent](http://ec.europa.eu/energy/intelligent) – serwis poświęcony programowi Inteligentna Energia – Program dla Europy, zawiera informacje o wszystkich zrealizowanych projektach,

[www.topten.info](http://www.topten.info), [www.eu-energystar.org](http://www.eu-energystar.org) – strony promujące najbardziej efektywne energetycznie produkty,

[eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es) – strony europejskiego biura Zintegrowanego Zapobiegania i Ograniczenia Zanieczyszczeń (IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control), w serwisie dostępne są wszystkie dokumenty referencyjne dotyczące Najlepszych Dostępnych Technik (BAT), w tym w zakresie efektywności energetycznej.

[http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/index\\_en.htm](http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/index_en.htm) – ogólnoeuropejska strona sieci Enterprise Europe Network

### **4.4.3. Instytucje i firmy doradcze w przedmiotowym zakresie**

#### **Agencje energetyczne**

KAPE – Krajowa Agencja Poszanowania Energii – [www.kape.gov.pl](http://www.kape.gov.pl)

FEWE – Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii – [www.fewe.pl](http://www.fewe.pl)

NAPE – Narodowa Agencja Poszanowania Energii – [www.nape.pl](http://www.nape.pl)

#### **Źródła finansowania**

NFOŚiGW – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej – [www.nfosigw.gov.pl](http://www.nfosigw.gov.pl)

Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

BOŚ – Bank Ochrony Środowiska – [www.bosbank.pl](http://www.bosbank.pl)

BGK – Bank Gospodarstwa Krajowego – [www.bgk.com.pl](http://www.bgk.com.pl)

## 5. Bibliografia

### Unia Europejska

- Komunikat Komisji: Efektywność energetyczna w Unii Europejskiej – w kierunku strategii racjonalnego użytkowania energii, Bruksela, 29.04.1998 COM(2006)545.
- Rezolucja Rady Europy z 7 grudnia 1998 dotycząca efektywności energetycznej w Unii Europejskiej, Official Journal C 394, 17/12/1998 P. 0001 – 0003.
- Komunikat Komisji: Plan działania na rzecz racjonalizacji zużycia energii Unii Europejskiej, Bruksela, 26.04.2000 COM(2006)545.
- Zielona Księga w sprawie racjonalizacji zużycia energii, czyli jak uzyskać więcej mniejszym nakładem środków, Bruksela, 22.6.2005 COM(2005) 265.
- Komunikat Komisji: Plan działania na rzecz racjonalizacji zużycia energii: sposoby wykorzystania potencjału, Bruksela, 19.10.2006 COM(2006)545.

### WWW

- Artykuł „Oprawy typu „downlight” do świetlówek kompaktowych”; miesięcznik „ELEKTROSYSTEMY” nr 5/2002. Autor: Marek Kołakowski ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
- Artykuł z kwartalnika „Oświetlenie INFO” nr 4(20) październik–grudzień 2007. Autorzy: Damian Rośleń, Marek Kołakowski ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
- Artykuł „Światło a nasze zdrowie, samopoczucie i produktywność”; kwartalnik „Oświetlenie INFO” nr 1(13) styczeń–marzec 2006. Autor: Marek Kołakowski (na podstawie wykładu profesora Wout van Bommel – Przewodniczącego Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego CIE oraz Dyrektora Central Lighting Design and Application Centre koncernu Philips Lighting w Eindhoven, materiałów konferencji „Światło i Zdrowie” zorganizowanej przez Instytut Elektrotechniki w Warszawie) ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
- Artykuł „Oświetlenie biura” ([www.pracaizdrowie.com.pl](http://www.pracaizdrowie.com.pl))
- Artykuł „Diody świecące LED – od wskaźników świetlnych do źródeł światła” ([www.lighting.pl](http://www.lighting.pl))
- Office lighting ([www.eup4light.net](http://www.eup4light.net))
- Personal Computers (desktops & laptops) and computer monitors <http://www.ecocomputer.org/completed>
- Imaging equipment: copiers, faxes, printers, scanners, multifunctional devices <http://www.ecoimaging.org/>
- Consumer electronics: televisions <http://www.ecotelevision.org/>
- Standby and off-mode losses of EuPs <http://www.ecostandby.org/>
- Battery chargers and external power supplies <http://www.ecocharger.org/>
- Commercial refrigerators and freezers, including chillers, display cabinets and vending machines <http://www.ecofreezercom.org/>
- Domestic refrigerators and freezers <http://www.ecocolddomestic.org/>
- Domestic dishwashers and washing machines. <http://www.ecowetdomestic.org/>
- Complex set top boxes (with conditional access and/or functions that are always on) <http://www.ecocomplexstb.org/>

#### Inne dokumenty

- Poradnik. Energooszczędny sprzęt i urządzenia w domu, w biurze, w firmie. Jak wybrać, kupić i eksploatować. Praca zbiorowa. Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii 2008
- *Program Motor Challenge*: ADEME (Francja); „Przewodnik techniczny – Rozwiązania poprawiające używane przez Ciebie układy napędowe”
- Protokół IPMVP – (International Performance Measurement and Verification Protocol)
- Protokół IEEFP – (International Energy Efficiency Financing Protocol)
- dr J. Rączka; „Analiza efektywności kosztowej w oparciu o wskaźnik dynamicznego kosztu jednostkowego”, (Transform Advice Programme – Investment In Environmental Infrastructure In Poland, Warszawa 13.06. 2002 r.)



## 6. Słownik

GHG	Green House Gases – gazy cieplarniane
OZE	Odnawialne źródła (zasoby) energii
UE	Unia Europejska (tzw. „Stara Unia” – 15 państw)
UE-27	Obecna Unia Europejska jednocząca 27 państw
Mtoe	mIn ton ekwiwalentu oleju opałowego (ok. 42 PJ)
PKB	Produkt Krajowy Brutto
Eff1, Eff2, Eff3 IE1, IE2, IE3	Klasy sprawności silników elektrycznych wg poprzednich i obecnych sposobów oznaczania
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme – Wspólnotowy System Ekozarządzania i Audytu
EVO	Efficiency Valuation Organization ( <a href="http://www.evo-world.com/">http://www.evo-world.com/</a> )
IPMVP	International Performance Measurements and Verification Protocol – Międzynarodowy Protokół Oceny i Weryfikacji Efektywności, dokument Efficiency Valuation Organization
IEEFP	International Energy Efficiency Financing Protocol – Międzynarodowy Protokół Finansowania Efektywności Energetycznej; dokument Efficiency Valuation Organization
WFOSiGW	Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
NFOSiGW	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
CHP	Układ kogeneracyjny (Combined Heat and Power)
BOŚ	Bank Ochrony Środowiska
PEMP	Polski program efektywności silników elektrycznych

**Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP)** jest agencją rządową podlegającą Ministrowi właściwemu ds. gospodarki. Powstała na mocy ustawy z 9 listopada 2000 roku. Zadaniem Agencji jest zarządzanie funduszami z budżetu państwa i Unii Europejskiej, przeznaczonymi na wspieranie przedsiębiorczości i innowacyjności oraz rozwój zasobów ludzkich.

Od ponad dekady PARP wspiera przedsiębiorców w realizacji konkurencyjnych i innowacyjnych przedsięwzięć. Celem działania Agencji, jest realizacja programów rozwoju gospodarki wspierających działalność innowacyjną i badawczą małych i średnich przedsiębiorstw (MSP), rozwój regionalny, wzrost eksportu, rozwój zasobów ludzkich oraz wykorzystywanie nowych technologii.

**Misją PARP** jest tworzenie korzystnych warunków dla zrównoważonego rozwoju polskiej gospodarki poprzez wspieranie innowacyjności i aktywności międzynarodowej przedsiębiorstw oraz promocja przyjaznych środowisku form produkcji i konsumpcji.

W perspektywie finansowej obejmującej lata 2007–2013 Agencja jest odpowiedzialna za wdrażanie działań w ramach trzech programów operacyjnych **Innowacyjna Gospodarka, Kapitał Ludzki i Rozwój Polski Wschodniej**.

Jednym z priorytetów Agencji jest promowanie postaw innowacyjnych oraz zachęcanie przedsiębiorców do stosowania nowoczesnych technologii w swoich firmach. W tym celu Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości prowadzi portal internetowy poświęcony tematyce innowacyjnej **www.pi.gov.pl**, a także corocznie organizuje konkurs **Polski Produkt Przyszłości**. Przedstawiciele MSP mogą w ramach **Klubu Innowacyjnych Przedsiębiorstw** uczestniczyć w cyklicznych spotkaniach. Celem portalu edukacyjnego **Akademia PARP** ([www.akademiarp.gov.pl](http://www.akademiarp.gov.pl)) jest upowszechnienie wśród mikro, małych i średnich firm dostępu do wiedzy biznesowej w formie e-learningu. Za pośrednictwem strony internetowej **web.gov.pl** PARP wspiera rozwój e-biznesu. W Agencji działa ośrodek sieci **Enterprise Europe Network**, który oferuje przedsiębiorcom informacje z zakresu prawa Unii Europejskiej oraz zasad prowadzenia działalności gospodarczej na Wspólnym Rynku.

PARP jest inicjatorem utworzenia **Krajowego Systemu Usług**, który pomaga w zakładaniu i rozwijaniu działalności gospodarczej. W ponad 150 ośrodkach KSU (w tym: Punktach Konsultacyjnych KSU, Krajowej Sieci Innowacji KSU, funduszach pożyczkowych i poręczeniowych współpracujących w ramach KSU) na terenie całej Polski przedsiębiorcy i osoby rozpoczynające działalność gospodarczą mogą uzyskać informacje, porady i szkolenia z zakresu prowadzenia działalności gospodarczej, a także uzyskać pożyczkę lub poręczenie. PARP prowadzi również portal KSU: **www.ksu.parp.gov.pl**. Partnerami regionalnymi PARP we wdrażaniu wybranych działań są **Regionalne Instytucje Finansujące** (RIF).

## Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

ul. Pańska 81/83, 00-834 Warszawa  
tel. + 48 22 432 80 80, faks: + 48 22 432 86 20  
**biuro@parp.gov.pl, www.parp.gov.pl**

## Punkt informacyjny PARP

tel. + 48 22 432 89 91-93  
0 801 332 202  
**info@parp.gov.pl**