Cykl dydaktyczny **ZMIENIAJĄCY SIĘ ŚWIAT**

Blok A: TRENDY SPOŁECZNE				Blok B: MIASTO PRZYSZŁOŚCI				Blok C: CZŁOWIEK I POSTCZŁOWIEK				Blok D: ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Oswajanie migracji	Pieniądze dla każdego	Srebrne tsunami	Fake News	Mobilność miejska	Transport dalekobieżny	Miasta odporne na klęski	Smart Citiy	Człowiek udoskonalony	Roboty	Sztuczna inteligencja	Transfer umysłu	Gospodarka cyrkularna	**Energetyka przyszłości**	Rolnictwo i żywność	Geoinżynieria klimatyczna

MODUŁ 14.

Energetyka przyszłości

Jacek Warda,
Wojciech Kłosowski

POZIOM TRUDNOŚCI:

Ogółem trudność modułu:	ŚREDNIA/WYSOKA	★★★½☆
w tym trudność tematu merytorycznego:	WYSOKA	★★★★☆
w tym trudność techniki dydaktycznej:	ŚREDNIA	★★★☆☆

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój
Rzeczpospolita Polska
MINISTERSTWO INWESTYCJI I ROZWOJU
Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Motto:
„Interesuje mnie przyszłość, ponieważ zamierzam spędzić w niej resztę życia”

Charles F. Kettering

Opracowanie tych materiałów zostało sfinansowane z grantu udzielonego przez Stowarzyszenie „Instytut Nowych Technologii” w Łodzi w ramach **Inkubatora Innowacji** finansowanego z projektu „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowanego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020[1] z środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

[1] http://inkubatorinnowacji.com/

1. Wprowadzenie

Drogi czytelniku! Moduł dydaktyczny, którego opis trzymasz w rękach, jest częścią cyklu dydaktycznego ZMIENIAJĄCY SIĘ ŚWIAT, będącego propozycją adresowaną do innowacyjnych nauczycieli przedmiotu Wiedza o Społeczeństwie w szkołach średnich. Propozycje szesnastu jedno- lub dwulekcyjnych modułów zajęć podejmujących ważne tematy współczesności, prowadzonych innowacyjnymi technikami dydaktycznymi, mają wesprzeć nauczycieli WOS w niezwykle trudnym i odpowiedzialnym zadaniu, jakim jest przygotowanie młodych ludzi do mądrego życia w coraz trudniejszym otoczeniu współczesnego, zmieniającego się świata. Wydaje się, że zrealizowanie wyłącznie podstawy programowej WOS to za mało, jeśli poważnie traktujemy to zadanie.

1.1. O cyklu zajęć „Zmieniający się Świat", jego blokach i modułach…

Cykl ZMIENIAJĄCY SIĘ ŚWIAT składa się z czterech bloków tematycznych, zaś każdy blok – z czterech modułów. W sumie cykl składa się więc z 16 modułów, co pokazuje poniższy schemat graficzny.

Moduł ENERGETYKA PRZYSZŁOŚCI to drugi z czterech modułów (jednostek metodycznych) wchodzących w skład bloku D. zatytułowanego „Rozwój zrównoważony" i zarazem – czternasty moduł całego cyklu „Zmieniający się Świat". Każdy z szesnastu modułów cyklu opisuje pojedynczą jednostkę metodyczną (jedno- lub dwulekcyjną). Moduł co do zasady obejmuje zawsze dwa innowacyjne elementy:

1. nietypowy temat zajęć będący dyskusyjnym ujęciem jakiegoś ważnego problemu współczesnego świata, o którym na ogół nie rozmawia się w szkole, lub rozmawia się zbyt rzadko,
2. innowacyjną technikę dydaktyczną, nieużywaną podczas standardowych zajęć szkolnych.

Mamy więc cykl szesnastu ciekawych tematów zajęć i szesnastu ciekawych technik ich prowadzenia. Takie specyficzne połączenie trudnego, ale pasjonującego tematu i niestandardowej techniki dydaktycznej ma za zadanie wytrącić uczniów, ale i samych nauczycieli, z utartych kolein myślenia o otaczającym nas świecie. Ma pomóc odrzucić myślenie stereotypowe i sprowokować do otwartości intelektualnej.

KONKLUZJA 1.: *Kluczowe jest tu aby nauczyciel, który na co dzień ma zadanie przekazania uczniom wiedzy w gotowej postaci, tym razem zdefiniował swoją rolę inaczej: w ramach zajęć w cyklu „Zmieniający się Świat" celem nie jest podanie uczniom gotowej wiedzy, ale wyposażenie ich w narzędzia samodzielnego zdobywania tej wiedzy i następnie samodzielnego aktualizowania jej przez całe życie.*

Nie chodzi nam o to, aby po zajęciach wszyscy uczniowie myśleli to samo o migracjach, mobilności miejskiej czy o sztucznej inteligencji. Chodzi nam o to, aby uczniowie po naszych zajęciach umieli krytycznie oceniać zalewający ich codziennie strumień informacji na te tematy, aby chcieli samodzielnie analizować problemy, aby umieli w danej sprawie dokonać własnej oceny (niekoniecznie zgodnej z oceną nauczyciela) i wyrobić sobie własne zdanie, a potem – aby nie bali się zmienić tego zdania, gdyby w przyszłości okazało się już nie przystające do zmienionego świata. W głębszym ujęciu nie są to więc zajęcia przekazujące wiedzę, ale zajęcia kształtujące podwaliny pod mądrość. **A mądrość – jak powiada Zygmunt Bauman – tym różni się od wiedzy, że nie dezaktualizuje się.**

***

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój · Rzeczpospolita Polska · Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju · Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Poszczególne moduły a nawet bloki cyklu nie muszą być zawsze realizowane w zaproponowanej kolejności. Cykl nie musi także być zawsze zrealizowany w całości. Wartościowe będzie zrealizowanie nawet pojedynczego modułu, jeśli warunki pozwalają tylko na tyle,. Nauczyciel może też, a nawet powinien, dostosowywać zakres i kolejność realizowanych modułów do specyfiki swoich uczniów i środowiska danej szkoły, do kontekstu lokalnego i kontekstu bieżących wydarzeń, które mogą uczynić jakiś temat szczególnie gorącym.

Autorzy dokonali oceny trudności prowadzenia poszczególnych modułów w skali pięciostopniowej (*bardzo łatwy, łatwy, średni, trudny, bardzo trudny*), przy czym ocena oddzielnie dotyczy trudności danego tematu a oddzielnie – trudności danej techniki i następnie jest uśredniana. Nauczyciel może kierować się tymi ocenami przy układaniu kolejności, unikając zaczynania od bloków trudnych i bardzo trudnych.

1.2. Wprowadzenie do modułu Nr 14 „Energetyka przyszłości”

Moduł „Energetyka przyszłości” opisuje jednostkę dydaktyczną złożoną z dwóch lekcji. Nie ma w nim – jak w wielu innych modułach podziału na odrębną lekcję poświęconą technice heurystycznej i odrębną poświęconą merytorycznemu tematowi zajęć. Przez obie lekcje trwa omawianie tematu energetyki przyszłości połączone ze stosowaniem na bieżąco techniki „Uzasadnij dlaczego”. Zaplanowane jest omówienie ośmiu zagadnień, przy czym w pierwszej lekcji zmieszczą się dwa lub trzy z tych ośmiu zagadnień, a pozostałe 5-6 należy omówić podczas drugiej lekcji. Bo pierwsza lekcja zawiera obszerne wprowadzenie do tematu energetyki. Poziom trudności modułu oceniamy jako **średni lub wysoki**, przy czym sama technika heurystyczna „Uzasadnij dlaczego” jest co najwyżej średnio trudna, natomiast temat energetyki może być dla wielu osób trudny. Obiecujemy więc, że postaramy się przedstawić go możliwie przystępnie.

Komentarza wymaga słowo „przyszłość” w tytule tego modułu. Mówiąc o „energetyce przyszłości” skupiamy się na przyszłości bliskiej. Nie będziemy eksplorowali scenariuszy odległych w czasie, gdy będzie opanowana już technologia zimnej syntezy jądrowej, czy staną się dostępne kopaliny z innych planet. Chodzi nam o jutro, o przyszłość najbliższą. Będziemy się skupiali na wachlarzu możliwości technicznych znanych już obecnie. A skoro mówi się czasami, że energetyka jest krwiobiegiem systemu społeczno-gospodarczego, to sformułujmy na wstępie tego modułu pesymistyczną metaforę:

KONKLUZJA 2.: *Obecny system energetyczny Polski przypomina nam układ krążenia kogoś, kto przez wiele lat prowadził skrajnie nierozsądne i niezdrowe życie, a teraz, będąc w stanie przedzawałowym, nagle stara się zastanowić, jak „wyremontować” swój układ krążenia. Bo właśnie zdał sobie sprawę, że bez niego po prostu umrze.*

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

2. Temat: Energetyka przyszłości

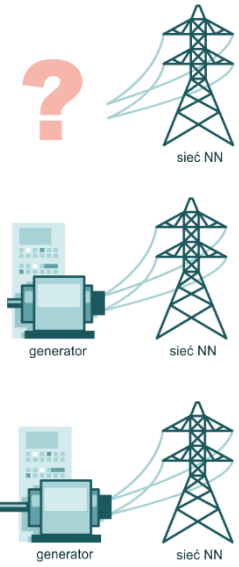
UWAGA: ten rozdział zawiera dokonany przez autorów szeroki wybór materiałów merytorycznych związanych z tematem modułu. To materiał dla nauczyciela, służący rozszerzeniu i pogłębieniu jego wiedzy, nie zaś materiały dla ucznia. Prawdopodobnie w czasie lekcji nauczyciel faktycznie wykorzysta jedynie część zaproponowanego materiału, bo został on tu zgromadzony z zaplanowanym nadmiarem. Uważamy jednak za uzasadnione, aby nauczyciel dysponował wiedzą znacznie rozszerzoną w stosunku do scenariusza zajęć i mógł dzięki temu elastycznie reagować, gdyby podczas lekcji padły ze strony uczniów nieprzewidziane pytania, lub propozycje pogłębienia któregoś z wątków zajęć.

2.1. Energia, ale jaka?

W tym module rozmawiamy o systemie energetycznym. Zastanówmy się więc, co to jest w istocie system energetyczny kraju i o jakiej energii mówimy. Dla każdej cywilizacji – bodaj od ujarzmienia ognia przez człowieka około 65 tysięcy lat temu – źródła energii są zasobem kluczowym. Nie inaczej jest z obecną zawansowaną cywilizacją techniczną. Gdybyśmy mieli nieograniczony dostęp do taniej energii, która dodatkowo nie powodowałaby zmian klimatu, wszystkie pozostałe problemy stałyby się dużo prostsze do rozwiązania. Ale w tym kontekście ważne jest to, że nie każdy rodzaj energii jest nam potrzebny tak samo. Jeśli energia ma być wytwarzana w jednym miejscu a wykorzystywana w innym, odległym, to musi istnieć metoda jej przesyłania. Otóż energię mechaniczną można przekazywać na bardzo ograniczone odległości (nie większe niż kilkanaście metrów – np. długi pas transmisyjny maszyny), cieplną – na nieco większe, ale też ograniczone (do kilku, maksymalnie kilkunastu kilometrów – ciepłociągi sieci miejskiej). Przesył na większe odległości jest możliwy tylko w odniesieniu do energii chemicznej (wozimy wszak tankowce paliw nawet pomiędzy kontynentami) oraz przede wszystkim elektrycznej. Energia elektryczna dzięki wygodzie przesyłu tak zdominowała świat, że niemal wszystkie odbiorniki są dostosowane właśnie do niej. Niemal ostatnia branża zasilana energią chemiczną, a więc motoryzacja, także na naszych oczach przechodzi na elektryczność.

W tym module będziemy więc mówili o **systemie elektroenergetycznym**, a nie o całej gospodarce paliwowej kraju. Interesuje nas tutaj **prąd, jego wytwarzanie, przesył i konsumpcja**.

2.1.1. Skąd bierze się prąd?



Skąd bierze się w systemie prąd? Postaramy się na to odpowiedzieć bez wnikania w fachowe szczegóły, lub przetłumaczyć te szczegóły na wiedzę potoczną (niech nam to wybaczą osoby w obeznane w technologiach energetycznych; ten moduł musi być zrozumiały nie tylko dla nich).

1. możemy powiedzieć, że prąd niemal w całości powstaje z energii mechanicznej. Wytwarzają go mniejsze i większe **generatory** – maszyny mechaniczno-elektromagnetyczne, w których wirujące w polu magnetycznym części wytwarzają prąd. Można sobie taki generator wyobrazić jako wielką prądnicę: jeżeli wprawimy jej wirnik w ruch, wytworzy ona prąd.
2. Ale jaka siła kręci generatorem, aby wytworzył on prąd? Urządzeniem które mechanicznie obraca wirnik generatora jest **turbina**.
    a. To może być turbina wodna – w przypadku **hydroelektrowni (elektrowni wodnych)**, gdzie energii mechanicznej dostarcza płynąca masa wody.
    b. To może być turbina wiatrowa – wielki wirnik poruszany wiatrem, jak w **elektrowni wiatrowej**.
    c. Jednak zdecydowanie najczęściej jest to **turbina parowa kondensacyjna** lub **gazowa**, czyli mówiąc prosto – urządzenie wyglądające jak wielki wirnik z łopatkami, w które dmucha gorą-

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój · Rzeczpospolita Polska · Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju · Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

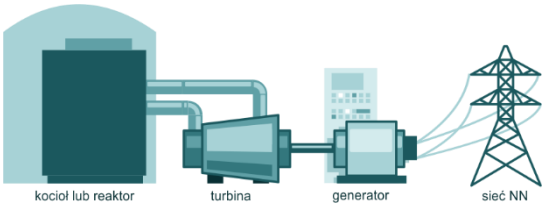
ca para wodna pod olbrzymim ciśnieniem, lub gazy spalinowe. To właśnie para kręci turbiną a turbina – generatorem, który wytwarza prąd. **Elektrownie tego typu to elektrownie cieplne.**

*Jedyną technologią wytwarzającą prąd, gdzie nie ma generatorów i kręcących nimi turbin, jest **fotowoltaika**. Panele fotowoltaiczne wytwarzają prąd wprost z energii promieniowania słonecznego dzięki procesom fotoelektrycznym.*

3. Skoro olbrzymia większość prądu powstaje w elektrowniach cieplnych, to warto zastanowić się, skąd bierze się w tych elektrowniach ciepło niezbędne do wytworzenia pary, która zakręci turbiną. Dodajmy, że musi to być ciepło wysokotemperaturowe, a więc nie da się tu wykorzystać żadnego ciepła odpadowego, którego w dobie globalnego ocieplenia mamy w nadmiarze. Trzeba szukać innych źródeł ciepła. Te źródła to reakcje chemiczne utleniania węgla, albo reakcja rozpadu ciężkich jąder.

KONKLUZJA 3.: *Warto zdać sobie sprawę, że elektrowniami cieplnymi są zarówno elektrownie węglowe, gazowe, jak i elektrownie atomowe. Różnica jest tylko w tym, że w każdej z nich inne paliwo – węgiel, gaz czy uran – wytwarza ciepło. Reszta jest w zasadzie identyczna.*

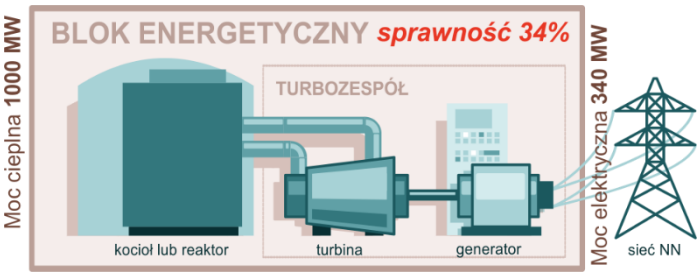
4. Urządzeniem, które dostarcza parę lub spaliny do turbiny jest kocioł energetyczny (spalający węgiel czy gaz) albo reaktor jądrowy (w którym rozpada się uran czy pluton). Każdy z tych procesów wytwarza olbrzymie ilości ciepła, a to rozgrzewa wodę i poprzez wytwornicę wytwarza parę pod ciśnieniem.



2.1.2. Problem sprawności procesów technologicznych

Skoro łańcuch procesów prowadzących do powstania prądu elektrycznego jest aż tak długi, to domyślamy się, że są w nim jakieś straty (bo w praktyce sprawności stuprocentowej po prostu nie ma). **Sprawność energetyczna takiego procesu**, to procentowy stosunek wielkości energii elektrycznej na jego końcu do wielkości energii cieplnej przetworzonego paliwa na jego początku. Jaka część paliwa efektywnie zamienia się w prąd, a jaka ulatnia się do środowiska w formie ciepła odpadowego? **Maksymalna sprawność nominalna przeciętnego bloku energetycznego z kotłem węglowym to ok. 33 – 34%**. W praktyce, po uśrednieniu w dłuższym okresie, jest ona znacznie niższa i oscyluje wokół 30%. Oznacza to, że **z każdej tony węgla wydobytego w kopalni, a następnie przewiezionego do elektrowni i spalonego tam, około 700 kg ulatuje w powietrze, a w prąd efektywnie zamienia się zaledwie 300 kg.**

Ryc. 1. Sprawność typowego węglowego bloku energetycznego



Oprac. W. Kłosowski

Oczywiście w Polsce istnieją już pojedyncze bloki na parametry nadkrytyczne (pracujące pod znacznie wyższymi ciśnieniami i w wyższych temperaturach, a więc wymagające kosmicznych technologii materiałowych), których nominalna sprawność wynosi 45%, a za moment pojawią się bloki na parametry ultranadkrytyczne, o sprawności teoretycznej nawet 58%, jednak jedne i drugie osiągają swoją sprawność wyłącznie

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój · Rzeczpospolita Polska · Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju · Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

podczas równej pracy pełną mocą. Tymczasem zapotrzebowanie na energię waha się bezustannie i praktyka pracy bloku energetycznego to nieustanne ograniczanie i zwiększanie mocy, a przy takiej „szarpanej" charakterystyce pracy sprawność bardzo spada.

Tak naprawdę ilość energii trafiającej do sieci jest jeszcze mniejsza, bo **powyżej mówimy o mocy osiągalnej brutto** (mierzonej na zaciskach generatora), a elektrownia zużywa jeszcze część wytworzonej energii na potrzeby własne i dla sieci dostępna jest ***moc osiągalna netto***, pomniejszona o zużycie własne, a więc w praktyce poniżej 30%.

Ekonomika spalania węgla jest jeszcze gorsza, jeśli rozpatrzymy trójkąt *kopalnia – elektrownia – huta.* Prześledźmy na umownym przykładzie bilans energetyczny współpracy w takim trójkącie.

PRZYKŁAD 1: **Elektrownia** potrzebuje na bieżąco wielkich ilości węgla jako paliwa a w chwili swego powstawania pochłania ogromną ilość stali, którą po 30 latach złomuje się rozbierając blok energetyczny. Węgiel pochodzi z **kopalni**, która z kolei konsumuje wielkie ilości energii elektrycznej oraz stali na konstrukcje i elementy, z których istotna część złomuje się na bieżąco i musi być zastępowana nowymi. Stal pochodzi z **huty**, która także potrzebuje zarówno energii elektrycznej, jak i węgla. Widać więc, że wszystkie trzy zakłady znaczną część swojej produkcji konsumują wzajemnie. **Nie ma dokładnych bilansów w skali całego kraju, ale pojedyncze przykłady współpracy pokazują, że w trójkącie *kopalnia – elektrownia – huta* konsumuje się od 22% do nawet 40% energii wytworzonej** (wliczając w to stratę na przesyłach). Przypomina się tu, jako żywo, wierszyk Andrzeja Waligórskiego z cyklu *Bajeczki Babci Pimpusiowej*:

Zrobił wilk elektrownię, lecz by prąd uzyskać
Spalał w niej cały węgiel z kopalni od liska.
Kopalnia z elektrowni cały prąd zżerała,
Stąd brak światła i węgla. Ale system działa!

A jak jest ze sprawnością odnawialnych źródeł energii? w odniesieniu do elektrowni wiatrowych sprawność energetyczna bywa podobna, ale **sprawność ekonomiczna to 100%.** Tu nic się nie marnuje, bo nie ma żadnych kosztów „wiania wiatru", które przepadałyby, gdyby w danej chwili wiatr nie kręcił turbiną. Podobnie jest ze słońcem: świeci ono za darmo i **sprawność ekonomiczna fotowoltaiki to zawsze 100%**, choć sprawność energetyczna nie przekracza obecnie 19%.

2.1.3. Problem strat na przesyłach

Prąd na duże odległości przesyłamy sieciami WN (wysokich napięć – w Polsce pod napięciem przesyłowym 110 KV) i sieciami NN (najwyższych napięć – w Polsce są to przede wszystkim[2] sieci 220 KV i 400 KV. Sieci NN jest w Polsce prawie 14 tys. km (z czego niemal 6 tys. km „czterysetek" i blisko 8 tys. km „dwieściedwudziestek"). Ponieważ specyfiką polskiego systemu elektroenergetycznego jest to, że niemal wszystkie elektrownie znajdują się na południu kraju, przesył energii na duże odległości jest niezbędny dla zasilenia województw północnych. I tu pojawia się problem strat na przesyłach. Jak wiadomo, straty przesyłowe wynikające z oporu przewodnika, w skutek którego część prądu zamienia się w ciepło, są odwrotnie proporcjonalne do kwadratu natężenia prądu. Zaś natężenie w danym przewodniku (o stałym przecież oporze) technicznie zależy od przyłożonego napięcia. Im wyższe napięcie, tym mniej strat, przy czym straty – przypominamy – maleją ze wzrostem **kwadratu** natężenia, więc dwukrotny wzrost napięć przesyłowych to czterokrotnie mniejsze straty.

[2] Mamy jeszcze odcinek linii NN 750 KV łączący nasz system z ukraińskim (w tym momencie nieczynny) i podmorski kabel prądu stałego 450 KV łączący nasz system ze Skandynawią po dnie Bałtyku.

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Obecnie w Polsce na przesyłach sieciami NN i WN tracimy niemal 13% wyprodukowanej energii. Tymczasem na świecie przesyła się prąd pod napięciami rzędu 1000 KV. Gdyby nasze linie 400 KV były zastąpione „tysiączkami", straty zmalałyby o 84%, a gdyby „tysiączką" zastąpić „dwieściedwudziestkę" straty zmalałyby nawet o 95%.[3]

2.2. Zmienność zapotrzebowania na energię

W działaniu systemu energetycznego największym problemem jest konieczność dokładnego zbilansowania podaży i popytu energii w czasie rzeczywistym w każdym dniu, godzinie i sekundzie. Mówiąc prosto **chodzi o to, żeby w systemie w każdej chwili było dokładnie tyle energii elektrycznej, ile jej zużyją konsumenci energii.**

podaż energii = popyt na energię

Dlaczego to jest takie istotne? Bo w przypadku większości towarów, gdy chwilowo nie ma na nie kupca, towar może poczekać w magazynie. **Z energią jest inaczej: trudno ją magazynować i najlepiej jest, kiedy może ona być zużyta natychmiast**. Gdy jest jej mniej, niż wynosi zapotrzebowanie – trzeba wyłączyć część odbiorników, a gdy jest jej więcej – nadmiar zmarnuje się. Strategia zrównoważenia popytu z podażą musi uwzględnić trzy trudności:

1. zapotrzebowanie na energię ma swoją zmienność dobową (np. jest inne w nocy, niż w dzień),
2. zapotrzebowanie na energię ma też swoją zmienność roczną (jest inne latem a inne zimą)
3. i wreszcie – zapotrzebowanie na energię ma swoją zmienność wieloletnią, bynajmniej nie tak oczywistą jak mogłoby się zdawać.

2.2.1. Ile w dzień, ile w nocy? „Słonik" energetyczny…

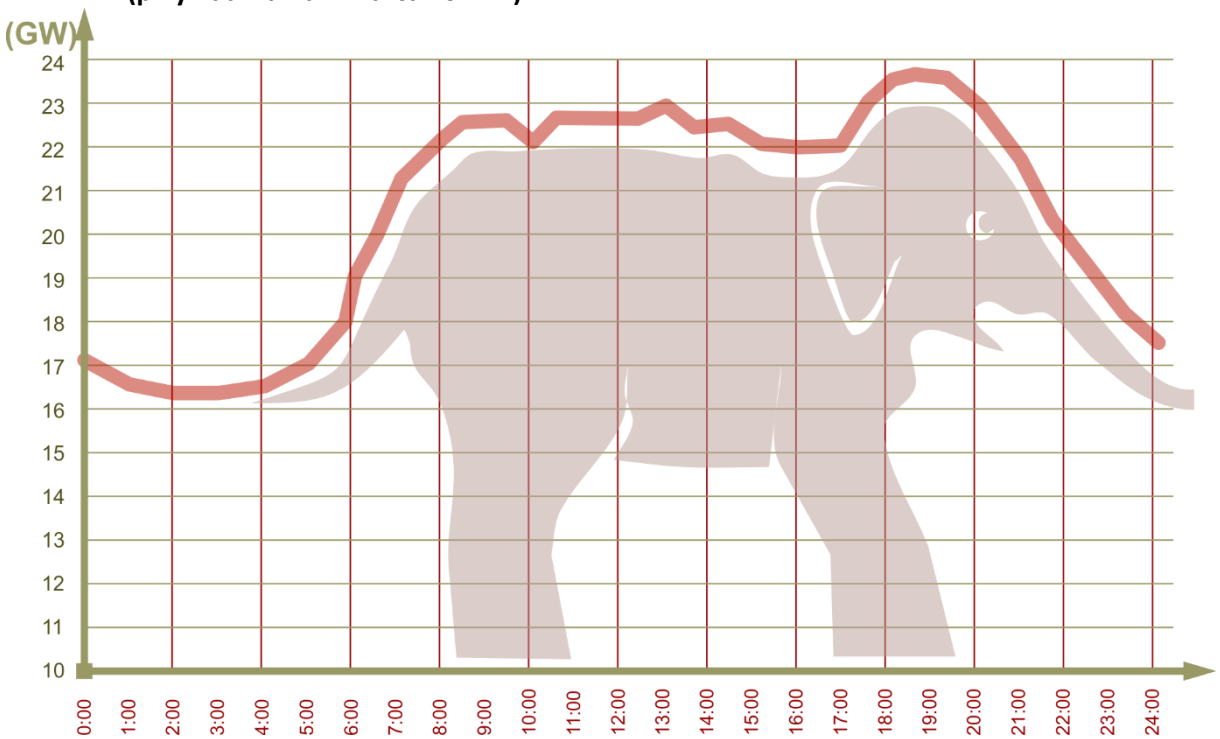
Wspomniana zmienność dobowa wygląda jak na poniższym wykresie, nazywanym przez energetyków pieszczotliwie „słonikiem" (dlaczego? Widać na rysunku). Minimalne zużycie energii występuje w godzinach 1:00 – 4:00 w nocy, po czym rośnie powoli do ok. 6:00, a następnie już bardzo szybko rośnie do poziomu szczytu dziennego, który trwa od ok 8:30 do 15:00 (to „grzbiet słonika"). Między 15:30 a 17:00 widać chwilowy spadek poboru energii (szyja słonika) a potem notujemy wieczorny szczyt w godzinach 18:00 – 20:00 (głowa słonika) i powolny spadek popytu na energię aż do nocnego minimum.

[3] Realne oszczędności będą jednak nieco mniejsze, bo pominęliśmy tu ulot prądu (wyładowanie koronowe).

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

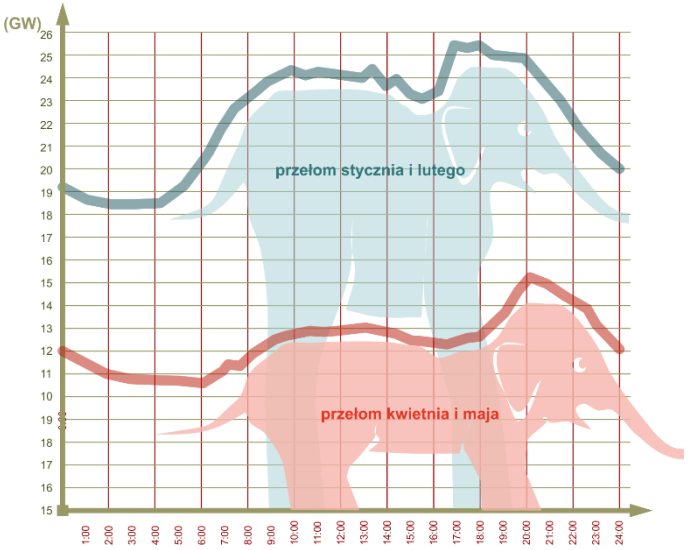
Ryc. 2. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce w krajowym systemie energetycznym (przykład z dnia 7 marca 2017 r.).



Opracowanie: W. Kłosowski

Interpretacja „słonika" jest oczywista i intuicyjna: jego grzbiet to pobór mocy za dnia w czasie pierwszej zmiany, szyja to czas, kiedy większość z nas kończy pracę, a jeszcze nie dotarliśmy do domu i nie włączyliśmy energochłonnych urządzeń. Głowa słonika to wieczorne oświetlenie i urządzenia domowe.

Ryc. 3. Porównanie zapotrzebowania na moc w przykładowym dniu ciepłym i zimnym



Łatwo się domyślić, że „słoniki" letnie będą miały dłuższe szyje, bo wieczór zapada w lecie później i krócej korzystamy ze sztucznego oświetlenia. I oczywiście słonie zimowe będą dużo wyższe od słoników letnich, bo zużycie energii zimą jest wyższe (ogrzewanie!).

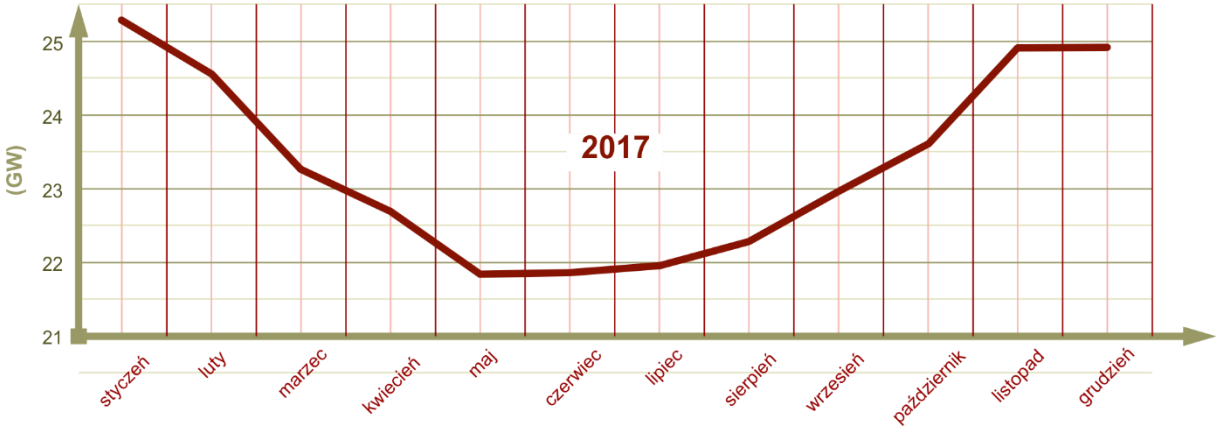
Wykres obok przedstawia tę zmienność sezonową: maksymalne zapotrzebowanie na moc w przykładowym dniu na przełomie stycznia i lutego to 25,5 GW, podczas gdy na przełomie kwietnia i maja – zaledwie 15,1 GW.

2.2.2. Ile w lecie, ile w zimie?

Jest oczywiste, że roczny wykres zapotrzebowania na moc systemu (tożsamy z wykresem zużycia energii) ma swoje maksimum w zimie, a minimum w lecie. Wygląda on tak, jak na wykresie poniżej.

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój
Rzeczpospolita Polska
MINISTERSTWO INWESTYCJI I ROZWOJU
Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny
Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Ryc. 4. Średnie zapotrzebowanie na moc w ciągu roku – miesiącami w gigawatach (2017)



Oprac. W. Kłosowski na podstawie: http://www.pseoperator.pl/index.php?dzid=152&did=842

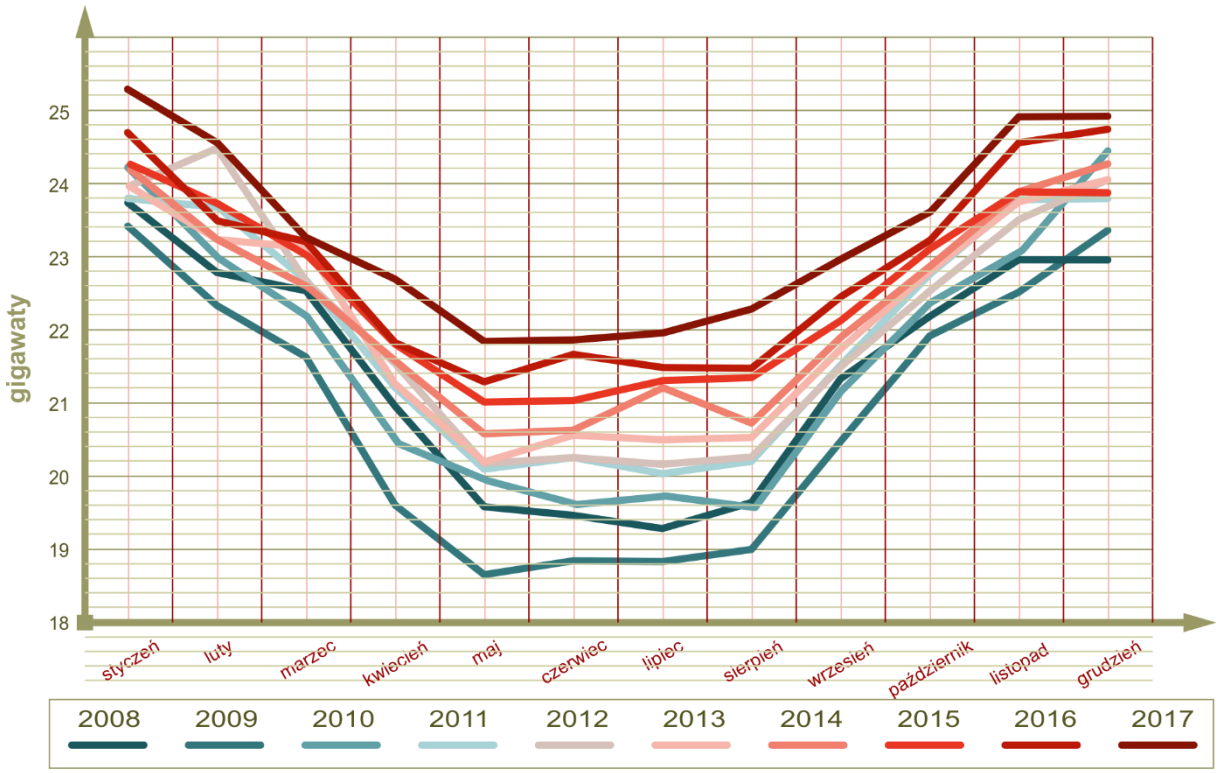
Ciekawostką jest to, że roczne minimum zużycia energii mamy w maju, kiedy na ogół nie grzejemy już pomieszczeń, a jeszcze ich nie klimatyzujemy. Czy tak jest co roku? Zobaczmy, jak wygląda zmienność wieloletnia.

2.2.3. Co zmienia się z roku na rok?

Gdy obserwujemy zmienność **wieloletnią** nakładając na siebie roczne wykresy zapotrzebowania na moc w kolejnych latach, widzimy jak ten sam kształt krzywej powtarza się z grubsza co roku, za każdym razem na nieco wyższym poziomie. To znak stałego wzrostu zapotrzebowania na energię. Mamy coraz więcej urządzeń elektrycznych w przemyśle, ale też coraz więcej urządzeń domowych, komputerów, klimatyzacji itd. Jednak warto zauważyć jeszcze coś. O ile zimowe zapotrzebowanie w ciągu dziesięciu lat wzrosło umiarkowanie, o tyle letnie rośnie dużo szybciej. Linie roczne w dolinie wykresu są dalej od siebie i w kolejnych latach wykres stopniowo robi się coraz bardziej płaski. To z jednej strony lepiej dla systemu, bo optymalniej wykorzystujemy latem moc zainstalowaną. Z drugiej jednak strony, przy naszym głębokim uzależnieniu od węgla i częstych suszach letnich w zasadzie każdego roku mamy wyłączenia bloków z powodu braku wody do ich chłodzenia.

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój
Rzeczpospolita Polska
MINISTERSTWO INWESTYCJI I ROZWOJU
Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny
Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Ryc. 5. Średnie zapotrzebowanie na moc w kolejnych latach (2008 – 2017)



Oprac. W. Kłosowski na podstawie: http://www.pseoperator.pl/index.php?dzid=152&did=842

Na wszystkie powyższe rytmy – dobowy, roczny i wieloletni – należy więc nałożyć jeszcze sytuacje specjalne, losowe. W Polsce wystarczą 2 tygodnie upałów od 35 stopni, aby system energetyczny był na granicy wydolności. Wcale więc nasz system dostarczania energii nie jest tak stabilny i bezpieczny, jak może się nam wydawać.

(1) WARTO PRZECZYTAĆ: 20150807 GW biz Ireneusz Sudak „Fala upałów nad Polską. Może zabraknąć prądu".
(2) WARTO PRZECZYTAĆ: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 sierpnia 2015 r. w sprawie wprowadzenia ograniczeń w dostarczaniu i poborze energii elektrycznej Dz.U. 2015 poz. 1136

2.3. Źródła energii w systemie: jak je klasyfikować?

2.3.1. Stabilne czy nie? Podział ze względu na stałość pracy

Źródła stabilne to – mówiąc prostym językiem – wszystkie te źródła, które ze względów technologicznych wymagają ciągłej, równej pracy z pełną mocą. Nie da się ich szybko włączyć ani wyłączyć bez dużych strat. Blok elektrowni węglowej czy atomowej włącza się i wygasza ponad dobę. A nawet niewielkie ograniczenie mocy, z jaką pracują, powoduje na ogół znaczący spadek sprawności (więc prąd z nich jest wówczas droższy). To typowe źródła stabilne.

Źródła interwencyjne, jak łatwo się domyślić, mają przeciwną cechę. Turbinę gazową można włączyć w ciągu dwóch godzin od zera do pełnej mocy, a z trybu czuwania do pełnej mocy może ona przejść na ogół w kilkanaście minut. Podobnie działa turbina zasilana biogazem wyprodukowanym w biogazowni rolniczej. Pierwsza z tych turbin dostarcza energii tradycyjnej, emitując CO_2 z węglowodorów kopalnych (energetyka emisyjna), druga z tych turbin przynależy natomiast do „zielonej energetyki" czyli „energetyki zeroemisyjnej" (emituje dwutlenek węgla z „krótkiego obiegu", a więc taki, który niedawno został z powietrza wychwycony i wbudowany w biomasę). Do źródeł po części stabilnych, a po części interwencyjnych zaliczamy elektrownie wodne. Za-

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój · Rzeczpospolita Polska · Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju · Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny
Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

leżnie od zasobów wodnych i innych, niż energetyczna, funkcji danego zbiornia, konkretna elektrownia może pracować jako źródło stabilne lub interwencyjne. W Polsce częstsza jest ta druga funkcja hydroelektrowni.

Źródłami wyrównawczymi nazywamy technologie nieprodukujące energii, ale umożliwiające jej przechowanie.

- Najważniejszymi źródłami tego typu są elektrownie szczytowo-pompowe. Elektrownia taka, to zespół dwóch zbiorników wodnych (np. naturalnego jeziora oraz sztucznego zbiornika górnego na pobliskim wzniesieniu) połączonych zespołem rur-kanałów, którymi w szczycie energetycznym woda spływa z góry na dół, kręcąc turbiny bloków energetycznych, zaś w niżu nocnym, kiedy energii w systemie jest niewykorzystany nadmiar, tymi samymi kanałami woda jest pompowana znów do zbiornika górnego.
- Rozwijana jest technologia akumulatorowa, której zaletą jest pełna możliwość jej skalowania. Jest do wyobrażenia wielki zbiorczy magazyn energii o pojemności wielu gigawatogodzin, ale też – setki tysięcy baterii Tesla w indywidualnych domach, mające razem podobną pojemność elektryczną.

W końcu, wprowadziliśmy w tym opracowaniu pojęcie „**niestabilnych źródeł energii eklektycznej**. Są to źródła, których dokładnej wydajności w określonym momencie nie sposób przewidzieć. Zaliczają się do nich, oczywiście, turbiny wiatrowe oraz panele fotowoltaiczne. Są one zależne od warunków pogodowych, które są w znacznym stopniu nieprzewidywalne. Największą barierą w masowym wdrożeniu energetyki odnawialnej jest właśnie konflikt miedzy niestabilnością tych źródeł a koniecznością bilansowania w każdym momencie dokładnie pobytu energii z jej podażą. Prawdopodobnie elastyczność pracy źródeł niestabilnych zwiększy się radykalnie wraz z rozwojem przechowywania energii elektrycznej w bateriach.

2.3.2. Emitują czy nie emitują? Podział ze względu na uboczne skutki środowiskowe

2.3.2.1. Źródła emisyjne

- W Polsce dominującym źródłem energii są elektrownie węglowe. Emitują one do atmosfery nie tylko ogromne ilości dwutlenku węgla, ale też inne zanieczyszczenia: dwutlenek siarki, wielotlenki azotu a nawet promieniotwórczy radon. Odrębnym problemem jest emisja pyłów. Większość krajów europejskich obecnie odchodzi od energetycznego spalania węgla.
- Innym źródłem emisyjnym są elektrownie gazowe, które także emitują podobne ilości dwutlenku węgla pochodzącego z węglowodorów kopalnych, jednak nie emitują pyłów i pod tym względem są nieco mniej obciążające środowisko, niż węglowe.

2.3.2.2. Źródła zeroemisyjne

- Źródłami zeroemisyjnymi są turbiny wiatrowe i ogniwa fotowoltaiczne. W obu procesach wytwórczych nie powstają ani pyły, ani gazy cieplarniane. W przypadku turbin wiatrowych można rozważać branie pod uwagę śladowego pola elektromagnetycznego, naszym zdaniem jest ono jednak pomijalne.
- Zeroemisyjne są też elektrownie wodne.
- Prawidłowo (bezawaryjnie) działająca elektrownia atomowa jest źródłem zeroemisyjnym. Ryzyko awarii jest w tym przypadku trudne do ocenienia, bo w historii energetyki przemysłowej ten typ elektrowni odpowiada za dwie największe, światowe awarie przemysłowe, ale z drugiej strony systemy zabezpieczeń cały czas są udoskonalane.
- Pomijamy tu energię geotermalną, która daje wyłącznie ciepło niskotemperaturowe i nie ma możliwości pozyskiwania z niej prądu.

2.3.2.3. Biomasa: emisyjna czy nie?

Z biomasą sprawa jest bardziej zawiła.

- Emisja dwutlenku węgla w jej przypadku w całości pochodzi z „krótkiego obiegu” i nie dodaje dwutlenku do bilansu w atmosferze.
- Jednak w przypadku spalania biomasy suchej dochodzi, niestety, do emisji pyłów. Drewno kominkowe spalane zimą, przyczynia się do powstawania smogu tak samo skutecznie, jak węgiel.
- Natomiast biomasa mokra, fermentowana w celu wytworzenia biogazu (głównie metanu) i spalania go, może być traktowana jako źródło w pełni zeroemisyjne.

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

(3) WARTO PRZECZYTAĆ:	2018-01-19 Serwis Wysokienapiecie.pl „OZE doganiają węgiel pod względem kosztów" na podstawie danych z raportu „Renewable Power Generation Costs in 2017"
(4) WARTO PRZECZYTAĆ:	2018-09-14 Serwis Ministers„Nauka w Polsce" „Turbiny wiatrowe i panele słoneczne na Saharze przyniosą tam deszcze i zieleń"
(5) WARTO PRZECZYTAĆ:	2019-03-14 Portal Technologiczny (red.) „Największa elektrownia słoneczna powstała w Maroku. Wystarczy by zasilić Warszawę"

2.3.3. Źródła które tylko przechowują…

Wobec bardzo nierównego zapotrzebowania na energię w ciągu doby są potrzebne rozwiązania, które zgromadzą energię z nadprodukcji nocnej i oddadzą jej część efektywnie w szczycie popytu, za dnia i wieczorem.

- **elektrownie szczytowo-pompowe** były omówione już poprzednio. To najważniejsze obecnie rozwiązanie przemysłowego magazynowania energii.
- **elektrownie powietrzno-ciśnieniowe** CAES (ang. Compressed Air Energy Storage) to koncepcja magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza. Jest ona alternatywą dla elektrowni szczytowo-pompowych. Energia elektryczna w nocy wykorzystywana jest do sprężania powietrza do około 70 atmosfer w wielkich podziemnych jaskiniach (np. opuszczonych wyrobiskach kopalń). W szczycie zapotrzebowania na energię elektryczną powietrze jest pobierane z jaskini i wykorzystywane w klasycznej turbinie gazowej. Technologia ta jest obecnie dopiero rozwijana.
- **Magazynowanie energii w bateriach** to przyszłość systemów energetycznych, zwłaszcza jeśli rozwijać się będzie prosumpcja energii, czyli samodzielna jej produkcja przy użyciu ogniw fotowoltaicznych instalowanych głownie na dachach budynków. W USA, znana firma Elona Muska sprzedaje obecnie takie „domowe magazyny energii" pod nazwą „Tesla Powerwall". Jest to dobre uzupełnienie domowej instalacji z paneli słonecznych.
- **Negawaty –** (neologizm od „negatywne waty" – a więc niepobieranie mocy) to koncepcja dobowego wyrównywania nie podaży energii, ale popytu. W godzinach minimalnego zapotrzebowania na energię elektryczną jest rzeczą opłacalną dla korporacji energetycznych obniżanie taryf a nawet udostępnianie energii za darmo. W Niemczech mamy przypadek dopłacania konsumentom za pobór energii w godzinach 1:00 – 4:00 w nocy, bo umożliwia to wytwórcom uniknięcie kosztów wygaszania na ten czas i ponownego rozruchu źródeł wytwórczych. Można takie zachęty do przeniesienia określonych procesów energochłonnych na godziny nocne także traktować jako rodzaj magazynowania energii. W jakiej postaci? W postaci pracy wykonanej na zapas.

2.3.4. Energetyka prosumencka

W ważnej książce *Odnawialne źródła energii w Polsce*[4] autorzy piszą: „Dobra ze społecznego punktu widzenia polityka energetyczna musi, na ile to możliwe, angażować społeczeństwo, reagować na oddolne bodźce i zróżnicowane potrzeby, ograniczać typowe w podobnych dziedzinach zapędy technokratyzacji, a także tworzyć poczucie 'własności' procesu decyzyjnego". Taka koncepcja rozproszonej i obywatelskiej energetyki nazywana jest przez politologów „demokracją energetyczną".

- **Prosument** (czyli *producent+ konsument* w jednej osobie) to ktoś, kto nie tylko konsumuje energię (pobiera ją z sieci), ale też produkuje energię w instalacji przydomowej i wprowadza do sieci. Model prosumenckiej gospodarki energetycznej jest obecne wiodącym modelem energetyki przyszłości. **Energetyka prosumencka** polegałaby na zaangażowaniu jak największej ilości pojedynczych obywateli we współwytwarzanie energii i wprowadzanie jej do sieci. W koncepcji tej mieszczą się też kooperatywy (spółdzielnie) energetyczne, czy systemy gminne.

[4] Krzysztof M. Księżopolski, Kamila M. Pronińska, Alina E. Sulowska (red.), *Odnawialne źródła energii w Polsce. Wybrane problemy bezpieczeństwa, polityki i administracji,* Dom Wydawniczy ELIPSA, Warszawa 2013

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

- **Smart Grid** czyli **i**nteligentna sieć elektroenergetyczna to rozwiązanie sieciowe, gdzie dzięki rozwiązaniom teleinformatycznym, sterowniczym i taryfowym próbuje się odtworzyć prawdziwy rynek energii, na którym każdy może się dogadywać z każdym i zarówno kupować jak i sprzedawać energię komu chce. Można sobie to wyobrazić jako wielkie energetyczne „Allegro" wspomagane zaawansowanym systemem rejestrowania przepływów i sterowania nimi.

Skoro uważamy, że przyszłościowym kierunkiem rozwoju energetyki jest rosnący udział pojedynczych ludzi we współwłaścicielstwie i współzarządzaniu systemem energetycznym, to warto przyjrzeć się bliżej, co ludzie myślą o tym systemie obecnie. W bardzo solidnym badaniu opinii społecznej Polaków „Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska" przeprowadzonym w 2016 roku przez CBOS respondenci zapytani o bezpieczeństwo i perspektywiczność pięciu źródeł energii odpowiadali następująco:

Ryc. 6. Społeczna ocena źródeł pozyskania energii – CBOS

Wymiar oceny	Źródła pozyskiwania energii									
	Węgiel		Ropa naftowa		Gaz ziemny		Paliwo jądrowe		OZE	
	Odsetki ocen pozytywnych i **zmiany w stosunku do 2015 r.**									
Bezpieczeństwo	52	**-10**	47	**-14**	60	**-1**	24	**+6**	87	**+1**
perspektywiczność	25	**-10**	38	**-18**	55	**-11**	52	**+1**	82	**+2**

Źródło: „Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska", CBOS Warszawa 2016

Jak widać, w Polsce spada zaufanie do kopalnych paliw węglowodorowych: węgla, ropy i gazu. Już niemal połowa Polaków nie ocenia węgla, jako paliwa bezpiecznego i ta ocena z roku na rok pogarsza się. Podobnie pogarsza się ocena bezpieczeństwa ropy i gazu (choć w przypadku gazu jest nadal dość wysoka i pogarsza się tylko minimalnie). Szczególnie źle jednak jest oceniana perspektywiczność paliw węglowodorowych, którą w przypadku węgla dostrzega tylko 25% respondentów. **Trzy czwarte Polaków nie uważa, aby węgiel w Polsce był paliwem perspektywicznym**.

Jeśli chodzi o paliwo jądrowe, to nadal za bezpieczne uważa je niespełna jedna czwarta Polaków, ale jego perspektywiczność dostrzega już ponad połowa respondentów i w obu przypadkach oceny powoli rosną.

KONKLUZJA 4.: *Bezdyskusyjnym liderem zaufania Polaków – zarówno pod względem bezpieczeństwa, jak i perspektywiczności – są **odnawialne źródła energii** (OZE). Za bezpieczne uważa je 87% respondentów badania, a za perspektywiczne – 82%. W obu przypadkach oceny te z roku na rok poprawiają się.*

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

3. Technika dydaktyczna: „Uzasadnij, dlaczego”

Technika heurystyczna „Uzasadnij dlaczego” (zwana też po prostu *uzasadnianiem* hipotez) polega na metodycznym skupianiu uwagi na skonstruowaniu racjonalnej argumentacji na rzecz podanej tezy poprzez połączenie w konsekwentną całość rozproszonej wiedzy o danym zagadnieniu i ukształtowaniu spójnego „łańcucha przesłanek”. W klasyfikacji technik heurystycznych jest to więc narzędzie koncentrowania uwagi posługujące się operacjami łączenia i kształtowania.

3.1. Na czym polega technika uzasadniania hipotez?

Kto zna literacką postać Sherlocka Holmesa, ten powinien doceniać wnioskowanie drogą dedukcji. Na czym polega dedukcja? Na tym, że ten, kto dedukuje, przygląda się zestawowi przesłanek i wyciąga z nich niezbicie prawdziwy wniosek logiczny. Tak postępujemy np. wyprowadzając dowody matematyczne. Pozornie dedukcyjny tryb myślenia ma same zalety, ale w praktyce – poza dziedzinami algorytmicznymi, jak matematyka czy logika formalna - ma fundamentalną wadę: nieuniknione przyjmowanie ukrytych założeń, których dokonujemy, gdy wybieramy zestaw przesłanek. To wówczas podświadomie decydujemy, jaki wniosek wyjdzie nam na końcu. Uwzględniając jedne przesłanki, a nie uwzględniając innych, już na wstępie przesądzamy o tym, że wyniknie z nich taki – i tylko taki – wniosek, jakiego podświadomie oczekujemy. Toteż dedukcją logiczną nie da się niczego odkryć, da się nią tylko uporządkować wiedzę już odkrytą. Sherlock Holmes nie dlatego rozwiązywał zawiłe zagadki, że dedukował, tylko dlatego, że miał genialną intuicję do zauważania przesłanek, które każdy inny by przegapił. Nie jesteśmy w większości Sherlockami Holmesami. Jeśli nasze myślenie ma być twórcze, nauczmy się najpierw myślenia indukcyjnego, a nie dedukcyjnego. Nauczmy się zaczynać od formułowania hipotez, a następnie weryfikowania ich (czyli potwierdzania ich prawdziwości) lub falsyfikowania (czyli udowadniania, że były błędne). Jeśli formułujemy hipotezy, mamy szansę odkryć coś nowego, podczas gdy dedukcja porządkuje tylko to, co już znane.

Jak weryfikować lub falsyfikować hipotezy? Łatwiejsze jest falsyfikowanie. Jeśli np. chcemy poddać próbie ogniowej hipotezę „wszyscy uczniowie to lenie”, to dla sfalsyfikowania takiej tezy wystarczy wskazać jednego ucznia, który leniem nie jest i – teza została obalona. Gorzej z weryfikacją. Gdybyśmy chcieli zweryfikować ostrożniejszą hipotezę: „w każdym uczniu jest coś z lenia”, to – ilu uczniów musielibyśmy przyłapać na skłonności do leniuchowania, aby uznać hipotezę za prawdziwą? Dziesięciu? Stu? Przecież sto pierwszy może się nagle okazać pracowity. Więc – wszystkich na świecie? To z kolei nie jest możliwe. Filozofowie i metodologowie nauk głowią się od lat, jaką niezawodną metodę weryfikacji twierdzeń naukowych zaproponować i nadal nie mamy na to w pełni zadowalającej odpowiedzi.

Na użytek naszego modułu przyjmiemy zdroworozsądkową wersję metody uzasadniania hipotez, która będzie wystarczająca do naszych celów (choć nie byłaby wystarczająca np. do celów naukowych). Jest ona uproszczoną wersją krytycznego realizmu Karla Poppera i posługuje się jego zasadą falsyfikacjonizmu (w „zmiękczonej” wersji).

W technice heurystycznej „Uzasadnij dlaczego” uzasadniamy hipotezę (daną na wstępie) w dwóch krokach:

1. Próbujemy najpierw skonstruować **łańcuch lub wiązkę przesłanek, z których hipoteza wynika logicznie**.

PRZYKŁAD 2: **Łańcuch przesłanek**: chcąc uzasadnić hipotezę „w każdym uczniu jest coś z lenia” moglibyśmy skonstruować taki łańcuch przesłanek: (1) lenistwo to stała niechęć do podejmowania wysiłku; (2) ludzie odczuwają wypoczynek jako przyjemny, a wysiłek jako przykry, (3) psychika człowieka jest skonstruowana tak, że dąży on do przyjemności a unika przykrości, (4) uczniowie są ludźmi. Ergo – w każdym uczniu jest coś z lenia (niechęć do wysiłku).

PRZYKŁAD 3: **Wiązka przesłanek**: argumentację na rzecz hipotezy „w każdym uczniu jest coś z lenia” możemy też skonstruować inaczej, jako wiązkę argumentów równoległych: (1) każdy z nas był uczniem: przyznajmy się szczerze, czy ktoś z nas nigdy, przenigdy nie leniuchował; (2) nauczyciele są osobami znającymi wyjątkowo wielu uczniów; można ich spytać, czy w swojej

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój · Rzeczpospolita Polska · Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju · Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

praktyce spotykali uczniów niemających w sobie nic z lenia, (3) takie powiedzonka nie biorą się z niczego, widocznie takie są wieloletnie obserwacje ludzi, (4) psychologowie potwierdzają, że to bardzo prawdopodobne, bo człowiek w ogóle unika wysiłku. Ergo – w każdym uczniu jest coś z lenia (bo wiele przesłanek to potwierdza).

Dbamy na tym etapie, aby przyjęte przesłanki były prawdziwe (lub w oczywisty sposób wiarygodne), bo z fałszywych przesłanek dałoby się wyprowadzić logicznie każdą tezę, także fałszywą. Oba powyższe wywody są niewiarygodne właśnie przez to, że ich przesłanki są naciągane bądź jawnie nieprawdziwe.

2. Kiedy nasza hipoteza jest już wsparta argumentacją popierającą (łańcuchem lub wiązką przesłanek), w drugim kroku poddajemy tę hipotezę próbie **falsyfikacji – wykazania że jest fałszywa.** W tym celu powinniśmy **zaplanować eksperyment lub test, jakim dałoby się zdemaskować fałszywość hipotezy**, jeśli naprawdę byłaby ona fałszywa. Negatywny wynik takiego testu (niepowodzenie wykazania fałszywości hipotezy) jest podstawą do **uznania jej tymczasowo za prawdziwą** (do czasu, aż inny nasz test, albo test kogoś innego obali naszą tezę). A więc istotą tego etapu jest **wymyślenie, jaką metodą da się sprawdzić, czy dana hipoteza nie jest fałszywa**. Jeśli nie umiemy wskazać takiego testu lub eksperymentu sprawdzającego, dana teza nie może być częścią wiedzy naukowej.

PRZYKŁAD 4: Jak można sfalsyfikować czy „w każdym uczniu jest coś z lenia”? W tym celu konstruujemy następujący eksperyment: (1) definiujemy precyzyjnie znaczenie słów „jest (w kimś) coś z lenia”, np. ustalamy że chodzi o „nieodrobienie pracy domowej przynajmniej raz w całym poprzednim roku szkolnym z powodu lenistwa”. (2) przechodzimy do ścisłej fazy eksperymentalnej: sprawdzamy w odniesieniu do trzydziestu losowo wybranych uczniów, czy któremuś z nich nie zdarzyła się wpadka z pracą domową w całym poprzednim roku. (3) jeśli NIE znaleźliśmy „ucznia bez skazy”, uważamy hipotezę za **tymczasowo potwierdzoną** (na razie bardzo słabo, bo próbę falsyfikacji przeprowadzono tylko na trzydziestu uczniach). Dodawanie kolejnych uczniów stopniowo wzmacnia uzasadnienie. Zasadą metody jest to, że **próby falsyfikacji mają być odważne**, a nie ostrożne, bo wartościowa wiedza to ta, która oparła się naprawdę mocnym atakom.

■ ĆWICZENIE (przykład).

Prowadzący ćwiczenie podaje najpierw twierdzenie-tezę, nie podając jednak wyjaśnień, dlaczego uważa, że ta teza jest prawdziwa. Zadaniem uczniów jest zaproponować możliwe wyjaśnienia, czemu podane twierdzenia są prawdziwe. Uczniowie korzystają tu z wiedzy uzyskanej podczas wcześniejszego wykładu i prezentacji, ale także wykorzystują swoja wiedzę z innych przedmiotów (np. fizyki) oraz swoją ogólną wiedzę o świecie. **Uzasadnienie podane przez uczniów zapisujemy w postaci łańcucha lub wiązki przesłanek,** lub połączenia tych dwóch metod.

UWAGA! Nauczyciel może prosić o **pogłębienie** argumentacji, zadając pytanie „dlaczego?” w odniesieniu do przesłanek, jakie proponują uczniowie. Może też prosić o **poszerzenie** argumentacji, zadając pytanie „co jeszcze?”

PRZYKŁAD 5: **POGŁĘBIENIE argumentacji**: załóżmy, że uzasadniamy akurat tezę „***Ogniwa fotowoltaiczne są ważnym elementem systemu energetycznego latem***”. Uczniowie podają przesłankę: „bo ogniwa są najlepszym źródłem zasilania klimatyzatorów działających w lecie”. Nauczyciel prosi o pogłębienie uzasadnienia pytaniem: „A DLACZEGO są najlepsze akurat do klimatyzatorów?”. Uczniowie muszą wyjaśnić: „Bo zapotrzebowanie na pracę klimatyzacji jest dokładnie w tych dniach i godzinach, kiedy najmocniej operuje słońce, a wtedy właśnie najlepiej działają też panele fotowoltaiczne”.

PRZYKŁAD 6: **POSZERZENIE argumentacji**: załóżmy, że uzasadniamy akurat tezę „***Energetyka prosumencka to oczywisty kierunek rozwoju systemu energetycznego”***. Uczniowie po-

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

dają przesłankę: „bo ludzie zainwestują wtedy własne pieniądze w rozwój systemu, kupując swoje panele na dach itd.”. Nauczyciel prosi o poszerzenie uzasadnienia pytaniem: „A CO JESZCZE?”. Uczniowie dodają: „Bo system jest wtedy odporniejszy na awarie”. „A CO JESZCZE?” „Bo ludzie bardziej oszczędzają energię którą sami produkują”; „Bo ludzie czują się wtedy prawdziwymi obywatelami” itd.

3.2. Ćwiczenia

Nauczyciel ma do dyspozycji osiem tez na temat powiązań pomiędzy różnymi rodzajami źródeł energii. Może postanowić, że próbuje omówić je wszystkie (wówczas proponujemy dwie – trzy na pierwszej lekcji i pięć – sześć na drugiej), bądź może wybrać tylko niektóre z nich i omówić je dokładniej. Wreszcie, jest możliwe podejście mieszane, w którym niektóre tezy uzasadniamy bardzo skrótowo, a innym tezom, które naszym zdaniem są mniej oczywiste, poświęcamy więcej czasu i dużo szerzej rozbudowujemy argumentację na ich poparcie. Oto proponowane osiem tez:

1. System energetyczny oprócz źródeł energii pracujących w trybie ciągłym musi mieć dodatkowe źródła włączane doraźnie: interwencyjne i stabilizujące.
2. W systemie energetycznym nie może być w więcej energii pochodzącej ze źródeł losowych, niż ze źródeł stabilizujących i interwencyjnych.
3. Energetyka prosumencka i smart grid, to oczywisty kierunek rozwoju systemu energetycznego.
4. Wiatraki morskie oprócz wad (głównie wysokiego kosztu), mają też istotne zalety
5. Im lepsza jest sieć połączeń z systemami energetycznymi innych krajów, tym efektywniejsze staje się wykorzystanie źródeł losowych we wszystkich tych krajach.
6. Podwyższenie napięć przesyłowych może być alternatywą dla budowania nowej elektrowni.
7. W realnym systemie energetycznym bilans zalet i wad poszczególnych źródeł nie może ograniczać się wyłącznie do ich parametrów energetycznych; musi uwzględniać także wpływ na zmiany klimatu, ekonomikę (w tym koszty zewnętrzne), bezpieczeństwo, niezależność energetyczną kraju itp.
8. Ogniwa fotowoltaiczne okazują się niezbędnym uzupełnieniem systemu podczas letnich fal upałów.

Zadaniem uczniów będzie podawanie możliwych wyjaśnień tłumaczących, dlaczego twierdzenia te uznajemy za prawdziwe. Zadaniem nauczyciela jest delikatnie naprowadzać uczniów na właściwy trop.

Ćwiczenie 1.: Źródła doraźne oprócz stałych

TEZA: System energetyczny oprócz źródeł pracujących w trybie ciągłym musi mieć źródła włączane doraźnie: interwencyjne i stabilizujące.

W pierwszej części pokazaliśmy zmienność dobową zapotrzebowania na energię. Źródła stałe nie są dostosowane do zmieniania wielkości swojej produkcji prądu w ciągu doby. Gdyby chcieć zaspokoić cały popyt źródłami stabilnymi, musiałyby one mieć moc dyspozycyjną netto na poziomie „głowy słonika”. A wówczas w pozostałych częściach doby nadmiar energii by się marnował. System musi mieć więc doraźne źródła energii: interwencyjne i wyrównawcze (stabilizujące), którymi w szczycie uzupełni źródła stabilne. W systemie elektroenergetycznym są potrzebne źródła, które technicznie są dostosowane do zsynchronizowania z systemem z mocą znamionową natychmiast (rezerwa wirująca) i w czasie kilku – kilkunastu godzin (rezerwa zimna).

Ćwiczenie 2.: Źródła niestabilne (losowe) a stabilizacyjne i interwencyjne

TEZA: W systemie energetycznym nie może być więcej zainstalowanej mocy źródeł niestabilnych (losowych), niż ze źródeł stabilizujących i interwencyjnych

Źródła losowe, czyli turbiny wiatrowe i panele fotowoltaiczne generują prąd w sposób przewidywalny jedynie statystycznie. Wiemy na przykład, że w danej miejscowości w ciągu roku jest średnio 2000 bezchmurnych godzin dziennych lub 85 dni wietrznych, nie możemy jednak zaplanować, że danego dnia zawieje wiatr lub za-

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

świeci słońce. W takiej sytuacji, musimy być pewni, że posiadamy zabezpieczenie na najgorsze możliwe warunki – to znaczy takie, w których ze źródeł losowych jest uzyskiwana zerowa energia. Trzeba przyznać, że to jest zachowawcze założenie, bo nie uwzględniamy w nim zjawiska przeciwstawnej efektywności uzyskiwania energii z wiatru i ze słońca. Gdy wieje wiatr często nie ma słońca, ale równocześnie gdy jest upalny słoneczny wyż – nie ma wiatru. Tak więc te źródła energii są najbardziej efektywne w różnych warunkach pogodowych. Tym niemniej, może się przecież zdarzyć pogoda pochmurna i zarazem bezwietrzna.

Ćwiczenie 3.: Prosumenci i *Smart Grid*

TEZA: Energetyka prosumencka i smart grid, to oczywisty kierunek rozwoju systemu energetycznego

Energetyka prosumencka, a więc taka, w której wielu z nas jest nie tylko konsumentami, ale i producentami energii, ma same zalety i tylko jedną wadę: nie jest wygodna dla korporacji energetycznych, bo trudno nią sterować. Ale wraz z pojawieniem się rozwiązań inteligentnej sieci ten problem sam znika. Różnica dla wielkich korporacji energetycznych jest tylko następująca: siecią zasilaną przez wielkich wytwórców da się zarządzać nakazowo: poprzez włączenia i wyłączenia. Siecią prosumencka opartą o smart grid da się zarządzać także pośrednio, poprzez taryfy, zachęty i negocjacje. Jest to więc rozwiązanie bardziej obywatelskie, dające każdemu z nas poczucie podmiotowości i wpływu, a nie tylko korzystania z systemu.

Ćwiczenie 4.: Wiatraki morskie mają też zalety

TEZA: Wiatraki morskie – oprócz oczywistych wad: wysokiego kosztu i niedostępności rozwiązań skalowalnych – mają też istotne zalety

Siła wiatru nad morzem jest większa a sam wiatr znacznie bardziej stabilny niż nad lądem. To absolutnie podstawowa zaleta rozwiązań morskich Ponadto wiatrowe turbiny morskie mogą być większe, bo w ich przypadku nie ma ograniczeń krajobrazowych, czy wynikających z wymogu ochrony sąsiedztwa. Prawdopodobnie w przypadku konstrukcji morskich może się pojawić szersze zastosowanie dla rotorów z osią pionową, które na lądzie są mniej efektywne, bo nad morzem silny wiatr pojawia się znacznie niżej, niż nad lądem. To z kolei może umożliwić wykorzystywanie także wiatrów słabych i uczynić turbiny wiatrowe źródłami mniej niestabilnymi. Wadami są wysokie koszty kotwienia konstrukcji do dna morskiego, a także niedostępność tej gałęzi dla energetyki prosumenckiej i niemożność skalowania rozwiązań (na morzu nie da się montować rozwiązań małych, średnich ani nawet dużych w rozumieniu konstrukcji lądowych (turbiny 2 -2,5 MW). Lokalizacja nieuchronnie kieruje nas wyłącznie ku turbinom o mocy 4 – 10 MW.

PRZYKŁAD 7: W 2019 roku u wybrzeży Belgii staną turbiny wiatrowe o jednostkowej mocy 9,5 MW. Tak potężnych turbin nie zainstalowano jeszcze nigdzie. Producenci morskich wiatraków przymierzają się do produkcji turbin o jednostkowej mocy ponad 10 MW. Amerykański General Electric zapewnia nawet, że w roku 2021 zaoferuje deweloperom morskich farm wiatrowych turbinę o mocy 12 MW. Jednak póki co, liderem w rozwoju technologii morskich elektrowni wiatrowych jest japońsko-duńskie konsorcjum MHI Vestas, które dostarcza już na rynek turbiny o jednostkowej mocy około 9 MW, a właśnie zdobyło zamówienie na turbiny o mocy 9,5 MW. Po zainstalowaniu ich na morskiej farmie wiatrowej Northwester 2, która powstanie u wybrzeży Belgii, będą to największe działające turbiny wiatrowe na świecie.

[1]. Warto OBEJRZEĆ: Serwis obrazujący w czasie rzeczywistym układ wiatrów na świecie. Nauczyciel może na jego przykładzie pokazać uczniom, o ile silniejsze wiatry wieją nad morzami, niż nad lądami. Model jest bardzo wymowny.

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój
Rzeczpospolita Polska
MINISTERSTWO INWESTYCJI I ROZWOJU
Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Ćwiczenie 5.: Szersza sieć lepiej wykorzystuje źródła losowe

TEZA: Im rozleglejsza jest sieć połączeń z systemami energetycznymi innych krajów, tym efektywniejsze staje się wykorzystanie źródeł losowych.

Jeśli rozpatrujemy objęty jedną siecią obszar rozciągnięty na tysiące kilometrów, to jest większa szansa , że w danym momencie znajdziemy w nim i części nasłonecznione (gdzie dobrze będą działać panele fotowoltaiczne), i takie, gdzie będzie wiał silny wiatr. Jeśli zbudowana byłaby wielka magistrala energetyczna, łącząca cały obszar Euroazji od Chin do Portugali, to obszar taki obejmowałby 8 stref czasowych. Gdy w Londynie jest północ i zapotrzebowanie na moc maleje do dobowego minimum, to w Pekinie jest już 8.00 rano i miasto przechodzi właśnie przez poranny szczyt zapotrzebowania. Barierą dla tworzenia tak rozległych sieci są straty energii, jakie następowałyby na przesyle. Jednak stałe postępy w rozwoju nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego dają nadzieję, że w przyszłości powstaną linie energetyczne zdolne do transferu tysięcy megawatogodzin energii na odległości tysięcy kilometrów z niewielkimi stratami. Pojawienie się takiej technologii byłoby wielkim przełomem w energetyce. Na razie rozległa sieć daje korzyści „falowe": nasłonecznienie w jakiejś jej części daje możliwość efektywnego zasilenia tylko terenów stosunkowo nieodległych, ale wówczas nie pobiorą one energii z leżącej dalej elektrowni węglowej, która dzięki temu zasili obszar położony jeszcze dalej, dzięki czemu… Korzyści z nasłonecznienia w jakimś miejscu w dobrze zorganizowanej sieci mogą dotrzeć bardzo daleko.

Ćwiczenie 6.: Podwyższenie napięć przesyłowych

TEZA: Podwyższenie napięć przesyłowych może być alternatywą dla budowania nowej elektrowni

Na początek przypomnijmy sobie podstawy wiedzy o prądzie elektrycznym. Ilość energii elektrycznej, która jest bezpowrotnie tracona na skutek pokonywania przez prąd oporu przewodnika, jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu natężenia. **Im większe natężenie prądu, tym mniejsze straty**. A od czego zależy natężenie prądu? Jest wprost proporcjonalne do przyłożonego napięcia i odwrotnie proporcjonalne do oporu przewodu. Opór linii energetycznej jest stały. Więc chcąc zwiększyć natężenie przepływu elektrycznego musimy przyłożyć wyższe napięcie. Jeśli w danej linii przetransformujemy przyłożone napięcie z 220 do 400 KV (kilowoltów), to natężenie płynącego nią prądu zwiększy się 1,82 razy, a straty (odwrotnie proporcjonalne do **kwadratu** natężenia) będą 3,31 razy mniejsze. Zaś w przypadku zastąpienia linii WN 110 KV linią NN220 KV zmniejszenie strat przesyłowych będzie czterokrotne. Przyjmując, że na przesyłach WN I NN tracimy obecnie około 13% całej produkcji energii i że modernizacja linii mogłaby tę wielkość zmniejszyć tylko o jedną czwartą, oszczędność równałaby się produkcji bloków energetycznych o łącznej mocy 1140 MW, a więc np. trzech bloków Elektrowni Bełchatów. Natomiast pamiętając że na świecie przesyła się prąd pod napięciami rzędu 1000 KV, warto policzyć, że zastąpienie naszych „dwustudwudziestek" „tysiączkami" zmniejszyłoby straty przesyłowe… **dwudziestokrotnie** (dokładnie 20,66 razy). Oszczędność w całym systemie sieci NN i WN przy założeniu radykalnego podwyższenia napięć przesyłowych szacuje się na równowartość produkcji bloków o łącznej mocy 4 GW.

Ćwiczenie 7.: Źródła energii – zróżnicowanie

TEZA: Ocena poszczególnych źródeł energii nie może ograniczać się wyłącznie do ich parametrów energetycznych.

W realnym systemie energetycznym bilans zalet i wad poszczególnych źródeł nie może ograniczać się wyłącznie do ich parametrów energetycznych; musi uwzględniać także wpływ na zmiany klimatu, ekonomikę (w tym koszty zewnętrzne), bezpieczeństwo, niezależność energetyczną kraju itp. W tym sensie węgiel – nawet gdyby był interesujący energetycznie, powoduje takie koszty klimatyczne i zdrowotne, oraz jest tak obciążony innymi kosztami zewnętrznymi, że należy uznać go za źródło, z którego system energetyczny musi zacząć rezygnować natychmiast. Z kolei energetyka jądrowa jest tak źle przyjmowana przez znaczne odłamy społeczeństwa, że nie wystarczy bilansować kosztów i korzyści energetycznych, klimatycznych i ekonomicznych. Zresztą z uwagi na społeczny lęk, który wymusił bardzo znaczne podniesienie kosztów zagwarantowania bezpieczeństwa, energetyka jądrowa stała się dziś najdroższym przemysłowym źródłem energii.

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój | Rzeczpospolita Polska | Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju | Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Ćwiczenie 8.: Ogniwa fotowoltaiczne a upały

TEZA: Ogniwa fotowoltaiczne są niezbędnym uzupełnieniem systemu energetycznego podczas letnich fal upałów.

Elektrownie węglowe wymagają do chłodzenia wody, która do obiegu wtórnego jest czerpana z otwartych akwenów, najczęściej z rzek. Przy niskich poziomach wód w rzekach w czasie letnich susz jest bardzo duże ryzyko konieczności zatrzymania boków z powodu braku wody do systemu chłodzenia. Natomiast susza w żaden sposób nie ogranicza pracy paneli fotowoltaicznych, które chłodzenia nie wymagają. W upalne lato jest też największe zapotrzebowania na pracę urządzeń klimatyzacyjnych. Dlatego dobrym rozwiązaniem jest instalacja jednocześnie klimatyzatorów i paneli słonecznych. Stanowią one razem „zgrany duet". Ciekawe jest to, że mamy tu nie tylko pełną synchronizację roczną (klimatyzacji potrzebujemy w tych samych miesiącach, na które przypada największa produktywność paneli), ale też pełną synchronizację godzinową (klimatyzacja staje się potrzebna, kiedy słońce dobrze przygrzeje i wówczas też panele pracują najefektywniej).

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój
Rzeczpospolita Polska
MINISTERSTWO INWESTYCJI I ROZWOJU
Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

4. Scenariusz lekcji

4.1. Lekcja pierwsza: prezentujemy temat krajowego systemu energetycznego i pokazujemy technikę argumentacji tez.

Informacje ogólne o lekcji		
Temat	„Podstawowe dylematy zrównoważonej energetyki”	
Usytuowanie	To pierwsza jednostka lekcyjna w ramach dwulekcyjnej jednostki metodycznej „Energetyka przyszłości” (będącej drugą z czterech jednostek metodycznych bloku D. „Zrównoważony Rozwój” w cyklu zajęć „Zmieniający się Świat – innowacyjny nauczyciel”).	
Adresat zajęć	Uczniowie szkoły średniej	
Miejsce i czas	Szkoła średnia, jedna godzina lekcyjna (45 minut)	
Cel główny	Zaciekawienie uczniów działaniem systemu elektroenergetycznego kraju i pokazanie jego złożoności	
Cele operacyjne (szczegółowe):	Wiadomości	• Jak wygląda system elektroenergetyczny w Polsce? Jak działa? • Jakie mamy źródła energii w systemie? Czym one się różnią? • Jakie zależności występują między poszczególnymi źródłami? • Jak konstruuje się argumentację na rzecz danej tezy?
	Umiejętności	• Uczniowie poznali sposoby argumentowania na rzecz zadanej tezy (umiejętność będzie utrwalana na drugiej lekcji tej jednostki)
	Postawy	Uczniowie są gotowi rozpatrywać zagadnienia energetyczne racjonalnie, nie boją się, że „są one zbyt hermetyczne”
Metody i techniki pracy	1. Wykład wsparty prezentacją i materiałem filmowym 2. Wspólne rozwiązywanie ćwiczeń przy wsparciu prezentacją	
Formy pracy	Zalecana jest **praca zbiorowa całą klasą**, zakończone także wspólnym podsumowaniem.	
Środki dydaktyczne	• Prezentacja (zawierająca m. in. Krótki film), • Tablica szkolna do zapisywania poszczególnych argumentów w ćwiczeniach.	
Przebieg lekcji		
Faza wstępna (około 3 - 5 minut)	Wprowadzenie do zajęć	Nauczyciel zapowiada przebieg obu lekcji jednostki: *„Dziś porozmawiamy o energetyce i dowiemy się ciekawych informacji o poszczególnych źródłach energii, a następnie **będziemy się uczyli argumentować zadane tezy** na przykładzie dwóch stwierdzeń dotyczących energetyki**.** Cała następna lekcja będzie poświęcona utrwaleniu tej umiejętności: będziemy argumentowali kolejnych sześć tez o energetyce. **A***

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

		więc po tych dwóch lekcjach będziemy mieli zarówno więcej wiedzy o systemie energetycznym, jak i nabędziemy umiejętności argumentacji, *która przyda się nam następnie w bardzo wielu sytuacjach już nie związanych z energetyką"*
	Postawienie problemu dyskusyjnego	Jak planować harmonijny i zrównoważony system energetyczny dla Polski?
Faza realizacyjna (ok. 35 - 40 min.)	Prezentacja i wykład (20 – min) oraz pytania i wyjaśnienia	PREZENTACJA: • Skąd się bierze prąd? • Zmienność zapotrzebowania na energię • Źródła energii w systemie
	Ćwiczenia z argumentacji (15 – 20 min.)	Nauczyciel krótko objaśnia, jak uzasadniamy tezy. 1. Nasze argumenty powinny tworzyć łańcuch logiczny (argumentacja pogłębiona) lub wiązkę (argumentacja poszerzona) albo łączyć oba te podejścia (np. wiązka złożona z łańcucha argumentów oraz kilku argumentów równoległych) 2. Trzeba zaplanować sposób, którym spróbujemy obalić naszą tezę (test, eksperyment). Następnie nauczyciel przeprowadza z uczniami krok po kroku pierwsze ćwiczenie, w którym argumentujemy tezę: „**System energetyczny oprócz źródeł pracujących w trybie ciągłym musi mieć źródła włączane doraźnie: interwencyjne i stabilizujące**" **UWAGA: pamiętajmy o wymyśleniu testu falsyfikującego** (podważającego naszą tezę). W naszym przypadku, gdyby uczniowie nic nie wymyślili, nauczyciel może podpowiedzieć taki test: *teza będzie błędna, jeżeli wykres dobowego zapotrzebowania na energię okaże się płaski. Sprawdźmy więc na stronie Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, czy wykres dobowy jest płaski, czy może zmienny.* To wystarczający test. Wykres okaże się mieć kształt „słonika" więc teza jest obroniona (źródła doraźne są potrzebne). Jeżeli wystarczy czasu, robimy jeszcze jedno ćwiczenie z tezą: „**W systemie energetycznym nie może być więcej zainstalowanej mocy źródeł niestabilnych (losowych), niż ze źródeł stabilizujących i interwencyjnych**" Jeśli czasu jest mało, przenosimy to ćwiczenie na następną lekcją.
Faza podsumowująca (ok. 2 minuty)	**Rekapitulacja pierwotna dokonana przez nauczyciela**: Ćwiczyliśmy sposoby argumentowania tez w zakresie świeżo poznanej wiedzy o systemie elektroenergetycznym kraju. Celem było nie tylko poznanie zagadnień energetycznych, ale też samo nauczenie się argumentowania. Umiejętność tę będziemy rozwijali i utrwalali na kolejnej lekcji.	
Praca domowa	Nie zadajemy pracy domowej	

Fundusze Europejskie Wiedza Edukacja Rozwój · Rzeczpospolita Polska · Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju · Unia Europejska Europejski Fundusz Społeczny

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Ewaluacja	Ewaluacja będzie dokonywana przez nauczyciela po drugiej lekcji.

4.2. Lekcja druga: utrwalamy technikę argumentacji tez na przykładach tez dotyczących energetyki.

Informacje ogólne o lekcji		
Temat	„Ćwiczymy umiejętność argumentacji na przykładzie tez dotyczących energetyki”	
Usytuowanie	To druga jednostka lekcyjna w ramach dwulekcyjnej jednostki metodycznej „Energetyka przyszłości” (będącej drugą z czterech jednostek metodycznych bloku D. „Zrównoważony Rozwój” w cyklu zajęć „Zmieniający się Świat – innowacyjny nauczyciel”).	
Adresat zajęć	Uczniowie szkoły średniej	
Miejsce i czas	Szkoła średnia, jedna godzina lekcyjna (45 minut)	
Cel główny	Zaciekawienie uczniów działaniem systemu elektroenergetycznego kraju i pokazanie jego złożoności	
Cele operacyjne (szczegółowe):	Wiadomości	Utrwalenie wiadomości z pierwszej lekcji • Jak wygląda system elektroenergetyczny w Polsce? Jak działa? • Jakie mamy źródła energii w systemie? Czym one się różnią? • Jakie zależności występują między poszczególnymi źródłami? • Jak konstruuje się argumentację na rzecz danej tezy?
	Umiejętności	• Uczniowie utrwalili sobie sposoby argumentowania na rzecz zadanej tezy
	Postawy	Uczniowie doceniają znaczenie solidnej, racjonalnej argumentacji.
Metody i techniki pracy	Wspólne rozwiązywanie ćwiczeń przy wsparciu prezentacją	
Formy pracy	Zalecana jest **praca zbiorowa całą klasą**, zakończone także wspólnym podsumowaniem.	
Środki dydaktyczne	• Prezentacja, • Tablica szkolna do zapisywania poszczególnych argumentów w ćwiczeniach.	
Przebieg lekcji		
Faza wstępna (około 3 - 5 minut)	Rekapitulacja wtórna	Nauczyciel krótko przypomina konkluzje z poprzedniej lekcji na temat sposobu uzasadniania tez. • Nasze argumenty powinny tworzyć łańcuch (argumentacja pogłębiona) lub wiązkę (argumentacja poszerzona) • Trzeba zaplanować sposób, którym spróbujemy obalić naszą tezę

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych”, dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

		(test, eksperyment).
	Postawienie problemu dyskusyjnego	Jak rzetelnie argumentować zadaną tezę? (ćwiczenia na przykładzie tez o energetyce)
Faza realizacyjna (ok. 38 - 40 min.)	Ćwiczenia z argumentacji (15 – 20 min.)	Nauczyciel przeprowadza z uczniami krok po kroku kolejne ćwiczenia, UWAGA: pamiętajmy o wymyśleniu testu falsyfikującego do każdej z kolejnych tez.
Faza podsumowująca (ok. 2 minuty)	**Rekapitulacja pierwotna dokonana przez nauczyciela**: Utrwalaliśmy sobie sposoby argumentowania tez w zakresie świeżo poznanej wiedzy o systemie elektroenergetycznym kraju. Celem było nie tylko poznanie zagadnień energetycznych, ale też samo nauczenie się argumentowania.	
Praca domowa	Nie zadajemy pracy domowej	
Ewaluacja	Ewaluacja jest dokonywana opisowo przez nauczyciela z obu lekcji na raz. Zwraca się uwagę na uwzględnienie w ewaluacji materiału z obu lekcji.	

Projekt POWR.04.01.00-00-I085/15 „Inkubacja innowacji społecznych w obszarze kształcenia ustawicznego osób dorosłych", dofinansowany w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014 – 2020 ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.