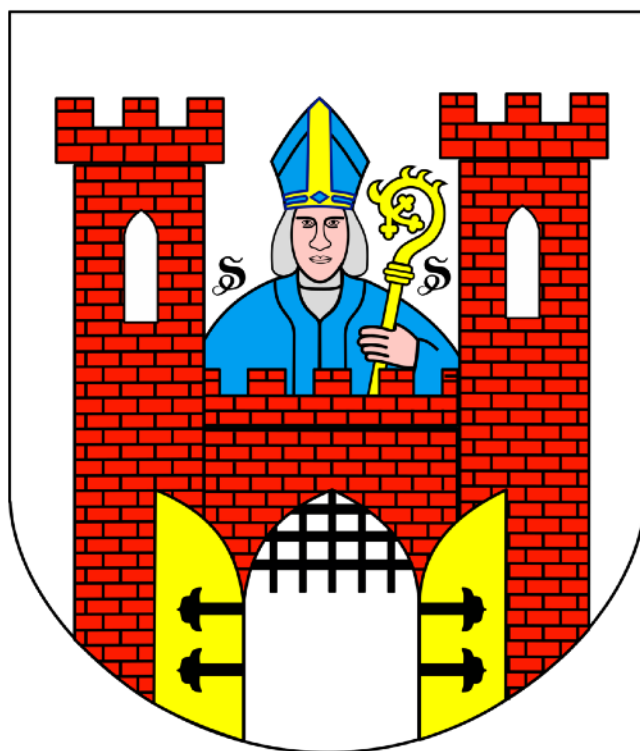




20 Stycznia 2026r, Gdańsk

Solecki Klaster Energii KONCEPCJA





1. SPIS TREŚCI:

1. Spis treści	2
2. Wprowadzenie	5
3. Solecki Klastr Energii	7
3.1. Definicja klastra energii (zgodna z ustawą o OZE)	7
3.2. Koordynator Klastra Energii	10
3.3. Podmioty tworzące klastr - uczestnicy	14
3.4. Klastry jako element polityki unijnej i krajowej	18
4. Koncepcja Prawna	21
4.1. Stan faktyczny, pytania prawne	21
4.2. Wstęp	22
4.3. Sposoby i formy zawiązania i powołania klastra energii	22
4.4. Podstawy prawne funkcjonowania	23
4.5. Ograniczenia dotyczące wielkości	24
4.6. Rodzaje i rola uczestników porozumienia	25
4.7. Rola i forma działalności koordynatora	25
4.8. Rejestracja klastra energii	26
4.9. Taryfy rozliczeniowe - URE, przesył energii wewnątrz klastra	27
5. Funkcje klastra	32
5.1. Produkcja, dystrybucja i konsumpcja energii lokalnej	32
5.2. Optymalizacja bilansu energetycznego	35
5.3. Rozwój lokalnych OZE i poprawa efektywności energetycznej	37
5.4. Innowacje (wodorowe, cyfrowe, magazynowanie, DSR)	38
6. Mechanizmy działania	40
6.1. Inteligentne systemy pomiarowe i zarządzające (e-Vision)	40
6.2. Obieg energii i rozliczenia wewnątrz klastra (ECM)	44
6.3. Współpraca z operatorem systemu dystrybucyjnego (OSD)	48
6.4. Taryfy wewnętrzne Soleckiego Klastra Energii	50



1. SPIS TREŚCI:

7. Koncepcja wodorowa	52
7.1. Wprowadzenie	52
7.2. Rola Wodoru w systemie energetycznym miasta	52
7.3. Techniczne założenia projektu	57
7.4. Integracja z infrastrukturą	60
7.5. Korzyści i przyszłość	62
7.6. Przyszły rozwój	67
7.7. Podsumowanie	68
8. Technologia	69
8.1. OZE	69
8.1.1. Fotowoltaika	69
8.1.2. BIPV	71
8.1.3. Turbiny wiatrowe	73
8.1.4. Biogazownie	75
8.1.5. Przetwarzanie odpadów	77
8.2. Technologia wodorowa	79
8.3. Magazyny Energii	84
8.4. Kogeneracja	85
9. Smart City i AI	88
10. Potencjalna struktura Soleckiego Klastra Energii	90
11. Taryfy rozliczeniowe Soleckiego Klastra Energii	109
12. Wstępna analiza przychodów i korzyści ekonomicznych	111
13. Wstępna analiza kosztów źródeł wytwarzania OZE	113
14. Wstępna analiza uzasadniająca powstanie klastra	115



1. SPIS TREŚCI:

15. Korzyści ekologiczne	117
16. ESG i Zrównoważony rozwój	119
17. Metodologia finansowania	123
18. Oferta i nowi uczestnicy	125
19. Bezpieczeństwo	127
20. Bilansowanie nadwyżek - produkcja zielonego wodoru	130
21. Współpraca strategiczna - lokalny biznes Solbet, Drobex, Autos	132
22. Klaster a spółdzielnia - podobieństwa, różnice, synergie.	135
23. Road Mapa rozwoju	137
24. Proponowane instalacje wytwórcze	138
24.1. Nieruchomość Polskiego Radia - maszty	138
24.2. Instalacja Fotowoltaiczna - działka 1165	
24.3. Zastosowanie instalacji fotowoltaicznych w formie carport - parking przy ulicy Targowej	146
24.4. Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej w formie carport - parking przy ulicy 29 Listopada	149
24.5. Rekomendacja wdrożenia instalacji fotowoltaicznej w modelu carport w kolejnych lokalizacjach miejskich	152
24.6. Miejska pływalnia w Solcu Kujawskim - możliwości wdrożenia kompleksowych rozwiązań energetycznych	155
24.7 Centrum Usług Społecznych ul. Kościuszki	158
25. Podsumowanie menadżerskie	160
26. Słownik	162
27. Autorzy	169



2. WPROWADZENIE

Solec Kujawski położony jest w centralnej części województwa kujawsko-pomorskiego, na styku kluczowych szlaków komunikacyjnych i gospodarczych regionu, pomiędzy Bydgoszczą a Toruniem – dwoma głównymi ośrodkami miejskimi i przemysłowymi północnej Polski. Usytuowanie miasta w dolinie Wisły, w bezpośrednim sąsiedztwie ważnych węzłów infrastrukturalnych, czyni Solec Kujawski istotnym ogniwem regionalnego systemu gospodarczego oraz naturalnym zapleczem rozwojowym dla funkcji produkcyjnych, logistycznych i usługowych.

Charakter miasta, ukształtowany przez wieloletnią obecność przemysłu, zaplecza technicznego oraz intensywnie rozwijającej się strefy aktywności gospodarczej, przekłada się na ponadprzeciętne zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą, a także wysoką wrażliwość lokalnej gospodarki na zmienność cen energii i ograniczenia infrastrukturalne systemu elektroenergetycznego. Jednocześnie Solec Kujawski pozostaje miastem o silnych funkcjach mieszkaniowych i społecznych, co powoduje nakładanie się profili zużycia energii typowych dla sektora komunalnego, usługowego i przemysłowego.

Położenie Solca Kujawskiego w bezpośrednim sąsiedztwie dużych aglomeracji oraz w obrębie silnie obciążonego regionalnego systemu dystrybucyjnego sprawia, że miasto w coraz większym stopniu doświadcza wyzwań charakterystycznych dla transformacji energetycznej: ograniczonej dostępności mocy przyłączeniowych, rosnących kosztów energii, potrzeby modernizacji infrastruktury oraz konieczności zwiększenia odporności lokalnych systemów zasilania. W tych warunkach klasyczny, scentralizowany model energetyki przestaje odpowiadać na potrzeby dynamicznie rozwijającej się gospodarki lokalnej.

Równocześnie Solec Kujawski dysponuje istotnym, dotychczas niewykorzystanym potencjałem rozwoju energetyki rozproszonej. Obejmuje on zarówno możliwości budowy instalacji fotowoltaicznych na dachach obiektów publicznych, przemysłowych i mieszkaniowych, jak i realizację większych źródeł wytwórczych na terenach poprzemysłowych oraz inwestycyjnych. Uzupełnieniem tego potencjału są lokalne systemy ciepłownicze, instalacje magazynowania energii oraz rozwiązania poprawiające efektywność energetyczną infrastruktury komunalnej.

W odpowiedzi na powyższe uwarunkowania samorząd Miasta Solec Kujawski, we współpracy z partnerami technologicznymi i branżowymi, przystąpił do opracowania Koncepcji Soleckiego Klastra Energii – dokumentu strategicznego, którego celem jest stworzenie lokalnego rynku energii, opartego na zasadach bilansowania, samokonsumpcji i wewnętrznych rozliczeń pomiędzy uczestnikami. Klaster energii, definiowany ustawowo jako cywilnoprawne porozumienie podmiotów wytwarzających, konsumujących, magazynujących i obracających energią na ograniczonym obszarze terytorialnym, stanowi realne narzędzie porządkowania i optymalizacji lokalnego systemu energetycznego.



2. WPROWADZENIE

Istotą funkcjonowania klastra jest zatrzymanie energii w obiegu lokalnym: jej wytwarzanie w oparciu o odnawialne źródła energii, zużywanie możliwie blisko miejsca produkcji oraz rozliczanie po wewnętrznych stawkach klastrowych, które pozwalają na ograniczenie kosztów dystrybucyjnych i zwiększenie przewidywalności cen. W warunkach Solca Kujawskiego oznacza to możliwość stabilizacji kosztów energii dla jednostek samorządowych, spółek komunalnych, przedsiębiorców oraz – w dalszej perspektywie – mieszkańców miasta.

Koncepcja Soleckiego Klastra Energii zakłada stopniową budowę lokalnego systemu bilansowania energii, umożliwiającego integrację różnych profili zużycia – od obiektów administracyjnych i infrastruktury komunalnej, przez zakłady przemysłowe i centra logistyczne, po zabudowę mieszkaniową. Szczególne znaczenie przypisuje się możliwości tworzenia lokalnych wysp energetycznych dla obiektów o znaczeniu krytycznym, takich jak urzędy, szkoły, instalacje wodno-kanalizacyjne czy systemy bezpieczeństwa publicznego.

Integralnym elementem planowanej struktury klastra będzie wdrożenie nowoczesnych systemów zarządzania i rozliczania energii, umożliwiających monitoring produkcji i zużycia w czasie rzeczywistym, precyzyjne bilansowanie oraz transparentne rozliczenia pomiędzy uczestnikami. Zastosowanie cyfrowych narzędzi telemetrii i rozliczeń stworzy podstawy do bezpiecznego, efektywnego i skalowalnego funkcjonowania klastra jako lokalnego rynku energii.

Dla miasta Solec Kujawski Klaster Energii stanowić będzie nie tylko projekt infrastrukturalny, lecz także instrument długofalowej polityki rozwojowej. Dla przedsiębiorców – narzędzie redukcji kosztów i zwiększenia konkurencyjności. Dla mieszkańców – szansę na dostęp do stabilnej i tańszej energii oraz realne uczestnictwo w procesie transformacji energetycznej. W szerszej perspektywie Solecki Klaster Energii może stać się wzorcowym przykładem nowoczesnego modelu gospodarki lokalnej, w którym energia pełni rolę strategicznego zasobu wspólnoty i fundamentu jej dalszego rozwoju.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

3.1. Definicja klastra energii (zgodna z ustawą o OZE)

Podstawa prawna

Zgodnie z art. 2 pkt 15a ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478 z późn. zm.)

„klaster energii” – oznacza cywilnoprawne porozumienie, w szczególności w formie umowy, zawarte pomiędzy osobami fizycznymi, osobami prawnymi, jednostkami samorządu terytorialnego, instytucjami badawczymi lub uczelniami, dotyczące wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji lub obrotu energią z odnawialnych źródeł energii, lub z innych źródeł w ramach sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV, w obszarze nie większym niż granice jednego powiatu lub 5 gmin.

W praktyce klaster energii to lokalna inicjatywa energetyczna, która łączy mieszkańców, przedsiębiorców i instytucje w celu wspólnego działania na rzecz produkcji i konsumpcji energii w sposób zrównoważony i ekonomicznie opłacalny. Klaster umożliwia efektywniejsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii takich jak fotowoltaika, elektrownie wiatrowe, biogaz czy zielony wodór, a także pozwala lepiej zarządzać lokalnym popytem na energię poprzez technologie pomiarowe i systemy bilansowania. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie strat przesyłowych, redukcja kosztów zakupu energii oraz zwiększenie niezależności energetycznej regionu.

Kluczowym elementem działania klastra jest porozumienie klastrowe, czyli formalny dokument regulujący zasady współpracy pomiędzy jego uczestnikami. W porozumieniu tym określa się cele klastra, role poszczególnych podmiotów, zakres ich zaangażowania, mechanizmy rozliczeń oraz sposób zarządzania energią. W dokumencie tym wyznacza się także koordynatora klastra – podmiot odpowiedzialny za codzienne funkcjonowanie i rozwój całej inicjatywy. Porozumienie klastrowe stanowi fundament dla budowy wspólnego modelu biznesowego opartego na lokalnej produkcji i dystrybucji energii.

Klaster energii to zatem nie tylko techniczne rozwiązanie czy prawna struktura. To przede wszystkim lokalny model gospodarki energetycznej, który wspiera rozwój regionu, tworzy przestrzeń dla innowacji i nowych inwestycji, aktywizuje społeczności oraz umożliwia realne oszczędności dla wszystkich uczestników. Z perspektywy biznesowej stanowi on ramy dla powstawania nowych modeli przychodowych opartych na efektywnym zarządzaniu energią, usługach cyfrowych i wykorzystaniu zielonych technologii. Współpraca w ramach klastra wzmacnia pozycję regionu na tle transformacji energetycznej i pozwala lepiej odpowiadać na wyzwania związane z bezpieczeństwem energetycznym, dekarbonizacją i zrównoważonym rozwojem.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

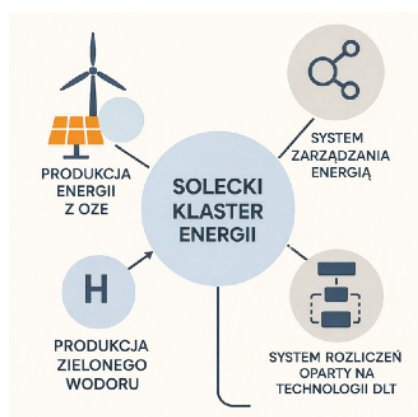
Struktura organizacyjna klastra energii i jego znaczenie gospodarcze

Klaster energii jako lokalny system współpracy opiera się na przemysłanej, ale elastycznej strukturze organizacyjnej. Jego podstawowym założeniem jest połączenie różnych podmiotów w jeden spójny mechanizm działania, który pozwala na samodzielne planowanie, produkcję, dystrybucję i rozliczanie energii w ramach określonego obszaru geograficznego. Struktura klastra nie jest sztywno narzucona, co pozwala dostosować ją do lokalnych potrzeb, potencjału i celów – zarówno technologicznych, jak i ekonomicznych.

W praktyce klaster działa jako zintegrowana platforma wymiany energii i informacji. Na poziomie organizacyjnym obejmuje on szereg funkcji: od planowania produkcji energii z odnawialnych źródeł, przez jej magazynowanie i dystrybucję, aż po rozliczenia wewnętrzne i raportowanie środowiskowe. W strukturze klastra przewidziane są mechanizmy zarządzania energią w czasie rzeczywistym, narzędzia IT do monitoringu i bilansowania oraz systemy analityczne wspierające optymalizację kosztową. Taka organizacja pozwala na dynamiczne reagowanie na zmiany popytu i podaży oraz umożliwia pełniejsze wykorzystanie lokalnych zasobów.

Z punktu widzenia ekonomii klaster energii stwarza zupełnie nowe możliwości gospodarowania energią. Uczestnicy systemu mogą korzystać z preferencyjnych warunków rozliczeń w ramach tzw. stawek wewnątrz klastrowych, które są znacznie korzystniejsze niż ceny rynkowe energii pobieranej z sieci ogólnokrajowej. To przekłada się bezpośrednio na redukcję kosztów operacyjnych zarówno dla gospodarstw domowych, jak i firm. Jednocześnie możliwa staje się lepsza kontrola nad zużyciem energii, większa stabilność kosztów w długim okresie oraz zwiększenie przewidywalności finansowej.

Dzięki odpowiednio zaprojektowanej strukturze klaster może również generować nowe źródła przychodu – przykładowo poprzez sprzedaż nadwyżek energii, świadczenie usług bilansujących czy udział w systemach elastyczności energetycznej. Tworzy to atrakcyjne środowisko inwestycyjne, szczególnie dla firm wdrażających innowacyjne technologie, start-upów energetycznych oraz instytucji finansujących zieloną transformację. W dłuższej perspektywie dobrze funkcjonujący klaster staje się lokalnym centrum kompetencji energetycznych, które nie tylko obniża koszty, ale także przyciąga nowe inwestycje i wspiera rozwój regionalnej gospodarki.





3. SOLECKI KLASTER ENERGII

3.2. Koordynator klastra energii

Koordynator klastra energii pełni kluczową funkcję zarządzającą w strukturze klastra energii, zapewniając jego sprawne funkcjonowanie, zgodność z przepisami prawa oraz skuteczną realizację celów energetycznych, ekonomicznych i środowiskowych. Jego obecność w strukturze klastra wynika wprost z przepisów ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. z 2024 r. poz. 1449 ze zm.), w której pojęcie klastra energii i jego uczestników zostało uregulowane w artykule 2 pkt 15a.

Definicja koordynatora klastra energii

Koordynator klastra to podmiot wyznaczony w porozumieniu klastrowym jako odpowiedzialny za organizację pracy klastra, reprezentację uczestników, zarządzanie przepływami energii i informacji, a także za kontakt z otoczeniem zewnętrznym – w tym operatorem systemu dystrybucyjnego, organami administracji publicznej, partnerami rynkowymi czy instytucjami finansującymi.

Koordynator nie musi być osobą prawną, choć najczęściej rolę tę pełnią spółki celowe lub organizacje specjalnie powołane w tym celu – na przykład stowarzyszenia, klastry branżowe, podmioty komunalne lub prywatni inwestorzy działający na rzecz całej społeczności energetycznej.

Zadania koordynatora klastra

Zakres zadań koordynatora klastra wynika zarówno z zapisów porozumienia klastrowego, jak i z funkcji niezbędnych do prawidłowego działania systemu zarządzania energią. Najczęściej obejmuje on:

1. Zarządzanie operacyjne:
 - Planowanie i nadzorowanie bilansu energetycznego (produkcja vs konsumpcja)
 - Koordynowanie pracy wytwórców, prosumentów, odbiorców oraz systemów magazynowania
 - Wdrażanie technologii zarządzania energią (EMS, SCADA, BMS itp.)
2. Reprezentacja i formalności:
 - Reprezentowanie klastra wobec instytucji państwowych, URE, OSD, gmin, banków i innych interesariuszy
 - Nadzór nad zgodnością klastra z przepisami prawa energetycznego, podatkowego i środowiskowego
 - Składanie wniosków o wsparcie finansowe, dotacje, koncesje
3. Zarządzanie informacją i technologią:
 - Zbieranie, przetwarzanie i raportowanie danych pomiarowych
 - Nadzór nad digitalizacją klastra, systemami analityki energetycznej
 - Wdrażanie systemów IT umożliwiających wewnętrzny obrót energią i rozliczenia między uczestnikami



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

4. Rozliczenia wewnętrzne i ekonomiczne:
 - Ustalanie zasad i taryf rozliczeń wewnątrzklastrowych
 - Koordynowanie rozliczeń finansowych i energetycznych między uczestnikami
 - Sporządzanie analiz opłacalności inwestycji, planów modernizacji i optymalizacji energetycznej
5. Rozwój i innowacje:
 - Inicjowanie projektów rozwojowych i inwestycyjnych
 - Koordynacja działań w zakresie wdrażania OZE, magazynów energii, wodoru
 - Udział w krajowych i międzynarodowych projektach pilotażowych

Zakres odpowiedzialności i uprawnień

Koordinator działa na podstawie pełnomocnictwa udzielonego przez uczestników klastra. Oznacza to, że jego kompetencje i obowiązki są ustalane wewnętrznie – w ramach porozumienia klastra lub osobnych umów bilateralnych z członkami. W praktyce oznacza to konieczność wysokiego poziomu zaufania oraz jasnego określenia ram prawnych i organizacyjnych jego działania.

Koordinator nie posiada domyślnie uprawnień decyzyjnych względem OSD ani nie pełni funkcji operatora systemu energetycznego, ale może reprezentować klastę w działaniach wobec OSD oraz organizować fizyczny lub wirtualny obrót energią w ramach klastra.

Znaczenie koordynatora w kontekście transformacji energetycznej

W erze rozproszonej energetyki, lokalnych łańcuchów wartości oraz dynamicznych rynków prosumenckich – rola koordynatora nabiera kluczowego znaczenia. To właśnie ten podmiot łączy elementy techniczne, organizacyjne, finansowe i prawne w jedno spójne środowisko działania. Jego efektywność przekłada się bezpośrednio na:

- osiągnięcie realnych oszczędności przez uczestników klastra,
- redukcję emisji i efektywność wykorzystania lokalnych źródeł energii,
- integrację nowoczesnych technologii (magazyny, H₂, IT, elektromobilność),
- atrakcyjność klastra jako partnera dla funduszy inwestycyjnych i programów UE.

Jednym z najistotniejszych zadań koordynatora klastra jest pełnienie funkcji przedstawiciela klastra w relacjach z otoczeniem zewnętrznym. Oznacza to, że to właśnie koordynator występuje w imieniu uczestników klastra wobec instytucji publicznych, operatorów sieci, dostawców usług, partnerów projektowych oraz potencjalnych inwestorów.

W praktyce jego zadania reprezentacyjne obejmują:

1. Kontakt z operatorem systemu dystrybucyjnego (OSD) – w zakresie:
 - uzgadniania warunków przyłączeniowych i technicznych,
 - przekazywania planów bilansowych i danych pomiarowych,
 - współpracy przy wdrażaniu elastyczności sieci i bilansowaniu lokalnym.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

2. Współpraca z administracją publiczną – na poziomie:
 - gmin, powiatów i województw w ramach lokalnych strategii energetycznych,
 - organów nadzoru (np. Urząd Regulacji Energetyki, NFOŚiGW) w zakresie zgodności z wymogami prawnymi, programów wsparcia i obowiązków sprawozdawczych.
3. Reprezentacja w procesach inwestycyjnych i grantowych:
 - składanie wniosków o dofinansowanie, dotacje, preferencyjne kredyty,
 - prowadzenie korespondencji i procesów aplikacyjnych do funduszy krajowych i europejskich (np. FEnIKS, REPowerEU, Fundusz Modernizacyjny),
 - występowanie jako beneficjent lub lider konsorcjum projektowego.
4. Promocja klastra i budowa partnerstw:
 - opracowanie i prowadzenie działalności PR oraz marketingu,
 - udział w konferencjach, spotkaniach branżowych, inicjatywach sektorowych,
 - budowanie marki klastra jako nowoczesnego modelu energetyki lokalnej,
 - pozyskiwanie partnerów technologicznych i inwestorów do dalszego rozwoju infrastruktury energetycznej.
5. Negocjacje i zawieranie umów:
 - negocjowanie warunków współpracy z dostawcami technologii, usług i mediów,
 - zawieranie umów handlowych lub ramowych z uczestnikami klastra i stronami trzecimi, o ile przewiduje to porozumienie klastrowe.

Koordinator może działać na podstawie pełnomocnictwa ogólnego udzielonego przez wszystkich uczestników klastra, lub osobnych upoważnień w konkretnych obszarach (np. tylko do reprezentacji formalno-prawnej, bez uprawnień do podejmowania zobowiązań finansowych). Takie uregulowanie pozwala zachować elastyczność i jednocześnie bezpieczeństwo prawne działania całej struktury.

W praktyce oznacza to, że skuteczny koordinator klastra musi łączyć kompetencje menedżera energetycznego, koordynatora projektów, eksperta regulacyjnego i przedstawiciela środowiska lokalnego, pełniąc rolę filaru integracyjnego dla całego przedsięwzięcia.

Struktura i zasady funkcjonowania klastra energii



Klastry energii działają na zasadzie współpracy i wymiany energii.

Mogą być zarządzane przez spółdzielnię lub inny podmiot, który koordynuje działania członków.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

Rekomendacje dotyczące koordynatora klastra energii w Solcu Kujawskim

Z uwagi na strategiczne znaczenie koordynatora klastra energii dla prawidłowego funkcjonowania systemu lokalnej produkcji, dystrybucji i konsumpcji energii, rekomenduje się, aby w pierwszej fazie budowy i rozwoju Klastra Energii rolę koordynatora pełnił Urząd Miasta w Solcu Kujawskim, realizując te zadania w ramach kompetencji wyznaczonego pracownika lub zespołu pracowników. W kolejnych fazach strategicznego rozwoju Klastra Energii, wraz ze wzrostem skali operacyjnej, liczby uczestników oraz złożoności procesów technologicznych i finansowych, rekomenduje się powołanie koordynatora w formie dedykowanej spółki celowej (SPV – Special Purpose Vehicle), działającej na zasadach prawa handlowego, lub alternatywnie powierzenie tej roli istniejącej spółce funkcjonującej w ramach jednostki samorządu terytorialnego (JST).

Uzasadnienie wyboru formy spółki celowej:

1. Profesjonalizacja zarządzania klastra

Spółka celowa jako koordynator umożliwia zatrudnienie dedykowanego zespołu zarządzającego, specjalistów ds. energii, prawa, finansów i IT, co znacząco zwiększa efektywność operacyjną klastra.

2. Pełna zdolność prawna i operacyjna

Spółka może w pełni reprezentować klastery w obrocie prawnym – zawierać umowy, prowadzić działalność gospodarczą, aplikować o środki zewnętrzne, realizować inwestycje, pozyskiwać finansowanie i być stroną w postępowaniach administracyjnych w ramach reprezentowania członków porozumienia klastrowego.

3. Zwiększenie wiarygodności wobec interesariuszy

Forma spółki z ograniczoną odpowiedzialnością lub spółki akcyjnej jest transparentna i powszechnie rozpoznawalna przez operatorów systemów dystrybucyjnych, instytucje publiczne oraz inwestorów prywatnych i fundusze UE

4. Warunki do wdrażania innowacyjnych modeli rozliczeń

Spółka jako koordynator będzie mogła wdrożyć zaawansowane systemy zarządzania energią, rozliczeń wewnątrzklastrowych, lokalnych taryf dynamicznych, a także rozwijać usługi elastyczności, magazynowania, handlu bilansującego czy technologii wodorowych.

5. Gotowość do skalowania i ekspansji

Spółka celowa umożliwia w przyszłości rozszerzenie zakresu działania na inne jednostki samorządu terytorialnego, nowe technologie (np. H2, BIPV, elektromobilność), udział w konsorcjach badawczo-rozwojowych i rozwój usług doradczych lub operatorskich.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

Proponowane działania wdrożeniowe:

- Przygotowanie struktury i szkolenia zespołu wyznaczonego przez urząd miejski z określeniem jej roli jako koordynatora klastra energii w Solcu Kujawskim.
- Ustalenie zasad finansowania pierwszego etapu działalności koordynatora (kapitał zakładowy, dotacje, wkłady rzeczowe) oraz zapewnienie finansowania działalności w ramach stawki klastrowej.
- Włączenie spółki do prac nad projektem klastra od etapu operacyjnego: wdrażanie systemów pomiarowych, prowadzenie bilansowania, obsługa kontaktów z OSD i URE.
- Określenie modelu rozliczeń wewnętrznych i reguł udziału nowych podmiotów w klastrze poprzez koordynatora.





3. SOLECKI KLASTER ENERGII

3.3. Podmioty tworzące klastery - uczestnicy

Struktura klastra energii opiera się na współpracy wielu różnorodnych uczestników, których zadania, kompetencje i funkcje wzajemnie się uzupełniają, tworząc zintegrowany i lokalnie zoptymalizowany system energetyczny. To właśnie uczestnicy klastra – w rozumieniu porozumienia klastrowego – stanowią fundament całego przedsięwzięcia. Ich zaangażowanie, zasoby oraz zdolność do współdziałania są niezbędne do osiągnięcia nadrzędnych celów klastra, takich jak zwiększenie niezależności energetycznej, poprawa efektywności ekonomicznej, obniżenie kosztów energii i redukcja emisji gazów cieplarnianych.

Wśród uczestników klastra wyróżnić można kilka głównych grup, które pełnią komplementarne funkcje w ramach wspólnego ekosystemu. Pierwszą z nich stanowią wytwórcy energii. To podmioty, które produkują energię elektryczną, ciepłą lub – w bardziej zaawansowanych strukturach – również energię chemiczną w postaci zielonego wodoru. Wytwórcy korzystają najczęściej z odnawialnych źródeł energii takich jak instalacje fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, biogazownie lub mikrosystemy kogeneracyjne. Ich zadaniem w strukturze klastra jest nie tylko zapewnienie podaży energii na potrzeby lokalne, ale również współtworzenie bilansu energetycznego, wspieranie elastyczności systemu i uczestnictwo w mechanizmach zarządzania nadwyżkami energii, które mogą być magazynowane lub przekierowywane do innych uczestników.

Drugą grupą są odbiorcy końcowi, którzy zużywają energię w ramach swojej podstawowej działalności. Do tej grupy należą gospodarstwa domowe, instytucje publiczne, przedsiębiorstwa usługowe, zakłady przemysłowe, a także infrastruktura komunalna – na przykład szkoły, szpitale czy obiekty sportowe. Funkcja odbiorców w klastrze nie ogranicza się jedynie do biernego poboru energii. Coraz częściej podmioty te wdrażają systemy zarządzania popytem, uczestniczą w programach DSR (Demand Side Response), a także inwestują w instalacje efektywności energetycznej i zarządzają własnym zużyciem w sposób inteligentny i świadomy.

Szczególną rolę w strukturze klastra pełnią prosumenci, czyli podmioty, które jednocześnie wytwarzają i konsumują energię. Są to najczęściej gospodarstwa domowe lub przedsiębiorstwa posiadające własne źródła OZE – takie jak instalacje PV lub małe turbiny wiatrowe – a także magazyny energii, które umożliwiają im bardziej elastyczne zarządzanie nadwyżkami produkcyjnymi. Prosument jest podmiotem wyjątkowo cennym w modelu klastra, ponieważ zwiększa jego odporność na zakłócenia i obniża obciążenie sieci, bilansując zapotrzebowanie w ramach lokalnej struktury. Co więcej, prosumenci aktywnie wpływają na demokratyzację energetyki, wzmacniając poczucie sprawczości uczestników i promując energetyczną samowystarczalność.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

Istotnym uczestnikiem klastra jest jednostka samorządu terytorialnego – w przypadku Solca Kujawskiego będzie to urząd miasta. JST pełni funkcję gospodarza klastra oraz strażnika interesu publicznego. To właśnie samorząd posiada zasoby gruntowe, budynki użyteczności publicznej, kompetencje planistyczne i administracyjne, a także zdolność do animowania dialogu społecznego wokół transformacji energetycznej. Samorząd może także aktywnie wspierać finansowanie inwestycji klastrowych, uczestniczyć w spółce celowej pełniącej funkcję koordynatora oraz zabiegać o środki unijne i krajowe w ramach programów wspierających rozwój odnawialnych źródeł energii, inteligentnych sieci czy gospodarki wodorowej.

W strukturze klastra niezbędni są także partnerzy technologiczni, firmy dostarczające systemy IT, rozwiązania z zakresu automatyki, magazynowania energii, elektromobilności, wodoru czy rozliczeń. Ich rolą jest wspieranie klastra od strony wdrożeniowej, zapewnienie systemów do zarządzania energią (EMS), pomiarów w czasie rzeczywistym, integracji z siecią czy rozliczeń wewnętrznych. Podmioty te wnoszą do klastra nie tylko technologię, ale i kompetencje zarządcze, wdrożeniowe i projektowe, niezbędne do osiągnięcia pełnej cyfryzacji i automatyzacji ekosystemu wspierając działalność zarządczą koordynatora.

Wszyscy członkowie klastra działają na podstawie wspólnego porozumienia klastrowego, które określa warunki współpracy, zakres zobowiązań, sposób podejmowania decyzji oraz mechanizmy rozliczeń i wymiany energii. W zależności od modelu organizacyjnego klastra, relacje te mogą przyjąć formę umowy partnerskiej, udziału w spółce celowej, kontraktu handlowego lub członkostwa w porozumieniu. Kluczowe znaczenie ma transparentność zasad uczestnictwa, przejrzystość finansowa oraz wspólne cele, wokół których koncentruje się aktywność klastra. Zaznaczyć należy, że formę uczestnictwa (wejścia/wyjścia) w klastrze można zróżnicować w zależności od pełnionej funkcji. Uproszczenie modelu dla podstawowych uczestników takich jak producent, konsument i prosument i sprowadzenie go do podstawowej umowy handlowej (lub cyfrowej umowy wyrażonej w akceptowalnym regulaminie) stanowczo ułatwi rozwój i ekspansję klastra.

W efekcie odpowiednio skonfigurowana struktura uczestników klastra zapewnia nie tylko techniczną równowagę systemu, lecz także społeczno-ekonomiczną synergę, która staje się źródłem trwałych korzyści dla całej społeczności lokalnej.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

Rekomendacje dotyczące struktury Soleckiego Klastra Energii

Projekt klastra energii w Solcu oparty jest na modelu kooperacyjnym, łączącym podmioty samorządowe, komunalne, biznesowe i technologiczne. Struktura ta została zaprojektowana w sposób umożliwiający efektywne bilansowanie lokalnej produkcji i konsumpcji energii, dynamiczne rozliczenia wewnętrzne oraz wdrażanie nowoczesnych narzędzi zarządzania energetycznego.

Rekomenduje się, aby funkcję koordynatora klastra pełnił Urząd Miasta Solec Kujawski, działający w oparciu o wyznaczoną strukturę organizacyjną oraz dedykowanych przedstawicieli odpowiedzialnych za bieżącą koordynację i rozwój Soleckiego Klastra Energii. W ramach tej struktury, jako partnerzy inicjujący i strategiczni uczestnicy klastra, znaleźć się powinni:

- Gmina Solec Kujawski jako główny partner publiczny i koordynator klastra,• Spółki i jednostki komunalne związane z miastem,
- Jednostki technologiczne i badawczo-rozwojowe, w tym Future Solutions, odpowiedzialne za wsparcie technologiczne oraz zarządzanie procesami,
- Jednostka rozliczeniowa (ECM) odpowiedzialna za cyfryzację oraz systemy rozliczeń pomiędzy uczestnikami klastra, oparte na technologii DLT,
- Jednostka produkcji gazów technicznych, w szczególności zielonego wodoru, pełniąca funkcję strategicznego elementu bilansującego nadwyżki energii elektrycznej wytwarzanej w klastrze oraz umożliwiającą jej konwersję na nośniki energii o wartości przemysłowej i magazynowej.

Przyjęcie takiego modelu pozwala na połączenie nadrzędnego interesu publicznego z wysoką efektywnością operacyjną, dostępem do know-how technologicznego oraz możliwością pozyskiwania finansowania zewnętrznego. Zapewnia on również stabilne i niezakłócone funkcjonowanie klastra, umożliwiając aktywne zarządzanie nadwyżkami energii oraz tworząc trwały fundament organizacyjny projektu, stanowiący w dalszym etapie podstawę do powołania Rady Klastra.





3. SOLECKI KLASTER ENERGII

3.4. Klastry energii jako element polityki unijnej i krajowej

W obliczu postępującego kryzysu klimatycznego, rosnących cen energii i napięć geopolitycznych, polityka energetyczna Unii Europejskiej oraz państw członkowskich wyraźnie zmierza w kierunku decentralizacji, samowystarczalności i transformacji energetycznej opartej na źródłach odnawialnych. W tym kontekście klastry energii stają się nie tylko narzędziem realizacji unijnych celów klimatycznych, lecz także realnym sposobem na wzmocnienie odporności lokalnych społeczności i gospodarek.

Unia Europejska promuje model energetyki obywatelskiej i rozproszonej jako fundament bezpieczeństwa energetycznego. Jednym z kluczowych założeń tej strategii jest oddanie większej kontroli nad energią obywatelom, samorządom i małym przedsiębiorstwom. Klastry energii odpowiadają bezpośrednio na to założenie, umożliwiając produkcję, dystrybucję i konsumpcję energii w granicach lokalnych wspólnot, a jednocześnie przyczyniając się do redukcji emisji gazów cieplarnianych, poprawy jakości powietrza i zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego.

Na poziomie krajowym, Polska uznała klastry energii za jeden z priorytetowych kierunków rozwoju sektora OZE. W ustawodawstwie znalazły się regulacje umożliwiające funkcjonowanie klastrów jako formy współpracy jednostek samorządu terytorialnego, firm, organizacji społecznych i obywateli w zakresie bilansowania lokalnych potrzeb energetycznych. Ministerstwo Klimatu i Środowiska wielokrotnie wskazywało, że rozwój klastrów energii może w istotny sposób przyspieszyć osiągnięcie krajowych celów klimatycznych oraz zwiększyć udział energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu.

Polityczne argumenty przemawiające za rozwojem klastrów energii są jednoznaczne. Po pierwsze, klastry wzmacniają suwerenność energetyczną kraju, ograniczając zależność od importu paliw kopalnych i niestabilnych rynków zewnętrznych. Po drugie, wspierają rozwój regionalny poprzez tworzenie nowych miejsc pracy w sektorze zielonej gospodarki, zwiększając atrakcyjność inwestycyjną obszarów oddalonych od głównych centrów przemysłowych. Po trzecie, umożliwiają aktywizację lokalnych społeczności w procesach decyzyjnych związanych z energią, co buduje zaufanie i kapitał społeczny niezbędny do skutecznej transformacji.

Warto podkreślić, że klastry energii to także strategiczne narzędzie zarządzania kryzysowego. W dobie coraz częstszych ekstremalnych zjawisk pogodowych i potencjalnych zagrożeń dla infrastruktury przesyłowej, zdecentralizowane systemy oparte na lokalnej produkcji i magazynowaniu energii stają się gwarantem ciągłości dostaw i odporności energetycznej. Klastry są więc nie tylko odpowiedzią na potrzeby rynku i środowiska, ale również zabezpieczeniem przed przyszłymi wyzwaniami.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

Zarówno w unijnej, jak i krajowej perspektywie, klastry energii przestają być niszowym rozwiązaniem eksperymentalnym. Stają się istotnym komponentem systemu energetycznego przyszłości. Dlatego ich rozwój powinien być nie tylko wspierany, ale wręcz priorytetowo traktowany przez władze publiczne na wszystkich szczeblach. Dziś tworzenie klastra energii to akt odpowiedzialności lokalnej społeczności, ale jutro może okazać się kluczowym filarem suwerenności i bezpieczeństwa całego kraju.

Uwarunkowania unijne dotyczące klastrów energii i gospodarki wodorowej

Dyrektywa RED II (UE) 2018/2001

Jest to kluczowy akt prawny wspierający rozwój odnawialnych źródeł energii. Zawiera pojęcie wspólnot energetycznych obywateli oraz wspólnot energii odnawialnej, do których klastry energii mogą być zaliczane. RED II nakłada na państwa członkowskie obowiązek:

- stworzenia ram prawnych umożliwiających tworzenie i funkcjonowanie wspólnot energetycznych,
- zapewnienia dostępu tych wspólnot do rynku energii, sieci i programów wsparcia,
- zagwarantowania ich prawa do wytwarzania, magazynowania, zużywania i sprzedaży energii.

Pakiet „Czysta energia dla wszystkich Europejczyków” (Clean Energy Package)

W jego skład wchodzi m.in. Dyrektywa o rynku energii elektrycznej (UE) 2019/944, która:

- definiuje aktywnych odbiorców, czyli m.in. uczestników klastrów energii,
- promuje lokalną produkcję i konsumpcję energii,
- wzmacnia rolę obywateli, samorządów i MŚP w transformacji energetycznej.

Strategia Wodoru dla neutralnej klimatycznie Europy (2020)

Strategia zakłada stworzenie rynku wodoru w trzech fazach:

1. 2020–2024: rozwój elektrolizerów o mocy do 6 GW.
2. 2025–2030: skala przemysłowa, pełne włączenie zielonego wodoru w sektorze przemysłu i transportu.
3. Po 2030: zielony wodór jako integralna część zintegrowanego systemu energetycznego.

Krajowe regulacje dotyczące klastrów energii

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478, z późn. zm.). To główny akt prawny regulujący funkcjonowanie klastrów energii w Polsce. Zgodnie z art. 2 pkt 15a ustawy o odnawialnych źródłach energii, klaster energii jest porozumieniem cywilnoprawnym obejmującym lokalnych wytwórców, odbiorców, operatorów i jednostki samorządowe, działające wspólnie w celu tworzenia lokalnego rynku energii i zwiększania samowystarczalności energetycznej.



3. SOLECKI KLASTER ENERGII

Dodatkowo:

- klastry mogą ubiegać się o status pilotażowy, który przyznaje Ministerstwo Klimatu i Środowiska,
- korzystają z uproszczeń w zakresie taryf i przyłączania do sieci.

Polityka energetyczna Polski do 2040 roku (PEP2040)

Dokument strategiczny, który wskazuje klastry energii jako jeden z głównych filarów rozwoju energetyki rozproszonej. Wskazuje na:

- konieczność wspierania samowystarczalnych energetycznie regionów,
- powiązanie z gospodarką wodorową, elektromobilnością i magazynowaniem energii.

Polska strategia i przepisy dotyczące gospodarki wodorowej

Polska Strategia Wodorowa do 2030 r. z perspektywą do 2040 r.

Przyjęta w 2021 r. strategia zakłada stworzenie krajowego rynku wodoru. Jej główne cele:

- rozwój technologii produkcji niskoemisyjnego wodoru,
- wykorzystanie wodoru w energetyce, transporcie i przemyśle,
- wspieranie projektów wodorowych w ramach klastrów energii i wspólnot lokalnych.

Ustawa – Prawo energetyczne (Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348, z późn. zm.)

Nowelizacja z 2021 r. wprowadza pojęcie operatora systemu wodorowego, definiując sieci przesyłowe wodoru jako odrębną infrastrukturę, z przyszłą możliwością taryfowania.

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317)

Reguluje wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego i określa warunki:

- budowy stacji tankowania wodoru,
- dopuszczenia pojazdów napędzanych wodorem do rynku.



4. KONCEPCJA PRAWNA

Autor opinii: Adwokat Marcin Kminkowski prowadzący indywidualną Kancelarię Adwokacką w Pruszczu Gdańskim, numer wpisu ORA Gdańsk 1939.

4.1. Stan faktyczny, pytania prawne

Przedmiot opinii

Przedmiotem opinii jest analiza przepisów prawa w zakresie powołania i funkcjonowania klastrów energii

Analiza przepisów prawa obejmuje niżej wymienione akty prawne:

Ustawa OZE

Prawo Energetyczne

1. Stan Faktyczny

Zlecający przystępuje do podjęcia przedsięwzięcia dotyczącego stworzenia klastra energii na terenie Solca Kujawskiego. W skład klastra mają wchodzić zarówno podmioty prywatne, jak i podmioty publiczne.

2. Pytania prawne

Przedmiotem analizy jest udzielenie szczegółowej odpowiedzi na zadane przez Zlecającego pytania dotyczące:

- Sposoby i formy zawiązania i powołania klastra energii,
- Podstawy prawne funkcjonowania klastra energii,
- Ograniczenia dotyczące wielkości klastrów,
- Rodzaje i rola członków porozumienia klastra energii,
- Rola i forma działalności koordynatora klastra,
- Rejestracja klastra energii,
- Wewnętrzne taryfy rozliczeniowe – URE, przepisy dotyczące przesyłu energii wewnątrz klastra,
- Samorządy terytorialne a klastry energii.



4. KONCEPCJA PRAWNA

4.2. Wstęp

W pierwszej kolejności należy odnieść się do samej instytucji klastra energii, czym jest i jakie ma źródło normatywne. Definicja legalna klastra energii zawarta jest w ustawie z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, tekst jednolity z dnia 19 sierpnia 2024 r. (Dz.U. z 2024 r. poz. 1361). Ustawodawca w przepisie art. 2 pkt 15a wskazał, że w rozumieniu wskazanej ustawy klastry energii to „porozumienie, którego przedmiotem jest współpraca w zakresie wytwarzania, magazynowania, równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji energii elektrycznej, lub paliw w rozumieniu [art. 3 pkt 3](#) ustawy - Prawo energetyczne, lub obrotu nimi, lub w zakresie wytwarzania, magazynowania, równoważenia zapotrzebowania, przesyłania lub dystrybucji ciepła, lub obrotu ciepłem, w celu zapewnienia jego stronom korzyści gospodarczych, społecznych lub środowiskowych, lub zwiększenia elastyczności systemu elektroenergetycznego, którego stroną jest co najmniej:

- a) jednostka samorządu terytorialnego lub
- b) spółka kapitałowa utworzona na podstawie [art. 9 ust. 1](#) ustawy z dnia 20 grudnia 1996 r. o gospodarce komunalnej (Dz.U. z 2021 r. [poz. 679](#)) przez jednostkę samorządu terytorialnego z siedzibą na obszarze działania klastra energii, lub
- c) spółka kapitałowa, której udział w kapitale zakładowym spółki, o której mowa w lit. b, jest większy niż 50% lub przekracza 50% liczby udziałów, lub akcji;

Z powyższego zapisu wynika, że dla założenia klastra energii konieczny jest udział jednostki samorządu terytorialnego. Klastry energii nie może zostać zawiązany przez podmioty prywatne bez udziału jednostki samorządu terytorialnego, natomiast może zostać on powołany np. przez dwie jednostki samorządu terytorialnego.

4.3. Sposoby i formy zawiązania i powołania klastra energii

Już z definicji legalnej instytucji klastra energii wynika, że stanowi ono porozumienie, którego przedmiotem jest współpraca w zakresie m. in. wytwarzania, magazynowania, równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji energii elektrycznej (...) itp. – wskazany przepis art. 2 ust. 15a Ustawy o odnawialnych źródłach energii. Ustawodawca wprost określił formę, w jakiej może nastąpić zawarcie porozumienia klastra energii. Zgodnie z aktualnym brzmieniem przepisu art. 38aa ust.1 ustawy o odnawialnych źródłach energii, „porozumienie klastra energii zawiera się w formie pisemnej pod rygorem nieważności”. Oznacza to, że zawarcie porozumienia nie jest możliwe w sposób dorozumiany, czy też w formie ustnej. Ustawodawca zastrzegł, że jedyną formą jest forma pisemna, zaś w przypadku jej niezachowania nadany został rygor nieważności porozumienia. Przepisy ustawy nie wymagają przy tym szczególnej formy jak sporządzenie dokumentów z podpisami notarialnie poświadczonymi czy też zachowania formy aktu notarialnego.



4. KONCEPCJA PRAWNA

W dalszej kolejności wskazać należy, że poza określeniem formy dokumentu tj. formy pisemnej ustawodawca określił istotne elementy porozumienia klastra energii (essentialia negotii), które zostały zawarte w art. 38aa ust. 2 ustawy o odnawialnych źródłach energii. Zgodnie z brzmieniem przywołanego przepisu porozumienie klastra energii powinno zawierać postanowienia obejmujące:

- 1) prawa i obowiązki stron tego porozumienia, zwanych dalej „członkami klastra energii”;
- 2) zakres przedmiotowy współpracy w ramach klastra energii;
- 3) koordynatora klastra energii oraz jego prawa i obowiązki;
- 4) obszar działalności w ramach klastra energii, ze wskazaniem punktów poboru energii i punktów jej wprowadzania do sieci przez członków klastra energii;
- 5) czas trwania tego porozumienia i zasady jego rozwiązywania;
- 6) upoważnienie koordynatora klastra energii do dostępu do informacji rynku energii i danych pomiarowych dotyczących każdego członka klastra energii;

Użyte w przepisie art. 38aa ust. 2 określenie, że porozumienie powinno zawierać w szczególności w.w postanowienia oznacza, że jest to katalog otwarty, co pozwala członkom porozumienia klastra energii na wprowadzenie zapisów szerszych aniżeli wynikających z ustawy, niemniej jednak nie mogą one sprzeciwiać się właściwości samej instytucji porozumienia klastra energii.

4.4. Podstawy prawne funkcjonowania klastra energii

Jak wskazano powyżej, podstawą prawną założenia i funkcjonowania porozumienia klastra energii są przepisy ustawy z dnia 20 lutego 2015 r o odnawialnych źródłach energii. Dodatkowo zapisy ustaw:

Samorządowe, prawo energetyczne, swobodzie działalności, URE.



4. KONCEPCJA PRAWNA

4.5. Ograniczenia dotyczące wielkości klastrów

Jak wskazano powyżej, założenie klastra energii wymaga zawarcia porozumienia w formie pisemnej, którego jednym z postanowień jest określenie obszaru działalności w ramach klastra energii, ze wskazaniem punktów poboru energii i punktów jej wprowadzania do sieci przez członków klastra energii. Powyższy zapis ustawowy mógłby prowadzić do błędnego wniosku, że obszar funkcjonowania klastra energii uzależniony jest tylko i wyłącznie od decyzji członków klastra. Ustawodawca przewidział jednak maksymalny zasięg terytorialny funkcjonowania klastra energii, co wynika z samej idei jego tworzenia. Kolejny przepis ustawy o odnawialnych źródłach energii tj art. 38 ab zarówno ust. 1, jak i ust. 2 wprowadza istotne ograniczenia w zakresie wielkości klastra energii. Zgodnie z brzmieniem przywołanego przepisu: ust. 1 Obszar działalności klastra energii ustala się na podstawie punktów poboru energii, przy czym:

- 1) obszar ten nie może przekraczać obszaru powiatu w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym (Dz.U. z 2024 r. [poz. 107](#)) lub 5 sąsiadujących ze sobą gmin w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz.U. z 2024 r. [poz. 609](#) i [721](#)) oraz
- 2) członkowie klastra energii są przyłączeni do sieci dystrybucyjnej tego samego operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV.

Ponadto ust. 2 wprowadza zakaz obejmowania w ramach klastra połączeń z sąsiednimi krajami.

Powyższa regulacja oznacza, że porozumienie klastra energii z jednej strony nie może mieć charakteru transgranicznego, co oznacza, że obszar ograniczony jest granicami Państwa, z drugiej zaś strony maksymalnym zakresem jest zakres obszaru powiatu lub pięciu sąsiadujących ze sobą gmin. W tym miejscu należy dokonać oceny sytuacji prawnej czy możliwe jest zawarcie porozumienia przez podmioty tylko i wyłącznie w ramach jednego powiatu, czy też wskazany przepis pozwala na łączenie się w ramach klastra energii gmin z różnych powiatów. W ocenie opiniującego użycie w ustawie alternatywnego oznaczenia „lub” w ramach alternatywy rozłącznej oznacza, że w skład klastra mogą wchodzić gminy sąsiadujące ze sobą, ale nie wchodzące w skład tego samego powiatu. Ograniczeniem jest tylko ilość gmin (5) oraz musi być spełniony warunek konieczny, a mianowicie gminy muszą ze sobą graniczyć. Dodatkowym elementem o charakterze technicznym determinującym możliwość zawarcia porozumienia klastra energii przez takie podmioty jednostek samorządu terytorialnego jest przyłącze do sieci dystrybucyjnej tego samego dystrybucyjnego elektroenergetycznego o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV.



4. KONCEPCJA PRAWNA

4.6. Rodzaje i rola członków porozumienia klastra energii

Ustawa o odnawialnych źródłach energii posługuje się w odniesieniu do stron porozumienia klastra energii dwoma określeniami. Pierwszym z nich jest członek klastra. Najogólniej ujmując, członkami klastra energii, są ogół strony porozumienia. Jak wskazano powyżej, jednym z głównych członków klastra energii, musi być podmiot publiczny w postaci m. in. jednostki samorządu terytorialnego. Kolejnymi członkami klastra energii mogą być osoby fizyczne, osoby prawne, jednostki naukowe oraz instytucje badawcze. Wyraźnie wyodrębnionym podmiotem wchodzącym w skład klastra energii jest jego koordynator. W przypadku członków klastra energii ich zakres praw i obowiązków wynika z treści zawartego porozumienia, zaś w przypadku koordynatora zakres jego obowiązków i praw określa wprost ustawa o odnawialnych źródłach energii.

Koordynator jest podmiotem, którego zakresem praw i obowiązków jest reprezentowanie klastra na zewnątrz zarówno w zakresie jego powstania, jak również i jego dalszego funkcjonowania. Podmiot przyjmujący rolę koordynatora klastra energii jest określony na etapie zawiązywania klastra energii w treści zawieranego porozumienia. Jego rolą na etapie tworzenia klastra jest m. in. dokonanie zgłoszenia klastra energii do rejestru prowadzonego przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (URE). Po stronie koordynatora klastra energii spoczywa również obowiązek sprawozdawczy wobec Prezesa URE (art. 38 ad ustawy), w zakresie m.in. ilości wytwarzanej energii przez członków klastra, w tym ilości energii wytworzonej z odnawialnych źródeł energii, łącznej mocy zainstalowanej instalacji odnawialnego źródła energii. Sprawozdania są składane przez koordynatora w terminie do 30 czerwca roku następującego po roku, którego sprawozdanie dotyczy. Ponadto koordynator klastra reprezentuje klaster wobec operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego (art. 38ae Ustawy) oraz wobec sprzedawcy energii elektrycznej (art. 38af. Ustawy). W zakresie stosunków wewnętrznych koordynator klastra dokonuje rozliczeń pobranej i wytworzonej energii wskazanej w art. 184k ustawy o odnawialnych źródłach energii, a nadto prowadzi rejestr rozliczeń.

4.7. Rodzaje i rola członków porozumienia klastra energii

Jak wskazano powyżej, podmiot posiadający status koordynatora klastra energii jest określony w treści porozumienia. Koordynatorem może być zarówno jeden z członków klastra energii, jak również podmiot specjalnie powołany do pełnienia tej funkcji. Ustawa o odnawialnych źródłach energii nie zawiera przy tym żadnych wymogów formalnych co do osoby koordynatora. Rola koordynatora polega na reprezentowaniu klastra energii jako podmiotu nieposiadającego osobowości prawnej.



4. KONCEPCJA PRAWNA

Szczegółowy zakres praw i obowiązków koordynatora określany jest w porozumieniu klastra energii i obejmuje w szczególności:

- reprezentowanie interesów klastra w stosunkach zewnętrznych
- zarządzanie klastrem energii
- planowanie i koordynowanie budowy instalacji wytwórczych w klastrze energii
- koordynowanie działań związanych z magazynowaniem energii w klastrze energii
- koordynowanie działań uczestników klastra energii
- koordynowanie obrotu energią pomiędzy członkami klastra energii, odbiorcami i producentem
- sporządzenie i przedkładanie prezesowi URE sprawozdań z działalności klastra energii

4.8. Rejestracja klastra energii

Rozpoczęcie działalności przez klastr energii jest możliwe po jego rejestracji w rejestrze prowadzonym przez Prezesa URE. Do rozpoczęcia procedury klastra energii w pierwszej kolejności konieczne jest zawarcie porozumienia tworzącego klastr. Porozumienie ma charakter aktu założycielskiego, określającego w szczególności prawa i obowiązki członków klastra energii, osobę koordynatora, obszar działalności, zakres przedmiotowy współpracy wewnątrz klastra, czas trwania porozumienia i zasady jego rozwiązania, upoważnienie koordynatora klastra energii do dostępu do informacji rynku energii i danych pomiarowych dotyczących każdego członka klastra energii. Po podpisaniu porozumienia tworzącego klastr energii, ustanowiony w nim koordynator składa wniosek do Prezesa URE o dokonanie wpisu klastra energii do rejestru klastrów energii. Wzór wniosku przygotowywany jest przez Prezesa URE. Wniosek powinien zawierać:

1. Nazwę i adres zamieszkania albo siedziby koordynatora klastra energii
2. Określenie:
 - a) obszaru działalności klastra energii,
 - b) zakresu przedmiotowego działalności klastra energii,
 - c) członków klastra energii - imię i nazwisko oraz adres wykonywania działalności lub nazwę, siedzibę i adres,
 - d) liczby, rodzajów, mocy zainstalowanej elektrycznej i lokalizacji instalacji odnawialnego źródła energii, jednostek wytwórczych w rozumieniu art. 3 pkt 43 ustawy - Prawo energetyczne i magazynów energii, służących do wykonywania działalności w ramach tego klastra energii.



4. KONCEPCJA PRAWNA

e) operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego, na którego obszarze znajdują się punkty poboru energii członków klastra energii, wraz ze wskazaniem tych punktów i punktów wprowadzania energii do sieci przez członków klastra energii.

Do wniosku składanego przez koordynatora załącza się:

1. kopię porozumienia
2. oświadczenie koordynatora klastra energii, złożone pod rygorem odpowiedzialności karnej za składanie fałszywych oświadczeń, o następującej treści: „Świadomy odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia wynikającej z art. 233 § 6 ustawy z dnia 6 czerwca 1997 r. - Kodeks karny oświadczam, że dane zawarte we wniosku o wpis do rejestru klastrów energii są kompletne i zgodne z prawdą.” klauzula ta zastępuje pouczenie organu o odpowiedzialności karnej za składanie fałszywych oświadczeń.

Po złożeniu przez koordynatora wniosku o wpis klastra energii do rejestru klastrów energii, Prezes URE dokonuje kontroli wniosku w zakresie spełnienia przez niego warunków formalnych. O ile wniosek nie zawiera żadnych braków, Prezes URE dokonuje wpisu klastra energii do rejestru klastrów energii. Wpis dokonywany jest w terminie 14 dni od daty złożenia kompletnego, nieobarczonego brakami formalnymi wniosku. Proces rejestracji klastra energii zakończony jest wydaniem przez Prezesa URE koordynatorowi klastra energii zaświadczenia o wpisie do rejestru.

4.9. Wewnętrzne taryfy rozliczeniowe – URE, przesył energii wewnątrz klastra

Porozumienie w zakresie klastra energii ma na celu określenie zasad wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji lub obrotu energią z Odnawialnych Źródeł Energii oraz z innych źródeł, lub paliw w ramach sieci dystrybucyjnej. Indywidualny odbiorca energii dokonuje jej zakupu po określonych taryfach zatwierdzonych przez Prezesa URE. W przypadku energii wytwarzanej w ramach klastra, zasady rozliczenia, dystrybucji energii określa treść zawartego porozumienia klastra energii, przy uwzględnieniu przepisów ustawy o odnawialnych źródłach energii art. 184 k-m.



4. KONCEPCJA PRAWNA

Wskazane przepisy nie odnoszą się do zasad rozliczeń wewnętrznych, a jedynie normują zasady obrotu energią na zewnątrz i związanych z nimi opłatami. Art. 184k ustawy OZE zawiera wprost wyłączenie stosowania wobec członków klastra energii, wpisanego do rejestru klastrów energii opłat OZE oraz opłaty kogeneracyjnej wskazanej w art. 60 ustawy z dnia 14 grudnia 2018r o promowaniu energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji. Wyłączenie ustawowe poboru opłat obowiązuje przy tym do dnia 31 grudnia 2029r w odniesieniu do ilości energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnych źródeł energii przez członków klastra energii, wprowadzonej do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej, a następnie pobranej z tej sieci w celu jej zużycia przez członków tego klastra energii. Wskazany zapis ustawowy określa zasady rozliczenia za usługi dystrybucyjne energii. Podstawą rozliczeń jest umowa o świadczenie usług dystrybucyjnych zawarta przez operatora systemu dystrybucyjnego z klastrem energii reprezentowanym przez koordynatora klastra energii. Treść umowy określa przy tym m.in. zasady pobierania opłat za korzystanie z krajowego systemu elektroenergetycznego przez członków klastra energii. Poza wyłączeniem poboru opłat OZE, opłaty kogeneracyjnej stosowane są preferencyjne stawki z tytułu opłaty dystrybucyjnej uzależnione od ilości energii wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii. Ustawodawca określił przy tym progi ilości energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii oraz procentowej stawki opłaty dystrybucyjnej, które przedstawiają się następująco:

w przypadku gdy ilość energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnych źródeł energii przez członków klastra energii i wprowadzonej do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej:

- a) przekroczy 60% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 95% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,
- b) przekroczy 70% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 90% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,
- c) przekroczy 80% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 85% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,
- d) przekroczy 90% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 80% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,



4. KONCEPCJA PRAWNA

e) wyniesie 100% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 75% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii;

Powyższy zapis ustawowy promuje przy tym wytwarzanie energii z odnawialnych źródeł energii, poprzez obniżenie opłaty z tytułu dystrybucji. W przypadku gdy 100% wartości energii jest wytwarzana z odnawialnych źródeł energii, uzyskiwany w ten sposób rabat na stawkę opłaty wynosi 25%. Kolejnym ważnym elementem dotyczącym promocji wytwarzania energii z odnawialnych źródeł jest system przyznawania zwolnień w zakresie opłaty kogeneracyjnej oraz opłaty OZE. Przepis art. 184l ustawy o odnawialnych źródłach energii określa bowiem zasady udzielania zwolnień z opłat oraz rozliczeń opłaty dystrybucyjnej w uzależnieniu od ilości wytwarzanej przez członków klastra energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Aby możliwe było skorzystanie przez członków klastra z preferencyjnego systemu rozliczeń, konieczne jest spełnienie łącznie wskazanych poniżej warunków:

1) co najmniej 30% energii elektrycznej wytwarzanej i wprowadzanej do sieci dystrybucyjnej w ramach tego klastra energii jest wytwarzana z odnawialnych źródeł energii oraz

2) łączna moc zainstalowana elektryczna instalacji odnawialnego źródła energii i jednostek wytwórczych w rozumieniu art. 3 pkt 43 ustawy - Prawo energetyczne wskazanych we wniosku, o którym mowa w art. 38ac ust. 5, nie przekracza 150 MW energii elektrycznej i umożliwia pokrycie w ciągu roku nie mniej niż 40% łącznego rocznego zapotrzebowania członków klastra energii w zakresie energii elektrycznej, oraz

3) łączna moc zainstalowana elektryczna magazynów energii wskazanych we wniosku, o którym mowa w art. 38ac ust. 5, wynosi co najmniej 2% łącznej mocy zainstalowanej instalacji odnawialnego źródła energii i jednostek wytwórczych w rozumieniu art. 3 pkt 43 ustawy - Prawo energetyczne wskazanych w tym wniosku.

Brak realizacji któregokolwiek ze wskazanych warunków, które muszą występować łącznie, uniemożliwi wykorzystanie z systemu rozliczeń wskazanych w art. 184k ustawy OZE tj zwolnienia z opłat OZE, opłaty kogeneracyjnej oraz obniżenia opłat dystrybucyjnych. Obecnie obowiązujące przepisy nie określają sztywnych ustawowych wewnętrznych taryf rozliczeniowych pomiędzy członkami klastra energii. Wskazane powyżej przepisy art. 184k-m oraz art. 2 pkt 15a ustawy o odnawialnych źródłach energii przewidują jedynie mechanizmy współpracy w ramach klastra energii, przy czym wewnętrzne rozliczenia za energię pomiędzy członkami klastra energii są regulowane na zasadzie umowy cywilnoprawnej w postaci porozumienia tworzącego klastr oraz tworzonych wewnętrznych regulaminów. W praktyce klastr energii jako porozumienie cywilnoprawne może ustalać własne wewnętrzne ceny sprzedaży i zakupu energii pomiędzy jego członkami.



4. KONCEPCJA PRAWNA

Wewnętrzne taryfy nie są regulowane ustawowo, niemniej jednak określone są m.in. w oparciu o kryteria pomocnicze jak np. według średniego kosztu wytworzenia, według uzgodnionej stawki za jednostkę energii lub też w oparciu o model bilansowania wewnętrznego energii pomiędzy członkami w określonym czasie. Brak unormowania ustawowego wysokości taryf wewnętrznych skutkuje brakiem konieczności ich zatwierdzania przez Prezesa URE. W tym miejscu należy wskazać na aspekt związany z działalnością Prezesa URE w kontekście klastrów energii. Podstawą działania, a zasadniczo jego częściowego wyłączenia w przypadku klastrów energii jest przepis art. 32 ust. 1 pkt 1 lit b ustawy prawo energetyczne, art. 7 ustawy o odnawialnych źródłach energii, gdzie w miejsce obowiązku uzyskania koncesji w przypadku małych instalacji odnawialnych źródeł energii tj instalacji odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 50 kW i nie większej niż 1 MW, przyłączonej do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV albo o mocy osiągalnej cieplnej w skojarzeniu większej niż 150 kW i mniejszej niż 3 MW, w której łączna moc zainstalowana elektryczna jest większa niż 50 kW i nie większa niż 1 MW, wprowadzono obowiązek uzyskania wpisu do rejestru wytwórców energii małej instalacji. W przypadku klastrów energii większość jej członków będzie przeważnie wytwarzała energię elektryczną w małych instalacjach stanowiących działalność regulowaną, nie zaś koncesyjną. Różnica w zakresie wpisu do rejestru działalności regulowanej oraz uzyskania koncesji obejmuje m. in zakres stosowanej procedury, ale również opłaty koncesyjne, których brak jest w przypadku wpisu do rejestru działalności regulowanej. Warto wskazać w tym miejscu, że Prezes URE nie zatwierdza wprowadzie taryf wewnętrznych klastra, niemniej jednak ma on pośredni wpływ na ich wysokość zatwierdzając taryfy operatora systemu dystrybucji. W przypadku przesyłu energii wewnątrz klastra należy zwrócić uwagę na kluczowy aspekt dotyczący własności sieci dystrybucyjnej. Założyć należy, że większość klastrów energii nie posiada własnej sieci, przy czym brak jest przepisów wyłączających taką możliwość. Przesył energii odbywa się zatem za pośrednictwem istniejącej sieci dystrybucyjnej operatora, którego działalność wymaga uzyskania koncesji od Prezesa URE. Korzystanie z sieci dystrybucyjnej operatora z jednej strony niesie ze sobą korzyści związane z brakiem konieczności uzyskania przez klastr energii (a zasadniczo jej członków) koncesji na przesył energii, z drugiej zaś strony łączy się z kosztami opłat dystrybucyjnych. W praktyce przesył energii wewnątrz klastra energii odbywa się w następujący sposób. Energia wytwarzana np. z instalacji należącej do jednego z członków klastra trafia do sieci, która następnie odbierana jest przez innych członków klastra. Operator systemu dystrybucyjnego zapewnia przy tym bilansowanie energii w ujęciu godzinowym.



4. KONCEPCJA PRAWNA

W treści ustawy o odnawialnych źródłach energii znalazły się zapisy dotyczące obowiązków nakładanych przez ustawodawcę na operatora systemu dystrybucyjnego (art. 38ae ustawy OZE), gdzie przewidziano, że Operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego, na wniosek koordynatora klastra energii wpisanego do rejestru klastrów energii, nie później niż w terminie 90 dni od dnia złożenia tego wniosku:

1) zawiera nowe albo zmienia dotychczasowe umowy o świadczenie usług dystrybucji ze wszystkimi członkami klastra energii, w celu uwzględnienia w tych umowach postanowień określających zasady:

- a) rozliczeń świadczonych usług dystrybucji,
- b) świadczenia usług dystrybucji - w przypadku ustania członkostwa w klastrze energii;

2) instaluje każdemu z członków klastra energii, który nie jest prosumentem energii odnawialnej lub wytwórcą, przyłączonemu do jego sieci, dla wszystkich punktów poboru energii wskazanych w porozumieniu, o którym mowa w art. 38aa ust. 1, licznik zdalnego odczytu w rozumieniu art. 3 pkt 64 ustawy - Prawo energetyczne. Koszty zakupu, instalacji i uruchomienia licznika zdalnego odczytu w rozumieniu art. 3 pkt 64 ustawy - Prawo energetyczne oraz infrastruktury niezbędnej do jego prawidłowego działania, instalowanych zgodnie z ust. 1 pkt 2, ponosi operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego

Opinię sporządzono na podstawie aktualnego tj na dzień 14 kwietnia 2025r stanu prawnego. W treści opinii nie uwzględniono przepisów sprzed nowelizacji, jak również nie zawierano odniesień do zmienionego stanu prawnego. W przypadku nowelizacji ustaw obejmujących przedmiot działalności Zlecającego, po dniu sporządzenia opinii konieczne jest dokonanie ponownej oceny zmieniających się przepisów prawa w tym przepisów przejściowych i intertemporalnych. Autor może dokonać ponownej oceny na podstawie odrębnego zlecenia od Zlecającego.



5. FUNKCJE KLASTRA

5.1. Produkcja, dystrybucja i konsumpcja energii lokalnej

System energetyczny klastra energii w Solcu Kujawskim oparty jest na lokalnej, zdecentralizowanej produkcji energii, nowoczesnych technologiach dystrybucyjnych oraz elastycznym zarządzaniu konsumpcją. Głównym celem klastra jest osiągnięcie samowystarczalności energetycznej, redukcja kosztów uczestników oraz zwiększenie bezpieczeństwa dostaw.

Produkcja energii

Produkcja energii w klastrze opiera się na źródłach odnawialnych rozmieszczonych w różnych lokalizacjach na terenie miasta i gminy. Kluczową rolę odgrywa fotowoltaika, zarówno w formie klasycznych instalacji dachowych i naziemnych, jak i rozwiązań zintegrowanych z budynkami. Zastosowanie systemów BIPV, czyli paneli wbudowanych w strukturę dachów, elewacji i przeszkleń, pozwala zwiększyć produkcję bez zajmowania dodatkowej przestrzeni.

Z uwagi na specyfikę regionu Solca Kujawskiego omówiona we wprowadzeniu związana z walorami geograficznymi i potencjałem biznesowym regionu uzasadnione jest zastosowanie szerokiej gamy instalacji opartych na fotowoltaice oraz elementów zasilania charakteryzujących się stałym poziomem wytwarzania (turbiny wiatrowe, biogazownia). Charakter i pik produkcyjny w skali roku zmierzać powinien do jak największej autokonsumpcji.

Uzupełnieniem systemu są wertykalne turbiny wiatrowe, które wykorzystują specyfikę klimatu, czyli odpowiedni stały poziom wiatru, są ciche, bezpieczne i łatwe w integracji z infrastrukturą miejską.

Znaczącą rolę odgrywają także biogazownie, które przetwarzają odpady organiczne z lokalnego przemysłu, oczyszczalni ścieków oraz zielone frakcje odpadów komunalnych. Ich wartość polega na stabilnej produkcji energii niezależnie od warunków atmosferycznych. Część energii elektrycznej przekierowywana jest do produkcji zielonego wodoru w technologii elektrolizy. W tym celu wykorzystuje się nadwyżki z OZE w okresach niskiego zapotrzebowania.



5. FUNKCJE KLASTRA

Dystrybucja energii

Dystrybucja energii w klastrze odbywa się za pośrednictwem lokalnego operatora sieci elektroenergetycznych niskiego i średniego napięcia. Sieci zostały dostosowane do potrzeb energetyki rozproszonej i wyposażone w nowoczesne układy pomiarowe. Infrastruktura umożliwia dwukierunkowy przepływ energii, dzięki czemu możliwe jest efektywne zarządzanie nadwyżkami produkcji. W centrum systemu znajduje się operator klastra, odpowiedzialny za bilansowanie, zarządzanie dystrybucją oraz komunikację z uczestnikami poprzez system zarządzania energią. System pozwala na alokację energii w czasie rzeczywistym z uwzględnieniem priorytetów zasilania oraz lokalnego zapotrzebowania. Drugim nieoczywistym sposobem dystrybuowania energii jest przetworzenie jej w zielony wodór. W Solcu Kujawskim część energii z OZE będzie dystrybuowana poza siecią w modelu „na kołach”. Wodór w formie sprężonej będzie transportowany mobilnymi jednostkami do wybranych punktów odbioru. System ten umożliwi zasilanie odbiorców poza siecią, oraz eksport nadwyżek energii w postaci paliwa, co stanowi rentowną formę zagospodarowania lokalnej produkcji i odciążenie zawodowego systemu przesyłowego.

Konsumpcja energii

Odbiorcami energii w klastrze są jednostki publiczne, zakłady komunalne, przedsiębiorstwa prywatne oraz mieszkańcy. Energia elektryczna i ciepła wykorzystywana jest do zasilania obiektów użyteczności publicznej, infrastruktury przemysłowej oraz sieci transportu miejskiego. W sektorze mieszkaniowym szczególną rolę odgrywa autokonsumpcja, wspierana przez inteligentne liczniki i systemy zarządzania budynkami. Uczestnicy klastra mogą korzystać z wewnętrznych rozliczeń opartych na rzeczywistym zużyciu, co znacząco poprawia efektywność ekonomiczną całego systemu. Ważnym aspektem jest przetwarzanie energii w zielony wodór którego produkcja pomaga w zbilansowaniu ekosystemu.

W Solcu Kujawskim zielony wodór może znaleźć zastosowanie w wielu strategicznych sektorach lokalnej gospodarki i infrastruktury. W transporcie publicznym i komunalnym może zasilić transport miejski (transport ludności do SSI), pojazdy służb technicznych oraz śmieciarki, a także stanowić paliwo dla lokalnej stacji tankowania. W przemyśle wodór może być wykorzystywany jako czyste źródło energii w procesach technologicznych lokalnych zakładów przetwórczych, magazynów i centrów logistycznych. W sektorze publicznym, w tym w szpitalach, szkołach i innych obiektach infrastruktury krytycznej, ogniwa paliwowe mogą zapewniać niezależne zasilanie oraz kogenerację ciepła i prądu. W budownictwie mieszkaniowym wodór może służyć do sezonowego magazynowania energii oraz zasilania lokalnych instalacji grzewczych i energetycznych, zwłaszcza w połączeniu z instalacjami fotowoltaicznymi. W sektorze energetycznym wodór może pełnić funkcję magazynu energii dla klastra, stabilizując system i bilansując nadwyżki produkcji z OZE. Dodatkowo może być wykorzystany w celach edukacyjnych i promocyjnych, m.in. w ramach programów szkolnych, projektów badawczo-rozwojowych oraz tworzenia pilotażowych instalacji pokazowych, które podniosą rangę Solca Kujawskiego jako ośrodka nowoczesnych technologii zeroemisyjnych.



5. FUNKCJE KLASTRA

Bilansowanie energii

W klastrze funkcjonować powinien trójwarstwowy system bilansowania energii, którego zadaniem jest utrzymanie stabilności i optymalizacja przepływów w zależności od zapotrzebowania i warunków zewnętrznych oraz zapewnienie autokonsumpcji i pełne bilansowanie rynku.

Pierwszy model bilansowania opiera się na systemie informatycznym, który monitoruje produkcję i zużycie energii w czasie rzeczywistym. W oparciu o dane z liczników i prognozy pogodowe, system automatycznie zarządza przepływami, decydując o przesyle, magazynowaniu lub sprzedaży energii. Całość zintegrowana jest z platformą zarządzania energią opracowaną przez jednostkę badawczo-rozwojową Future Solutions.

Drugi model polega na fizycznym bilansowaniu energii przy wykorzystaniu magazynów energii. Magazyny zlokalizowane są w punktach krytycznych, takich jak budynek urzędu gminy, szkoły, przy terenach inwestycyjnych, czy głównych węzłach dystrybucyjnych. Umożliwiają one wyrównanie szczytów produkcji i zapotrzebowania, zabezpieczenie w razie przerw w dostawach oraz integrację źródeł o niestabilnej charakterystyce pracy, takich jak PV czy turbiny wiatrowe.

Trzeci model wykorzystuje zielony wodór jako nośnik energii. Produkowany wodór magazynowany jest w formie sprężonej, a następnie może zostać wykorzystany w ogniwach paliwowych lub jako paliwo dla transportu miejskiego, w turbinach kogeneracji. Stanowi on też w połączeniu z tlenem bardzo dobry produkt sprzedażowy. Ten model stanowi rezerwuuar energii sezonowej, umożliwiając bilansowanie w dłuższej perspektywie oraz strategiczne zarządzanie nadwyżkami.

Rekomendacje

W oparciu, o analizę technologicznej struktury klastra energii w Solcu Kujawskim, a zwłaszcza jego strategiczny rozwój oraz zastosowanych źródeł wytwórczych, rekomenduje się przyjęcie zintegrowanego, zróżnicowanego modelu bilansowania, który maksymalizuje bezpieczeństwo energetyczne, elastyczność systemu i odporność na zakłócenia.

Zastosowany model bilansowania oraz różnorodność źródeł wytwórczych pozwalają na znaczące zwiększenie samowystarczalności energetycznej. Klaster zapewnia odporność na wahania cen energii na rynku hurtowym, ogranicza zależność od zewnętrznych dostawców oraz pozwala uczestnikom na osiągnięcie wymiernych oszczędności. Co więcej, wdrożenie rozwiązań wodorowych i zaawansowanych systemów cyfrowych zwiększa innowacyjność i atrakcyjność inwestycyjną regionu.



5. FUNKCJE KLAISTRA

5.2. Optymalizacja bilansu energetycznego

System bilansowania energii w Soleckim Klastrze będzie oparty na synergii dwóch nowoczesnych podejść: zastosowania sztucznej inteligencji w zarządzaniu energią oraz przetwarzania nadwyżek produkcyjnych w zielony wodór, oraz klasyczne magazynowanie. Taka struktura pozwoli na dynamiczną i zrównoważoną optymalizację przepływów energii w ramach lokalnej infrastruktury, zgodnie z założeniami inteligentnego miasta.

Inteligentne bilansowanie energii z użyciem AI i Deep Learning

W ramach klastra wdrożony zostanie system zarządzania energią wykorzystujący modele sztucznej inteligencji oraz techniki uczenia głębokiego (deep learning). Jego zadaniem będzie ciągła analiza danych pochodzących z inteligentnych liczników, czujników pogodowych, harmonogramów zużycia oraz stanu pracy urządzeń w całym klastrze. System będzie uczył się wzorców zużycia energii i produkcji z OZE, przewidując przyszłe zapotrzebowanie z dużą dokładnością.

Dzięki temu możliwe będzie:

- dynamiczne sterowanie przepływem energii pomiędzy odbiorcami i źródłami,
- ograniczenie strat wynikających z niesynchronizowanej produkcji i konsumpcji,
- automatyczne podejmowanie decyzji o uruchomieniu magazynów, przekierowaniu nadwyżek lub ich konwersji w wodór,
- identyfikowanie anomalii i szybkie reagowanie na zakłócenia w pracy sieci.

Zastosowanie modeli AI w środowisku inteligentnego systemu klastrowego pozwoli również na integrację zarządzania energią z innymi systemami miejskimi, takimi jak transport, oświetlenie publiczne, infrastruktura wodno-kanalizacyjna czy zarządzanie ruchem. Przełoży się to na bardziej efektywne zużycie zasobów i lepszą jakość życia mieszkańców.

Przekształcanie nadwyżek energii w zielony wodór

Równolegle, kluczowym elementem systemu optymalizacji bilansowania będzie przetwarzanie nadwyżek energii w zielony wodór. W momentach, gdy produkcja z fotowoltaiki, turbin wiatrowych czy biogazowni przekroczy lokalne zapotrzebowanie, system automatycznie przekieruje energię do elektrolizerów zainstalowanych w jednostce „elektrolizowania”.

Proces ten pozwoli:

- uniknąć strat wynikających z braku odbioru energii w czasie rzeczywistym,
- utrzymać stabilność sieci poprzez redukcję przeciążeń,
- stworzyć rezerwuuar energii w postaci łatwo transportowalnego i magazynowalnego wodoru.



5. FUNKCJE KLASTRA

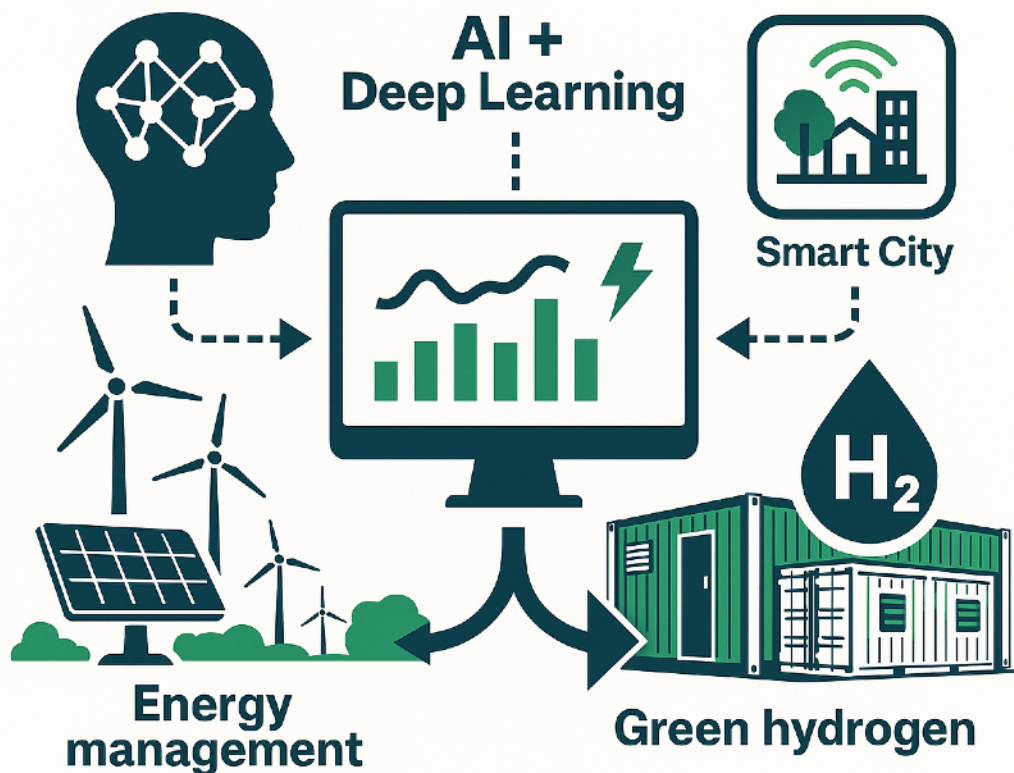
Zielony wodór będzie pełnił nie tylko funkcję magazynu energii sezonowej, ale również elementu handlowego – jego nadwyżki będzie można eksportować, tworząc nowy strumień przychodów.

Efektywność i odporność systemu

Połączenie zaawansowanego zarządzania opartego na AI z buforem energetycznym w postaci wodoru zapewni klastrowi:

- wysoką elastyczność operacyjną,
- odporność na zmienność warunków atmosferycznych i rynkowych,
- optymalne wykorzystanie lokalnych zasobów.

System będzie zdolny do autonomicznego uczenia się i dostosowywania strategii bilansowania w miarę rozwoju klastra i zmieniającego się zapotrzebowania energetycznego regionu. Taki zintegrowany model bilansowania będzie stanowił technologiczny fundament nowoczesnego, bezpiecznego i samowystarczalnego regionu, gotowego na wyzwania energetyczne nadchodzących dekad.





5. FUNKCJE KLASTRA

5.3. Rozwój lokalnych OZE i poprawa efektywności energetycznej

W Polsce rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) napotyka na coraz większe bariery systemowe. Krajowa sieć elektroenergetyczna, będąca fundamentem ogólnopolskiej infrastruktury przesyłowej, osiąga lokalnie granice swoich możliwości technicznych. Dodatkowym wyzwaniem jest intensywny rozwój energetyki wiatrowej, która – jako priorytetowa w strategiach krajowych – wyczerpuje dostępne moce przyłączeniowe na północy Polski. W praktyce oznacza to zablokowanie możliwości podłączania nowych, lokalnych instalacji OZE, co zagraża zarówno lokalnym inicjatywom, jak i bezpieczeństwu energetycznemu.

W tym kontekście klastr energii, oparty na lokalnym bilansowaniu popytu i podaży energii, staje się kluczowym mechanizmem umożliwiającym dalszy rozwój źródeł OZE. Dzięki własnym, wewnętrznym zasadom rozliczeniowym i niezależności od centralnych taryf oraz limitów przyłączeniowych, klastr może tworzyć warunki do przyłączania nowych źródeł wytwórczych – zarówno fotowoltaicznych, jak i opartych na wietrze czy biomasie – bez konieczności ingerencji w przeciążoną sieć krajową.

Oprócz rozwoju infrastruktury wytwórczej, istotnym elementem strategii klastra jest poprawa efektywności energetycznej, rozumianej nie tylko jako redukcja strat czy modernizacja instalacji, ale również jako optymalne zagospodarowanie wszystkich produktów procesu energetycznego. Kluczowe znaczenie ma tutaj integracja instalacji do produkcji zielonego wodoru z lokalnych źródeł OZE. Produkcja ta nie tylko bilansuje nadwyżki energetyczne, ale również generuje wartościowe produkty uboczne, takie jak tlen i ciepło odpadowe, które – odpowiednio zagospodarowane – poprawiają ogólną rentowność całego systemu. Tlen może być wykorzystywany w sektorze medycznym lub przemyśle, a ciepło w lokalnych systemach ciepłowniczych lub procesach technologicznych.

Zgodnie z unijną polityką Zielonego Ładu oraz priorytetami transformacji energetycznej w Polsce, inwestycje w zieloną energię, wodór oraz poprawę efektywności energetycznej są szeroko wspierane finansowo. Kluczowe źródła wsparcia to m.in. Krajowy Plan Odbudowy (KPO), Fundusz Modernizacyjny, Program FEnIKS oraz środki NFOŚiGW. Co więcej, coraz więcej środków trafia do regionów w ramach mechanizmów sprawiedliwej transformacji, które mają na celu nie tylko dekarbonizację, ale również zwiększenie niezależności i odporności energetycznej lokalnych społeczności.



5. FUNKCJE KLASTRA

Solec Kujawski – jako region z dużym potencjałem OZE, rozbudowaną bazą turystyczną oraz dostępem do infrastruktury przemysłowej – ma unikalną szansę, by stać się modelem zrównoważonego rozwoju energetycznego w praktyce. Klaster energii, wsparty zielonym wodorem, technologiami efektywnościowymi i inteligentnym zarządzaniem popytem, może nie tylko rozwiązać lokalne problemy sieciowe, ale również wygenerować realne oszczędności dla mieszkańców, przedsiębiorców i samorządu.

5.4. Innowacje - trendy rozwoju i możliwości technologiczne

Nowoczesne klastry energii, takie jak ten tworzony w Solcu Kujawskim, stają się laboratoriami zaawansowanych technologii energetycznych, które łączą zdecentralizowaną produkcję, cyfrowe zarządzanie, zielone paliwa oraz aktywne uczestnictwo odbiorców w transformacji energetycznej. Ich skuteczność opiera się na czterech filarach innowacji: systemach cyfrowych nowej generacji, wysokowydajnych technologiach wodorowych, zaawansowanym magazynowaniu energii oraz elastycznym zarządzaniu popytem (DSR) w tym w środowisku Smart City i Smart Home.

Fundamentem operacyjnym nowoczesnych klastrów są rozproszone, skalowalne systemy IT, które umożliwiają dynamiczne zarządzanie bilansowaniem energii, rozliczeniami oraz interoperacyjnością z innymi podmiotami rynku. Platforma ECM reprezentuje nową generację technologii DLT (Distributed Ledger Technology), łącząc:

- rejestr energii i cyfryzacje wartości,
- automatyczne smart kontrakty rozliczeniowe,
- integrację z systemami zarządzania klasy e-Vision.

Systemy te wyposażone są w cyfrowe bliźniaki (Digital Twins) infrastruktury energetycznej, które w czasie rzeczywistym symulują i optymalizują pracę źródeł, magazynów i odbiorców energii.

Bezpieczeństwo danych wspierane jest przez szyfrowanie post-kwantowe lub end-end, kontrolę dostępu opartą na tożsamości cyfrowej (DID) oraz redundantne środowiska chmurowe. Integracja z modelami AI umożliwia predykcyjne zarządzanie obciążeniami i planowanie mocy.

W 2025 roku technologie wodorowe osiągną nowy poziom efektywności i bezpieczeństwa. W ramach klastra wdrażane są elektrolizery PEM nowej generacji, oparte na materiałach bez krytycznych metali, takich jak iryd czy platyna. Moduły te osiągną sprawność powyżej 75%, pracując elastycznie z dynamicznymi źródłami OZE.

Nowinką są zintegrowane systemy kogeneracyjne, które pozwalają jednocześnie produkować wodór, odzyskiwać tlen o czystości medycznej i wykorzystywać ciepło odpadowe. Cały proces nadzorowany jest przez systemy typu AI Safety Layer, analizujące mikroprzecieki, anomalie ciśnienia i poziom wilgotności, zapewniając najwyższy poziom bezpieczeństwa pracy.

Dzięki systemom mobilnym i modułowym, wodór może być przechowywany lokalnie (w magazynach LOHC lub w formie sprężonej) i wykorzystywany w mobilności, przemyśle lub jako bufor energetyczny, zabezpieczając infrastrukturę krytyczną.



5. FUNKCJE KLASTRA

Magazynowanie energii przeszło rewolucję dzięki technologii LFP 2.0 (litowo-żelazowo-fosforanowej nowej generacji), która oferuje ponad 12 000 cykli pracy, wysoką odporność termiczną i brak ryzyka zapłonu. Dla dłuższych czasów magazynowania przewidziane są rozwiązania oparte na:

- bateriach sodowo-jonowych, znacznie tańszych i bardziej dostępnych surowcowo,
- magazynach ciepłych (termo-chemicznych) do przechowywania ciepła odpadowego z wodoru,
- magazynach wodoru jako nośnika sezonowego.

Innowacją są także inteligentne systemy zarządzania magazynem (BMS 4.0), które komunikują się z platformami AI i systemami predykcyjnymi oraz optymalizują procesy ładowania i rozładowania w oparciu o dane rynkowe, pogodowe i wewnętrzne potrzeby klastra.

Zarządzanie popytem (DSR) nie ogranicza się już do wielkich odbiorców przemysłowych. W nowoczesnym modelu klastra jego uczestnikami są również:

- gospodarstwa domowe (Smart Home),
- infrastruktura komunalna (Smart City),
- małe i średnie firmy.

Systemy DSR wykorzystują zaawansowane czujniki IoT, które analizują w czasie rzeczywistym zużycie energii, obecność, nasłonecznienie, temperaturę, ceny energii czy obciążenie sieci. Dane te są przetwarzane przez modele AI (głównie LSTM i XGBoost), które umożliwiają:

- predykcję zużycia i produkcji energii z PV i wiatru z dokładnością do 15 minut,
- dynamiczne sterowanie urządzeniami w domach (pralka, pompa ciepła, EV),
- automatyczne odpowiedzi na sygnały rynkowe (np. wysokie ceny, niskie zużycie).

Odbiorcy są wynagradzani za elastyczność, a ich urządzenia stają się elementem aktywnej sieci elektroenergetycznej. W skali miejskiej Smart City korzysta z tych samych mechanizmów DSR do zarządzania ładowaniem autobusów, oświetleniem ulicznym, wentylacją w szkołach czy działaniem przepompowni. System e-Vision zintegrowany z ECM tworzy inteligentne centrum zarządzania energią, które nadzoruje cały ekosystem lokalnie.

Dzięki takiemu podejściu, klaster energii nie tylko wytwarza zieloną energię, ale staje się autonomicznym, samobilansującym się systemem, który integruje technologię, ludzi i dane – w służbie bezpieczeństwa energetycznego, niskiej emisji i efektywności.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

6.1. Inteligentne systemy pomiarowe i zarządzające

Dynamiczny rozwój rozproszonych systemów energetycznych i wdrażanie lokalnych klastrów energii wymagają nowoczesnej infrastruktury pomiarowej. Kluczową rolę odgrywają tutaj inteligentne urządzenia pomiarowe, które umożliwiają precyzyjny, zdalny i zautomatyzowany monitoring zużycia, produkcji oraz bilansowania energii elektrycznej, zielonego wodoru, ciepła i ciepłej wody użytkowej.

1. Liczniki energii elektrycznej (AMI)

W środowisku klastra energii podstawą są inteligentne liczniki energii elektrycznej klasy AMI (Advanced Metering Infrastructure), które:

- rejestrują dane pomiarowe w czasie rzeczywistym (lub z rozdzielczością 15 minutową),
- komunikują się dwustronnie z systemem zarządzania (np. ECM, e-Vision),
- wspierają dynamiczne taryfy energii (czasowe, klastrowe, elastyczne),
- umożliwiają zdalne sterowanie (np. odczyty, włączenia/wyłączenia),
- obsługują funkcje automatycznego wykrywania awarii, przeciążeń i jakości zasilania.

Liczniki te są zintegrowane z platformą DLT, która zapewnia niezmienność i audytowalność danych, co jest kluczowe dla rozliczeń wewnątrzklastrowych oraz w przypadku certyfikacji (np. energii z OZE).

2. Inteligentne liczniki gazowe – wodór zielony

Wraz z rozwojem gospodarki wodorowej, pojawia się potrzeba wprowadzenia wysokospecjalistycznych liczników dla gazowego wodoru (H_2). Nowoczesne urządzenia pomiarowe do wodoru różnią się konstrukcyjnie od klasycznych liczników gazowych ze względu na:

- niską gęstość i małą lepkość wodoru, co wymaga precyzyjnej kalibracji objętościowej i masowej,
- możliwość pracy w wysokim ciśnieniu (do 35 MPa),
- kompatybilność z materiałami odpornymi na przenikanie H_2 (np. stal nierdzewna, polimery typu PEEK),
- obecność cyfrowych protokołów komunikacyjnych (Modbus, LoRaWAN, NB-IoT).

Stosowane są tu m.in. liczniki ultradźwiękowe i termiczne, które mogą mierzyć przepływ masowy i objętościowy, temperaturę, ciśnienie i wilgotność wodoru. Dzięki integracji z systemami analizy danych, możliwa jest pełna kontrola nad jakością i ilością zielonego wodoru dostarczanego do odbiorców końcowych (przemysł, transport, magazyny).



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

3. Inteligentne pomiary ciepła i ciepłej wody

Nowoczesne klastry energii często integrują lokalne sieci ciepłownicze, niskotemperaturowe źródła oraz odzysk ciepła odpadowego – w tym z instalacji wodorowych, biogazowych czy pomp ciepła. Precyzyjne rozliczenia w takich układach wymagają zastosowania:

- inteligentnych liczników ciepła (smart heat meters), które mierzą energię cieplną na podstawie różnicy temperatur i przepływu medium,
- liczników ciepłej wody użytkowej, szczególnie w budynkach wielorodzinnych, dla celów rozliczeniowych i optymalizacji zużycia,
- czujników temperatury, przepływu i strat ciepła, zintegrowanych z systemami zarządzania energią budynków (BEMS/HEMS).

Nowoczesne liczniki ciepłne są wyposażone w komunikację bezprzewodową (NB-IoT, M-Bus Wireless), automatyczne alerty o nadmiernym zużyciu oraz interfejsy do zdalnych aktualizacji i diagnostyki. Umożliwiają także rozliczenia dynamiczne i prognozowanie kosztów ogrzewania w oparciu o dane pogodowe i taryfy czasowe.

4. Interoperacyjność i integracja danych pomiarowych

Wszystkie inteligentne urządzenia pomiarowe – elektryczne, gazowe i ciepłne – muszą być zintegrowane w jednym, spójnym środowisku danych. Kluczowe funkcje takiego systemu to:

- centralna platforma danych (np. e-Vision + ECM) z architekturą opartą na API i interoperacyjnych protokołach (OPC-UA, MQTT, REST),
- mechanizmy synchronizacji danych w czasie rzeczywistym, z możliwością lokalnej analizy i przetwarzania (edge computing),
- algorytmy predykcyjne i detekcji anomalii służące do analizy trendów, strat, błędów pomiarowych i optymalizacji zużycia.

Dzięki takiej infrastrukturze uczestnicy klastra otrzymują dokładne, certyfikowane i transparentne dane, które stanowią fundament dla dynamicznego rozliczania energii, wprowadzania taryf elastycznych oraz uzyskania świadectw pochodzenia.

System zarządzania e-Vision

e – Vision to kompletny pakiet oprogramowania dla klastrów energii, jakim jest system SDT₁ LAB ONE, pragnących zintegrować wszelkie potrzeby wynikające z prawidłowej produkcji dystrybucji i optymalizacji zużycia energii. Dzięki pełnej integracji z dedykowanymi platformami sprzętowymi (liczniki, czujniki monitorujące, elektrolizery, ogniwa paliwowe, kogeneratory gazowe, panele fotowoltaiczne, zespoły produkcji z wiatru i wody itp.), platformami FK oraz możliwości pracy tak w modelu Cloud, jak i On-premise, rozwiązanie zapewnia szybkie wdrażanie i stanowi kompletne rozwiązanie dla zespołu zasilającego. System e-Vision upraszcza sterowanie procesem produkcji jej magazynowaniem, wydatkowaniem oraz danymi rozliczeniowymi.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

Kompleksowy system tego typu adresowany jest do małych i średnich przedsiębiorstw, klastrów energetycznych i indywidualnych gospodarstw domowych. e-Vision planuje wpisać się w model prosumenta, prosumenta zbiorowego i wirtualnego już na etapie założeń. Zrezygnowano w nim z wielu mechanizmów typowych dla systemów energetyki zawodowej, a zamiast tego wprowadzono wiele rozwiązań pozwalających na minimalizację ilości personelu niezbędnego w spółce obrotu i operatora do obsługi samego systemu, jak i procesów związanych z rozliczeniami.

Obsługa procesów technicznych:

- e- Vision EMS
- e- Vision SCADA

Obsługa procesów biznesowych i zarządzania energią:

- e- Vision DSR
- e- Vision MDM
- e- Vision BILING
- e- Vision RAPORTY
- e- Vision CUSTOMER CLOUD

e- Vision EMS – zrealizowany przy współpracy naukowców Politechniki Gdańskiej, zintegrowany system zarządzania źródłami produkcji energii oraz nadzoru nad stanem technicznym klastra.

e- Vision Scada – system czasu rzeczywistego nadzorujący automatykę Solaris Hydrogen. Jego główne funkcje obejmują zbieranie aktualnych danych dotyczących pracy całego rozwiązania Solaris Hydrogen, ich wizualizację sterowanie procesami oraz archiwizację danych.

e-Vision DSR – czyli Demand Side Respanse pozwala na prowadzenie aktywnej polityki w obszarze redukcji zużycia energii po stronie odbiorców i dostosowanie tak do potrzeb zewnętrznych jak i optymalizacji własnej.

e-Vision MDM – pozwala na sprawne pozyskiwanie i zarządzanie danymi z inteligentnych oraz tradycyjnych liczników elektrycznych i gazowych na potrzeby procesów rozliczeniowych.

e- Vision Biling – pozwala na masowe oraz cykliczne rozliczanie energii elektrycznej paliwa gazowego. System zintegrowany jest z e- Vision MDM.



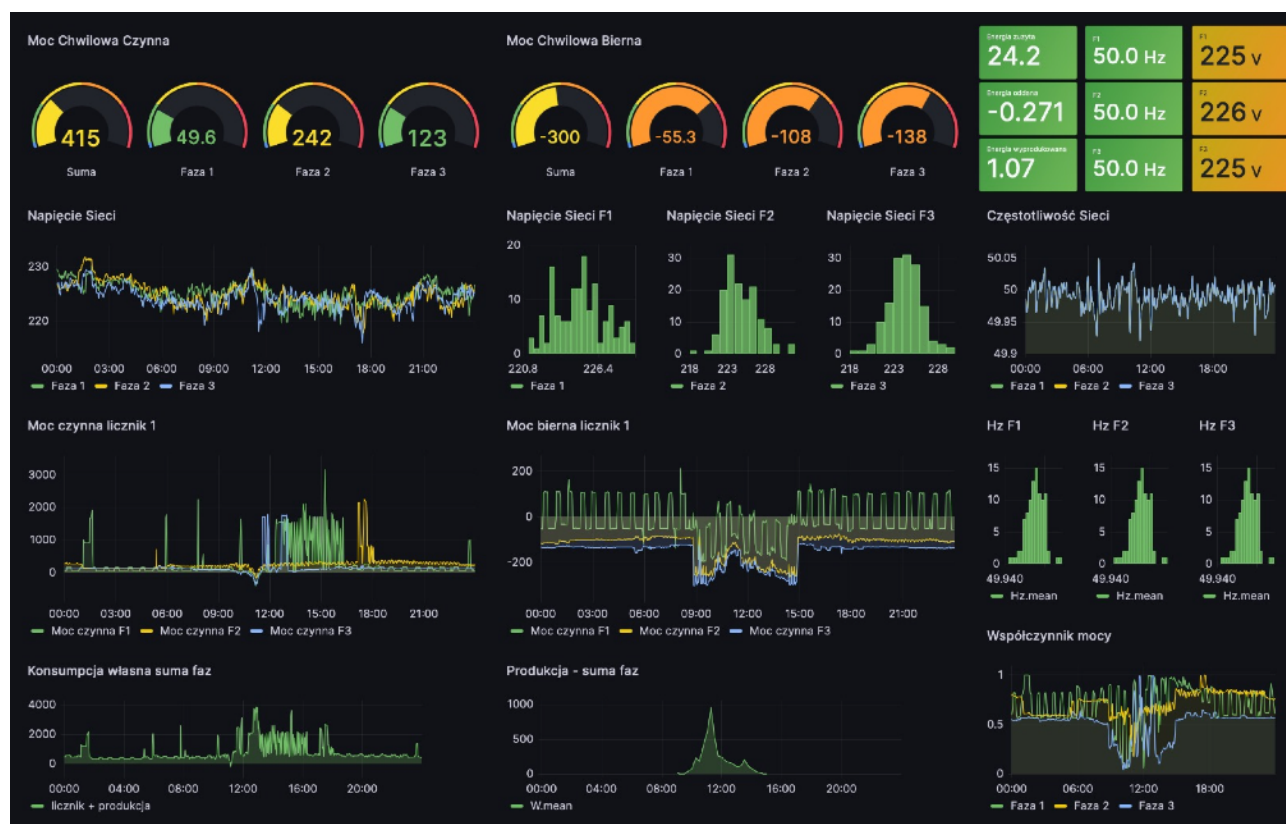
6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

e-Vision Raporty- pozwala nie tylko na wypełnienie wszystkich obowiązków sprawozdawczych nałożonych na przedsiębiorców przez regulatora ale pozwala również dzięki obsłudze mechanizmów Big- Data na lepsze zrozumienie procesów i trendów zachodzących w ramach systemu Solaris Hydrogen. Wnioskowanie oparte o mechanizmy SI (sztuczna inteligencja) pozwala na generowanie raportów do jeszcze lepszego zarządzania produkcją i konsumpcją energii.

e-Vision Customer Cloud – to dedykowany pakiet aplikacji mobilnych on- line pozwalających użytkownikowi na bieżące monitorowanie tak zużycia energii jak i innych mediów ale również na obsługę liczników oraz urządzeń w ramach sieci domowej (smart home).

Rekomendacje

Wdrożenie systemu zarządzania takiego jak e-Vision jest działaniem o charakterze strategicznym w ramach funkcjonowania koordynatora klastra energii w Solcu Kujawskim. Jego obecność stanowi fundament operacyjny klastra i jest warunkiem koniecznym do zapewnienia spójności, ciągłości oraz efektywności procesów wewnętrznych. Bez takiego systemu koordynacja techniczna i organizacyjna klastra nie byłaby możliwa w wymaganym standardzie jakości i bezpieczeństwa.





6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

6.2. Obieg energii i rozliczenia wewnątrz klastra

Jednym z kluczowych elementów funkcjonowania klastra energii jest wewnętrzny obieg energii oraz model rozliczeń pomiędzy członkami wspólnoty. System ten pozwala na zbudowanie niezależnego rynku energii w skali lokalnej, opartego na wspólnych zasadach, korzyściach ekonomicznych i wzajemnym zaufaniu, które jest technologicznie zabezpieczone dzięki zastosowaniu rozproszonego rejestru danych (DLT).

1. Lokalny obieg energii i priorytet samobilansowania

Produkcja energii ze źródeł odnawialnych (PV, wiatr, biogaz) w klastrze w pierwszej kolejności kierowana jest do lokalnych odbiorców – gospodarstw domowych, firm i instytucji. Celem jest maksymalizacja samobilansowania lokalnego, co oznacza, że energia zużywana w obrębie klastra nie jest odsprzedawana do sieci i nie podlega standardowym cenom zakupu czy sprzedaży.

Wszelkie nadwyżki mogą być magazynowane (np. w bateriach lub poprzez konwersję do zielonego wodoru), a deficyty – kompensowane z rynku zewnętrznego, przy czym dostęp do sieci krajowej może być docelowo traktowany jako uzupełnienie, a nie podstawa działania.

2. Wewnętrzny system rozliczeń między członkami klastra

Każdy członek klastra – niezależnie od tego, czy jest producentem, prosumentem, czy tylko odbiorcą – uczestniczy w wewnętrznym rynku energii, gdzie transakcje odbywają się według stawek wewnętrznych, niższych niż rynkowe. Dzięki temu możliwe jest:

- obniżenie kosztów energii dla odbiorców końcowych,
- zapewnienie przewidywalnych przychodów dla lokalnych wytwórców,
- stworzenie realnej motywacji do inwestowania w OZE.

Rozliczenia między członkami są dokonywane automatycznie i transparentnie, bez potrzeby pośredników. Każdy uczestnik posiada indywidualne konto energetyczne, gdzie rejestrowane są:

- ilość energii dostarczonej i pobranej,
- saldo energetyczne i finansowe,
- historia transakcji i udział w bilansie klastra.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

3. Technologia rozproszona (DLT) jako podstawa zaufania

Cały system obiegu energii i rozliczeń opiera się na technologii DLT (Distributed Ledger Technology), która pełni funkcję cyfrowego rejestru energii. Jej zastosowanie gwarantuje:

- pełną transparentność i nienaruszalność danych – każda transakcja jest zapisana w rozproszonym systemie i nie może być zmieniona,
- brak potrzeby centralnego operatora – system działa na zasadzie automatycznego konsensusu i wzajemnej weryfikacji,
- cyfryzacja energii – energia wyprodukowana w klastrze może być reprezentowana w formie cyfrowych smart kontraktów rozliczeniowych, które są rozliczane, wewnątrz wspólnoty i wymienne po wartości stawek wewnętrznych na klasyczne środki płatnicze.

Dzięki DLT, rozliczenia są nie tylko szybkie i tanie, ale również zaufane i audytowalne, co eliminuje konflikty interesów i błędy ludzkie. System ten pozwala również na przyszłą integrację z mechanizmami certyfikacji energii z OZE i ESG.

4. Model korzyści i reinwestycji

Uczestnicy klastra korzystają z preferencyjnych warunków cenowych i przejrzystego modelu udziałowego. Nadwyżki finansowe wynikające z niższych kosztów zakupu energii i braku opłat przesyłowych mogą być:

- reinwestowane w rozwój nowych źródeł energii,
- przeznaczone na rozbudowę infrastruktury (np. magazynów energii),
- rozdysponowane proporcjonalnie pomiędzy członków klastra jako forma „energetycznej dywidendy”.

Taki model sprzyja długoterminowemu zaangażowaniu i lojalności uczestników, przekształcając klastę z systemu technicznego w realną wspólnotę ekonomiczną.

ECM - cyfrowy operator klastra energii

ECM to autorski, cyfrowy system stworzony z myślą o wspieraniu nowoczesnych wspólnot energetycznych, takich jak klastry czy spółdzielnie energii. Platforma umożliwia cyfryzację lokalnie wyprodukowanej energii oraz prowadzenie wewnętrznych rozliczeń pomiędzy uczestnikami na zasadach rynkowych – ale bez udziału zewnętrznych pośredników. Dzięki technologii DLT, ECM gwarantuje pełną transparentność, nienaruszalność zapisów i możliwość wdrożenia modeli peer-to-peer, dynamicznych taryf oraz automatycznych rozliczeń opartych na smart kontraktach. To narzędzie, które łączy sektor energetyczny z finansowym, tworząc cyfrową infrastrukturę dla nowej, lokalnej gospodarki energetycznej.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

ECM to innowacyjny Fin-Tech, funkcjonujący na zasadzie platformy, w ramach której poprzez zastosowanie DLT cyfrowo odwzorowano rozproszony system energetyczny. Zastosowanie smart kontraktów mocy (kW) i energii (kWh) oraz innowacyjnych portfeli użytkownika otworzyło nowe możliwości. ECM jako operator rozliczający transakcje zachodzące zarówno pomiędzy użytkownikami systemu, jak i pomiędzy jednostkami klastrowymi umożliwił cyfrowy przesył wartości oraz stworzył nowy rynek - rynku mocy.

Nowoczesne rynki światowe zwracają się ku inwestycjom polegającym na nabywaniu praw majątkowych przedstawionych w formie cyfrowych bezpiecznych smart kontraktów. Ta technologiczna forma gwarantuje bezpieczeństwo, przejrzystość inwestycji oraz jej efektów. Poprzez zaawansowane technologie IT takie jak DLT wspomagane AI, ECM stworzył jednolite rozwiązanie umożliwiające rozliczanie zarówno uczestników klastra, jak i poszczególnych jego elementów na zasadzie IoT (Internet Rzeczy) bez względu na lokalizacje czy nośnik energii. W ramach platformy rozliczane są również takie wartości jak certyfikaty pochodzenia, co ułatwia raportowanie ESG i wyznaczanie długoterminowej ścieżki zrównoważonego rozwoju.



➔ **Portfel energii ECM** jest podstawowym elementem systemu. To właśnie dzięki niemu użytkownik monitoruje i dokonuje transakcje związane z energią. Portfel to serce systemu rozliczeniowego, a mechanizmy darmowego Air Drop gwarantują jego prawidłowe funkcjonowanie.



➔ **Smart kontrakt SDTx** jest cyfrowym obrazem mocy (kW), którą legitymuje się użytkownik. Na podstawie posiadanego w portfelu aktywa SDT i zapisanego w nim wolumenu system rozlicza wszystkie powstałe wartości. Innymi słowy SDT odwzoruje cyfrowo instalację członka klastra.



➔ **Smart kontrakt EC (kWh):** wypracowane w klastrze wartości system zapisuje w cyfrowym obrazie Energy Coin (EC), który oparty został na jednostce energii (kWh) i zobrazował jej wartość finansową poprzez parametr wartości nominalnej (zgodnie z wewnętrznymi stawkami - taryfami w klastrze), nadawanej każdorazowo w momencie emisji. Smart kontrakty EC stanowią wewnątrzsistemową wartość rozliczeniową i jego cyfrowy charakter umożliwił nowe możliwości korzystania z wytworzonej energii.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

Dzięki cyfrowym obrazom wartości Ekosystem ECM umożliwia nowe spójniejsze podejście spojrzenie do użyteczności energii. Zastosowane mechanizmy pozwalają na dokonywanie transakcji zgodnie z parametrem wartości nominalnej. System umożliwia uzyskanie wartości klasycznej za wypracowane wartości na zasadzie ECM/Exchange spalając smart kontrakt EC. ECM/STORE to narzędzie e-commerce umożliwiające transakcje zakupowe. Mechanizm ten daje dodatkowe możliwości dla uczestników klastra niezwiązane z produkcją energii. Wykorzystanie energii w innych klastrach ekosystemu ECM to zadanie realizowane na podstawie zautomatyzowanej Platformy Wymiany Energii Tron. System umożliwia również relokację wypracowanych wartości w kolejne asety mocy SDT (budowę nowego OZE) zgodnie z mechanizmem SES. Rozwiązania ECM umożliwiły budowę nowego rynku - rynku mocy.

ENERGY COIN (EC) CYFROWA WARTOŚĆ ENERGII

ECM to Fin-Tech, którego głównym celem jest umożliwienie wytwarzania czystej zeroemisyjnej i taniej energii oraz korzystanie z jej wartości w innowacyjny sposób. Wypracowane w klastrze wartości system zapisuje w cyfrowym obrazie smart kontraktu Energy Coin (EC), który oparty został na jednostce energii (kWh) i zobrazował jej wartość finansową poprzez parametr wartości nominalnej wynikającej z przyjętych stawek wewnątrz klastrowych, nadawanej każdorazowo w momencie emisji. Smart kontrakty EC stanowią wewnątrzsystemową wartość rozliczeniową i jego cyfrowy charakter umożliwił stworzenie wewnętrznego rynku opartego na energii.

ZASADA I

$$1EC = 1 kWh$$

Zasada I **limituje emisję EC** do ilości wytwarzanej energii. Technologia klastra umożliwia wytwarzanie w różnych formach energii tj. prąd, ciepło czy zielony wodór. Wyrażenie każdej z nich w wartości kilowatogodziny (kWh) umożliwia zobrazowanie jej w Energy Coin. Główną funkcją tokena EC w ekosystemie jest jego wartość rozliczeniowa (wymiana). Token ten stanowi wewnątrzsystemową walutę cyfrową.

Zasada II

Wartość nominalna EC

Token EC podczas każdej emisji uzyskuje swoją wartość nominalną. Ustalana jest ona każdorazowo na podstawie wartości handlowej (wartość sprzedaży) wytworzonej energii. Wartość ta w Soleckim Klastrze Energii ściśle związana jest z ustalonymi, zatwierdzonymi i zgłoszonymi do URE stawkami wynikającymi z umowy klastrowej.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

6.3. Współpraca z operatorem systemu dystrybucyjnego (OSD)

Pomimo lokalnego charakteru i rosnącej niezależności energetycznej, klastry energii nie funkcjonuje w oderwaniu od ogólnokrajowego systemu elektroenergetycznego. Wręcz przeciwnie – efektywna i zgodna z regulacjami współpraca z Operatorem Systemu Dystrybucyjnego (OSD) jest warunkiem trwałości, legalności i technicznej stabilności całego przedsięwzięcia.

1. Formalna rola OSD w kontekście klastra

Zgodnie z obowiązującym prawem energetycznym, OSD pełni funkcję zarządcy i operatora lokalnej sieci dystrybucyjnej, przez którą realizowane są dostawy energii elektrycznej do uczestników klastra. OSD:

- zapewnia fizyczne przyłączenie do sieci wszystkich członków klastra,
- odpowiada za jakość i ciągłość dostaw energii,
- prowadzi rozliczenia bilansujące względem operatora systemu przesyłowego (PSE),
- współpracuje z koordynatorem klastra w zakresie udostępniania danych pomiarowych.

2. Przepływy energii a rola klastra w systemie dystrybucyjnym

Klaster energii dąży do maksymalizacji lokalnego bilansowania, jednak w praktyce część energii musi być importowana lub eksportowana przez sieć dystrybucyjną. W tym kontekście OSD:

- umożliwia dwukierunkowe przepływy energii (odbior i oddawanie do sieci),
- udostępnia dane o zużyciu i produkcji energii poszczególnych członków klastra,
- zapewnia obsługę techniczną i reaguje na zdarzenia sieciowe.

Współpraca odbywa się na podstawie uzgodnionej dokumentacji, w tym umowy o współpracy klastra z OSD, zatwierdzonej przez Prezesa URE, która definiuje zakres obowiązków, sposób komunikacji i zasady wymiany danych.

3. Wymiana danych i pomiarów

Efektywna współpraca klastra z OSD opiera się na bieżącym dostępie do danych pomiarowych, rejestrowanych przez liczniki zdalnego odczytu klasy AMI. Dane te są przekazywane do:



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

- koordynatora klastra – dla celów rozliczeń wewnętrznych,
- systemów analitycznych klastra – do prognozowania i optymalizacji,
- systemów OSD – dla celów bilansowania i raportowania do PSE.

Wspólna platforma wymiany danych pozwala na eliminację niezgodności i błędów w rozliczeniach, a także wspiera wdrażanie dynamicznych taryf oraz mechanizmów DSR, w porozumieniu z operatorem.

4. Bezpieczeństwo i odpowiedzialność techniczna

OSD pozostaje odpowiedzialny za bezpieczeństwo sieci dystrybucyjnej, w tym za stabilność napięcia, ograniczanie przeciążeń i zapewnienie zgodności parametrów technicznych. Klastr, jako aktywny uczestnik systemu, musi:

- działać w zgodzie z kodeksem sieci,
- przekazywać dane o planowanej produkcji i zużyciu,
- współpracować przy planowaniu modernizacji lub inwestycji w infrastrukturę.

W sytuacjach kryzysowych (np. blackout, awaria), OSD ma pierwszeństwo operacyjne, a uczestnicy klastra są zobowiązani do działania zgodnie z instrukcjami operatora.

5. Korzyści dla OSD i klastra

Model współpracy klastra z OSD jest korzystny dla obu stron:

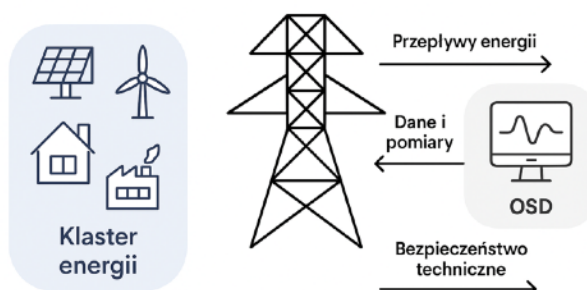
Dla klastra:

- zapewnienie stabilnych warunków przyłączeniowych,
- możliwość importu/eksportu energii,
- dostęp do danych technicznych i pomiarowych.

Dla OSD:

- ograniczenie lokalnych szczytów zapotrzebowania (dzięki DSR),
- wzrost efektywności sieci poprzez lokalne bilansowanie,
- możliwość realizacji zadań regulacyjnych przy wsparciu klastra. W długiej perspektywie, klastry stają się lokalnymi partnerami OSD w procesie transformacji sieci w kierunku bardziej elastycznych, zdecentralizowanych struktur energetycznych.

Współpraca klastra energii z Operatorem Systemu Dystrybucyjnego





6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

6.4. Taryfy wewnętrzne Soleckiego Klastra Energii

Jednym z kluczowych narzędzi zapewniających sprawne i sprawiedliwe funkcjonowanie Soleckiego Klastra Energii są taryfy wewnętrzne, które stanowią lokalny mechanizm ustalania opłat za energię elektryczną, ciepło i zielony wodór dostarczane w ramach wspólnoty energetycznej. Taryfy te nie tylko determinują ekonomiczne relacje pomiędzy uczestnikami klastra oraz umożliwiają zbudowanie wewnętrznego rynku energii, odpornego na wahania cen zewnętrznych.

1. Odpowiedzialność i rola koordynatora klastra

Za ustalanie i aktualizację taryf wewnętrznych odpowiada koordynator klastra energii, który działa w porozumieniu z uczestnikami wspólnoty. Koordynator pełni funkcję zarządzającą i bilansującą, dlatego musi uwzględniać zarówno:

- aktualne koszty wytwarzania energii (OZE, wodór, ciepło odpadowe),
- możliwości magazynowania i dystrybucji,
- potrzeby odbiorców i prosumentów,
- sytuację rynkową i regulacje prawne.

Taryfy muszą być przejrzyste, zrozumiałe i uzasadnione ekonomicznie, a ich struktura powinna być zatwierdzana przez radę klastra w trybie głosowania.

2. Jak stworzyć i wyliczyć taryfę wewnętrzną

Tworzenie taryfy wewnętrznej powinno odbywać się w sposób metodyczny, z uwzględnieniem rzeczywistych kosztów operacyjnych i struktury zużycia. Proces kalkulacji można podzielić na etapy:

a) Zbieranie danych:

- koszty produkcji energii z PV, wiatru, elektrolizera, źródeł ciepła,
- amortyzacja infrastruktury (np. magazyny, liczniki, IT),
- koszty bilansowania i zarządzania,
- ceny energii z rynku zewnętrznego (jako benchmark).

b) Struktura taryfy:

Taryfa wewnętrzna może składać się z kilku komponentów:

- stawka zmienna (zł/kWh, zł/kWh_{th}, zł/kg H₂) – za faktyczne zużycie energii,
- stawka stała (zł/miesiąc) – za dostęp do infrastruktury i zarządzanie,
- element opłaty bilansującej lub rezerwowej – na pokrycie kosztów niedoborów lub nadwyżek.



6. MECHANIZMY DZIAŁANIA

c) Zróżnicowanie taryf:

Możliwe jest wprowadzenie taryf dynamicznych (czasowych), sezonowych, lub zróżnicowanych dla grup odbiorców (np. domy, firmy, infrastruktura publiczna), by zachęcać do efektywnego zarządzania popytem.

3. Zakres taryf – energia, ciepło i wodór

W Soleckim Kłastrze Energii taryfy wewnętrzne obejmują nie tylko energię elektryczną, ale także:

- ciepło z lokalnych źródeł (np. odzysk z elektrolizera, pompy ciepła, magazyny ciepłne) – taryfa wyrażana w zł/MWh_{th},
- zielony wodór, produkowany lokalnie – taryfa wyrażana w zł/kg, uwzględniająca koszt energii do produkcji oraz wartość dodatkowych produktów (tlen, ciepło).

Rozszerzenie zakresu taryf zwiększa potencjał optymalizacji zużycia energii w gminie oraz umożliwia wewnętrzne bilansowanie nie tylko elektryczności, ale też ciepła i paliw zeroemisyjnych.

4. Zgłoszenie taryf i zgodność z przepisami

Taryfy wewnętrzne zgodnie z obowiązującymi przepisami powinny zostać:

- zgłoszone do Operatora Systemu Dystrybucyjnego, jako element formalnej współpracy klastra z OSD,
- udokumentowane w regulaminie funkcjonowania klastra,
- udostępnione uczestnikom klastra w sposób przejrzysty, z określeniem zasad aktualizacji.

W przypadku rozliczeń opartych na cyfrowych wartościach energetycznych (np. w systemie ECM), taryfy muszą również zawierać zasady przeliczania wartości cyfrowej na jednostki fizyczne (kWh, kg, MWh_{th}).

5. Taryfy jako narzędzie rozwoju klastra

Wewnętrzne stawki nie powinny być jedynie narzędziem bilansowania kosztów. To również instrument kształtowania zachowań energetycznych uczestników:

- motywowanie do autokonsumpcji i redukcji szczytów,
- promowanie efektywności energetycznej,
- stymulowanie inwestycji w nowe źródła,
- wspieranie wdrażania DSR, magazynów i produkcji H₂.

Dobrze zaprojektowane taryfy stanowią finansowy kręgosłup klastra i gwarantują jego długofalową stabilność, konkurencyjność i odporność na zmiany zewnętrzne.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Autor koncepcji wodorowej: Konrad Han, doradca ds. technologii wodorowych. Absolwent Politechniki Poznańskiej oraz Politechniki Warszawskiej (Technologia Chemiczna i Inżynieria Procesowa), prezes Instytutu Technologii Wodorowych.

Od kilku lat obserwowane są w Polsce dynamiczne zmiany na rynku energii. Zmiany powodowane są transformacją energetyczną wynikającą z implementacji aktów prawnych UE, rozwojem nowych technologii oraz potrzeb i zachowań uczestników rynku energii. Transformacja energetyczna to przede wszystkim dekarbonizacja i zwiększone wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Wdrożenie transformacji energetycznej to bardzo skomplikowany proces, wymagający zaangażowania wielu uczestników rynku energii. Transformacja powinna następować w sposób zrównoważony, obejmujący swoim zakresem jednocześnie rozwój sieci elektroenergetycznych, technologie wytwarzania energii, przyłączania nowych źródeł do sieci, zarządzania stroną popytową, magazynowania energii, bilansowania systemu oraz wdrożenia nowoczesnych narzędzi teleinformatycznych. Zmieniają się również mechanizmy rynkowe, zasady funkcjonowania rynku bilansującego, giełd energii, opomiarowania i zarządzania danymi, a także wdrażane są nowe produkty i usługi na rynku energii. Na rynku energii powstają nowe podmioty, agregatorzy, obiekty rynku mocy, dostawcy usług bilansujących, klastry energii i spółdzielnie energetyczne.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie diagnozy zawierającej główne wyzwania stojące przed klastrem oraz jego poszczególnymi członkami.

7.1. Wprowadzenie

Solec Kujawski podejmuje ambitny krok ku transformacji energetycznej, budując lokalny klaster energii oparty na odnawialnych źródłach energii (OZE), systemach zarządzania energią (EMS), magazynach baterijnych i nowoczesnych rozwiązaniach Smart City. Jednym z kluczowych komponentów tego systemu będzie produkcja i wykorzystanie zielonego wodoru, który ma pełnić podwójną rolę – jako forma długoterminowego magazynu energii, produktów handlowych oraz jako paliwo dla transportu i celów komercyjnych.

7.2. Rola zielonego wodoru w systemie energetycznym miasta

W odniesieniu do zapotrzebowania na moc Krajowego Systemu Elektroenergetycznego KSE, w niektórych godzinach przy sprzyjających warunkach pogodowych, zapotrzebowanie może być pokryte w 100% przez OZE, natomiast w skrajnie odwrotnej sytuacji generacja energii elektrycznej z OZE może być zerowa. Taka sytuacja powoduje duże komplikacje związane z elastycznością pracy i zbilansowaniem KSE, w którym funkcjonują duże bloki węglowe o mocach nawet do 1000 MW.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

W systemie zdecentralizowanym, w którym znaczącą część energii dostarczają instalacje fotowoltaiczne (na dachach, carportach, wiatrach przystankowych i na gruncie), często pojawiają się okresy nadprodukcji – zwłaszcza latem. Poprzez takie sytuacje wodór staje się gazowym magazynem energii pracy ciągłej.

Produkcja wodoru

W okresach nadwyżek energii lub niskich cen na rynku (TGE), elektrolizer wodorowy zasilany energią odnawialną będzie produkował wodór i tlen. W ten sposób: zamiast eksportować nadmiar energii do sieci po niskiej cenie, miasto "gromadzi" ją w formie czystego paliwa, zmniejsza przeciążenie sieci elektroenergetycznej.

Zastosowanie wodoru

Zasilanie awaryjne. W sytuacjach kryzysowych (np. blackout, burze, przerwy dostaw energii), wodór może być wykorzystany w ogniwach paliwowych (fuel cells) do awaryjnego zasilania kluczowej infrastruktury:

- obiektów strategicznych dla miasta
- urzędu miasta
- centrów przesiadkowych
- oświetlenia ulicznego

Parametry techniczne ogniwa paliwowego

Parametr	Wartość	Opis
Energia chemiczna w 1 kg H ₂	~33,33 kWh	Teoretyczna wartość opałowa (LHV)
Sprawność elektryczna ogniwa	45–60%	Typowa sprawność ogniwa PEM
Sprawność cieplna (kogeneracja)	30–40%	Ciepło odzyskane podczas pracy
Energia elektryczna (przy 55%)	~18,3 kWh	33,33 kWh × 55%
Ilość ciepła (przy 35%)	~11,7 kWh	33,33 kWh × 35%
Łączna sprawność (CHP)	~90%	Energia + ciepło razem



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Czysty wodór może być używany jako paliwo w miarę rozwoju i komercjalizacji sektora automotive dla:

Czysty wodór może być wykorzystywany jako paliwo alternatywne w transporcie, a jego znaczenie będzie systematycznie rosło wraz z rozwojem i komercjalizacją technologii wodorowych w sektorze motoryzacyjnym (automotive). Jednym z najbardziej perspektywicznych obszarów zastosowania wodoru są pojazdy komunalne, takie jak śmieciarki, autobusy czy busy.

Wodorowe śmieciarki i samochody ciężarowe wykorzystywane w usługach miejskich mogą znacznie ograniczyć emisję zanieczyszczeń w przestrzeni publicznej, w tym emisję CO₂, tlenków azotu oraz hałasu. W przeciwieństwie do klasycznych pojazdów z silnikiem Diesla, pojazdy wodorowe pracują cicho, nie emitują spalin, a ich jedynym produktem ubocznym pracy jest para wodna. To szczególnie ważne w gęsto zaludnionych obszarach miejskich, takich jak region Solca Kujawskiego, gdzie jakość powietrza i komfort życia mieszkańców mają kluczowe znaczenie.

Autobusy i busy zasilane wodorem oferują porównywalne zasięgi do tradycyjnych pojazdów spalinowych, przy jednoczesnym krótkim czasie tankowania – co czyni je doskonałym rozwiązaniem dla transportu publicznego. Mogą one obsługiwać stałe trasy przez cały dzień bez konieczności długiego ładowania, jak ma to miejsce w przypadku autobusów elektrycznych zasilanych bateriami. Dzięki temu wodór może stać się realną alternatywą tam, gdzie elastyczność operacyjna i dostępność pojazdów są szczególnie istotne.

Wraz z rozwojem lokalnej infrastruktury do tankowania wodoru (np. stacji HRS) oraz krajowej strategii wodorowej, samorządy będą miały możliwość włączania pojazdów wodorowych do swoich flot komunalnych w sposób stopniowy i skalowalny. Taki kierunek nie tylko przyczyni się do realizacji celów klimatycznych, ale również wzmocni wizerunek miasta jako lidera zielonej transformacji i nowoczesnej mobilności miejskiej.

Przyszłościowa flota wodorowa obsługująca sezonowy transport turystyczny

Czysty wodór może również znaleźć zastosowanie w rozwoju przyszłościowej floty wodorowej przeznaczonej do obsługi sezonowego transportu turystycznego, co ma szczególne znaczenie dla miejscowości nadmorskich, które w okresie letnim odnotowują gwałtowny wzrost liczby osób przemieszczających się po mieście i jego okolicach.

W sezonie turystycznym wzrasta zapotrzebowanie na elastyczne, szybkie i ekologiczne środki transportu – zarówno w ruchu miejskim, jak i między sąsiadującymi miejscowościami. Wodorowe pojazdy, takie jak busy, minibusy, a w przyszłości także lekkie pojazdy szynowe czy łodzie pasażerskie, mogą zaspokoić to zapotrzebowanie, oferując wysoki zasięg, krótki czas tankowania oraz bezemisyjną pracę. Taka flota byłaby szczególnie przydatna na trasach łączących plaże, porty, atrakcje turystyczne, przystanki kolejowe czy parkingi buforowe z centrum miasta.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Zastosowanie wodoru w transporcie niesie za sobą wiele korzyści. Przede wszystkim eliminuje emisje spalin w najczęściej uczęszczanych i zatłoczonych miejscach, poprawiając jakość powietrza oraz komfort odwiedzających. Pojazdy zasilane wodorem pracują niemal bezgłośnie, co wpływa korzystnie na klimat akustyczny, a jednocześnie podkreśla nowoczesny i ekologiczny charakter miasta. W perspektywie kilku lat, rozwój floty wodorowej mógłby stać się częścią spójnego systemu zielonej mobilności, obejmującego połączenia autobusowe, rowerowe, piesze oraz kolejowe, zintegrowane w ramach jednej platformy komunikacyjnej. Dzięki temu Solec Kujawski mógłby zaoferować mieszkańcom innowacyjny i przyjazny środowisku sposób poruszania się, stając się liderem zielonej transformacji regionu kujaw. W połączeniu z lokalną produkcją wodoru z OZE, taka flota stanowiłaby przykład efektywnego wykorzystania odnawialnej energii na potrzeby mobilności XXI wieku.

W Solcu Kujawskim zielony wodór ma duży potencjał jako paliwo przyszłości w transporcie publicznym i komunalnym, umożliwiając zastąpienie pojazdów spalinowych – takich jak autobusy, śmieciarki czy pojazdy techniczne – bezemisyjną flotą zasilaną wodorem. W sektorze ciepłownictwa wodór może być wykorzystywany w mikrokogeneracji do jednoczesnej produkcji ciepła i energii elektrycznej na potrzeby budynków użyteczności publicznej lub osiedli mieszkaniowych. Dodatkowo, jako nośnik energii, wodór umożliwia magazynowanie nadwyżek z odnawialnych źródeł, co pozwala na ich wykorzystanie w okresach zwiększonego zapotrzebowania i pełni kluczową rolę w bilansowaniu lokalnego systemu energetycznego, szczególnie w ramach klastra energii.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Zastosowanie dla stacjonarnych odbiorców przemysłowych

Wodór jako zeroemisyjne paliwo może znaleźć zastosowanie również wśród stacjonarnych odbiorców przemysłowych, zwłaszcza tych, którzy zużywają znaczne ilości energii w formie elektrycznej lub ciepłej i poszukują alternatyw dla paliw kopalnych w ramach własnej transformacji energetycznej. W kontekście Solca Kujawskiego potencjalnymi odbiorcami wodoru mogą być spółki gminne lub miejscowy biznes, który od lat już docenił walory takiego rozwiązania (SOLBET).

Dzięki wykorzystaniu ogniw paliwowych lub agregatów kogeneracyjnych zasilanych wodorem, tego typu obiekty mogą znacząco ograniczyć swoją zależność od energii z sieci i zmniejszyć ślad węglowy swojej działalności. Wodór może być używany zarówno do produkcji energii, umożliwiając wytwarzanie energii elektrycznej jak i ciepła technologicznego, które następnie może zasilać urządzenia procesowe, systemy grzewcze lub instalacje c.w.u. Takie rozwiązania są szczególnie atrakcyjne w przypadku zakładów, które działają w trybie ciągłym i wymagają stabilnych, niezawodnych źródeł zasilania.

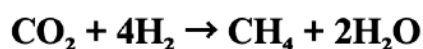
Co więcej, wodór może pełnić funkcję paliwa rezerwowego lub bufora energetycznego – zapewniając zasilanie w sytuacjach kryzysowych, awarii sieci lub przeciążeń systemowych. W połączeniu z lokalną infrastrukturą do magazynowania i dystrybucji wodoru, stacjonarne wykorzystanie tego paliwa przez zakłady przemysłowe i użyteczności publicznej wpisuje się w strategię zrównoważonego rozwoju i lokalnej samowystarczalności energetycznej.

W przyszłości tego rodzaju odbiorcy mogą również brać udział w rynku usług elastyczności, świadcząc np. usługi DSR (Demand Side Response), czyli czasowego ograniczania poboru energii z sieci w zamian za wynagrodzenie – co dodatkowo zwiększy opłacalność ich udziału w lokalnym systemie wodorowym.

Integracja z systemem gazowym lub dotrysk do biogazu

Dotrysk wodoru do biogazu (czyli dodawanie wodoru do biogazu zawierającego głównie metan i dwutlenek węgla) jest innowacyjnym rozwiązaniem znanym jako biometanizacja biologiczna (biologiczne uwodornienie CO₂) lub powermikseryzacja biogazu. Poniżej przedstawiono przegląd technologicznego rozwiązania, które może być zastosowane do tego celu:

Zwiększenie zawartości metanu (CH₄) poprzez konwersję CO₂ obecnego w biogazie z użyciem wodoru (H₂) według reakcji:





7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Korzyści środowiskowe: Redukcja emisji CO₂ z biogazu

Biogaz zawiera zazwyczaj:

50–60% metanu (CH₄)

40–50% dwutlenku węgla (CO₂)

Zwykle CO₂ nie jest użyteczny i jest emitowany do atmosfery po spaleniu biogazu. Po dodaniu H₂ możemy zamienić ten CO₂ w metan, który dalej służy jako paliwo – zamiast być źródłem emisji.

Przykład redukcji emisji CO₂:

1 m³ biogazu zawiera ~0,4 m³ CO₂

1 mol CO₂ + 4 mol H₂ = 1 mol CH₄

1 m³ CO₂ = ok. 2 kg CO₂

Zamieniając 0,4 m³ CO₂ → CH₄, oszczędzamy 0,8 kg CO₂/m³ biogazu (bo nie trafi do atmosfery)

Zastąpienie gazu ziemnego

Każdy m³ biometanu zastępując m³ gazu ziemnego, który pochodzi z paliw kopalnych.

Gaz ziemny: ~2 kg CO₂/m³ przy spalaniu.

Zastępując 1 m³ gazu ziemnego biometanem → oszczędzamy kolejne ~2 kg CO₂.

RAZEM: nawet 2,8 kg CO₂ zaoszczędzone na każdym m³ ulepszanego biogazu

7.3. Techniczne założenia projektu

Elektrolizer: modułowy system (np. 1–2 MW), skalowalny w przyszłości. Elektrolizer stanowi centralny element systemu produkcji zielonego wodoru i powinien zostać zaprojektowany jako rozwiązanie modułowe, o mocy początkowej w zakresie 1–2 MW. Taka konfiguracja umożliwia elastyczne dostosowanie do dostępnej mocy z instalacji OZE oraz do lokalnego zapotrzebowania na wodór. Modułowa architektura pozwala na stopniową rozbudowę w przyszłości – zarówno pod względem mocy, jak i wydajności – bez konieczności całkowitej przebudowy systemu.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Dzięki temu możliwa jest optymalna integracja z rozwojem klastra, wzrostem produkcji energii odnawialnej oraz zapotrzebowaniem na wodór w zastosowaniach transportowych i przemysłowych.

Magazyn H₂: ciśnieniowe zbiorniki na wodór, umożliwiające jego dłuższe przechowywanie. Wyprodukowany wodór będzie przechowywany w specjalistycznych zbiornikach ciśnieniowych, zaprojektowanych z myślą o bezpieczeństwie, wydajności i długoterminowym magazynowaniu. Zbiorniki o pojemności dostosowanej do kilku dni autarkicznego zasilania wybranych odbiorców (np. infrastruktury krytycznej miasta) będą magazynować wodór pod ciśnieniem 350–700 bar. Takie rozwiązanie umożliwia:

- buforowanie energii na okresy bezproduktywne OZE (noc, zima),
- dostępność wodoru na żądanie (np. w razie awarii sieci),
- mobilne lub stacjonarne wykorzystanie wodoru w wielu zastosowaniach. Zbiorniki będą wyposażone w systemy monitorowania ciśnienia, temperatury i poziomu wodoru oraz zintegrowane z systemem bezpieczeństwa.

Stacja HRS: punkt tankowania wodoru dla pojazdów miejskich i komercyjnych. W ramach rozwoju infrastruktury wodorowej planuje się budowę stacji tankowania wodoru (HRS), zlokalizowanej przy jednym z węzłów transportowych lub terenów komunalnych. Stacja będzie umożliwiać tankowanie pojazdów komunalnych (np. autobusów, śmieciarek, busów), a w przyszłości także pojazdów prywatnych i floty turystycznej. System powinien spełniać normy ISO i SAE J2601 oraz być dostosowany do różnych ciśnień tankowania (350 i 700 bar), umożliwiając obsługę zarówno pojazdów miejskich, jak i potencjalnie lekkich jednostek pływających. Budowa stacji HRS umożliwi komercjalizację wodoru, stworzenie lokalnego rynku paliwa alternatywnego i przyczyni się do obniżenia emisji w transporcie publicznym.

Ogniwa paliwowe (fuel cells): rozproszone jednostki przy wybranych obiektach publicznych, zdolne do natychmiastowego uruchomienia w razie awarii zasilania. Aby wodór mógł być wykorzystywany jako źródło energii elektrycznej i ciepłej, niezbędne jest zastosowanie ogniw paliwowych. W proponowanej koncepcji planuje się instalację wysokosprawnych ogniw o mocy 50–500 kW, rozmieszczonych w strategicznych lokalizacjach (np. urząd miasta, węzeł przesiadkowy, szkoły, szpital, wodociągi). Ogniwa paliwowe pozwolą na:

- zasilanie awaryjne kluczowej infrastruktury w przypadku przerw w dostawie energii z sieci,
- pokrycie lokalnego zapotrzebowania w godzinach szczytu energetycznego,
- działanie w trybie kogeneracji - produkcji energii i ciepła jednocześnie. Systemy te charakteryzują się wysoką sprawnością (nawet 60% el. i 90% w kogeneracji) oraz niską emisją hałasu i zanieczyszczeń.

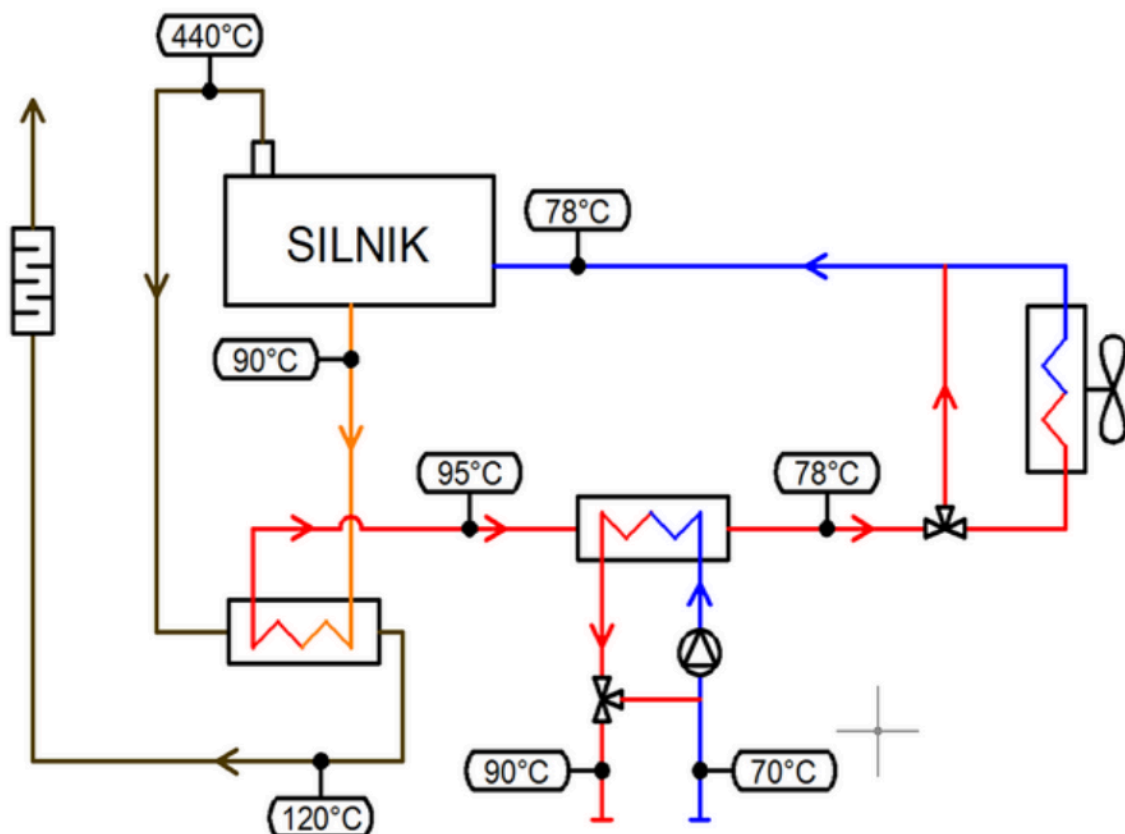


7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Tłokowe agregaty kogeneracyjne to dobrze znane urządzenia stosowane w kogeneracji, które – zamiast konwencjonalnych paliw (gaz ziemny, biogaz) – mogą być zasilane czystym wodorem. Dzięki temu możliwa jest lokalna, niskoemisyjna produkcja energii elektrycznej i ciepła na potrzeby budynków komunalnych, przemysłowych czy infrastruktury krytycznej.

Zalety:

- wykorzystanie istniejącej technologii silników tłokowych (przebudowanych pod H_2),
- odporność na zmienne obciążenie,
- niższe koszty inwestycyjne niż ogniwa paliwowe,
- możliwość pracy wyspowej (off-grid).



Typowe parametry pracy (dla 1 kg wodoru)



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Parametr	Wartość	Opis
Energia chemiczna w 1 kg H ₂	~33,33 kWh	Wartość opałowa (LHV)
Sprawność elektryczna silnika	~30–35%	Przeciętnie niższa niż w ogniwach
Sprawność cieplna (kogeneracja)	~50–55%	Wysoki odzysk ciepła z chłodzenia
Energia elektryczna (przy 33%)	~11,0 kWh	$33,33 \times 0,33$
Ilość ciepła (przy 52%)	~17,3 kWh	$33,33 \times 0,52$
Łączna sprawność (CHP)	~85%	Energia + ciepło razem

7.4. Integracja z infrastrukturą

Wodór staje się elementem strategicznym całego systemu energetycznego miasta, działając obok:

- instalacji PV zintegrowanych w przestrzeni miejskiej (carporty, fasady, grunty),
- magazynów bateryjnych zapewniających szybkie buforowanie energii,
- inteligentnego zarządzania popytem (EMS, sterowanie obciążeniem),
- komunikacji miejskiej wspieranej zieloną energią (wiaty zasilane PV , ładowarki EV).

System energetyczny Solca może więc:

Reagować elastycznie na zmieniające się ceny i warunki rynkowe.

Jedną z kluczowych zalet lokalnego systemu energetycznego opartego na odnawialnych źródłach energii, magazynowaniu i technologiach wodorowych jest zdolność do elastycznego reagowania na zmieniające się ceny i warunki rynkowe. Tego typu systemy – szczególnie gdy są wspierane przez inteligentne narzędzia zarządzania energią (EMS) – mogą dynamicznie dostosowywać swoją pracę do bieżącej sytuacji na rynku energii elektrycznej, zarówno w zakresie produkcji, jak i konsumpcji oraz magazynowania energii.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

W praktyce oznacza to, że lokalny klaster może np. uruchamiać produkcję wodoru wtedy, gdy ceny energii na giełdzie są wyjątkowo niskie lub występują lokalne nadwyżki energii z fotowoltaiki czy wiatru. W takich momentach produkcja wodoru staje się szczególnie opłacalna, ponieważ pozwala „zagospodarować” taną energię, zamiast ją oddawać do sieci lub ograniczać generację. Z drugiej strony, w czasie wzrostu cen energii lub dużego zapotrzebowania, zgromadzony wodór może zostać wykorzystany jako alternatywne źródło zasilania – np. przez uruchomienie ogniw paliwowych – co zmniejsza koszt energii kupowanej z sieci lub pozwala unikać opłat szczytowych.

Elastyczne reagowanie dotyczy również możliwości świadczenia usług na rzecz operatora systemu – np. przez dostarczanie rezerw mocy, redukcję zużycia w godzinach szczytu (DSR), czy krótkoterminowe magazynowanie energii. Tego typu mechanizmy rynkowe stają się coraz bardziej dostępne i atrakcyjne finansowo, a ich skuteczne wykorzystanie wymaga właśnie lokalnej elastyczności energetycznej.

W efekcie miasto lub klaster energii nie tylko optymalizuje własne koszty operacyjne, ale również staje się aktywnym uczestnikiem rynku energii, który potrafi reagować na jego zmienność i czerpać z tego korzyści finansowe oraz operacyjne. To istotny krok w stronę nowoczesnej, inteligentnej energetyki lokalnej

Ustabilizować sieć lokalną

Wdrażanie lokalnych źródeł odnawialnych oraz systemów magazynowania energii – w tym bateryjnych i wodorowych – pozwala nie tylko na uniezależnienie się od zewnętrznych dostawców, ale również na stabilizowanie lokalnej sieci elektroenergetycznej. Ma to szczególne znaczenie w miejscowościach takich jak Solec Kujawski, gdzie sieć może być obciążona sezonowymi skokami zapotrzebowania lub przeciążeniami wynikającymi z rozwoju nowych źródeł OZE.

Lokalna produkcja energii z fotowoltaiki czy wiatru wiąże się z dużą zmiennością – zależną od warunków pogodowych i pory dnia – co może prowadzić do wahań napięcia, chwilowych przeciążeń lub odwrotnie, niedoborów mocy w sieci. W takich warunkach kluczową rolę odgrywają magazyny energii oraz inteligentne systemy zarządzania (EMS), które mogą w czasie rzeczywistym kompensować te wahania, oddając lub pobierając energię w zależności od potrzeb.

Dzięki temu możliwe jest utrzymanie stabilnych parametrów pracy sieci (napięcia, częstotliwości) oraz zapewnienie bezpieczeństwa dostaw dla wszystkich odbiorców – zarówno gospodarstw domowych, jak i infrastruktury krytycznej. Co więcej, takie rozwiązania odciążają sieć dystrybucyjną, ograniczając ryzyko jej przeciążeń i wydłużając jej żywotność.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

W dłuższej perspektywie lokalna stabilizacja sieci umożliwia też przyłączanie kolejnych źródeł odnawialnych bez konieczności kosztownej modernizacji infrastruktury przesyłowej. To z kolei wspiera rozwój energetyki prosumenckiej i wzmacnia pozycję klastra jako aktywnego i niezależnego uczestnika lokalnego rynku energii.

Uniezależnić się od zewnętrznych dostawców

Jednym z fundamentalnych celów tworzenia lokalnych systemów energetycznych, takich jak klastry energii, jest dążenie do uniezależnienia się od zewnętrznych dostawców energii. Oznacza to stopniowe ograniczanie konieczności zakupu energii elektrycznej i ciepłej z centralnych źródeł, które są często droższe, mniej ekologiczne oraz podatne na wahania rynkowe, zakłócenia geopolityczne czy awarie infrastruktury przesyłowej.

Dzięki rozwojowi odnawialnych źródeł energii – takich jak fotowoltaika, elektrownie wiatrowe czy biomasa – oraz ich integracji z systemami magazynowania (baterijnymi i wodorowymi), społeczność lokalna może produkować, magazynować i zużywać energię na własne potrzeby. W sytuacjach korzystnych cenowo lub w okresach nadwyżek, nadmiar energii może być również przechowywany lub zamieniany na wodór, który służy jako długoterminowy magazyn energii i alternatywne paliwo.

Uniezależnienie się od zewnętrznych dostawców nie oznacza całkowitego odłączenia od sieci krajowej, lecz budowę zdolności do samodzielnego bilansowania lokalnych potrzeb energetycznych w znaczącym stopniu – zarówno w normalnych warunkach, jak i w czasie kryzysów. To podejście zwiększa odporność miasta na wahania cen na giełdzie energii, zmiany taryf, czy nawet ryzyko przerw w dostawach energii z zewnątrz. Jednocześnie daje mieszkańcom, instytucjom i przedsiębiorcom realny wpływ na źródło, jakość i koszt zużywanej energii.

W dłuższej perspektywie taka samowystarczalność energetyczna wzmacnia niezależność gminy, buduje lokalne bezpieczeństwo energetyczne i pozwala na lepsze planowanie rozwoju w zgodzie z zasadami zrównoważonej gospodarki.

7.5. Korzyści i przyszłość

Zielony wodór produkowany z lokalnych OZE to paliwo bezemisyjne, całkowicie neutralne dla klimatu

Zielony wodór to paliwo przyszłości, które powstaje w procesie elektrolizy wody z wykorzystaniem energii pochodzącej z odnawialnych źródeł, takich jak słońce, wiatr czy woda. Dzięki temu jego produkcja jest całkowicie bezemisyjna – nie towarzyszy jej ani emisja dwutlenku węgla, ani innych szkodliwych gazów cieplarnianych. Co więcej, podczas jego zużycia – czy to w procesie spalania, czy w ogniwach paliwowych – jedynym produktem ubocznym jest para wodna, co sprawia, że wodór ten jest całkowicie neutralny klimatycznie i nie pogłębia efektu cieplarnianego.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Dzięki możliwości integracji z lokalnymi źródłami odnawialnymi, zielony wodór stanowi idealne uzupełnienie dla niestabilnych źródeł energii, takich jak fotowoltaika i energetyka wiatrowa. W okresach nadprodukcji energii, gdy zapotrzebowanie jest niskie, można ją efektywnie zamieniać w wodór i magazynować na później. Z kolei w momentach niedoboru energii lub wzrostu zapotrzebowania, wodór może być przekształcany ponownie w energię elektryczną lub ciepło – np. za pomocą ogniw paliwowych lub agregatów kogeneracyjnych. Taki system umożliwi lokalne, elastyczne zarządzanie energią i zwiększa samowystarczalność energetyczną gminy.

Zielony wodór może być z powodzeniem wykorzystywany w różnych sektorach gospodarki – od transportu, przez przemysł, aż po sektor komunalny. Zasilac może pojazdy miejskie, pociągi, łodzie, a także systemy grzewcze i produkcję ciepłej wody użytkowej, wszędzie tam, gdzie obecnie dominują paliwa kopalne. W gospodarce o obiegu zamkniętym wodór staje się nośnikiem energii, który nie tylko wspiera rozwój odnawialnych źródeł, ale także umożliwia ich pełne wykorzystanie w czasie i przestrzeni. W ten sposób zielony wodór przestaje być jedynie paliwem alternatywnym – staje się fundamentem transformacji energetycznej i krokiem w kierunku gospodarki neutralnej klimatycznie.

Redukcja strat przesyłowych i zwiększenie samowystarczalności

Redukcja strat przesyłowych i zwiększenie samowystarczalności energetycznej to jedno z kluczowych korzyści wynikających z wdrażania rozproszonych, lokalnych systemów wytwarzania i magazynowania energii – takich jak klastry energii oparte na odnawialnych źródłach i zielonym wodorze. W tradycyjnym modelu energetycznym, energia produkowana jest w dużych, scentralizowanych elektrowniach i przesyłana na duże odległości do odbiorców końcowych. Ten proces wiąże się z istotnymi stratami przesyłowymi, które mogą sięgać nawet kilku procent całkowitej energii, szczególnie w przypadku linii przesyłowych wysokiego napięcia. Każdy kilometr kabla, każda stacja transformatorowa, to dodatkowe miejsce, w którym część energii „ginie” w postaci ciepła. Im dłuższa droga od źródła do odbiorcy, tym większe straty.

Lokalne wytwarzanie energii – np. z paneli fotowoltaicznych zamontowanych na dachach budynków, carportach czy instalacjach gruntowych – umożliwia jej bezpośrednie wykorzystanie na miejscu, bez konieczności przesyłania przez rozległą sieć. W ten sposób znaczna część strat jest eliminowana, a efektywność energetyczna systemu znacząco wzrasta.

Co więcej, dzięki instalacjom magazynującym energię – baterijnym i wodorowym – możliwe jest buforowanie nadwyżek i ich wykorzystanie w czasie rzeczywistego zapotrzebowania. Oznacza to, że lokalna społeczność, infrastruktura miejska czy zakłady użyteczności publicznej mogą zaspokajać większą część swojego zapotrzebowania energetycznego z własnych źródeł, bez konieczności importu energii z sieci zewnętrznej. To właśnie jest samowystarczalność energetyczna: zdolność do niezależnego działania systemu nawet w przypadku ograniczeń lub przerw w zewnętrznych dostawach.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Taki model nie tylko zwiększa odporność miasta na sytuacje kryzysowe, ale również wzmacnia lokalną gospodarkę – środki wydawane wcześniej na zakup energii z zewnątrz mogą pozostać w obrębie gminy, wspierając lokalne inwestycje, rozwój infrastruktury i innowacje energetyczne.

Wzrost bezpieczeństwa energetycznego miasta (backup w razie blackoutów)

Wzrost bezpieczeństwa energetycznego miasta to jedna z najważniejszych korzyści wynikających z wdrażania nowoczesnych, zdecentralizowanych systemów energetycznych opartych na odnawialnych źródłach energii, lokalnych magazynach energii oraz technologiach wodorowych. Szczególne znaczenie ma to w kontekście zapewnienia ciągłości działania miasta w sytuacjach kryzysowych – takich jak awarie sieci elektroenergetycznej, przeciążenia systemu, ekstremalne zjawiska pogodowe czy ataki cybernetyczne na infrastrukturę energetyczną.

W tradycyjnym modelu energetycznym miasto w dużej mierze uzależnione jest od zewnętrznych dostawców energii – zarówno pod względem podaży, jak i infrastruktury przesyłowej. W przypadku tzw. blackoutu, czyli rozległej awarii sieci elektroenergetycznej, działanie urzędów, systemów transportu publicznego, oświetlenia ulicznego, szpitali, oczyszczalni ścieków, a nawet komunikacji alarmowej, może zostać nagle wstrzymane. Takie przerwy w zasilaniu niosą za sobą nie tylko poważne konsekwencje gospodarcze, ale również zagrożenia dla zdrowia i życia mieszkańców.

Rozproszone systemy energetyczne, w tym instalacje fotowoltaiczne, magazyny bateryjne i technologie wodorowe (ogniwa paliwowe, agregaty kogeneracyjne H_2), pozwalają na stworzenie lokalnych źródeł zasilania awaryjnego. W przypadku odcięcia miasta od krajowego systemu energetycznego, kluczowe obiekty – takie jak urząd miasta, węzły przesiadkowe, infrastruktura sanitarna, szkoły, czy centra kryzysowe – mogą być natychmiast przełączane na zasilanie z własnych zasobów energii. Dzięki temu możliwe jest utrzymanie działania niezbędnych systemów bezpieczeństwa publicznego i zachowanie ciągłości funkcjonowania miasta.

Dodatkowo, technologie wodorowe oferują przewagę w postaci magazynowania energii na dłuższy czas niż baterie – co jest szczególnie ważne w przypadku wielodniowych awarii. Wodór, przechowywany w ciśnieniowych zbiornikach, może zasilać urządzenia i budynki przez wiele godzin lub nawet dni, bez konieczności dostępu do sieci.

Z punktu widzenia strategii miejskiej, zapewnienie niezależnych źródeł zasilania i rozwój lokalnego „energetycznego zaplecza” podnosi nie tylko bezpieczeństwo energetyczne, ale również wiarygodność władz samorządowych, zwiększa odporność miasta na kryzysy i daje mieszkańcom realne poczucie stabilności i ochrony. W świecie coraz częstszych ekstremalnych zjawisk pogodowych i globalnych napięć geopolitycznych, takie podejście staje się nie tyle alternatywą, co koniecznością.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Nowe miejsca pracy i rozwój technologii wodorowych

Rozwój lokalnego systemu energetycznego opartego na technologiach wodorowych to nie tylko krok w stronę transformacji klimatycznej, ale również szansa na stworzenie nowych miejsc pracy i przyspieszenie rozwoju innowacyjnych kompetencji technologicznych w regionie. Inwestycje w produkcję, magazynowanie i wykorzystanie zielonego wodoru generują zapotrzebowanie na specjalistów z różnych dziedzin – od inżynierów systemów energetycznych i automatyków, po techników, operatorów urządzeń, specjalistów ds. zarządzania energią czy serwisantów instalacji wodorowych.

Wraz z rozwojem sektora możliwe jest również powstawanie lokalnych firm serwisowych i technologicznych, które będą współpracować z samorządami, inwestorami i operatorami infrastruktury. Dzięki temu projekt staje się impulsem dla lokalnej gospodarki i tworzy nowe ścieżki kariery zawodowej – zwłaszcza dla młodych ludzi szukających zatrudnienia w sektorach przyszłości.

Kluczowym elementem rozwoju technologii wodorowych powinna być także ścisła współpraca z uczelniami wyższymi i centrami badawczo-rozwojowymi. Solec Kujawski i cały region mogą korzystać z potencjału instytucji akademickich takich jak Politechnika Gdańska, Politechnika Bydgoska czy lokalne jednostki badawcze specjalizujące się w energetyce odnawialnej i elektromobilności. Współpraca ta może obejmować m.in.:

- tworzenie programów stażowych i praktyk dla studentów, wspólne projekty badawcze i pilotażowe (np. testowanie nowych typów ogniw paliwowych, hybrydowych,
- układów kogeneracyjnych, stacji tankowania H₂,
- rozwój lokalnych centrów kompetencji wodorowych i laboratoriów technicznych,
- organizację szkoleń, konferencji i wydarzeń edukacyjnych promujących zieloną energię.

Dzięki temu Solec Kujawski może stać się nie tylko beneficjentem transformacji energetycznej, ale również aktywnym uczestnikiem rozwoju krajowego i regionalnego sektora wodorowego, wzmacniając swoją pozycję jako ośrodek innowacyjny, nowoczesny i przyjazny środowisku. Tego typu podejście przyciąga inwestycje, podnosi jakość edukacji technicznej i pozwala trwale połączyć rozwój gospodarczy z odpowiedzialnością za klimat.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Potencjalna sprzedaż nadwyżek wodoru do partnerów zewnętrznych.

Potencjalna sprzedaż nadwyżek wodoru do partnerów zewnętrznych otwiera przed lokalnym systemem energetycznym – takim jak Solecki Klaster Energii – istotne możliwości ekonomiczne i strategiczne. Zielony wodór, wytwarzany lokalnie z odnawialnych źródeł energii w okresach nadwyżek produkcji, może być wykorzystywany nie tylko na potrzeby własne klastra (jako magazyn energii, paliwo dla floty komunalnej, źródło zasilania rezerwowego czy nośnik energii dla ciepłownictwa), lecz także stanowić atrakcyjny produkt rynkowy oferowany podmiotom zewnętrznym.

Położenie Solca Kujawskiego w bezpośrednim sąsiedztwie Bydgoszczy oraz Torunia, w ramach silnie zurbanizowanego i uprzemysłowionego obszaru powiatu bydgoskiego, tworzy naturalne warunki do rozwoju lokalnego rynku wodoru. Bliskość dużych ośrodków miejskich, zaplecza przemysłowego, infrastruktury logistycznej oraz węzłów transportowych zwiększa potencjał dystrybucji i sprzedaży zielonego wodoru do odbiorców instytucjonalnych i komercyjnych.

Jednym z kluczowych kierunków wykorzystania wodoru może być transport, w szczególności kolej oraz transport publiczny i komunalny. Wodór coraz częściej postrzegany jest jako realna alternatywa dla paliw kopalnych na trasach niezelektryfikowanych oraz w segmencie ciężkiego transportu. Dostępność lokalnego, bezemisyjnego paliwa może znacząco obniżyć koszty operacyjne operatorów transportowych, a jednocześnie wspierać realizację celów klimatycznych regionu.

Równie istotną grupę potencjalnych odbiorców stanowią zakłady przemysłowe i infrastrukturalne zlokalizowane w Solcu Kujawskim oraz na obszarze aglomeracji bydgosko-toruńskiej. Przemysł spożywczy, przetwórstwo, chłodnie, zakłady wodno-kanalizacyjne czy przedsiębiorstwa komunalne coraz częściej poszukują alternatywy dla gazu ziemnego, która pozwoli im ograniczyć emisję CO₂ i dostosować się do rosnących wymogów środowiskowych oraz regulacyjnych.

Rynek zielonego wodoru jest dziś jednym z najszybciej rozwijających się segmentów transformacji energetycznej i posiada znaczący potencjał ekonomiczny. Możliwość sprzedaży nadwyżek wodoru oznacza nie tylko dodatkowy strumień przychodów dla Soleckiego Klastra Energii, lecz także poprawę efektywności całego systemu energetycznego. W dłuższej perspektywie może to doprowadzić do powstania lokalnego rynku wodoru, integrującego samorząd, przemysł, transport oraz sąsiednie gminy, a Solec Kujawski może stać się jednym z kluczowych punktów zielonej transformacji w regionie i przykładem dla innych miast w Polsce.



7. KONCEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

7.6. Przyszły rozwój

Strategia wodorowa w Solcu Kujawskim powinna być realizowana etapowo:

Etap 1 – pilotaż: produkcja wodoru z PV i jego wykorzystanie do zasilania awaryjnego.

Etap 2 – stacja tankowania i pierwsze pojazdy H₂.

Etap 3 – integracja z krajową siecią H₂, eksport, współpraca z operatorami transportu.

Etap 4 – partnerstwa przemysłowe, rozwój H₂ jako surowca dla portu lub chłodni rybackich.

MINIMALNE PARAMETRY DO SPEŁNIENIA USTAWOWYCH WYMAGAŃ DLA KLASTRÓW ENERGII

Zgodnie z artykułem 184I Ustawy o odnawialnych źródłach energii od członków klastra energii, który został wpisany do rejestru klastrów energii, nie nalicza się i nie pobiera opłaty OZE i kogeneracyjnej do dnia 31 grudnia 2026 r. w przypadku, gdy:

1) co najmniej 30% (50% - od 01.01.2027 r. do 31.12. 2029 r.) energii elektrycznej wytwarzanej i wprowadzanej do sieci dystrybucyjnej w ramach tego klastra energii jest wytwarzana z odnawialnych źródeł energii oraz

2) łączna moc zainstalowana elektryczna instalacji odnawialnego źródła energii i jednostek wytwórczych (...), nie przekracza 100 MW energii elektrycznej i umożliwia pokrycie w ciągu roku nie mniej niż 40% łącznego rocznego zapotrzebowania członków klastra energii w zakresie energii elektrycznej (od 01.01.2027 r. do 31.12. 2029 r.
- nie mniej niż 50% łącznych dostaw energii elektrycznej do członków tego klastra energii),
oraz

3) łączna moc zainstalowana elektryczna magazynów energii (...) wynosi co najmniej 2% (5% - od 01.01.2027 r. do 31.12. 2029 r.) łącznej mocy zainstalowanej instalacji odnawialnego źródła energii i jednostek wytwórczych (...).

Co więcej, w przypadku, gdy ilość energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnych źródeł energii przez członków klastra energii i wprowadzonej do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej:

a) przekroczy 60% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 95% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,



7. KONSEPCJA WODOROWA DLA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

b) przekroczy 70% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 90% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,

c) przekroczy 80% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 85% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,

d) przekroczy 90% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 80% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, których wysokość zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii,

e) wyniesie 100% zużycia energii elektrycznej przez członków tego klastra energii - operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego nalicza 75% wysokości opłat za świadczenie usługi dystrybucji, która zależy od ilości energii elektrycznej pobranej przez członków klastra energii;

7.7. Podsumowanie

Koncepcja wodorowa Soleckiego Klastra Energii stanowi strategiczny filar lokalnej transformacji energetycznej, której celem jest budowa nowoczesnego, elastycznego i niskoemisyjnego systemu zasilania miasta. Oparta na zielonym wodorze produkowanym z lokalnych odnawialnych źródeł energii (głównie fotowoltaiki i wiatru), zakłada pełną integrację z systemami magazynowania energii, zarządzania popytem oraz transportu bezemisyjnego. Wodór będzie wytwarzany w elektrolizerze w momentach nadwyżek energii lub niskich cen rynkowych i magazynowany w bezpiecznych zbiornikach. Następnie wykorzystywany będzie w dwóch kluczowych obszarach: jako źródło zasilania awaryjnego dla obiektów krytycznych (w tym poprzez ogniwa paliwowe i agregaty kogeneracyjne), oraz jako komercyjne paliwo dla transportu – od pojazdów komunalnych, przez flotę turystyczną, po pilotażowe jednostki pływające w porcie. Koncepcja przewiduje również potencjalną sprzedaż nadwyżek wodoru do partnerów zewnętrznych, takich jak koleje, zakłady przemysłowe czy porty, tworząc lokalny rynek wodoru i generując dodatkowe dochody. System zarządzany będzie przez inteligentną platformę EMS, która pozwoli elastycznie reagować na warunki rynkowe, stabilizować lokalną sieć oraz optymalizować bilans energetyczny klastra. Wdrożenie technologii wodorowych przyczyni się do zwiększenia samowystarczalności miasta, ograniczenia strat przesyłowych, poprawy bezpieczeństwa energetycznego oraz stworzenia nowych miejsc pracy w sektorze zielonych technologii. Kluczowym elementem będzie współpraca z uczelniami technicznymi i ośrodkami badawczymi, która zapewni rozwój lokalnych kompetencji i innowacji. W efekcie, Solec Kujawski ma szansę stać się jednym z pierwszych miast w Polsce, które wdraża kompleksową, praktyczną i zrównoważoną strategię wodorową – budując swoją niezależność energetyczną, poprawiając jakość życia mieszkańców i wzmacniając pozycję jako lidera zielonej transformacji na poziomie lokalnym.



8. TECHNOLOGIA

8.1. OZE

Rozwój klastra energii w Solcu Kujawskim opiera się na integracji różnych technologii odnawialnych źródeł energii (OZE), które wspólnie tworzą zbilansowany, lokalny ekosystem energetyczny. W projekcie uwzględniono zarówno klasyczne instalacje fotowoltaiczne (PV), jak i nowoczesne rozwiązania zintegrowane z infrastrukturą gminną (BIPV), pionowe turbiny wiatrowe oraz biogazownie i kogeneracje jako stabilne źródła energii odnawialnej. Całość systemu dopełniają systemy pomp ciepła przeznaczonych zarówno dla mieszkańców jak i jednostek samorządu oraz przemysłu.

Każda z tych technologii pełni odrębną funkcję w strukturze klastra i będzie szczegółowo opisana w kolejnych rozdziałach, z uwzględnieniem ich specyfikacji technicznych, efektywności oraz sposobów integracji z systemem zarządzania energią. Niniejszy rozdział stanowi wprowadzenie do katalogu rozwiązań, które wspólnie tworzą fundament lokalnej transformacji energetycznej.

8.1.1. Fotowoltaika

Fotowoltaika stanowi podstawowe źródło energii elektrycznej w Soleckim Klastrze Energii. Technologia ta została wybrana ze względu na wysoką dostępność promieniowania słonecznego w regionie, stabilność pracy oraz możliwość elastycznego skalowania w zależności od zapotrzebowania (sezonowość związana z turystyką).

Planowana architektura opiera się na rozproszonej strukturze mikroinstalacji oraz większych farm PV, zlokalizowanych zarówno na gruntach, jak i na dachach budynków publicznych, przemysłowych i mieszkalnych. Instalacje będą wyposażone w falowniki z funkcją monitoringu, co pozwoli na bieżące śledzenie produkcji energii i synchronizację z systemem zarządzania energią klastra.

W Soleckim Klastrze Energii zakłada się wykorzystanie sprawdzonych i wydajnych technologii paneli fotowoltaicznych klasy premium, dostosowanych do warunków klimatycznych regionu oraz specyfiki zabudowy.

Rekomendowane typy paneli:

1. Monokrystaliczne PERC (Passivated Emitter Rear Cell) – moduły o sprawności powyżej 21%, wysoka wydajność nawet przy niższym nasłonecznieniu, odporność na wysokie temperatury, rekomendowane dla dachów o ograniczonej powierzchni.
2. Bifacialne monokrystaliczne (dwustronne) – umożliwiają produkcję energii zarówno z bezpośredniego nasłonecznienia, jak i światła odbitego (np. od białego podłoża), szczególnie efektywne na otwartych terenach lub dachach przemysłowych.



8. TECHNOLOGIA

3. TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) – nowoczesna technologia zapewniająca jeszcze wyższą sprawność (>22%) i dłuższą żywotność paneli, coraz częściej stosowana w instalacjach przemysłowych i klastrowych.

Parametry użytkowe:

- Zakres mocy pojedynczego modułu: 400–600 Wp,
- Współczynnik temperaturowy: -0,3 do -0,35%/°C,
- Gwarancja mocy: 25 lat (do 84–88% sprawności nominalnej),
- Certyfikaty: IEC 61215, IEC 61730, CE, TUV.

Warianty montażowe i orientacja względem stron świata

Optymalna orientacja i nachylenie paneli ma kluczowe znaczenie dla maksymalizacji uzysków energii. W ramach klastra rozważa się różne warianty, zależnie od miejsca montażu:

Gruntowe instalacje PV:

- Orientacja południowa – najbardziej efektywna, uzyski do 100% potencjału projektowego.
- Kąt nachylenia – optymalnie 30–35° (dla regionu Kujaw), z możliwością dostosowania do warunków lokalnych.
- Instalacje jednoosiowe (trackery) – rozważane dla wybranych lokalizacji o dużej powierzchni; zwiększają uzysk o 10–20%.

Instalacje dachowe:

- Południowe dachy – preferowane, uzysk 90–100%.
- Wschód–Zachód – efektywne przy dachach płaskich i ograniczonym przesłanianiu; dłuższy profil produkcji (niższy szczyt, ale dłużej).
- Kąt nachylenia – typowo od 10 do 35°, zależnie od typu dachu.

Uwagi dodatkowe:

- Wszystkie instalacje będą objęte analizą nasłonecznienia i cieniem w ramach projektu technicznego.
- Do dachów płaskich stosowane będą systemy balastowe, bez ingerencji w konstrukcję.

Rekomendacje doboru falowników (inwerterów PV)

Falowniki są kluczowym elementem systemu fotowoltaicznego – odpowiadają za przekształcenie prądu stałego (DC) w zmienny (AC), a także za monitoring, bezpieczeństwo i integrację z siecią lub systemami zarządzania energią (EMS, SCADA). Dobór falowników powinien być dostosowany do charakteru instalacji oraz planowanej integracji z systemem klastra.



8. TECHNOLOGIA

Podział falowników według zastosowania:

1. Falowniki jednofazowe – dla mikroinstalacji <6 kWp (np. domy jednorodzinne w programie klastra);
2. Falowniki trójfazowe stringowe – dla instalacji dachowych i średnich farm PV (10–250 kWp);
3. Falowniki centralne – dla dużych farm PV (powyżej 250 kWp), z preferencją dla rozwiązań modułarnych;
4. Falowniki hybrydowe – w instalacjach z magazynem energii lub wodorem (po stronie DC/AC);
5. Mikrofały (microinverters) – alternatywnie w instalacjach rozproszonych, gdzie istotne jest śledzenie każdego modułu osobno (np. na dachach o zmiennym zacienieniu).

Wymagania techniczne:

- Zgodność z obowiązującymi normami: (m.in. EN 50549-1, VDE-AR-N 4105, NC RfG)
- Sprawność europejska (η_{euro}): > 97% (preferowane powyżej 98%).
- Interfejs komunikacyjny: np. Modbus TCP, RS485, zintegrowany webserver lub API do integracji z platformą klastra zgodny z wymogami systemu rozliczeniowego Klastra w Solcu Kujawskim (licencjonowany)
- Zabezpieczenia: nadnapięciowe, zwarciovowe, AFCI (ochrona przeciwłukowa), ochrona wyspowa (anti-islanding).
- Możliwość zdalnej konfiguracji i diagnostyki: przez platformę SCADA lub aplikację zarządzającą klastrą. (licencjonowanie)

8.1.2. BIPV

BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) to technologia, w której moduły fotowoltaiczne są integralnym elementem konstrukcyjnym budynków – zastępują tradycyjne materiały elewacyjne, dachowe, okienne bądź balustradowe. W Soleckim Kłastrze Energii BIPV pełni istotną rolę z uwagi na możliwość wykorzystania instalacji carport, zwiększając powierzchnię aktywną energetycznie bez ingerencji w krajobraz lub przestrzeń użytkową.

Technologia ta znajduje zastosowanie przede wszystkim w nowych lub modernizowanych obiektach publicznych, hotelach, centrach usługowych oraz infrastrukturze miejskiej, gdzie istotna jest estetyka i funkcjonalność.



8. TECHNOLOGIA

Element budynku	Typ modułu PV	Przykłady zastosowania
Elewacje (ściany)	Semi-transparent, kolorowe	Budynki użyteczności publicznej, urzędy
Dachy skośne	Zintegrowane dachówki PV	Obiekty zabytkowe, nowe domy pasywne
Dachy płaskie	Szklane membrany PV	Hale sportowe, centra konferencyjne
Balustrady/tarasy	Przeszklenia PV, szkło PV	Hotele, pensjonaty, apartamenty premium
Wiaty, przystanki, parkingi	Lekkie panele PV	Zasilanie punktowe, integracja z magazynem

Parametry i rozwiązania technologiczne:

- Sprawność paneli BIPV: od 10% (transparentne) do 18% (ciemne, pełne);
- Możliwość dostosowania kolorystyki i przepuszczalności światła;
- Certyfikaty budowlane i PV (np. EN 12600, IEC 61215, IEC 61730);
- Zgodność z wymogami estetycznymi i konserwatorskimi;
- Odporność na warunki atmosferyczne – szkło hartowane, powłoki hydrofobowe, UV;
- System mocowania: zintegrowany z fasadą lub strukturą dachową (brak klasycznych stelaży PV)

Korzyści w kontekście klastra:

- Wzrost produkcji energii bez zwiększania powierzchni gruntowej;
- Możliwość uzyskania punktów w systemach certyfikacji budynków (np. BREEAM, LEED);
- Integracja z magazynami energii i systemem zarządzania klastrem (EMS, DLT);
- Estetyczne podniesienie wartości nieruchomości uczestników klastra;
- Potencjalne dofinansowania w ramach modernizacji energetycznej budynków publicznych (np. KPO, FEnIKS).



8. TECHNOLOGIA

8.1.3. Turbiny wiatrowe

W związku z ograniczeniami wynikającymi z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (MPZP) oraz przepisami krajowymi, w Soleckim Kłastrze Energii rekomenduje się zastosowanie pionowych turbin wiatrowych (VAWT – Vertical Axis Wind Turbines). Turbiny te charakteryzują się kompaktową konstrukcją, cichą pracą i możliwością instalacji w obszarach miejskich i przemysłowych – również na dachach lub w otoczeniu istniejących budynków.

Dla zastosowań małych wiatraków najważniejsze staje się bezpieczeństwo ze względu na sąsiedztwo ludzi i zabudowań. Takie podejście wskazuje na wiatraki o osi pionowej wykorzystujące siły oporu – a więc, dla przykładu wiatraki typu Savoniusa. Główną zaletą takich wiatraków jest to, że one nie rozkręcają się tak jak wiatraki o osi poziomej. Tak więc przy dużych wiatrach nie wymagają hamowania, ponieważ bez obciążenia osiągnąć mogą jedynie ograniczone obroty, zależne od prędkości wiatru .

Drugim istotnym elementem jest fakt, że wiatry wiejące w Polsce mają średnie wartości rzędu 5 – 8 m/s. Wszystkie wiatraki dostępne obecnie na rynku są zaprojektowane na nominalne wiatry od 10 do 14 m/s, a więc nie są zoptymalizowane dla polskich warunków. Oznacza to, że kolejnym kryterium wiatraka do zastosowania w Polsce jest to, aby był on zaprojektowany na typowe dla tego regionu słabe wiary. W tym kryterium wirniki Savoniusa mają zasadniczą przewagę nad innymi typami wiatraków, bo moment na wale przy słabych wiatrach jest największy ze wszystkich typów wiatraków.





8. TECHNOLOGIA

Parametry techniczne przykładowych turbin VAWT:

- Moc jednostkowa: od 1 kW do 20 kW,
- Prędkość startowa wiatru: 2,5–3,5 m/s,
- Prędkość znamionowa: 10–12 m/s,
- Sprawność: 25–35% (średnia dla VAWT),
- Łopaty: kompozytowe, odporne na korozję, z gwarancją 20 lat,
- Przeznaczenie: mikroinstalacje, zasilanie lokalne, integracja z EMS oraz zgodne z systemem rozliczeniowym Sockiego Klastra Energii (certyfikowane).

Wnioski dla klastra:

Rekomenduje się wdrożenie w ramach Sockiego Klastra Energii programu montażu pionowych turbin wiatrowych (VAWT) w lokalizacjach przy obiektach komunalnych i edukacyjnych. Technologia ta jest cicha, bezpieczna i odporna na zmienne kierunki wiatru, co idealnie odpowiada warunkom geograficznym klastra.

8.1.4. Biogazownie

Biogazownia w ramach Sockiego Klastra Energii pełnić może istotną funkcję stabilizacyjną w systemie energetycznym. Dzięki lokalnej produkcji energii z odpadów organicznych możliwe jest nie tylko ograniczenie emisji, ale też elastyczne reagowanie na chwilowe zapotrzebowanie energetyczne uczestników klastra.

Technologia typu “demand-driven biogas” – sterowanie na żądanie

Podstawowa jednostka biogazowni przy wodociągach zostanie oparta na modelu elastycznej produkcji biogazu, pozwalającym dostarczać energię elektryczną i ciepłą w sposób reaktywny – czyli tylko w momentach zapotrzebowania:

- Produkcja biogazu prowadzona jest w sposób ciągły, natomiast jego spalanie w jednostkach kogeneracyjnych odbywa się okresowo, zgodnie z profilem zużycia.
- Biogaz jest magazynowany w elastycznych zbiornikach membranowych, a system może uruchomić kogenerację nawet w czasie <3 minut.
- Taki model pozwala na generowanie przychodów z energii w godzinach szczytu oraz redukcję strat wynikających z przymusowej pracy ciągłej.



8. TECHNOLOGIA

Inteligentne sterowanie i adaptacyjna fermentacja

Aby zapewnić ciągłość i bezpieczeństwo procesów fermentacyjnych mimo zmiennego zużycia biogazu, zastosowany zostanie system predykcyjnego sterowania MPC:

- Analizuje w czasie rzeczywistym poziom zapelnienia zbiorników, jakość substratu i parametry procesowe (pH, temperatura, stężenie metanu).
- Umożliwia szybką zmianę składu wsadu (np. różne rodzaje osadów, odpady rolnicze, odpady zielone) bez destabilizacji fermentacji.
- W pełni integruje się z cyfrowym systemem klastra (EMS + DLT), umożliwiając rejestrowanie danych procesowych, analizę trendów i optymalizację działania.

Dodatkowa technologia: Kontenerowa biogazownia plug&play

Jako uzupełnienie głównej jednostki biogazowej przy Wodociągach, w klastrze rozważane jest także zastosowanie modularnych biogazowni kontenerowych, takich jak rozwiązania firm Bioelectric, SEaB Energy, czy BioGas System GmbH:

- Kompaktowa konstrukcja (1–3 kontenery), gotowa do uruchomienia w kilka dni od dostawy,
- Zasilana lokalnym substratem: odpady roślinne, skoszona trawa, frakcje zielone, tłuszcze kuchenne,
- Idealna do lokalizacji pomocniczych (np. port, tereny komunalne), gdzie nie ma warunków dla dużej instalacji,
- Łatwa rozbudowa (modułowa), relokacja i łączenie z magazynami energii.
- Czas reakcji – do 5 minut, pełna automatyzacja, integracja z systemem DLT klastra.

Korzyści lokalizacji

W Solcu Kujawskim proponuje się realizację instalacji biogazowej o mocy ok. 0,5–1 MW w oparciu o infrastrukturę komunalną miasta, wykorzystującej odpady zielone, bioodpady oraz frakcje organiczne, z odzyskiem ciepła na potrzeby obiektów miejskich. Równolegle rekomenduje się instalację o mocy 0,8–1,2 MW, współpracującą z lokalnym przemysłem drobiarskim, umożliwiającą zagospodarowanie odpadów produkcyjnych oraz produkcję energii i ciepła na potrzeby procesów technologicznych. Uzupełniając możliwe jest uruchomienie mniejszej instalacji (0,3–0,5 MW) we współpracy z lokalnym rolnictwem, opartej na gnojowicy i odpadach rolniczych.

Łączna moc ok. 2–2,5 MW pozwoliłaby pokryć do 30% lokalnego zapotrzebowania na energię, stabilizując pracę Soleckiego Klastra Energii, ograniczając emisje oraz koszty zagospodarowania odpadów. Integracja z systemami E-Vision i ECM umożliwiłaby pełne zarządzanie produkcją oraz rozliczeniami w ramach lokalnego rynku energii.



8. TECHNOLOGIA

8.1.5. Termiczne przetwarzanie odpadów (TPO)

W perspektywie rozwoju Solecckiego Klastra Energii jednym z analizowanych kierunków jest lokalne i bardziej efektywne zagospodarowanie strumieni odpadów komunalnych. Miasto oraz obszar powiatu bydgoskiego mierzą się z rosnącymi kosztami transportu frakcji resztkowych (RDF) do instalacji zlokalizowanych poza regionem, co generuje zarówno obciążenia ekonomiczne, jak i środowiskowe. W tym kontekście rozważa się możliwość uwzględnienia w strukturze klastra modułowej instalacji termicznego przetwarzania odpadów (TPO – Thermal Processing of Waste), jako jednego z potencjalnych elementów przyszłej infrastruktury energetycznej i gospodarki o obiegu zamkniętym.

Jako potencjalną lokalizację rezerwową dla tego typu przedsięwzięcia wskazuje się wyselekcjonowaną działkę o charakterze komunalno-przemysłowym na terenie Solca Kujawskiego, predestynowaną do ewentualnych inwestycji infrastrukturalnych w przyszłości. Takie usytuowanie umożliwiłoby – w przypadku podjęcia decyzji inwestycyjnej – integrację procesów odbioru, przetwarzania i energetycznego wykorzystania odpadów w ramach jednego, spójnego systemu klastrowego. Analizowany wariant zakładałby moduł o mocy rzędu 1–2 MW, przystosowany do przetwarzania ok. 15–20 tys. ton RDF rocznie, pochodzących z Solca Kujawskiego oraz wybranych gmin sąsiednich.

Rozpatrywane rozwiązania technologiczne obejmowałyby niskotemperaturową pirolizę lub procesy fluidalne z odzyskiem energii w układzie kogeneracyjnym (CHP), umożliwiające jednoczesną produkcję energii elektrycznej (ok. 6–8 GWh rocznie) oraz ciepła (ok. 12–15 GWh rocznie). Energia elektryczna mogłaby być bilansowana w systemie klastra, m.in. na potrzeby obiektów publicznych, infrastruktury wodno-kanalizacyjnej czy strefy przemysłowej, natomiast ciepło wykorzystywane lokalnie lub magazynowane w ramach zarządzania energetycznego.

Uwzględnienie takiego modułu w długofalowej koncepcji klastra oznaczałoby potencjalne, stabilne źródło energii niezależne od warunków pogodowych, wspierające równowagę systemu o wysokim udziale OZE. Dodatkowo mogłoby przyczynić się do ograniczenia kosztów transportu odpadów, redukcji emisji CO₂ oraz zmniejszenia ilości frakcji kierowanych do składowania.

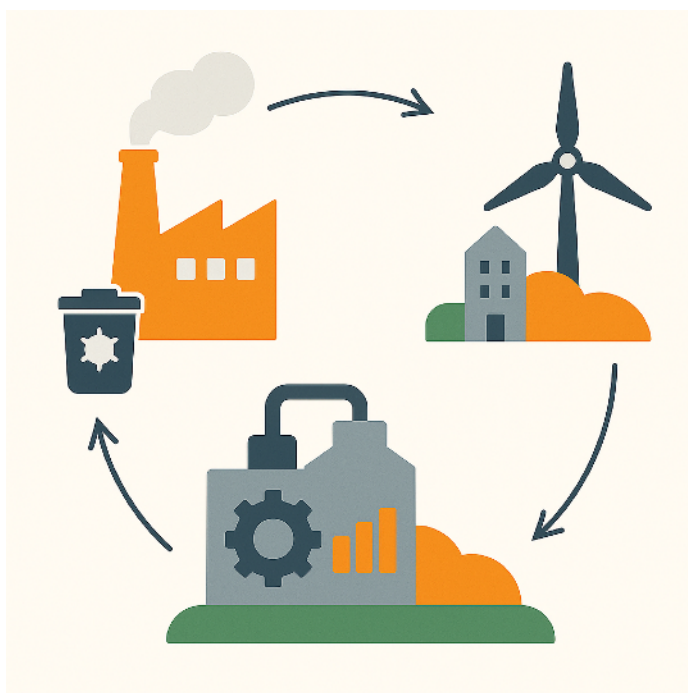
Ewentualne włączenie modułu TPO do struktury Solecckiego Klastra Energii zwiększałoby jego elastyczność i odporność systemową, umożliwiając integrację wytwarzania, odzysku i rozliczeń energii w ramach narzędzi e-Vision i ECM. Energia pochodząca z odpadów mogłaby być wówczas rozliczana w systemie wewnętrznych stawek klastrowych, wspierając lokalny obieg surowców i konkurencyjność uczestników klastra.



8. TECHNOLOGIA

Z uwagi na znaczenie inwestycji dla całego regionu, rekomenduje się, aby ewentualny moduł TPO w Solcu Kujawskim pełnił funkcję regionalnego węzła przetwarzania odpadów z odzyskiem energii, obsługującego kilka sąsiednich gmin w ramach wspólnego porozumienia. Projekt mógłby zostać sfinansowany z programów wsparcia środowiskowego i energetycznego, w tym z funduszy FEnIKS 2021–2027 (działanie B.2.2), środków NFOŚiGW oraz potencjalnych partnerstw publiczno-prywatnych.

Realizacja tego przedsięwzięcia pozwoliłaby Soleckiemu Klastrowi Energii stworzyć modelowy przykład gospodarki cyrkularnej, w której odpady stają się źródłem lokalnej energii, a energia – narzędziem wzmacniania bezpieczeństwa i niezależności energetycznej regionu.





8. TECHNOLOGIA

8.2. Technologie wodorowe

Wodór, jako nośnik energii o wysokim potencjale transformacyjnym, stanowi kluczowy element strategii Soleckiego Klastra Energii. W kontekście lokalnej produkcji z OZE oraz potrzeby bilansowania energii w czasie rzeczywistym, technologie wodorowe oferują możliwość zarówno krótkoterminowego magazynowania energii, jak i zasilania odbiorców w momentach deficytu mocy. Ich wdrożenie pozwala na zwiększenie autokonsumpcji energii odnawialnej, stabilizację systemu oraz rozwój zeroemisyjnego transportu i usług komunalnych.

Rozdział ten przedstawia kluczowe komponenty systemu wodorowego projektowanego w ramach klastra – począwszy od modularnych elektrolizerów (PEM i alkalicznych), przez ogniwa paliwowe, kompozytowe zbiorniki magazynowe, aż po stacje tankowania wodoru klasy H35 i H70. Opisane rozwiązania technologiczne zostały dobrane z myślą o ich praktycznej integracji z lokalnymi źródłami OZE, magazynami energii oraz cyfrowym systemem zarządzania klastra, zapewniając elastyczność, skalowalność i zgodność z europejskimi standardami bezpieczeństwa.

Elektroliza PEM – modułowe podejście

Wykorzystanie modułowych systemów PEM (Proton Exchange Membrane) pozwala na elastyczne skalowanie instalacji w zależności od potrzeb klastra. Przykładem na rynku jest niemiecko-austriacki H-TEC SYSTEMS MHP, gdzie bloki o mocy 10 MW mogą być ze sobą łączone do uzyskania instalacji o mocy nawet 100 MW, z efektywnością systemową ~77% i możliwością redundancji. Podobnie NEAL HYTRON PEM (Neuman und Esser) oferuje moduły od 50 kW do 5 MW, gotowe do montażu w kontenerach ISO, o czystości wodoru 99,9–99,999 %, z możliwością pracy w zakresie 20–100% mocy. W Polsce firmy takie jak Invebit rozwija własne, modułowe elektrolizery PEM, idealne do instalacji kaskadowych – pracują już z PV od 100 kW, a ich urządzenia zasilają stacje H35 i H70.

Elektroliza alkaliczna – opcja masowa

Do większych, przemysłowych instalacji klasy MegaWaty rekomendowana jest technologia alkaliczna (ALK) – stosowana przez producentów takich jak HydrogenPro (Norwegia) oraz NEL. Systemy te wykorzystują ciekłe elektrolity i są bardziej dojrzałe technicznie, choć mniej elastyczne przy zmianach obciążenia. Mogą być one stosowane jako bazowy etap produkcji wodoru na skalę masową.



8. TECHNOLOGIA

Ogniwo wodorowe – ogniwo paliwowe

Ogniwa paliwowe stanowią kluczowy komponent technologii wodorowej, umożliwiające konwersję zgromadzonego wodoru z powrotem na energię elektryczną i ciepłą w sposób cichy, bezemisyjny i wysokoefektywny. W kontekście klastra energii pełnią rolę zdecentralizowanych źródeł mocy, szczególnie tam, gdzie konieczna jest stabilna i niezależna produkcja energii – np. w oczyszczalniach, budynkach publicznych czy mobilnych jednostkach energetycznych.

Zasada działania ogniwa opiera się na elektrochemicznej reakcji wodoru z tlenem, w wyniku której powstaje prąd elektryczny, para wodna oraz ciepło. Proces ten nie wymaga spalania, co oznacza brak emisji szkodliwych gazów oraz bardzo wysoką sprawność energetyczną w porównaniu do tradycyjnych źródeł mocy.

Sprawność ogniwa paliwowego zależy od jego typu i sposobu wykorzystania. Ogniwa typu PEM (Proton Exchange Membrane), najczęściej stosowane w zastosowaniach mobilnych i budynkowych, osiągają sprawność elektryczną na poziomie 45–60%. W trybie skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej (CHP) całkowita sprawność systemowa może przekraczać 85%. Ogniwa PEM charakteryzują się kompaktową budową, szybkim czasem rozruchu i wysoką gęstością mocy, co czyni je idealnym rozwiązaniem w dynamicznych środowiskach lokalnych systemów energetycznych.

Innym typem technologii są ogniwa alkaliczne (AFC), stosowane głównie w zastosowaniach specjalistycznych, takich jak przemysł. Charakteryzują się one wysoką sprawnością i dużą czystością wodoru, jednak są bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia i wymagają kosztowniejszych komponentów.

Ogniwa typu SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) działają w wysokiej temperaturze (ok. 800°C) i umożliwiają zastosowanie nie tylko wodoru, ale także innych paliw, takich jak biometan czy amoniak. Ich sprawność elektryczna może sięgać 60%, a w układach hybrydowych z turbinami gazowymi nawet 80%. Ze względu na wysoką temperaturę, SOFC nadają się lepiej do zastosowań stacjonarnych w sektorze przemysłowym lub ciepłowniczym, gdzie możliwe jest efektywne odzyskiwanie ciepła.

Rekomendacja

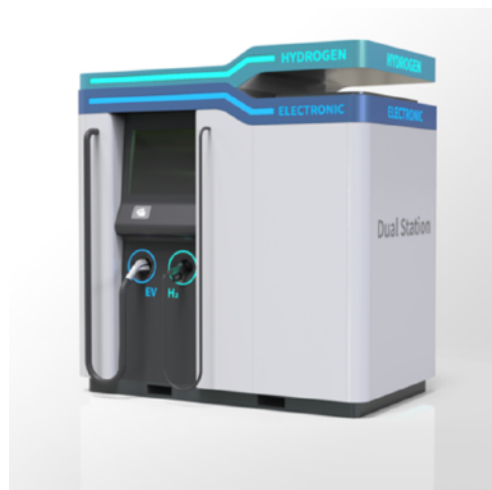
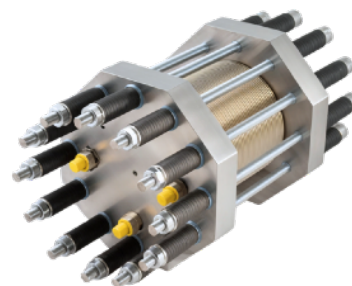
Na potrzeby Suleckiego Klastra Energii rekomendowane są ogniwa PEM drugiej generacji, oferowane m.in. przez producentów takich jak Hydrogenics (Cummins), Plug Power, Ballard lub Inwebit. Jednostki o mocy 5–250 kW mogą być łączone w systemy kontenerowe, które pełnią funkcję lokalnych mikro źródeł energii zasilanych wodorem z elektrolizy lub biogazu. Należy również przeanalizować zastosowanie elektrody alkaicznej w celu obniżenia kosztów.



8. TECHNOLOGIA

Zaletą takiego rozwiązania jest pełna zgodność z polityką niskoemisyjną, brak hałasu, niskie koszty eksploatacyjne oraz możliwość integracji z cyfrowym systemem zarządzania energią. Ogniwa paliwowe mogą również działać jako źródła rezerwowe lub stabilizujące w mikrogrids, co zwiększa odporność energetyczną infrastruktury klastra.

Poglądowe zdjęcia rozwiązań:





8. TECHNOLOGIA

Stacje tankowania wodoru (H35 / H70)

Wodór H35 (35 MPa) oraz H70 (70 MPa) idealnie nadaje się do stacji zasilających lokalny transport komunalny lub klasterowe zasoby mobilne. Instalacje są modularne, wyposażone w magazyny, kompresory, oraz systemy bezpieczeństwa zgodne z normami EU.

Kompozytowe zbiorniki wodoru

Efektywne i bezpieczne magazynowanie wodoru to kluczowy element infrastruktury wodorowej. W przeciwieństwie do energii elektrycznej, wodór może być magazynowany w dużych ilościach i wykorzystywany w dowolnym momencie, co czyni go idealnym medium buforowym dla systemów opartych na OZE. Najbardziej rozpowszechnioną technologią jest magazynowanie wodoru w postaci sprężonej (compressed hydrogen gas – CHG). Stosuje się w tym celu zbiorniki kompozytowe wysokociśnieniowe, wykonane z materiałów takich jak włókno węglowe, włókno szklane oraz aluminium. Zbiorniki tego typu są lekkie, odporne na korozję i mogą być formowane w różne kształty – cylindryczne, modułowe, a nawet dostosowane do przestrzeni kontenerowych.

Najczęściej stosuje się zbiorniki na ciśnienia 350 bar (H35) oraz 700 bar (H70). Pojemność użytkowa takich zbiorników waha się od kilku do kilkuset kilogramów wodoru. W systemach stacjonarnych instaluje się je jako zespoły zasobników, często w formie baterii, które mogą być skalowane w zależności od zapotrzebowania i cykli ładowania. Dzięki wysokiej gęstości energetycznej wodoru (ok. 44 kWh/kg), nawet niewielkie magazyny mogą zapewnić znaczącą ilość energii, np. 10 kg H₂ to równowartość około 440 kWh energii chemicznej.

Zaletą kompozytowych zbiorników magazynowych jest ich modularność i mobilność. Mogą być instalowane zarówno w stacjach tankowania wodoru, jak i przy elektrolizerach, ogniwach paliwowych czy pojazdach. W przypadku klastra energii oznacza to możliwość tworzenia lokalnych punktów buforowych, zasilania sezonowego oraz elastycznego przenoszenia zasobów tam, gdzie są w danym momencie potrzebne.

Nowoczesne rozwiązania dostępne są w ofercie firm takich jak Hexagon Purus, Worthington Industries, NPROXX czy Cimc Enric.



8. TECHNOLOGIA

W warunkach klastra energii najlepszym kompromisem pomiędzy bezpieczeństwem, dostępnością i kosztem są systemy oparte na kompozytowych zbiornikach H35 lub H70, współpracujące bezpośrednio z modułowymi elektrolizerami PEM, ogniwami paliwowymi i stacjami tankowania. Takie rozwiązania pozwalają na szybkie wdrożenie infrastruktury, a także jej późniejszą rozbudowę lub relokację w zależności od potrzeb operacyjnych.

Bezpieczeństwo i normy technologii wodorowych

Bezpieczeństwo systemów wodorowych stanowi fundament ich wdrażania w strukturze klastra energii. Choć wodór jest nośnikiem czystej energii, jego fizykochemiczne właściwości – niska gęstość, wysoka lotność i szeroki zakres palności – wymagają zastosowania szczególnych środków ostrożności

Instalacje wodorowe w klastrze muszą spełniać szereg norm europejskich i międzynarodowych. Do najważniejszych należą:

- ISO 19880 (projektowanie i eksploatacja stacji tankowania wodoru),
- EN 17127 (wymagania dla zbiorników ciśnieniowych),
- EC 79/2009 (homologacja pojazdów zasilanych wodorem),
- ATEX 2014/34/UE (urządzenia do pracy w atmosferach wybuchowych),
- oraz PED 2014/68/UE (dyrektywa dotycząca urządzeń ciśnieniowych).

Dodatkowo w Polsce obowiązuje Prawo Budowlane, Prawo Energetyczne oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych dla stacji paliw gazowych. Wszystkie elementy infrastruktury klastra – od elektrolizerów i ogniw paliwowych, po zbiorniki i stacje tankowania – muszą być certyfikowane zgodnie z aktualnym stanem prawnym, a ich montaż i eksploatacja mogą być realizowane wyłącznie przez przeszkolony personel.

W kontekście Suleckiego Klastra Energii, system bezpieczeństwa zostanie zintegrowany z cyfrowym środowiskiem zarządzania (EMS), umożliwiając wczesne wykrywanie anomalii, zdalne wyłączanie instalacji oraz automatyczne raportowanie zdarzeń. Wszystkie działania będą prowadzone z zachowaniem zasady ALARP (As Low As Reasonably Practicable), minimalizując ryzyko do poziomu akceptowalnego przy zachowaniu funkcjonalności systemu.



8. TECHNOLOGIA

8.3. Magazyny energii i infrastruktura ładowania Soleczkiego Klastra Energii

Zarządzanie lokalną energią odnawialną w warunkach zmiennego zapotrzebowania i nieprzewidywalnej produkcji wymaga zastosowania wydajnych i elastycznych systemów magazynowania energii. Magazyny te nie tylko umożliwiają bilansowanie systemu w czasie rzeczywistym, ale również wspierają stabilność sieci wewnątrzklastrowej, pozwalają na lepsze wykorzystanie nadwyżek z PV i wiatru oraz zwiększają autokonsumpcję. W połączeniu z rozbudowaną infrastrukturą ładowania pojazdów elektrycznych, stanowią kluczowy komponent dla integracji mobilności zeroemisyjnej z lokalnym rynkiem energii.

Systemy magazynowania energii – rekomendowane technologie

Dla potrzeb klastra w Solcu Kujawskim rekomenduje się zastosowanie kontenerowych magazynów energii w technologii litowo-żelazowo-fosforanowej (LiFePO_4), znanych z wysokiej trwałości cyklicznej, bezpieczeństwa eksploatacyjnego oraz odporności na warunki środowiskowe. W zależności od wariantu funkcjonalnego klastra, zakłada się instalację jednostek o mocy od 250 kW do 1 MW i pojemności 500 kWh – 2 MWh, z możliwością skalowania przez łączenie modułów w układy szeregowo-równoległe.

Przykładowe systemy gotowe do wdrożenia to:

- Tesvolt TS HV 100 – modułowy system bateryjny o sprawności > 95%,
- BYD Battery-Box Premium C – kontenerowe rozwiązanie off-grid/on-grid z certyfikatami IEC i VDE,
- Sungrow ST500CP – kontener 500 kW/1 MWh z możliwością współpracy z OZE i stacją ładowania DC,
- Pylontech Powercube H2 – kompaktowe jednostki bateryjne idealne dla mniejszych obiektów komunalnych lub infrastruktury turystycznej.

Magazyny będą rozmieszczone w punktach strategicznych klastra: przy farmach PV i wiatrakach oraz przy większych odbiorcach energii. Wszystkie jednostki będą spięte z cyfrowym systemem zarządzania klastra (EMS), co pozwoli na dynamiczne sterowanie cyklami ładowania i rozładowania w zależności od warunków rynkowych i sieciowych.

Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych

W odpowiedzi na rosnące potrzeby związane z elektromobilnością, Soleczki Klaster zostanie wyposażony w kompleksowy system stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Infrastruktura ta będzie opierać się na dwóch typach urządzeń: ładowarkach AC (3,7–22 kW) oraz ładowarkach szybkiego ładowania DC (50–150 kW).



8. TECHNOLOGIA

W przestrzeni miejskiej i przy obiektach użyteczności publicznej (urząd miasta, szkoły, obiekty rekreacyjne) planowane jest wdrożenie ładowarek takich jak:

- Ekoenergetyka Wallbox AC 22 kW – do ładowania flot i pojazdów osobowych,
- EVBox TronIQ 50/100 – szybka ładowarka DC do autobusów, busów i aut użytkowych,
- ABB Terra 124/184 – dwustanowiskowe ładowarki DC z funkcją dynamicznego podziału mocy,
- Ensto Chago Pro – stacje zintegrowane z fotowoltaiką i systemem rozliczeń klastra.

W ramach integracji z systemem klastra, ładowarki będą rozliczane przez moduł DLT, umożliwiający przypisanie zużycia energii do konkretnego użytkownika, firmy lub jednostki miejskiej. Energia wykorzystywana do ładowania będzie pochodziła z lokalnych OZE oraz magazynów energii, a w sytuacjach niedoboru – zasilana wodorem za pomocą ogniwa paliwowych (Power-to-Mobility).

Dodatkowo planuje się stworzenie punktów ładowania zintegrowanych z parkingami buforowymi dla turystyki i transportu zbiorowego, a także punkty zasilania mobilnych jednostek gospodarczych (np. foodtrunki).

Wnioski technologiczne

System magazynów energii i stacji ładowania stanowi trzon lokalnej infrastruktury energetycznej nowej generacji. Ich wdrożenie w klastrze pozwoli na maksymalizację efektywności energetycznej, pełniejsze wykorzystanie lokalnych źródeł odnawialnych oraz rozwój bezemisyjnego transportu. Technologia oparta na sprawdzonych urządzeniach, certyfikowanych na rynku europejskim, gwarantuje bezpieczeństwo, niezawodność i zgodność z polityką klimatyczną UE.

8.4. Kogeneracja zasilana wodorem w Soleckim Klastrze Energii

Rozwój lokalnych systemów energetycznych opartych na odnawialnych źródłach wymaga stabilnych i elastycznych mechanizmów wspierających. Jednym z najbardziej efektywnych rozwiązań jest kogeneracja, czyli jednoczesna produkcja energii elektrycznej i ciepłej. W połączeniu z wodorem jako paliwem, technologia ta staje się bezemisyjnym źródłem mocy, idealnie wpisującym się w potrzeby samowystarczalnych jednostek takich jak klastery energii. Kogeneracja wodorowa pozwala wykorzystać lokalnie produkowany wodór w sposób ciągły lub interwencyjny, zwiększając niezależność energetyczną, odporność na blackout oraz efektywność ekonomiczną całego systemu.



8. TECHNOLOGIA

Wdrożenie technologii kogeneracyjnej – model dla Solca Kujawskiego

W ramach Solecckiego Klastra Energii planuje się wdrożenie jednego lub kilku modułów kogeneracyjnych zasilanych wodorem, rozmieszczonych w kluczowych punktach infrastruktury komunalnej. Jako lokalizację pilotażową rekomenduje się miejski basen lub lokalizację potencjalnej biogazowni. Taki układ pozwoliłby na równoległą pracę kogeneratora wodorowego i systemu biogazowego, zasilanych wodorem wytwarzanym z nadwyżek energii odnawialnej (PV, VAWT) w ramach klastra lub uzupełniać system gruntowych pomp ciepła w przypadku pływalni. Rozwiązanie to zwiększy efektywność energetyczną całego systemu, zapewni zasilanie obiektów krytycznych w trybie ciągłym i pozwoli na bilansowanie energii w czasie rzeczywistym, zgodnie z zasadami samowystarczalności energetycznej.

Technologia kogeneracji – parametry i dobór

Do zastosowań klastra rekomenduje się układy kogeneracyjne oparte na silnikach tłokowych lub ogniach paliwowych, zasilanych czystym wodorem klasy 5.0 lub wyższym. W zależności od lokalizacji i zapotrzebowania, dobór urządzeń może obejmować jednostki o mocy elektrycznej od 10 do 250 kW i odpowiadającej jej mocy cieplnej.

Przykładowe dostępne technologie:

- 2G Hydrogen CHP (seria agenitor H2) – jednostki o mocy 100–250 kW el., silnik wodorowy z odzyskiem ciepła, sprawność całkowita do 85%,
- SFC Energy EFOY H2Cabinet – kontenerowe ogniwa paliwowe 2,5–50 kW, do zasilania infrastruktury krytycznej i off-grid
- GE Jenbacher H2-ready – duże układy CHP przystosowane do mieszanki wodoru z gazem ziemnym (w przyszłości 100% H2),
- FCmove®-HD (Ballard) – modułowe ogniwa PEM do kogeneracji i mobilnych aplikacji stacjonarnych, zakres 30–100 kW.

Instalacje będą zintegrowane z lokalnymi magazynami wodoru i systemem zarządzania energią (EMS), co umożliwi ich automatyczne uruchamianie w okresach niedoboru mocy lub wysokiego zapotrzebowania cieplnego. Dzięki wysokiej sprawności i niskim wymaganiom konserwacyjnym, urządzenia te mogą pracować przez 5 000–10 000 godzin rocznie, zapewniając istotny udział w bilansie energetycznym klastra.



8. TECHNOLOGIA

Korzyści zastosowania kogeneracji H₂ w systemie lokalnym

Zastosowanie kogeneracji zasilanej wodorem w strukturze Soleckiego Klastra Energii pozwala na maksymalne wykorzystanie lokalnych zasobów odnawialnych przy jednoczesnym zwiększeniu odporności operacyjnej systemu. Technologia ta umożliwia niezależność ciepłą i elektryczną obiektów infrastruktury krytycznej, poprawia efektywność kosztową poprzez jednoczesne dostarczanie dwóch rodzajów energii i zwiększa stopień wykorzystania wyprodukowanego wodoru. Dzięki temu klastrowi przysparza możliwość działania niezależnie od centralnej sieci elektroenergetycznej, realizując cele transformacji energetycznej w sposób praktyczny, skalowalny i bezemisyjny.





9. SMART CITY I AI

Sztuczna inteligencja i technologie Smart City w rozwoju Soleckiego Klastra Energii

Solec Kujawski – miasto o silnej tożsamości przemysłowej, aktywnej społeczności i strategicznym położeniu pomiędzy dużymi ośrodkami metropolitalnymi – wchodzi w nową fazę rozwoju. Rosnące potrzeby energetyczne mieszkańców, zakładów produkcyjnych, logistyki i infrastruktury miejskiej sprawiają, że tradycyjne modele zarządzania energią i usługami komunalnymi przestają być wystarczające. Przyszłość Solca Kujawskiego rysuje się jako miasta inteligentnego, efektywnego i odpornego na wyzwania transformacji energetycznej. Kluczową rolę w tym procesie odgrywają technologie Smart City oraz sztuczna inteligencja (AI), zintegrowane z systemem zarządzania Soleckim Klastrem Energii.

Rozwój klastra energii w Solcu Kujawskim zakłada wdrożenie zaawansowanego, inteligentnego systemu zarządzania energią, opartego na algorytmach AI, zdolnych do analizy i prognozowania zachowań energetycznych w czasie rzeczywistym. System ten, zasilany danymi z liczników energii, instalacji OZE, stacji ładowania pojazdów elektrycznych, czujników środowiskowych oraz sieci IoT, umożliwia nie tylko optymalizację produkcji i zużycia energii, lecz także koordynację funkcjonowania całej infrastruktury miejskiej. Dzięki temu miasto może rozwijać się dynamicznie, bez utraty stabilności i bezpieczeństwa energetycznego.

Analiza danych w czasie rzeczywistym pozwala sztucznej inteligencji wspierać m.in.:

- prognozowanie zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło dla gospodarstw domowych i zakładów przemysłowych,
- optymalizację zużycia energii i wody w obiektach miejskich oraz przedsiębiorstwach,
- analizę natężenia ruchu i planowanie logistyki transportowej,
- modelowanie rozwoju zabudowy mieszkaniowej i przemysłowej wraz z obciążeniem sieci technicznych.

Tak rozumiana integracja systemów energetycznych, transportowych i środowiskowych tworzy cyfrowy obraz miasta, w którym AI pełni rolę inteligentnego „operatora” lokalnej infrastruktury – dbając o równowagę pomiędzy rozwojem gospodarczym, komfortem życia mieszkańców i racjonalnym wykorzystaniem zasobów.



9. SMART CITY I AI

Choć Solec Kujawski nie jest metropolią, jego skala, struktura przemysłu oraz ambicje rozwojowe predestynują go do roli nowoczesnego miasta średniej wielkości – elastycznego, innowacyjnego i reagującego na zmiany w czasie rzeczywistym.

System klasy Smart City, rozwijany w powiązaniu z Klastrem Energii, może obejmować m.in.:

- inteligentne oświetlenie uliczne, dostosowujące się do ruchu i warunków atmosferycznych,
- systemy monitorowania zużycia energii i ciepła w budynkach publicznych i zakładach produkcyjnych,
- czujniki środowiskowe monitorujące jakość powietrza, hałas i emisje,
- inteligentne zarządzanie gospodarką odpadami i logistyką miejską,
- nowoczesne sieci ciepłownicze i wodociągowe z automatycznym wykrywaniem strat i awarii.

Tak zaprojektowana infrastruktura cyfrowa staje się fundamentem przejścia od reaktywnego zarządzania miastem do modelu predykcyjnego – opartego na danych, analizie i długofalowym planowaniu rozwoju.

Rozwój systemów AI i Smart City w Solcu Kujawskim zakłada pełną transparentność oraz poszanowanie prywatności mieszkańców. System Soleckiego Klastra Energii operuje wyłącznie na zagregowanych i anonimowych danych dotyczących zużycia energii oraz funkcjonowania infrastruktury, bez przetwarzania danych osobowych. Takie podejście buduje zaufanie społeczne i sprzyja aktywnemu włączaniu mieszkańców oraz lokalnych przedsiębiorców w proces transformacji energetycznej miasta.

Zastosowanie sztucznej inteligencji i rozwiązań Smart City przyniesie Solcowi Kujawskiemu wymierne korzyści:

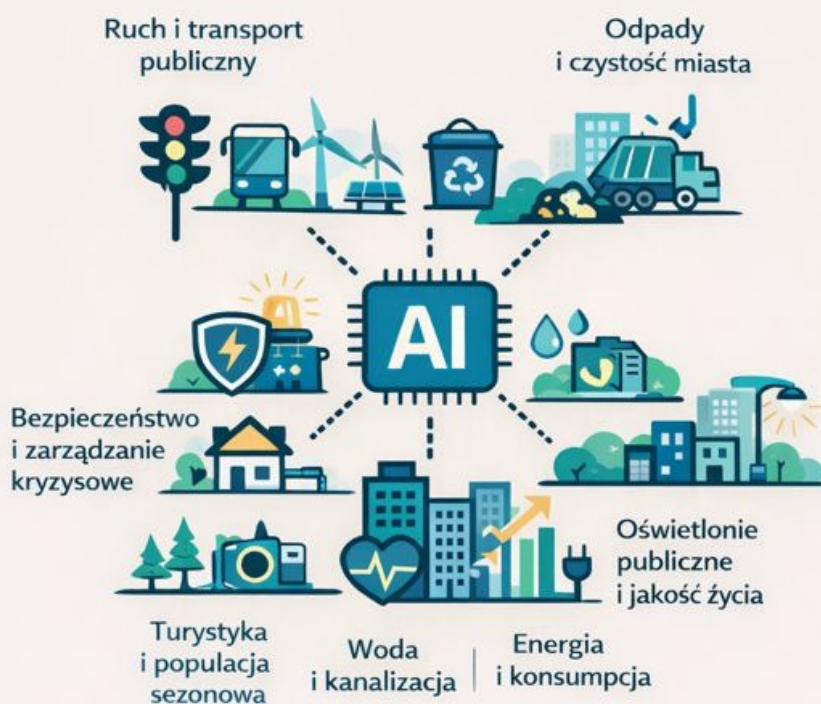
- precyzyjne planowanie budżetu miasta w oparciu o realne dane,
- automatyczne raportowanie wskaźników energetycznych i środowiskowych (ESG),
- zwiększenie konkurencyjności lokalnego przemysłu dzięki niższym i stabilnym kosztom energii,
- większe szanse na pozyskanie środków z KPO, FEnIKS i funduszy transformacyjnych poprzez wykazanie innowacyjności i efektywności energetycznej.



9. SMART CITY I AI

Ważnym aspektem rozwoju inteligentnego Solca Kujawskiego jest lokalne zarządzanie technologią. Systemy AI i Smart City nie muszą być rozwiązaniami importowanymi – mogą być projektowane, testowane i rozwijane lokalnie, we współpracy z Centrum Badawczo-Rozwojowym Future Solutions, partnerami technologicznymi i uczelniami z regionu Pomorza i Kujaw. To podejście pozwoli nie tylko unowocześnić zarządzanie energią i infrastrukturą, ale też stworzyć nowe miejsca pracy, rozwijać kompetencje cyfrowe mieszkańców i budować lokalną gospodarkę wiedzy.

Włączenie sztucznej inteligencji i systemów Smart City do rozwoju Soleckiego Klastra Energii to nie tylko inwestycja w technologię, ale w przyszłość całego regionu – jego bezpieczeństwo, efektywność i nowoczesność. Miasto, które przez lata funkcjonuje w środowisku przemysłowym, może w ciągu najbliższych lat stać się modelowym przykładem transformacji cyfrowo-energetycznej w skali kraju.





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

W ramach opracowania koncepcji Soleckiego Klastra Energii zaproponowano zestaw rozwiązań technologicznych opartych na odnawialnych źródłach energii (OZE), dostosowanych do uwarunkowań lokalnych oraz prognoz dynamicznego rozwoju regionu. Celem jest stworzenie zintegrowanego systemu wytwarzania, magazynowania i zarządzania energią, który w perspektywie kilku lat zapewni wysoki poziom samowystarczalności energetycznej regionu.

Podstawą proponowanego modelu jest rozproszone wytwarzanie energii elektrycznej w oparciu o instalacje fotowoltaiczne, pionowe turbiny wiatrowe oraz biogazownie rolnicze i komunalne. Szczególną rolę w systemie mają pełnić instalacje PV klasycznej i zintegrowanej z budynkami (BIPV), które mogą być montowane na dachach obiektów użyteczności publicznej, szkołach, halach sportowych, a także w formie carportów i wiat parkingowych. Tego typu rozwiązania pozwalają wykorzystać istniejącą infrastrukturę budowlaną do generowania energii przy minimalnej ingerencji w przestrzeń.

Drugim filarem koncepcji są systemy magazynowania energii, które umożliwią równoważenie dobowych i sezonowych wahań produkcji z OZE. W projekcie przewidziano zastosowanie magazynów bateryjnych w punktach o wysokim obciążeniu sieci oraz rozwój technologii zielonego wodoru jako nośnika energii w okresach nadprodukcji. Wodór, wytwarzany w procesie elektrolizy z nadwyżek energii odnawialnej, może być wykorzystywany w kogeneracji, transporcie lub jako surowiec w przemyśle lokalnym.

Proponowany system klastra zakłada również integrację z inteligentnym systemem zarządzania energią, opartym na technologii telemetrycznej E-Vision i cyfrowym systemie rozliczeń ECM Ledger. Umożliwi to bieżące monitorowanie przepływów energii, prognozowanie produkcji i zużycia oraz dynamiczne bilansowanie poszczególnych jednostek wytwórczych.

W ujęciu strategicznym koncepcja Soleckiego Klastra Energii obejmuje stopniową budowę wysp energetycznych, które łączą lokalne źródła OZE, magazyny energii i odbiorców końcowych w autonomiczne jednostki bilansujące. Rozwiązanie to zwiększa odporność systemu na przerwy w dostawach energii i umożliwia elastyczne reagowanie na zmieniające się warunki rynkowe i środowiskowe.



10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Zaproponowane rozwiązania tworzą spójny i realistyczny model lokalnego rynku energii, w którym produkcja, dystrybucja i konsumpcja odbywają się w ramach jednej platformy techniczno-organizacyjnej. Ich wdrożenie pozwoli Soleckiemu Klastrowi nie tylko obniżyć koszty energii i emisje CO₂, ale również przygotować się do roli regionalnego lidera nowoczesnej, rozproszonej energetyki powiatu bydgoskiego. Poniżej wstępne propozycje dostępnych rozwiązań na Polskim rynku:

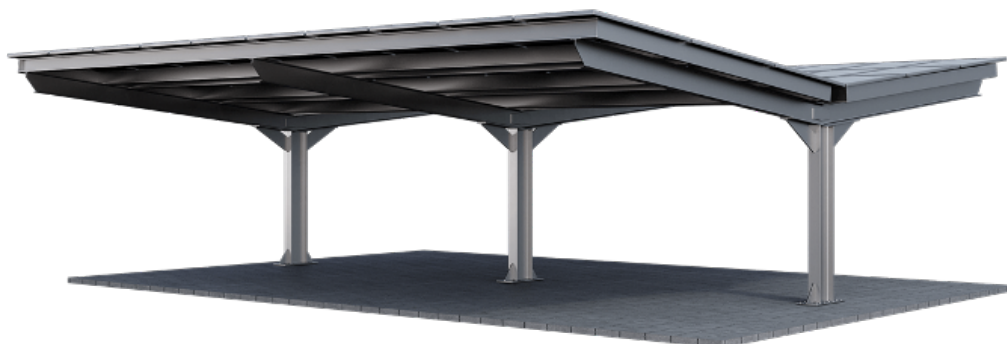
1. ML System S.A. to polski, innowacyjny producent nowoczesnych technologii fotowoltaicznych, specjalizujący się w rozwiązaniach PV i BIPV (Building Integrated Photovoltaics). Firma opracowuje i wytwarza moduły fotowoltaiczne zintegrowane z architekturą budynków – fasadami, dachami, oknami i elewacjami – łącząc efektywność energetyczną z estetyką i funkcjonalnością. ML System jest liderem w dziedzinie fotowoltaiki zintegrowanej w Polsce, a jego produkty znajdują zastosowanie w nowoczesnych projektach miejskich, przemysłowych i samorządowych, wspierając transformację energetyczną w duchu zrównoważonego rozwoju.

CARPORT FOTOWOLTAICZNY

Carport, czyli **wiat z fotowoltaiką**, to specjalny rodzaj zadaszania, który nie tylko przysłania miejsca dla samochodów, lecz także produkuje energię elektryczną.

KORZYŚCI:

- ✓ Konstrukcja zadaszania jest wykonana w opcji szczelnej, zabezpieczającej samochody przed promieniami słonecznymi i opadami atmosferycznymi.
- ✓ Zapewnienie własnego źródła energii elektrycznej z optymalnym wykorzystaniem dostępnej przestrzeni
- ✓ Różne wersje wykonania dające możliwości dostosowania się do potrzeb użytkownika oraz warunków nasłonecznienia, dzięki czemu osiągamy maksymalną wydajność zainstalowanych paneli fotowoltaicznych





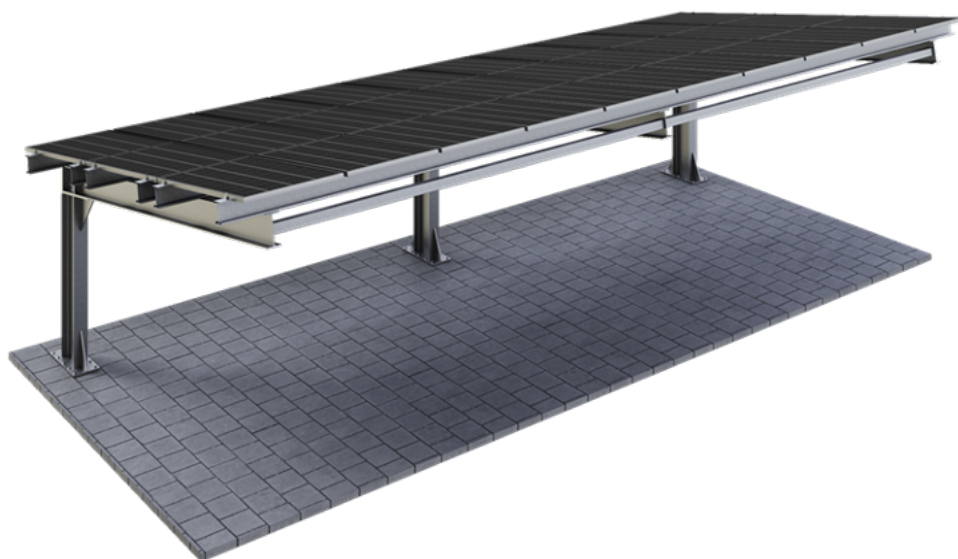
10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

- ✓ Stal konstrukcyjna o podwyższonej wytrzymałości zabezpieczona powłoką antykorozyjną
- ✓ Moduły szkło-szkło sklasyfikowane w zakresie niepalności jako B s1, d0 wg normy budowlanej PN EN 13501 (niezapalne, niekapiące i niedymiące) posiadają deklarację środowiskową typu 3 EPD (Environmental Product Declarations).
- ✓ Wszystkie moduły ramkowe cechują się wydajnością, trwałością i stabilnością.
 - produkowane są w technologii PERC, które odbijają promienie słoneczne z powrotem do ogniwa, co czyni je bardziej wydajne rano, wieczorem oraz w pochmurne dni.
 - posiadają dodatnią tolerancję mocy 0- +3W.
 - redukują efekt zacienienia modułów
 - trwałość i długoletnią pracę zapewnia laminat ogniw ze specjalnymi foliami
 - w modułach bifacjalnych zastosowano technologię niskotemperaturowego lutowania ogniw, zwiększoną liczbę styków co powoduje większą wydajność modułów i produkcję dodatkowej energii na poziomie 30%. Przez zastosowanie połączeń lutowanych zmniejszamy ryzyko powstawania wad konstrukcyjnych. Współczynnik bifacjalności >92%





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII



Carporty to doskonały przykład integracji nowoczesnych rozwiązań technologicznych w przestrzeni publicznej. Moduły szklane BIPV lub klasyczne moduły PV zamontowane na stalowej konstrukcji, będą wytwarzać energię, którą miasto będzie mogło wykorzystać na zwiększenie swojej niezależności energetycznej.



10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

MODUŁY RAMKOWE

Dzięki technologicznym innowacjom w dziedzinie paneli słonecznych ML SYSTEM może oferować swoim klientom coraz większą efektywność produkowanych modułów fotowoltaicznych. Konstrukcje pod panele fotowoltaiczne na gruncie zostają tak dobrane, aby spełniały szereg kryteriów technicznych i aby były dostosowane do warunków lokalnych.

- **Jakość materiałów:** wysoka jakość komponentów.
- **Odporność na warunki atmosferyczne:** deszcz, grad, wiatr i śnieg.
- **Montaż:** realizowany przez wykwalifikowanych specjalistów.

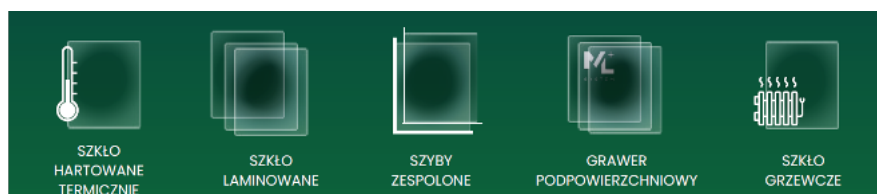
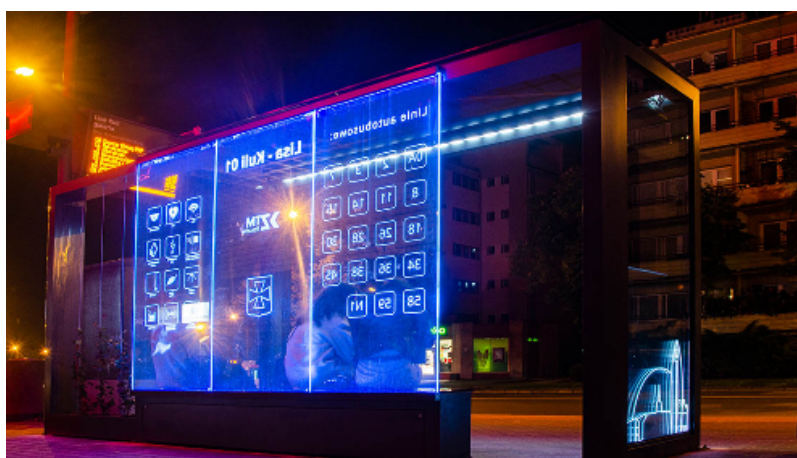




10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

INTELIGENTNA WIATA PRZYSTANKOWA

Boczne ściany osłonowe z zastosowaniem szkła bezpiecznego, wzmocnionego do warunków miejskich z możliwością przekazywania treści technologią nadruku. Dodatkowo funkcja grzewcza modułów szklanych, zastosowanie dekoracji w zespoleńiach, oraz konfiguracja przezierności szkła pozwala osiągnąć indywidualny efekt wg. oczekiwań inwestora. Z myślą o pasażerach zaprojektowano przestrzeń z wykorzystaniem pnącej roślinności. Elementy natury wzbogacają miejską architekturę, a modułowość konstrukcji zapewnia dowolność w zagospodarowaniu tej przestrzeni.

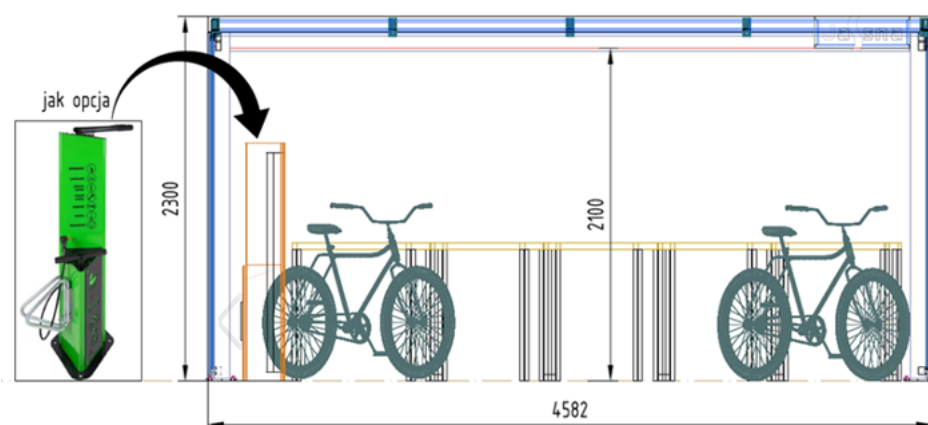
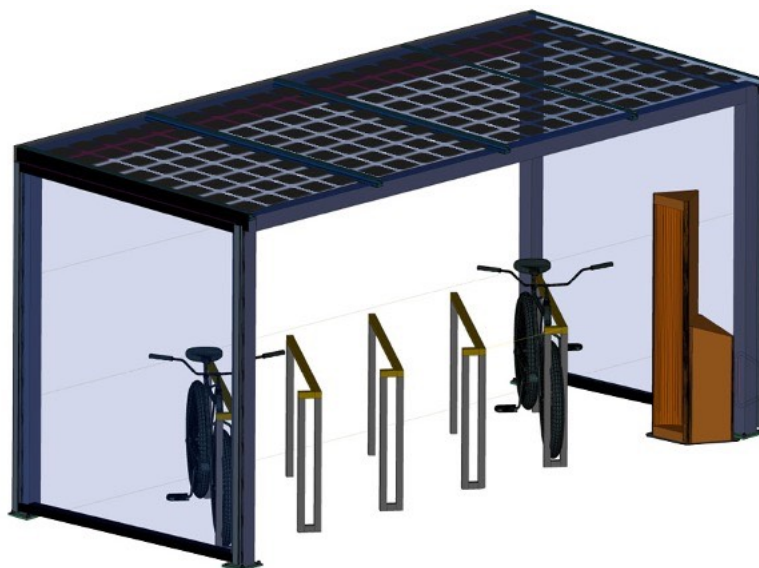




10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

WIATA ROWEROWA FOTOWOLTAICZNA - MODUŁY SZKŁO-SZKŁO

Konstrukcja autonomiczna bez konieczności podłączenia do zasilania zewnętrznego.





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

INSTALACJA NA DACHU MODUŁY RAMKOWE

Moduły fotowoltaiczne, w zależności od rodzaju dachu (spadzisty lub płaski), są instalowane za pośrednictwem specjalnych systemów montażowych, lub konstrukcji, która umożliwia precyzyjne ustawienie. Odpowiednie ich ukierunkowanie zapewni optymalne nasłonecznienie i efektywne działanie instalacji.





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

PERGOLA FOTOWOLTAICZNA

Fotowoltaiczne zadaszenie typu pergola to doskonałe połączenie estetyki i funkcjonalności. Oprócz ochrony przed warunkami atmosferycznymi, takimi jak promieniowanie słoneczne, deszcz czy śnieg, zadaszenie zintegrowane z modułami fotowoltaicznymi generuje przyjazną dla środowiska zieloną energię.

W standardzie wyposażenia znajdziemy:

- ✓ Konstrukcję aluminiową
- ✓ Przezierne moduły fotowoltaiczne typu szkło-szkło
- ✓ Falownik
- ✓ Zabezpieczenia elektryczne
- ✓ Elementy montażu do podłoża, elementy uszczelniające, maskownice profili

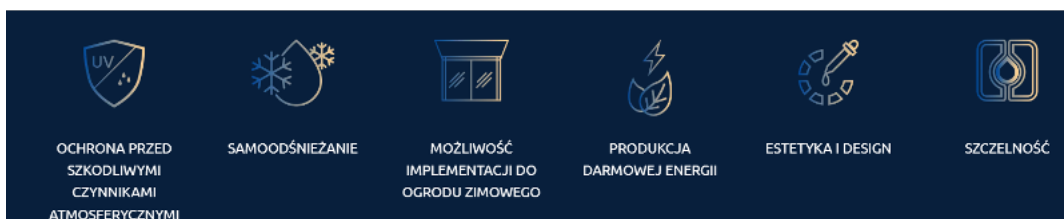




10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

PERGOLA FOTOWOLTAICZNA - MODUŁY SZKŁO-SZKŁO

Ekologiczne miasto często dąży do maksymalnego wykorzystania używanej dotychczas infrastruktury, wprowadzając technologie, które pozwalają stworzyć przestrzeń przyjazną dla mieszkańców, władz oraz turystów. Zapewnia to harmonijny rozwój, który łączy się z poprawą standardu życia.





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

FASADA WENTYLOWANA

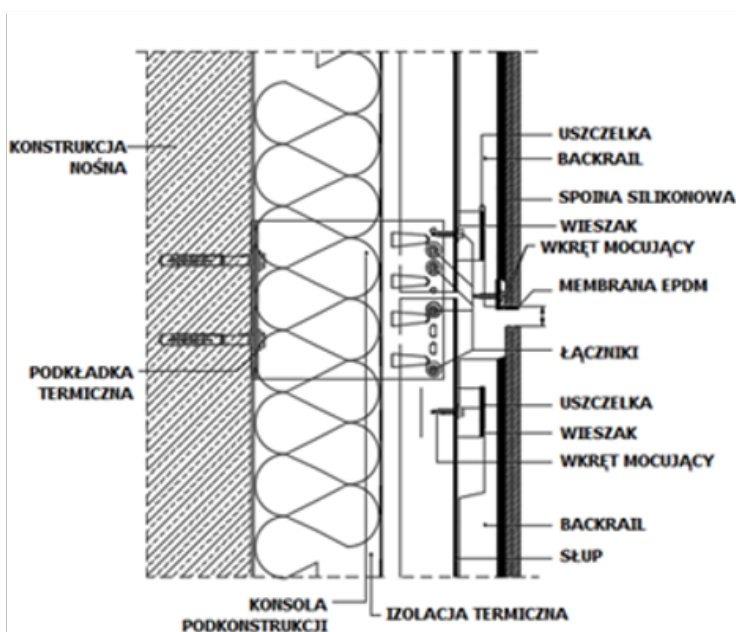
Fasady fotowoltaiczne to sposób na połączenie wszystkich zalet fotowoltaiki w jednym – zarówno od strony konstrukcyjnej, estetycznej, jak i produkcji energii na własny użytek, co przełoży się na znaczne oszczędności na energię. Jej zaletą jest nie tylko funkcjonalność (poprawiają parametry cieplne obiektu oraz zmniejszają ryzyko kondensacji pary wodnej), ale również estetyczny wygląd.

KORZYŚCI:

- ✓ Generowanie oszczędności, dzięki pozyskiwaniu darmowej energii elektrycznej
- ✓ Stabilna konstrukcja
- ✓ Obniżenie ryzyka kondensacji pary wodnej i poprawa parametrów cieplnych budynku
- ✓ Chłodzenie modułów i obniżenie temperatury elewacji poprzez efekt wentylacji
- ✓ Poprawa paramentów izolacyjnych budynku
- ✓ W okresie zimowym na fasadzie nie zalega śnieg

TECHNOLOGIA:

- ✓ Bezramowa konstrukcja fasady wentylowanej z wypełnieniami w postaci modułów fotowoltaicznych wykonana jest na bazie profili aluminiowych.
- ✓ System mocowania modułów fotowoltaicznych w fasadzie wentylowanej opiera się na koncepcji mocowania modułów typu „backrail”
- ✓ Moduły fotowoltaiczne klejone są za pośrednictwem szczeliwa silikonowego do szyn aluminiowych anodowanych. Połączenia te są wykonane zgodnie z PN-EN 13022 cz. I i II oraz ETAG 002.
- ✓ Konstrukcja posiada certyfikat CE na zgodność z normą PN-EN 1090 w klasie EXC2



Przekrój podłużny fasady wentylowanej



10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Realizacje:

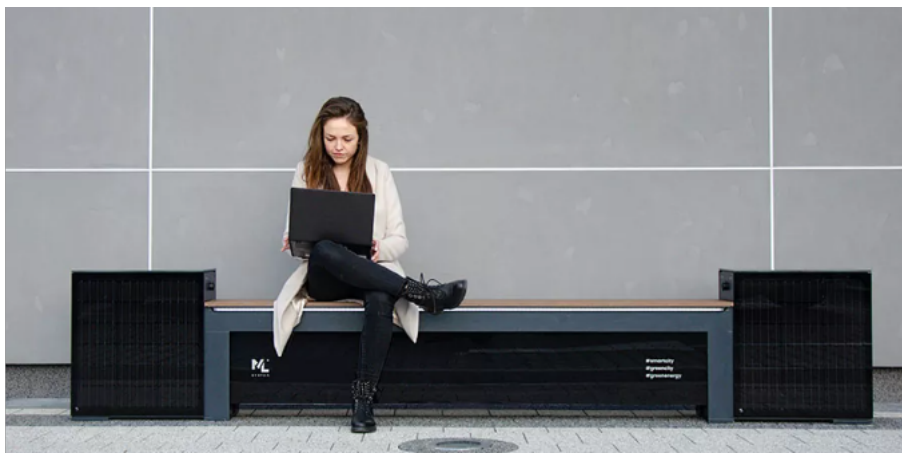




10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

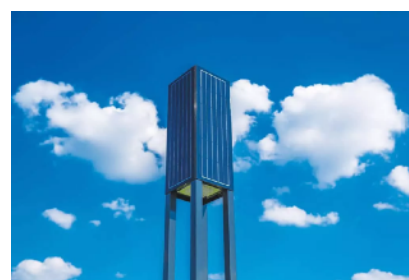
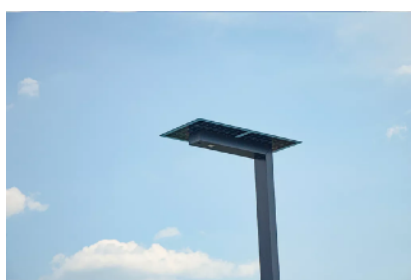
ŁAWKI FOTOWOLTAICZNE – MODUŁY SZKŁO-SZKŁO

Ławka fotowoltaiczna to element małej architektury, który znakomicie wpisuje się w obecnie panujące „smart” trendy. Z jednej strony stanowią miejsce relaksu i spotkań, zaś z drugiej pozwalają na komfortowe ładowanie urządzeń mobilnych.



FOTOWOLTAICZNE LAMPY

Inteligentne lampy to znakomita alternatywa dla tradycyjnego oświetlenia zasilanego z sieci. Takie rozwiązanie sprawdzi się we wszystkich miejscach, gdzie doprowadzenie elektryczności wymaga dużych inwestycji lub stanowi spory problem. Dzięki wyposażeniu w diody LED oraz zestaw automatyki do pracy bateryjnej, lampy z fotowoltaiką mogą być instalowane np. na przejściach dla pieszych, parkingach, skrzyżowaniach, placach zabaw czy deptakach. Pomagają one również w dużym stopniu obniżyć koszty związane z energią. Jest to zatem znakomite rozwiązanie dla miast rozwijających się zgodnie z ideą Smart City, a także dla obiektów publicznych, przemysłowych i handlowych.





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

2. FIBRAIN Sp. z o.o. to jedna z wiodących polskich firm technologicznych, łącząca kompetencje w dziedzinie światłowodów, fotoniki, elektroniki i energetyki odnawialnej. Od ponad trzydziestu lat FIBRAIN rozwija i produkuje zaawansowane systemy transmisji danych oraz infrastrukturę technologiczną wykorzystywaną w nowoczesnych sieciach telekomunikacyjnych, przemysłowych i energetycznych.

Firma dysponuje nowoczesnym zapleczem badawczo-produkcyjnym w Polsce – obejmującym laboratoria R&D, zakłady produkcji kabli światłowodowych, komponentów optoelektronicznych, a także modułów PV i BIPV (Building Integrated Photovoltaics). Rozwiązania fotowoltaiczne FIBRAIN są projektowane z myślą o integracji z architekturą budynków oraz systemami energetycznymi nowej generacji, łącząc wysoką sprawność konwersji z walorami estetycznymi i technologicznymi. Dzięki synergii między fotoniką, światłowodami i technologiami OZE, FIBRAIN rozwija produkty umożliwiające cyfrowe sterowanie przepływem energii, monitoring zużycia w czasie rzeczywistym oraz inteligentne zarządzanie sieciami PV i BIPV. Firma jest aktywnym uczestnikiem transformacji energetycznej, a jej rozwiązania znajdują zastosowanie w systemach Smart City, Smart Grid oraz klastrach energii, gdzie pełni rolę strategicznego partnera technologicznego, integrującego warstwę telekomunikacyjną, pomiarową i energetyczną w jeden spójny ekosystem zarządzania energią.

FIBRAIN Sp. z o.o., oprócz zaawansowanych technologii światłowodowych i fotonicznych, jest również polskim producentem nowoczesnych systemów fotowoltaicznych – w tym modułów klasycznych PV oraz zintegrowanych BIPV (Building Integrated Photovoltaics). Firma rozwija własne linie technologiczne do produkcji paneli szkło–szkło, fasadowych i dachowych, łączących wysoką efektywność energetyczną z estetyką i trwałością, dzięki czemu stała się jednym z liderów segmentu fotowoltaiki architektonicznej w Europie Środkowo-Wschodniej.

Produkty FIBRAIN charakteryzują się najwyższą jakością wykonania, odpornością środowiskową i możliwością pełnej personalizacji pod kątem projektu architektonicznego. Dzięki temu idealnie wpisują się w koncepcję energetyki rozproszonej i nowoczesnych klastrów energii, gdzie produkcja energii jest integrowana z przestrzenią miejską i przemysłową.



10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Wybrane realizacje BIPV i PV FIBRAIN

- Dworzec Metropolitalny w Lublinie – jedna z największych realizacji BIPV w Europie, obejmująca ok. 6 500 m² modułów szkło-szkło o łącznej mocy ponad 500 kWp. Panele zostały zintegrowane z konstrukcją dachu i przeszkleniami, tworząc funkcjonalną i energetycznie aktywną przestrzeń publiczną.
- Centrum Badawczo-Rozwojowe SELVITA w Krakowie – instalacja BIPV stanowiąca element zadaszenia i przeszklonej elewacji, łącząca funkcję użytkową, estetyczną i energetyczną.
- Przedszkole w Bobrownikach – elewacja wentylowana wykonana z paneli szkło-szkło typu full black oraz żaluzji fotowoltaicznych, będąca przykładem nowoczesnego podejścia do edukacji ekologicznej i projektowania zrównoważonych budynków.





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Realizacje Fibrain





10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

3. Nowatermia Sp. z o.o. to polska firma specjalizująca się w projektowaniu i wdrażaniu systemów pomp ciepła dużej mocy, działająca jako oficjalny partner technologiczny szwedzkich producentów urządzeń przemysłowych klasy premium. Od ponad dekady firma realizuje projekty w zakresie efektywnego ogrzewania, chłodzenia i odzysku energii cieplnej w budynkach użyteczności publicznej, zakładach przemysłowych oraz instalacjach komunalnych.

Technologie oferowane przez Nowatermię oparte są na szwedzkich pompach ciepła wysokotemperaturowych, które mogą pracować zarówno w systemach centralnego ogrzewania, jak i w układach procesowych – odzyskując ciepło z powietrza, wody technologicznej, ścieków czy procesów chłodniczych. Dzięki modułowej konstrukcji możliwe jest tworzenie instalacji o mocy nawet do kilku megawatów, co pozwala na ich zastosowanie w dużych obiektach przemysłowych, centrach logistycznych, ciepłowniach oraz w ramach systemów energetyki rozproszonej.

Nowatermia wykorzystuje rozwiązania pochodzące od wiodących szwedzkich producentów, takich jak Thermia, które są znane z niezawodności i wysokiej efektywności w trudnych warunkach klimatycznych Skandynawii. Urządzenia te charakteryzują się współczynnikiem efektywności COP na poziomie 4,5–6,5, możliwością pracy w trybie rewersyjnym (ogrzewanie/chłodzenie) oraz temperaturą zasilania sięgającą 90°C.

Pompy ciepła Nowatermia doskonale sprawdzają się w systemach:

- ciepłownictwa komunalnego i miejskiego,
- oczyszczalni ścieków (odzysk ciepła z wody odpadowej),
- przemysłu spożywczego i przetwórczego,
- obiektów użyteczności publicznej i edukacyjnych,
- magazynów energii cieplnej i układów hybrydowych z OZE.

Dzięki integracji z systemem telemetrycznym E-Vision oraz warstwą rozliczeniową ECM, pompy ciepła Nowatermia mogą być elementem inteligentnego zarządzania energią w czasie rzeczywistym, reagując na zmienne warunki pogodowe, zapotrzebowanie ciepłe i produkcję OZE.



10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

Nowatermia to jedna z czołowych firm w Polsce specjalizujących się w projektowaniu i wdrażaniu przemysłowych systemów pomp ciepła, integrujących technologie geotermalne i odnawialne źródła energii. Poniżej przedstawiono kilka najciekawszych i największych realizacji komercyjnych, które potwierdzają kompetencje firmy w realizacji inwestycji dużej skali – zarówno w sektorze publicznym, jak i prywatnym:

- Zachodniopomorskie Centrum Onkologii – Szczecin

Instalacja o mocy 880 kW grzewczej i 950 kW chłodniczej, oparta na gruntowych pompach ciepła z systemem 130 odwiertów geotermalnych. Układ zasila kompleks szpitalny, łącząc funkcję ogrzewania, chłodzenia i odzysku ciepła z procesów technologicznych. To jedna z największych instalacji tego typu w Polsce, potwierdzająca możliwości przemysłowego zastosowania pomp ciepła w sektorze ochrony zdrowia.

- Hotel Liptakówka – Białka Tatrzańska

System gruntowych pomp ciepła CTC Professional EcoTouch o łącznej mocy 229 kW, zastąpił dotychczasowy kocioł na ekogroszek. Instalacja obsługuje ogrzewanie budynku, podgrzewanie wody użytkowej oraz zasilanie basenu hotelowego. Projekt potwierdza skuteczność i ekonomiczność pomp ciepła w branży hotelarskiej i turystycznej.

- Port Kopytkowo – kompleks usługowy przy autostradzie A1

Zastosowano zintegrowany system pomp ciepła Thermia dużej mocy w połączeniu z instalacją fotowoltaiczną. Układ zasila budynki usługowe, restauracyjne i sanitarne, wykorzystując odnawialne źródła energii do ogrzewania i chłodzenia całego obiektu. To przykład pełnej integracji OZE w infrastrukturze komercyjnej, zrealizowany w modelu energooszczędnym i niskoemisyjnym.

- Szkoła Podstawowa w Cedyni (projekt edukacyjno-komunalny)

Choć inwestycja ma charakter publiczny, jej skala jest typowa dla obiektów komercyjnych. Wykonano siedem pomp ciepła CTC EcoPart o mocy 238 kW oraz 24 odwierty o łącznej długości 3 400 m. System został zintegrowany z instalacją fotowoltaiczną 54 kW, tworząc wzorcowy układ hybrydowy PV+HP.



10. POTENCJALNA INFRASTRUKTURA SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII





11. TARYFY ROZLICZENIOWE SOLECKIEGO KŁASTRA ENERGII

Jednym z kluczowych elementów sprawnego funkcjonowania klastra energii jest wewnętrzny system taryfowy, który reguluje zasady rozliczeń pomiędzy uczestnikami oraz określa wartość energii dostarczanej, zużywanej i magazynowanej w obrębie wspólnoty energetycznej. Taryfowanie w Soleckim Kłastrze Energii zostało zaprojektowane z myślą o maksymalizacji lokalnej autokonsumpcji, zwiększeniu efektywności energetycznej i zapewnieniu konkurencyjności wobec cen rynkowych.

1. Zasady ogólne

System taryfowy opiera się na zasadzie dostosowania cen do charakterystyki uczestnika klastra (producent, prosument, odbiorca) oraz jego profilu zużycia. Uczestnicy rozliczają się na podstawie rzeczywistej ilości energii przekazanej do klastra lub z niego pobranej, uwzględniając czas dostaw i możliwości bilansowania.

2. Rodzaje taryf wewnętrznych

W Soleckim Kłastrze zastosować należy kilka typów taryf, różnicowanych w zależności od rodzaju energii i jej źródła oraz od strony rynku konsument / producent:

Konsument:

- Taryfa dla energii elektrycznej z OZE – preferencyjna stawka dla uczestników klastra, niższa niż taryfa sieciowa.
- Taryfa za energię z wodoru (H_2) – ustalana dynamicznie na wartości rynkowej paliwa - rabat klastrowy
- Taryfa za energię ciepłą – oparta na rzeczywistej cenie rynkowej - rabat klastrowy.
- **Taryfa bilansująca – stosowana przy rozliczeniach między podmiotami przekazującymi i pobierającymi nadwyżki energii w ramach klastra.**

Producent:

- Taryfa dla energii elektrycznej z OZE – preferencyjna stawka dla producenta wyższa niż taryfa sieciowa.
- Taryfa za energię z wodoru (H_2) – ustalana dynamicznie na podstawie kosztów wytworzenia + marża
- Taryfa za energię ciepłą – oparta na rzeczywistych kosztach odzysku ciepła z procesów technologicznych, z uwzględnieniem sezonowości + marża



11. TARYFY ROZLICZENIOWE SOLECKIEGO KLASTRA ENERGII

3. Struktura odpowiedzialności

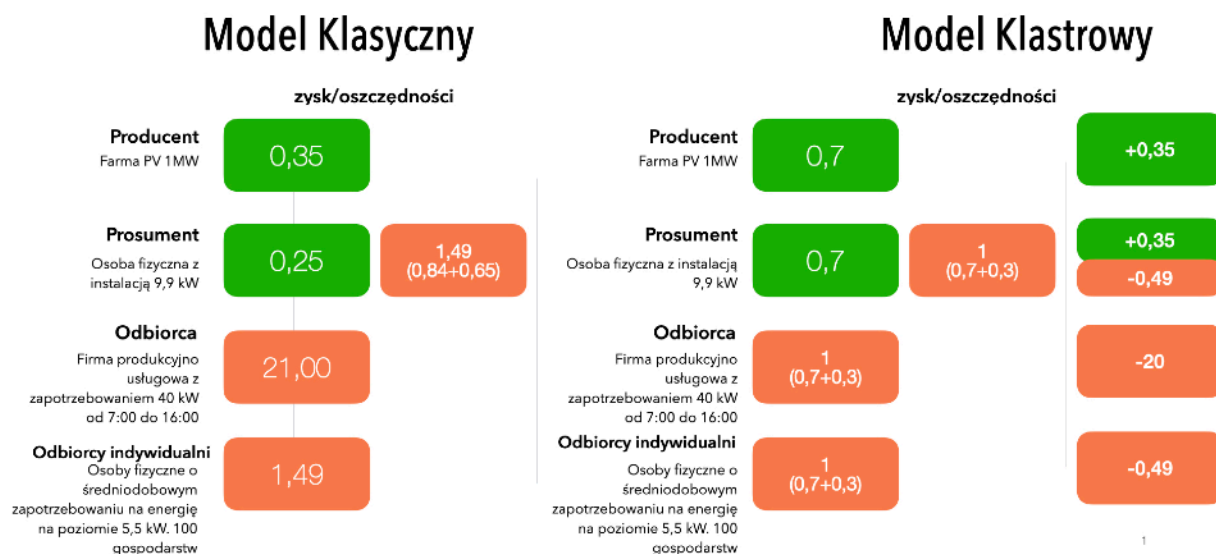
Za ustalanie i aktualizację taryf odpowiedzialny jest Koordynator Klastra Energii, działający w porozumieniu z Radą Klastra oraz na podstawie danych pozyskiwanych z systemu zarządzania energią. System taryf podlega cyklicznej walidacji w odniesieniu do kosztów produkcji, zużycia i trendów rynkowych.

4. Uwarunkowania formalne i zgłoszeniowe

Klaster energii, funkcjonujący na podstawie art. 2 pkt 15a ustawy o odnawialnych źródłach energii, ma charakter porozumienia cywilnoprawnego i co do zasady nie podlega obowiązkowi rejestracji ani zatwierdzania przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki. Niemniej jednak, w praktyce rynkowej rekomendowane jest poinformowanie URE o funkcjonowaniu klastra, w szczególności w celu zapewnienia transparentności modelu oraz ułatwienia współpracy z operatorami systemów dystrybucyjnych.

W ramach klastra energii stosowany jest wewnętrzny system stawek rozliczeniowych, ustalanych przez koordynatora klastra i zatwierdzanych przez Radę Klastra, który nie stanowi taryfy w rozumieniu Prawa energetycznego, lecz mechanizm umowy pomiędzy jego uczestnikami. System ten funkcjonuje z poszanowaniem obowiązujących przepisów ustawy o OZE oraz Prawa energetycznego, w szczególności w zakresie zasad bilansowania energii i rozliczeń z OSD. Uczestnictwo w klastrze nie narusza odrębnych obowiązków regulacyjnych poszczególnych podmiotów, wynikających z mocy instalacji lub charakteru prowadzonej działalności.

Przykładowe relacje związane ze taryfami w modelu klastrowym:





12. WSTĘPNA ANALIZA PRZYCHODÓW I KORZYŚCI EKONOMICZNYCH

Wstępna szacunkowa analiza przychodów Soleczkiego Klastra Energii.

Celem niniejszej analizy jest oszacowanie potencjału ekonomicznego klastra energii w Solcu Kujawskim w ujęciu uproszczonym, opartym na perspektywie ekwiwalentu kosztowego zakupu energii z sieci. Zrezygnowano z klasycznej wyceny każdego komponentu infrastruktury z osobna na rzecz modelu, który traktuje wolumen produkowanej energii jako realną alternatywę dla zakupu energii po średniej cenie taryfowej obowiązującej w Polsce w 2025 roku. W analizie przyjęto średnią produkcję energii z 1 MW instalacji PV dla Polski

Podejście to pozwala uchwycić pełen potencjał ekonomiczny klastra, nie wchodząc w złożone wyceny techniczne każdej lokalizacji z osobna. Dodatkowo wyodrębniono wariant przekształcania części energii w zielony wodór i tlen, co nie tylko zwiększa możliwości przychodowe, ale również rozszerza zakres technologii niskoemisyjnych możliwych do wdrożenia w regionie.

Takie podejście umożliwia szybką ocenę skalowalności projektu, jego opłacalności i zdolności do generowania wartości dla lokalnej społeczności, przy jednoczesnym wsparciu transformacji energetycznej.

Założenie produkcyjne na 1 MW instalacji PV dla warunków w Polsce:

- Średni uzysk dla PL: ~1 000 kWh/kWp/rok (typowy przedział 950–1 100).
- Dla 1 MWp = 1 000 kWp → ~1 000 000 kWh/rok

Wartość energii - Wartość = produkcja × cena energii (PLN/kWh).

Projekcja wartości:

Średnia cena energii (PLN/kWh)	Wartość energii (PLN/rok)	Oszczędność względem stawki klastrowej 0,95 zł/kWh
0,8	800000	-150000,00 zł
0,95 projekcja klastrowa	950000	0,00 zł
1,1	1100000	150000,00 zł
1,2	1200000	250000,00 zł
1,3 stawka rynkowa	1300000	350000,00 zł



12. WSTĘPNA ANALIZA PRZYCHODÓW I KORZYŚCI EKONOMICZNYCH

Przedstawiona tabela obrazuje szacunkową wartość energii elektrycznej wytwarzanej przez 1 MWp instalacji fotowoltaicznej w regionie Solca Kujawskiego oraz odpowiadające jej oszczędności w ramach klastra energii. Wartości dodatnie w kolumnie oszczędności wskazują, o ile droższy byłby zakup tej samej energii z sieci w porównaniu do rozliczenia wewnątrz klastra po stawce 0,95 zł/kWh – oznaczają więc realne oszczędności ekonomiczne wynikające z uczestnictwa w systemie lokalnym. Z kolei wartości ujemne nie oznaczają straty, lecz pokazują potencjalny margines do dalszej optymalizacji – czyli dodatkowe oszczędności, jakie można uzyskać poprzez obniżenie stawki klastrowej poniżej poziomu referencyjnego.

W praktyce oznacza to, że przy średniej cenie energii na rynku krajowym w 2025 roku wynoszącej około 1,30 zł/kWh, uczestnicy klastra mogliby zaoszczędzić średnio 350 tys. zł rocznie na każdy 1 MWp mocy zainstalowanej w fotowoltaice, co stanowi wyraźny dowód ekonomicznej przewagi rozliczeń

Zgodnie z obowiązującą ustawą Prawo energetyczne, każdy klastrowy w Polsce funkcjonuje w ramach określonych limitów technicznych i organizacyjnych. Jednym z kluczowych z nich jest ograniczenie łącznej mocy zainstalowanej źródeł wytwórczych do 100 MW. Choć zapis ten ma na celu utrzymanie lokalnego charakteru i stabilności systemu, w praktyce wyznacza on również bardzo wyraźny potencjał gospodarczy dla gmin, które zdecydują się w pełni wykorzystać ten próg.

W przypadku Soleckiego Klastra Energii, przy założeniu pełnego wykorzystania mocy 100 MW w odnawialnych źródłach energii – głównie fotowoltaice, wietrze i biogazie – roczna produkcja energii może wynieść około 100 GWh. To ilość odpowiadająca zapotrzebowaniu na energię elektryczną całej gminy.

Wartość tej energii w ujęciu rynkowym, przy obecnej cenie detalicznej około 1,30 zł/kWh, wynosiłaby nawet 130 milionów złotych rocznie.

W modelu klastra energii, który pozwala na rozliczanie się po preferencyjnej, wewnętrznej stawce klastrowej na poziomie 0,95 zł/kWh, koszt ten spada do 95 milionów złotych.

Oznacza to, że uczestnicy klastra – samorząd, przedsiębiorcy i mieszkańcy – mogą osiągnąć realną roczną oszczędność na poziomie **35 milionów złotych**, wynikającą z samobilansowania i lokalnego obrotu energią. **Nie jest to jedynie korzyść finansowa – to także niezależność od wahań cen rynkowych, odporność na kryzysy energetyczne i faktyczny krok w stronę energetycznej suwerenności regionu.**

W ten sposób Solec Kujawski, wykorzystując potencjał OZE i ramy klastra, może stać się nie tylko przykładem efektywnego modelu samorządowej gospodarki energetycznej, ale również liderem transformacji energetycznej Kujaw, łącząc nowoczesność, stabilność i lokalne korzyści w jeden spójny system.



13. WSTĘPNA PROGNOZA KOSZTÓW ŹRÓDEŁ WYTWÓRCZYCH OZE

Wstępna budżetowa prognoza kosztów budowy instalacji wytwórczych OZE:

Jednym z kluczowych fundamentów rozwoju klastra energii w Solcu Kujawskim jest wykorzystanie lokalnych odnawialnych źródeł energii – w szczególności energii słonecznej – poprzez wdrażanie rozproszonych instalacji fotowoltaicznych na terenie całej gminy. W ramach wstępnej analizy techniczno-ekonomicznej określono szacunkowy koszt budowy instalacji s odniesieniu do 1 MW.

1) Fotowoltaika (PV) – 1 MWp

- CAPEX: 2,6–3,5 mln PLN/MW
- OPEX roczny: ~1,0–1,5% CAPEX
- Okres życia: 25–30 lat (inwertery 10–15 lat)
- Uzysk (PL średnia): ~1,0 GWh/MW/rok
- Orientacyjny LCOE: 220–320 PLN/MWh
- Zastosowanie w Solcu Kujawskim: dachy/BIPV, carporty, farmy PV na gruntach IV–V kl.; bardzo dobra synergia z magazynem i wiatrem (sezonowość)

2) Wiatr na lądzie (onshore) – 1 MW

- CAPEX: 5,5–7,5 mln PLN/MW
- OPEX roczny: ~2,0–3,0% CAPEX
- Okres życia: 20–25 lat
- Uzysk (strefa nadmorska): 2,3–2,8 GWh/MW/rok (CF 26–32%)
- Orientacyjny LCOE: 180–260 PLN/MWh
- Zastosowanie w Solcu Kujawskim : bardzo dobre warunki wietrzne; produkcja noc/zima – bilans PV.

Uwaga: pionowe turbiny (VAWT) są tańsze jednostkowo, ale też mają niższy uzysk/MW. Powyższe widełki dotyczą klasycznych turbin HAWT.

3) Kogeneracja biogazowa (CHP) – 1 MW

- CAPEX (komplet z fermentacją): 14–20 mln PLN/MW_e
- OPEX roczny: 4–8% CAPEX (+ koszt wsadu, jeśli nie jest odpadowy)
- Okres życia: 15–20 lat (silnik 7–10 lat między remontami G)
- Uzysk elektryczny: 7,4–7,9 GWh/MW/rok (CF 85–90%)
- Ciepło „gratis” z CHP: +8–10 GWh_t/MW/rok
- Orientacyjny LCOE (el.): 450–700 PLN/MWh (silnie zależny od ceny/rodzaju substratu; spada, gdy ciepło ma odbiór i/lub jest wsad odpadowy)
- Zastosowanie w Soleckim Kłastrze Energii: przemysłowo-rolnicza baza substratów (przemysł drobiarski, frakcja bio, gnojowica); stabilizator systemu + źródło ciepła.



13. WSTĘPNA PROGNOZA KOSZTÓW INSTALACJI WYTWÓRCZYCH OZE

4) Magazyn energii – 1 MW (BESS)

Koszt magazynu zależy od pojemności (MWh). Poniżej typowe konfiguracje:

Wariant A: 1 MW / 2 MWh

- CAPEX: 3,5–5,5 mln PLN
- OPEX/degradacja: serwis + wymiany po 10–12 latach
- Zastosowanie: przycinanie szczytów, autokonsumpcja PV, krótkie rezerwy

Wariant B: 1 MW / 4 MWh

- CAPEX: 6,5–9,0 mln PLN
- OPEX/degradacja: jw.
- Zastosowanie: wypłaszczenie dobowych pików produkcji, wsparcie DSR, większa elastyczność bilansowa

Wybór magazynu zależy od profilu PV/wiatru i potrzeb klastra (autokonsumpcja, unikanie drogich godzin, wsparcie infrastruktury krytycznej).

Zestawienie porównawcze (1 MW)

Technologia	CAPEX [mln PLN/ MW]	Uzysk el. [GWh/ MW/rok]	OPEX [% CAPEX/ rok]	LCOE el. [PLN/MWh]	Atut w Solcu Kujawskim
Fotowoltaika (PV)	2,6–3,5	~1,0	1,0–1,5%	220–320	Tania moc, prosta skalowalność
Wiatr onshore	5,5–7,5	2,3–2,8	2,0–3,0%	180–260	Noc/zima, świetne warunki nadmorskie
Biogaz CHP	14–20	7,4–7,9	4–8%	450–700*	Stabilność 24/7 + ciepło odpadowe
Magazyn energii (1MW/2MWh)	3,5–5,5	-	-	-	Bilansowanie i przesuw szczytów (2h)
Magazyn energii (1MW/4MWh)	6,5–9,0	-	-	-	Dobowy przesuw i rezerwa (4h)



14. WSTĘPNA ANALIZA UZASADNIAJĄCA POWSTANIE KLASTRA

Solec Kujawski znajduje się w wyjątkowym momencie swojego rozwoju. Przez dekady funkcjonował jako stabilny ośrodek przemysłowo-usługowy, oparty na aktywności lokalnych przedsiębiorstw oraz zapleczu logistycznym regionu, jednak dziś staje przed nowymi wyzwaniami związanymi z transformacją energetyczną i rosnącymi kosztami energii. Wraz z rozwojem przemysłu, infrastruktury miejskiej oraz zabudowy mieszkaniowej następuje systematyczny wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, ciepło, wodę i niezawodne systemy komunalne. Oznacza to konieczność stworzenia nowego modelu zarządzania energią, który będzie jednocześnie efektywny ekonomicznie, przyjazny środowisku i odporny na wahania rynkowe. Takim rozwiązaniem jest powołanie Soleckiego Klastra Energii.

Klaster energii stanowi lokalny rynek energii, działający w oparciu o obowiązujące przepisy prawa energetycznego. W ramach tego modelu możliwa jest wspólna produkcja, dystrybucja, magazynowanie i konsumpcja energii elektrycznej oraz ciepłej przez miasto, lokalne przedsiębiorstwa, instytucje publiczne i mieszkańców. Ustawa określa, że całkowita moc źródeł wytwórczych funkcjonujących w klastrze nie może przekroczyć 100 MW, co pozwala zachować jego lokalny charakter i jednocześnie wyznacza realny próg efektywności ekonomicznej. W przypadku Solca Kujawskiego oznacza to potencjał wytwórczy na poziomie około 100 GWh energii rocznie. Wartość takiej produkcji przy obecnych cenach rynkowych energii, sięgających 1,30 zł za kilowatogodzinę, wynosi około 130 milionów złotych rocznie.

W modelu klastrowym, w którym energia rozliczana jest według wewnętrznej stawki klastrowej ustalonej przez koordynatora i zatwierdzonej przez Radę Klastra, koszt energii przy stawce 0,95 zł/kWh spada do poziomu około 95 milionów złotych rocznie. Daje to oszczędności rzędu 35 milionów złotych w skali roku, które pozostają w lokalnej gospodarce, wspierając rozwój miasta oraz konkurencyjność lokalnego przemysłu.

Racjonalność powołania klastra energii nie wynika wyłącznie z różnic cenowych, lecz z szerszego kontekstu bezpieczeństwa energetycznego i stabilności systemu. Lokalna produkcja energii oznacza większą niezależność od zewnętrznych rynków, ograniczenie strat przesyłowych oraz możliwość wykorzystania nadwyżek energii w sposób zrównoważony, na przykład poprzez magazynowanie lub produkcję zielonego wodoru. Dla Solca Kujawskiego ma to szczególne znaczenie w kontekście rozwoju przemysłu i infrastruktury miejskiej.

Koncepcja Soleckiego Klastra Energii zakłada budowę zrównoważonego miksu źródeł wytwórczych. W jego strukturze przewiduje się instalacje fotowoltaiczne, systemy zintegrowane z budynkami, biogazownie, magazyny energii oraz jednostki kogeneracyjne. System zostanie uzupełniony o nowoczesne rozwiązania telemetryczne oraz cyfrowy system rozliczeń, umożliwiający analizę produkcji i zużycia energii w czasie rzeczywistym oraz dynamiczne zarządzanie całym układem.

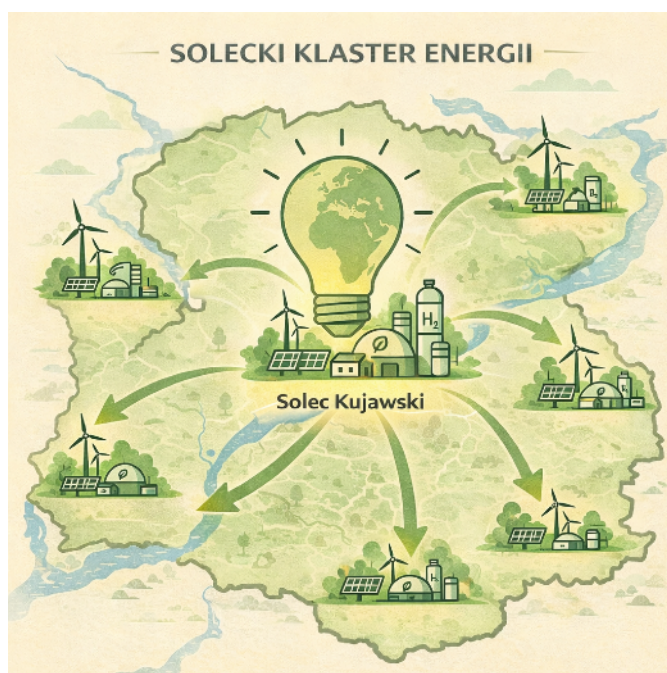


14. WSTĘPNA ANALIZA UZASADNIAJĄCA POWSTANIE KLASTRA

Tego rodzaju rozwiązanie przynosi wymierne efekty środowiskowe. Produkcja około 100 GWh energii z odnawialnych źródeł pozwala ograniczyć emisję dwutlenku węgla o około 85 tysięcy ton rocznie, wspierając realizację krajowych i unijnych celów klimatycznych oraz poprawę jakości powietrza. Jednocześnie energia wytwarzana lokalnie może zasilać budynki komunalne, zakłady przemysłowe oraz infrastrukturę transportu elektrycznego.

W wymiarze gospodarczym klastery tworzy fundament pod rozwój nowych usług i kompetencji technologicznych. Inwestycje w OZE, magazyny energii i systemy cyfrowe sprzyjają powstawaniu lokalnych miejsc pracy oraz umożliwiają pozyskanie środków z programów takich jak Krajowy Plan Odbudowy czy FENIKS. Powołanie Soleckiego Klastra Energii jest decyzją uzasadnioną ekonomicznie, technologicznie i społecznie – krokiem w stronę nowoczesnego miasta, które aktywnie produkuje, bilansuje i rozlicza energię w ramach własnego, lokalnego systemu.

Równolegle do budowy lokalnej społeczności energetycznej Solecki Klastr Energii posiada istotny potencjał strategiczny wynikający z położenia w powiecie bydgoskim oraz skali oddziaływania funkcjonalnego na sąsiednie gminy. Dzięki temu projekt może w dłuższej perspektywie stać się impulsem do wykształcenia nowej gałęzi lokalnej gospodarki – rynku zeroemisyjnej energetyki opartej na wytwarzaniu, bilansowaniu i efektywnym wykorzystaniu energii w ramach struktur klastrowych. Lokalnie produkowana energia, przy zachowaniu wewnętrznych zasad rozliczeń i stawek klastrowych, może być wykorzystywana również w innych obszarach powiatu objętych klastrem, tworząc dodatkową wartość ekonomiczną. Otwiera to możliwość stopniowego włączania lokalnych podmiotów i mieszkańców w proces wytwarzania energii oraz partycypacji w jej obrocie w ramach klastra, wzmacniając zarówno lokalną przedsiębiorczość, jak i odporność energetyczną całego regionu.





15. KORZYŚCI EKOLOGICZNE

Budowa Soleckiego Klastra Energii ma nie tylko ekonomiczny, ale również silny środowiskowy wymiar, wpisujący się w strategiczne cele polityki klimatycznej Polski i Unii Europejskiej. Przejście z modelu scentralizowanego na lokalny, rozproszony system energetyczny oparty o OZE pozwala realnie ograniczyć emisję zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych, a jednocześnie zwiększyć bezpieczeństwo ekologiczne regionu.

Wprowadzenie własnych źródeł wytwórczych – fotowoltaiki, turbin wiatrowych i instalacji biogazowych czy kogeneracyjnych – pozwoli na terenie Solca Kujawskiego i okolic nie tylko produkować energię na potrzeby własne, ale także bilansować emisje w sektorach komunalnym i przemysłowym.

Redukcja emisji CO₂ – przeliczenie jednostkowe i projekcja dla 100 MW

Aby zobrazować skalę efektu ekologicznego, przyjęto, że 1 MW instalacji OZE (fotowoltaika lub wiatr) w Polsce generuje średnio 1 000 MWh energii elektrycznej rocznie. Wytworzenie takiej ilości energii w systemie konwencjonalnym (opartym na węglu kamiennym i brunatnym) wiąże się z emisją około 800–900 kg CO₂ na każdą wyprodukowaną MWh.

Dla uproszczenia przyjęto współczynnik 0,85 t CO₂/MWh.

Parametr	Jednostka	Wartość dla 1 MW	Wartość dla 100 MW
Roczna produkcja energii	MWh	1000	100000
Średnia emisja CO ₂ z energetyki konwencjonalnej	t/MWh	0,85	0,85
Uniknięta emisja CO ₂	t/rok	850	85000

Z powyższych danych wynika, że każdy 1 MW mocy zainstalowanej w OZE pozwala uniknąć emisji ok. 850 ton CO₂ rocznie. W pełnym zakresie mocy klastra (100 MW) oznacza to redukcję na poziomie **85 tysięcy ton CO₂** rocznie, co stanowi równowartość emisji generowanej przez około 40 tysięcy samochodów osobowych lub całkowitą emisję średniej wielkości miasta.



15. KORZYŚCI EKOLOGICZNE

Efekt ekologiczny w szerszym kontekście

Warto podkreślić, że ograniczenie emisji dwutlenku węgla to nie jedyny efekt ekologiczny działania Klastra Energii w Solcu Kujawskim. Produkcja energii odnawialnej zmniejsza również emisję tlenków siarki (SO_2), tlenków azotu (NO_x) oraz pyłów zawieszonych (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), które są głównymi czynnikami smogu i degradacji jakości powietrza.

Szacunkowo, wytworzenie 100 GWh energii z OZE w miejsce produkcji konwencjonalnej ogranicza emisję:

- SO_2 o ok. 60 ton rocznie,
- NO_x o ok. 45 ton rocznie,
- pyłów PM o ok. 8–10 ton rocznie.

Efekt ten ma znaczenie nie tylko klimatyczne, ale również zdrowotne i ekonomiczne – redukcja emisji pyłów i tlenków przekłada się bezpośrednio na niższe koszty opieki zdrowotnej oraz poprawę jakości życia mieszkańców.

Wprowadzenie lokalnych źródeł odnawialnych w ramach klastra energii pozwala na tworzenie tzw. bilansów zeroemisyjnych, w których część energii zużywanej przez infrastrukturę gminną (np. oczyszczalnie, szkoły, oświetlenie uliczne) jest równoważona przez lokalną produkcję OZE. Oznacza to, że miasto Solec Kujawski może dążyć do statusu samorządu neutralnego klimatycznie, wykorzystując wytwarzaną energię nie tylko jako zasób ekonomiczny, ale również jako narzędzie do realizacji celów ESG i CSRD.

Symboliczna wartość środowiskowa projektu

Przy rosnącej dynamice zmian w sektorze energetycznym i przemysłowym, powstanie Soleckiego Klastra Energii w Solcu Kujawskim nabiera znaczenia wykraczającego poza wymiar lokalny. Inicjatywa ta staje się wyrazem odpowiedzialnej transformacji energetycznej regionu, pokazując, że możliwe jest równoległe rozwijanie nowoczesnej infrastruktury oraz zdecentralizowanego, zrównoważonego modelu wytwarzania energii, opartego na odnawialnych źródłach, cyfrowym zarządzaniu i aktywnym udziale społeczności lokalnej.

W efekcie Solecki Klaster Energii przyczyni się nie tylko do realnej redukcji emisji, lecz również do trwałej zmiany postrzegania Solca Kujawskiego i jego otoczenia – z obszaru o charakterze peryferyjnym w kierunku nowoczesnego ośrodka zielonej gospodarki, innowacji energetycznych oraz praktycznych rozwiązań klimatycznych.



16. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

RAPORTOWANIE ESG

Raportowanie ESG i ścieżka zrównoważonego rozwoju Soleczkiego Klastra Energii.

Soleczki Klastr Energii jest nie tylko odpowiedzią na wyzwania energetyczne i infrastrukturalne, ale także elementem głębszej strategii zrównoważonego rozwoju. Współczesne podejście do transformacji energetycznej coraz częściej osadza się w ramach raportowania ESG (Environmental, Social, Governance), które obejmuje szeroki zakres wpływu działalności człowieka na środowisko, społeczeństwo oraz jakość zarządzania instytucjami publicznymi i prywatnymi.

W kontekście środowiskowym, Soleczki Klastr Energii już na etapie koncepcyjnym spełnia kluczowe założenia raportowania ESG. Produkcja ponad 112,61 GWh rocznie z OZE, w tym z fotowoltaiki klasycznej i zintegrowanej (BIPV), pozwala uniknąć około 78 824 ton emisji CO₂ rocznie. Dodatkowo planowane wdrożenia zielonego wodoru, magazynowania energii oraz zastosowanie lokalnych biogazowni i mikro turbin wiatrowych znacznie zwiększają odporność systemu i przyczyniają się do dekarbonizacji.

Dla każdego uczestnika klastra możliwe jest określenie własnego śladu węglowego oraz rocznego wpływu na jego zmniejszenie – zarówno w wymiarze bezpośrednim (produkcja energii), jak i pośrednim (zmniejszenie importu energii z sieci opartej na miksie węglowym).

ESG (Environmental, Social, Governance) staje się coraz ważniejszym elementem strategii firm, zwłaszcza w kontekście ograniczania śladu węglowego. W Europie kluczową regulacją w tym obszarze jest Dyrektywa CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive), która zobowiązuje przedsiębiorstwa do szczegółowego raportowania wpływu na środowisko, w tym emisji CO₂. Przedsiębiorcy zobowiązani zostali także do uwzględnienia Rozporządzenia SFDR (Sustainable Finance Disclosure Regulation) oraz wytycznych GHG Protocol, które określają metodykę obliczania emisji w trzech zakresach (Scope 1, 2 i 3).

Polityka zrównoważonego rozwoju odgrywa coraz bardziej istotną rolę w gospodarce światowej. W krajach unijnych nieruchomości odpowiadają za emisję 40% gazów cieplarnianych, więc ich efektywność energetyczna stała się kluczowa. Zeroemisyjność to jeden z najważniejszych celów budownictwa. Emisje w tym sektorze muszą zostać zmniejszone o 30% średniej energochłonności budynków oraz 55% emisji CO₂ do 2030r. Poziom taki narzuca porozumienie paryskie i wprowadzone przepisy europejskiego zielonego ładu.





16. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

RAPORTOWANIE ESG

Do osiągnięcia takich poziomów służyć mają regulacje dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków EPBD i obowiązek raportowania środowiskowego wynikający z NFRD i CSRD. Kluczowe znaczenie będzie miało również włączenie budynków do systemu certyfikacji ETS (zielone certyfikaty). Nowelizacja dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej zawierać ma wymóg, aby od 2028r wszystkie nowo powstałe budynki w UE obowiązkowo wyposażone były w instalacje fotowoltaiczne i spełniały warunki zeroemisyjności.

Duże znaczenie dla międzynarodowego handlu będą miały również regulacje dotyczące mechanizmu dostosowania cen na granicach CBAM nazwanych cłem węglowym. Mechanizm ten ma na celu zrównoważenie kosztów emisji CO₂ dla importowanych do UE produktów z krajów, w których nie występują restrykcyjne regulacje w odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych.

Mechanizm CBAM regulować będzie ceny importowanych towarów przez wbudowanie w ich wartość kosztów emisyjnych. Powyższe regulacje tworzą dylemat, przed którym stają wszyscy uczestnicy rynku. Bez inwestowania w zielone rozwiązania nie ma już szans na zachowanie konkurencyjności. Według nas koszty dekarbonizacji w znaczącym stopniu przeniesione zostaną na odbiorcę końcowego (konsumenta)

Mimo wydających się odległych zagadnień jak CEBAM należy spojrzeć na klaster energii z punktu widzenia potencjalnego przyszłego inwestora w regionie. To właśnie fakt istnienia klastra energii z jego wszystkimi parametrami wpływającymi na atrakcyjność oferty w regionie może być czynnikiem przeważającym do podjęcia decyzji o inwestycji właśnie w Solcu Kujawskim.

W Polsce transpozycja dyrektywy CSRD jest prowadzona przez Ministerstwo Finansów i Komisję Nadzoru Finansowego. Wdrażane są również krajowe regulacje doprecyzowujące sposób raportowania, w tym integracja ESRS z krajowymi przepisami księgowymi i sprawozdawczymi. Choć większość gmin i jednostek samorządu terytorialnego nie podlega obowiązkowi raportowania bezpośrednio, coraz częściej wymaga się od nich wykazywania działań prośrodowiskowych i transparentności w inwestycjach, zwłaszcza finansowanych ze środków unijnych. Inaczej wygląda sytuacja członków klastra prowadzących działalność gospodarczą. Ustawodawca przewidział konkretne terminy wdrażania raportowania:



17. METODOLOGIA FINANSOWANIA

Finansowanie klastra energii to kluczowy aspekt jego skutecznej realizacji i długofalowej stabilności. W przypadku Soleckiego Klastra Energii, gdzie celem jest budowa nowoczesnego, zdecentralizowanego systemu energetycznego opartego na OZE, magazynowaniu energii, technologii wodorowej i inteligentnym zarządzaniu, model finansowania musi być wielowektorowy i skalowalny.

Finansowanie powinno łączyć środki publiczne (dotacje krajowe, regionalne i unijne) z mechanizmami rynkowymi (kredyt, leasing, partnerstwo publiczno-prywatne) oraz nowoczesnymi narzędziami cyfrowymi (aktywa cyfrowe, smart kontrakty).

Programy dotacyjne i fundusze publiczne (PL + UE)

2.1. Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)

- Komponenty: A2.2. OZE, A2.4. Zielona energia i efektywność energetyczna.
- Finansowanie dla: mikroinstalacji PV, magazynów energii, wodoru, klastra energii.
- Formy wsparcia: dotacje bezzwrotne do 85% kosztów kwalifikowalnych.
- Dla: JST, przedsiębiorstw, partnerstw klastra.
- Status: konkursy ogłaszane przez NFOŚiGW i Bank Gospodarstwa Krajowego

Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko (FEnIKS 2021–2027)

- Priorytet: Zielona energia – energetyka obywatelska i klastry energii.
- Dla: samorządów, przedsiębiorstw, spółdzielni energetycznych.
- Zakres: PV, magazyny, systemy IT, hybrydowe źródła, wodór.
- Intensywność pomocy: do 85%.
- Alokacja całkowita: ponad 24 mld zł (część dostępna przez urzędy marszałkowskie i NFOŚiGW).



17. METODOLOGIA FINANSOWANIA

Programy NFOŚiGW

- „Moje Ciepło” / „Mój Prąd” – dla komponentów indywidualnych prosumentów w ramach klastra.
- „Energia Plus” – dla firm, dofinansowanie instalacji PV, kogeneracji, elektromobilności.
- „Zielony transport publiczny” – na wodór i ładowarki w klastrze miejskim.
- „Wsparcie dla JST” – na transformację energetyczną regionów.

Fundusz Transformacji Energetycznej (nowość 2024+)

- Źródło: opłaty ETS i CBAM.
- Cel: wsparcie lokalnych systemów energetycznych, klastry energii.
- Finansowanie: dotacje do 90%, niskooprocentowane pożyczki, umorzenia.

Regionalne Programy Operacyjne i Fundusze Norweskie

- Realizowane przez Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko Pomorskiego.
- Priorytety: efektywność energetyczna, gospodarka obiegu zamkniętego, inwestycje społeczne.
- Często możliwa pomoc de minimis dla MŚP.

Kredytowanie i leasing – finansowanie rynkowe

Kredyty inwestycyjne i preferencyjne

- Oferowane przez BGK, BOŚ Bank, Alior, Pekao, Santander.
- Możliwość uzyskania gwarancji EBI lub Banku Rozwoju Rady Europy.
- Okres spłaty: do 15 lat.
- Oprocentowanie preferencyjne w przypadku inwestycji w OZE i H₂.



17. METODOLOGIA FINANSOWANIA

Leasing energetyczny

- Coraz popularniejsze rozwiązanie dla instalacji PV i magazynów
- Dostępne dla JST, przedsiębiorców, operatorów klastra
- Leasing operacyjny lub finansowy – bez angażowania środków własnych

Partnerstwo publiczno-prywatne (PPP)

- Model dla inwestycji infrastrukturalnych (np. stacje H₂, oświetlenie uliczne)
- Integruje prywatne know-how z publicznymi zasobami i ulgami podatkowymi
- Przykład: instalacje PV na budynkach JST, zarządzane przez operatora

Cyfryzacja energii i inwestycji (Model ECM)

- Emisja smart kontraktów odzwierciedlających wartość mocy
- Możliwość pozyskania kapitału bez rozwodnienia struktury własnościowej - export mocy do użytkownika zewnętrznego
- Transparentność dzięki technologii DLT
- Automatyzacja rozliczeń i dystrybucji środków w zależności od uzysków
- Eliminuje potrzebę pośredników finansowych
- Przykładowy potencjał wdrożeniowy Gniewino - Lab One, Future Solutions

Budowa klastra energii w Solcu Kujawskim wymaga elastycznego, wielokanałowego modelu finansowania. Kluczowym elementem jest efektywne pozyskiwanie środków z KPO, FEnIKS i NFOŚiGW, uzupełniane przez mechanizmy rynkowe, takie jak leasing, czy kredyt. Warto również rozwijać alternatywne formy finansowania, w tym cyfryzację opartą na smart kontrakcie, która pozwala na zaangażowanie lokalnej społeczności i inwestorów prywatnych w sposób nowoczesny i transparentny.





17. METODOLOGIA FINANSOWANIA

Model finansowania rozliczeń – prowizja zamiast stałej opłaty

Za optymalny uznaje się model wynagradzania operatora klastra w formie prowizji od wartości lub wolumenu energii. Jest to korzystniejsze niż ryczałtowe, stałe opłaty miesięczne, które mogą być barierą wejścia dla mniejszych uczestników.

Rozliczenie oparte o realną wartość wytworzonej lub rozliczonej energii:

- promuje aktywność i rozwój instalacji
- zapewnia transparentność i sprawiedliwość kosztową
- stabilizuje przepływy finansowe w ramach klastra

Koszty systemu telemetrycznego i zarządzania energią

Podobną zasadę należy przyjąć w odniesieniu do kosztów systemu telemetrycznego i zarządzania energią (EMS). Zamiast stosować model opłat za dostęp do systemu, lepiej wdrożyć rozliczenie uzależnione od wartości lub ilości przetworzonych danych lub skali obsługiwanego wolumenu energii.

Taki model:

- promuje efektywność energetyczną i cyfrową transformację
- zachęca do inwestycji w automatyzację
- nie obciąża niepotrzebnie podmiotów o niższej aktywności energetycznej

Zestawienie wartości rocznej produkcji energii i kosztów inwestycyjnych jasno pokazuje, że klaster energii to racjonalna decyzja finansowa. Co więcej:

- lokalne wytwarzanie i bilansowanie energii zmniejsza koszty zakupu i przesyłu
- rozliczenia wewnątrzklastrowe i udział w rynku energii zdecentralizowanej wspierają niezależność i elastyczność
- optymalne modele kosztowe premiąją aktywnych uczestników i rozwój nowych lokalizacji

Dzięki odpowiednio zaprojektowanej strukturze kosztowej i finansowej, Solecki Klaster Energii może funkcjonować jako spójna, efektywna i atrakcyjna ekonomicznie jednostka energetyczna, w której każdy uczestnik korzysta z efektów synergii.



18. OFERTA I NOWI UCZESTNICY

Plan pozyskiwania nowych uczestników Soleckiego porozumienia klastrowego

Skuteczne funkcjonowanie klastra energii wymaga nie tylko zbudowania odpowiedniej infrastruktury technicznej, ale przede wszystkim zaangażowania aktywnej i zróżnicowanej społeczności uczestników. Solecki Klaster Energii od początku zakłada model partycypacyjny, w którym zarówno instytucje publiczne, przedsiębiorstwa, jak i mieszkańcy mają możliwość współtworzenia lokalnego rynku energii. Niniejszy rozdział przedstawia strategiczny plan pozyskiwania uczestników, który odpowiada na lokalne uwarunkowania, etap rozwoju klastra oraz potencjał energetyczny regionu.

1. Faza inicjalna: Fundament lokalny

Cele:

- Ugruntowanie klastra jako inicjatywy zaufanej, realnej i zgodnej z interesem lokalnym.
- Pozyskanie pierwszych odbiorców energii i producentów z sektora publicznego oraz firm strategicznych.

Grupy docelowe:

- Jednostki samorządu terytorialnego: Urząd Miasta, placówki edukacyjne, instytucje kultury.
- Spółki komunalne: oczyszczalnia, zakład usług komunalnych, operatorzy budynków użyteczności publicznej.
- Lokalne przedsiębiorstwa o dużym zużyciu energii – np. sektor przetwórstwa, chłodnie, hotele całoroczne, lokalny przemysł.

2. Po zakończeniu fazy pierwszej, w której kluczowe instytucje lokalne zostają formalnie włączone do klastra, rolą koordynatora jest jak najszybsze przygotowanie kompletnej oferty uczestnictwa w klastrze. Dokument ten powinien być przejrzysty, osadzony w lokalnych realiach i dostosowany do potrzeb różnych grup odbiorców.

Zakres oferty klastra powinien zawierać:

- proponowane stawki wewnętrzne za energię, wodór, ciepło (z porównaniem do taryf zewnętrznych),
- opis technologii i systemów rozliczeniowych, z naciskiem na transparentność i automatyzację (np. telemetrika, DLT, smart kontrakty),
- jasne korzyści finansowe i środowiskowe wynikające z przystąpienia do klastra,
- opis dostępnych usług dodatkowych (np. magazynowanie energii, doradztwo energetyczne, zarządzanie popytem),
- uproszczony schemat przyłączenia do klastra oraz kontakt operacyjny.



18. OFERTA I NOWI UCZESTNICY

Segmentacja oferty powinna uwzględniać:

- instytucje publiczne (szkoły, jednostki miejskie),
- przedsiębiorstwa MŚP (zróżnicowane profile zużycia),
- wspólnoty i spółdzielnie mieszkaniowe,
- mieszkańców (prosumenci i odbiorcy pasywni).

3. Strategia akwizycji oparta na ofercie klastra

Opracowana oferta klastra stanowić będzie bazę całej strategii pozyskiwania i przyłączania nowych uczestników. Wszystkie działania promocyjne, informacyjne oraz doradcze powinny opierać się właśnie na niej – jako spójnym, przekonującym narzędziu komunikacji wartości.

Dzięki standaryzowanej ofercie, klastrer:

- zapewnia spójność przekazu wobec różnych grup docelowych,
- skraca czas decyzyjny po stronie potencjalnych uczestników,
- umożliwia szybsze przejście z zainteresowania do formalnego przyłączenia,
- buduje wizerunek przejrzystej i profesjonalnej struktury, gotowej na szybkie skalowanie.

W kolejnych fazach planu akwizycji – obejmujących firmy, mieszkańców oraz inwestorów – oferta ta będzie modyfikowana jedynie w zakresie szczegółów lub formy prezentacji, nie zaś co do istoty. Jej przejrzystość i powtarzalność są kluczowe dla efektywnego rozwoju klastra energii.

Plan pozyskiwania uczestników klastra w Solcu Kujawskim to działanie strategiczne, oparte nie tylko na ofercie energetycznej, ale na poczuciu przynależności do wspólnoty energetycznej, która realnie wpływa na koszty, środowisko i bezpieczeństwo energetyczne regionu. Klastrer nie jest produktem – jest lokalnym ekosystemem, w którym każdy nowy uczestnik wzmacnia jego wartość.



19. BEZPIECZEŃSTWO

Znaczenie bezpieczeństwa w systemie rozproszonym

Rozwój klastra energii jako struktury rozproszonej opierającej się na lokalnych źródłach energii, magazynach i inteligentnych systemach zarządzania, niesie za sobą nie tylko korzyści środowiskowe i ekonomiczne, ale również konieczność zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa – zarówno w wymiarze infrastrukturalnym, jak i informatycznym. W przypadku Sopleckiego Klastra Energii bezpieczeństwo należy rozumieć dwójako: jako odporność energetyczną systemu oraz jako integralność i poufność danych wykorzystywanych w ramach cyfrowego zarządzania przepływami energii.

Bezpieczeństwo energetyczne lokalnej infrastruktury

Koncepcja klastra zakłada zbilansowanie lokalnych potrzeb energetycznych w oparciu o odnawialne źródła energii oraz systemy magazynowania. W tym modelu bezpieczeństwo energetyczne oznacza zdolność do ciągłego i niezawodnego zaspokajania zapotrzebowania na energię, niezależnie od sytuacji zewnętrznej – w tym ograniczeń krajowej sieci elektroenergetycznej, zakłóceń rynkowych czy ekstremalnych warunków pogodowych.

W ramach klastra bezpieczeństwo energetyczne realizowane jest poprzez:

- dywersyfikację źródeł energii, w tym mikroinstalacji fotowoltaicznych, wiatrowych i magazynów,
- budowę zdecentralizowanych punktów wytwórczo-odbiorczych (tzw. wysp energetycznych),
- integrację systemów magazynowania energii z obiektami krytycznymi (np. obiektami JST, oczyszczalniami, stacjami uzdatniania wody),
- zarządzanie szczytami zapotrzebowania za pomocą lokalnych zasobów i umów wewnętrznych,
- ograniczenie eksportu do sieci centralnej w przypadku przeciążeń i uruchomienie trybu samobilansowania.

Tego rodzaju model funkcjonowania klastra znacząco zwiększa odporność systemu miejskiego na przerwy w dostawach energii, awarie sieci krajowej oraz ryzyka geopolityczne związane z rynkiem paliw konwencjonalnych.



19. BEZPIECZEŃSTWO

Cyberbezpieczeństwo i ochrona danych w systemie klastra

Równolegle z rozwojem fizycznej infrastruktury energetycznej, Klaster Energii w Solcu Kujawskim opiera się na zaawansowanych systemach informatycznych zarządzających danymi dotyczącymi produkcji, zużycia i rozliczeń energii. Bezpieczeństwo przepływu tych danych stanowi kluczowy filar funkcjonowania klastra i jest traktowane jako priorytetowy komponent jego architektury systemowej.

System zarządzania energią w klastrze oparty jest na zdecentralizowanej architekturze danych z zastosowaniem technologii DLT (Distributed Ledger Technology) i inteligentnych kontraktów. Zastosowanie takiej struktury umożliwia:

- zapewnienie integralności danych poprzez ich odporność na manipulacje,
- transparentne rejestrowanie transakcji energetycznych pomiędzy uczestnikami,
- bezpieczne rozliczanie w czasie rzeczywistym z pominięciem centralnych pośredników,
- eliminację ryzyka pojedynczego punktu awarii (single point of failure),
- pełną audytowalność oraz możliwość weryfikacji zapisów przez niezależne podmioty.

Ochrona danych osobowych i operacyjnych uczestników klastra realizowana jest zgodnie z krajowymi przepisami dotyczącymi ochrony informacji oraz dobrymi praktykami w zakresie cyberbezpieczeństwa. Komunikacja pomiędzy urządzeniami telemetrycznymi, licznikami, systemem rozliczeniowym i platformą zarządzania odbywa się z wykorzystaniem szyfrowania end-to-end, uwierzytelniania wielopoziomowego oraz ograniczonego dostępu do zasobów systemowych.

Procedury awaryjne i redundancja systemu

W celu zapewnienia ciągłości działania klastra w sytuacjach awaryjnych przewidziano szereg rozwiązań technicznych i organizacyjnych. Wśród nich znajdują się:



19. BEZPIECZEŃSTWO

- automatyczne przełączenia źródeł zasilania (PV, magazyny, sieć),
- wbudowane algorytmy zabezpieczające systemy pomiarowe i rozliczeniowe przed przeciążeniem lub błędem transmisji,
- mechanizmy przywracania danych i operacji w przypadku lokalnej awarii,
- dublowanie krytycznych komponentów systemu IT (serwery, bazy danych, kanały komunikacji),
- procedury zarządzania incydentami oraz plan ciągłości działania (Business Continuity Plan).

Koordinator klastra, jako podmiot odpowiedzialny za zarządzanie systemem, prowadzi stały monitoring bezpieczeństwa systemów informatycznych oraz współpracuje z wyspecjalizowanymi partnerami technologicznymi w celu aktualizacji zabezpieczeń i reagowania na nowe zagrożenia.

Podsumowanie

Bezpieczeństwo energetyczne i bezpieczeństwo danych są fundamentami trwałego i niezawodnego funkcjonowania klastra energii w warunkach lokalnych. W modelu przyjętym w Solcu Kujawskim, bezpieczeństwo nie jest jedynie celem operacyjnym, ale integralnym elementem systemu – uwzględnionym już na etapie projektowania, wdrażania i skalowania całej struktury klastra. W połączeniu z technologiczną dojrzałością systemu zarządzania energią, odpornością infrastruktury fizycznej oraz wysokim poziomem autonomii operacyjnej, klaster stanowi stabilne i bezpieczne rozwiązanie służące społeczności lokalnej.



20. BILANSOWANIE NADWYŻEK PRODUKCJA ZIELONEGO WODORU

Jednym z kluczowych wyzwań dla funkcjonowania klastra energii jest bilansowanie zmiennej produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Fotowoltaika oraz energetyka wiatrowa generują okresowe nadwyżki, które w klasycznym modelu są sprzedawane do sieci po niskiej cenie lub w ogóle odrzucane z powodu ograniczeń przesyłowych. W Solcu Kujawskim proponuje się wykorzystanie tych nadwyżek w oparciu o trzystopniowy system bilansowania.

Klaster energii dąży do samobilansowania, którego celem jest maksymalizacja autokonsumpcji i uzyskanie największych możliwych zniżek przesyłowych. Proces bilansowania odbywa się wielopoziomowo:

- Pierwszy poziom bilansowania – każdy uczestnik klastra stara się jak najwięcej energii wykorzystać na własne potrzeby. W tym celu stosowane są systemy magazynowania energii (baterijne i ciepłne), które zwiększają poziom samokonsumpcji i zmniejszają chwilowe oddawanie nadwyżek do sieci.
- Drugi poziom bilansowania – kluczową rolę pełni cyfrowe bilansowanie energii. Dzięki systemowi zarządzania E-Vision nadwyżki jednego uczestnika mogą być przekazywane innym członkom klastra w czasie rzeczywistym, zgodnie z ich chwilowym zapotrzebowaniem. Rozliczenia tych transferów prowadzi cyfrowy operator ECM, zapewniając pełną transparentność, audytowalność i zgodność z taryfami wewnętrznymi. To rozwiązanie znacząco ogranicza konieczność eksportu energii do sieci zewnętrznej.
- Trzeci poziom bilansowania – krytycznym elementem zapewniającym zdolność klastra do pełnego samobilansowania w modelu „zero export” jest funkcjonowanie jednostki produkcji gazów technicznych. To ona przejmuje nadwyżki energii i zamienia je w zielony wodór (oraz tlen jako produkt uboczny), który następnie może być wykorzystany w transporcie, przemyśle, ciepłownictwie lub sprzedany jako surowiec strategiczny.

Technologia elektrolizerów PEM pozwala na elastyczne uruchamianie urządzeń w momentach wysokiej podaży energii odnawialnej i niskiego zapotrzebowania w sieci. Dzięki temu możliwe jest stabilizowanie pracy lokalnych źródeł oraz podniesienie opłacalności całego systemu.



20. BILANSOWANIE NADWYŻEK PRODUKCJA ZIELONEGO WODORU

Wyprodukowany wodór pełni kilka funkcji strategicznych dla klastra:

- Magazyn energii sezonowej – wodór może być długoterminowo przechowywany i ponownie przekształcany w energię elektryczną lub ciepło.
- Wsparcie transportu niskoemisyjnego – paliwo dla autobusów, samochodów dostawczych czy kolei wodorowej.
- Integracja z przemysłem i ciepłownictwem – wodór może być wykorzystany w procesach przemysłowych lub mieszany z gazem ziemnym w miejskich systemach grzewczych, redukując emisje.
- Bezpieczeństwo energetyczne – lokalne magazynowanie energii w postaci wodoru zwiększa odporność regionu na blackouty i ograniczenia w sieci krajowej.

Centrum Badawczo-Rozwojowe rekomenduje, aby w ramach porozumienia klastrowego pozyskać strategicznego uczestnika, którego zadaniem będzie bilansowanie klastra poprzez produkcję gazów technicznych. Z uwagi na kluczowy charakter tej jednostki, należy rozważyć wprowadzenie w taryfie wewnętrznej klastra specjalnego parametru pod pozycją „bilansowanie”. Zapewni on finansowanie tzw. gotowości procesowej, która gwarantuje realizację zasady zero export.

Jednocześnie jednostka produkcji wodoru powinna zostać zobowiązana w umowie klastrowej do dynamicznego rozwoju i stopniowego zwiększania mocy produkcyjnych, tak aby wraz z rozwojem klastra możliwe było przyłączanie nowych uczestników. W ten sposób klastr będzie się rozwijał w sposób stabilny, a jego infrastruktura bilansująca stanie się fundamentem długofalowego wzrostu.



21. WSPÓŁPRACA STRATEGICZNA

SOLECKA STREFA INWESTYCYJNA (SSI)

Uczestnictwo przedsiębiorstw w Soleckim Kłastrze Energii tworzy spójną i wielowymiarową wartość biznesową, opartą na synergii lokalnego przemysłu, infrastruktury energetycznej oraz mechanizmów współpracy klastrowej. Kluczową korzyścią dla firm działających w ramach Soleckiej Strefy Inwestycyjnej i na terenie gminy Solec Kujawski jest dostęp do lokalnie wytwarzanej, zeroemisyjnej energii w ramach wewnętrznych zasad bilansowania i stawek klastrowych. Pozwala to na stabilizację kosztów energii w długim horyzoncie, ograniczenie ekspozycji na wahania cen rynkowych oraz poprawę przewidywalności finansowej działalności operacyjnej.

Istotną rolę w tym modelu odgrywa Drobex, jako jeden z największych lokalnych odbiorców energii i jednocześnie podmiot o wysokim potencjale kooperacyjnym. Profil działalności firmy predestynuje ją do roli strategicznego odbiorcy zielonej energii elektrycznej i ciepłej, a jednocześnie naturalnego partnera w obszarze zagospodarowania bioodpadów i rozwoju instalacji biogazowych. W dłuższej perspektywie Drobex może uczestniczyć również w projektach wytwarzania energii w ramach klastra, wzmacniając lokalny bilans energetyczny i redukując własny ślad węglowy.

Równie ważnym uczestnikiem ekosystemu jest Solebet, który już od lat aktywnie uczestniczy w transformacji energetycznej poprzez wytwarzanie zielonej energii z wiatru oraz działania w obszarze zielonego wodoru. Kompetencje technologiczne i doświadczenie operacyjne tej firmy czynią ją istotnym elementem klastra zarówno jako producenta energii, jak i jej odbiorcy. Model klastrowy umożliwia Solebetowi elastyczne zarządzanie wytwarzaniem i zużyciem energii, a także udział w lokalnym rynku energii i projektach magazynowania oraz bilansowania mocy.

W strukturze klastra istotne miejsce zajmują również inne duże podmioty gospodarcze funkcjonujące w regionie, takie jak Autos oraz Passaco. Firmy te, reprezentujące sektor przemysłowy i produkcyjny, charakteryzują się stabilnym zapotrzebowaniem na energię oraz potencjałem wdrażania rozwiązań poprawiających efektywność energetyczną. Udział w klastrze umożliwia im stopniowe przechodzenie na model zasilania oparty na lokalnych źródłach OZE, a w przyszłości także włączenie się w projekty własnej produkcji energii lub magazynowania, bez konieczności ponoszenia pełnych ryzyk inwestycyjnych.

Z punktu widzenia zarządczego i regulacyjnego, Solecki Klaster Energii stanowi dla tych przedsiębiorstw realne wsparcie w obszarze raportowania ESG i realizacji wymogów CSRD. Dostęp do lokalnie wytwarzanej, zeroemisyjnej energii oraz transparentnych danych dotyczących jej pochodzenia i zużycia umożliwia rzetelne wykazywanie redukcji emisji w raportach niefinansowych. Klaster upraszcza agregację danych energetycznych, zwiększa ich audytowalność i pozwala firmom wykazać rzeczywiste działania transformacyjne, co ma coraz większe znaczenie w relacjach z instytucjami finansowymi, kontrahentami międzynarodowymi i partnerami łańcuchów dostaw.



21. WSPÓŁPRACA STRATEGICZNA

SOLECKA STREFA INWESTYCYJNA (SSI)

W szerszym ujęciu regionalnym klaster odpowiada na strukturę gospodarczą powiatu bydgoskiego, w której istotną rolę odgrywają przemysł przetwórczy, sektor spożywczy, budownictwo, logistyka oraz zaplecze produkcyjne aglomeracji bydgoskiej. Integracja tych branż w ramach jednego systemu energetycznego pozwala na wykorzystanie lokalnych synergii, efektu skali oraz stopniowe budowanie regionalnego rynku zeroemisyjnej energii. Dzięki temu Solecki Klaster Energii staje się nie tylko narzędziem obniżania kosztów energii, lecz również elementem długofalowej strategii rozwoju przedsiębiorstw, wzmacniając ich konkurencyjność, odporność operacyjną i zdolność do funkcjonowania w coraz bardziej wymagającym otoczeniu regulacyjnym.

Współpraca z Polskim Radiem – wykorzystanie infrastruktury nadawczej.

Szczególnie istotny w tym kontekście jest Radiowe Centrum Nadawcze w Solcu Kujawskim (RCN Solec Kujawski) – obiekt nadawczy Polskiego Radia położony w bezpośrednim sąsiedztwie miasta gminy, wyposażony w dwa wysokie maszty nadawcze o wysokościach ok. 289 i 330 metrów, czynny na falach długich i obsługujący Program I Polskiego Radia na częstotliwości 225 kHz. Dzięki swojej pozycji RCN Solec Kujawski stanowi jedno z kluczowych centrów emisji sygnału radiowego w kraju, z potężną mocą nadajnika i znaczącym zasięgiem odbioru.

Z perspektywy klastra energetycznego obiekty takie jak RCN stanowią interesujący punkt wyjścia do partnerstwa technologicznego i infrastrukturalnego. Możliwość współpracy z Polskim Radiem w obszarach takich jak:

- udostępnienie infrastruktury do testów i pilotaży systemów zasilania hybrydowego OZE/tradycyjne zasilanie awaryjne,
- wspólne projekty demonstracyjne integrujące mikrosieci energetyczne z zasilaniem obiektów nadawczych,
- badania nad efektywnością systemów zasilania o wysokiej niezawodności w kontekście krytycznych usług medialnych i komunikacyjnych

tworzy perspektywę synergii między sektorem mediów publicznych a nowoczesnymi rozwiązaniami energetycznymi.

Realizacja takich działań może przynieść również korzyści finansowe i wizerunkowe dla obu stron. Klaster energii, współpracując z Polskim Radiem, może przyczynić się do optymalizacji kosztów eksploatacji infrastruktury nadawczej, szczególnie w kontekście energetycznego bezpieczeństwa i dywersyfikacji źródeł zasilania. Z kolei Polskie Radio może wykorzystać swój potencjał medialny do promocji idei transformacji energetycznej, edukacji społecznej oraz zwiększenia świadomości nt. rozwiązań OZE w perspektywie lokalnej i krajowej.



22. KLASTER A SPÓŁDZIELNIA PODOBIENSTWA, RÓŻNICE I SYNERGIA

Tego rodzaju partnerstwo wpisuje się także w szerszy kontekst rozwoju regionalnego. Wykorzystanie infrastruktury Polskiego Radia jako elementu sieci energetycznej może wzmocnić pozycję Suleckiego Klastra Energii jako projektu innowacyjnego i otwartego na współpracę międzysektorową – łączącego przemysł, technologie medialne i publiczne usługi komunikacyjne.

Integracja zasobów mieszkaniowych w modelu Suleckiego Klastra Energii

Współpraca ze spółdzielniami mieszkaniowymi stanowi jeden z kluczowych elementów rozwoju Suleckiego Klastra Energii, łącząc cele transformacji energetycznej z realnymi potrzebami mieszkańców oraz zarządców zasobów mieszkaniowych. Spółdzielnie, dysponujące rozległą bazą infrastrukturalną w postaci dachów budynków, węzłów ciepłych oraz instalacji technicznych, posiadają istotny potencjał do wdrażania rozproszonych źródeł wytwórczych oraz nowoczesnych systemów zarządzania energią. Włączenie tych zasobów w struktury klastrowe umożliwia efektywne wykorzystanie lokalnie wytwarzanej energii elektrycznej na potrzeby części wspólnych budynków oraz stopniowe zwiększanie autokonsumpcji energii na poziomie osiedli i zespołów mieszkaniowych.

Model klastrowy stwarza również warunki do kompleksowej optymalizacji systemów zasilania w ciepło, w tym modernizacji istniejących źródeł, integracji pomp ciepła, magazynów energii oraz rozwiązań opartych na lokalnych źródłach zeroemisyjnych. Dzięki temu możliwe jest stopniowe ograniczanie kosztów eksploatacyjnych budynków, stabilizacja opłat ponoszonych przez mieszkańców oraz redukcja emisji związanych z wytwarzaniem energii cieplnej. Jednocześnie klastery pozwalają na bilansowanie energii elektrycznej i cieplnej w skali lokalnej, zwiększając odporność systemu na wahania cen energii i zakłócenia zewnętrzne.

Udział spółdzielni mieszkaniowych w Suleckim Klastrze Energii ma również wymiar długofalowy i społeczny. Włączenie mieszkańców w funkcjonowanie lokalnej społeczności energetycznej sprzyja budowie świadomości energetycznej, akceptacji dla inwestycji OZE oraz wzmocnieniu lokalnego kapitału społecznego. Jednocześnie spółdzielnie, jako uczestnicy porozumienia klastrowego, zyskują dostęp do danych, narzędzi analitycznych i wsparcia organizacyjnego, co ułatwia planowanie kolejnych etapów modernizacji energetycznej zasobów mieszkaniowych. W efekcie współpraca ta przyczynia się do poprawy jakości życia mieszkańców, zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego miasta oraz realizacji celów klimatycznych i rozwojowych na poziomie lokalnym.





22. KLASTER A SPÓŁDZIELNIA PODOBIENSTWA, RÓŻNICE I SYNERGIA

Wraz z rozwojem lokalnych modeli energetycznych w Polsce coraz częściej pojawiają się dwa pojęcia: klastery energii oraz spółdzielnie energetyczne. Choć oba rozwiązania mają wspólny cel – wspieranie lokalnej produkcji, bilansowania i zużycia energii – różnią się istotnie pod względem formy prawnej, obszaru działania, zasad rejestracji oraz możliwości operacyjnych. Zrozumienie tych różnic jest kluczowe dla właściwego zaprojektowania struktury Soleckiego Klastra Energii oraz dla wykorzystania potencjału, jaki niesie powiązanie obu modeli w jednym, komplementarnym systemie.

1. Forma prawna i sposób rejestracji

Klaster energii funkcjonuje na podstawie przepisów ustawy Prawo energetyczne, a jego powołanie następuje poprzez porozumienie cywilnoprawne zawarte między uczestnikami – samorządami, przedsiębiorstwami, instytucjami publicznymi, uczelniami, a nawet osobami fizycznymi. Nie posiada on osobowości prawnej, co oznacza, że nie jest formalnie odrębnym podmiotem gospodarczym. Koordynatorem klastra może być gmina, spółka komunalna lub inny podmiot wyznaczony przez uczestników, a sam klaster działa w oparciu o statut, regulamin i umowę klastrową. Taka forma prawna zapewnia dużą elastyczność, brak konieczności rejestracji w KRS i uproszczony sposób działania.

Z kolei spółdzielnia energetyczna to już pełnoprawny podmiot gospodarczy, posiadający osobowość prawną, wpisany do Krajowego Rejestru Sądowego. Działa na podstawie ustawy o odnawialnych źródłach energii (art. 38e–38z) oraz przepisów prawa spółdzielczego. Jej członkami mogą być zarówno osoby fizyczne, jak i prawne (np. gminy, przedsiębiorstwa, spółki komunalne). Spółdzielnia może zawierać umowy handlowe, być beneficjentem programów dotacyjnych, prowadzić działalność gospodarczą i inwestycyjną – co daje jej znacznie większe możliwości formalne w porównaniu z klastrem.

2. Obszar działania i ograniczenia techniczne

Różnice między obiema formami dotyczą również terenu działania i limitów mocy zainstalowanej.

- Klaster energii obejmuje maksymalnie 5 gmin w granicach jednego powiatu, a łączna moc zainstalowana wszystkich źródeł wytwórczych nie może przekroczyć 100 MW. Jego celem jest budowa lokalnego rynku energii, na którym uczestnicy mogą produkować, zużywać i sprzedawać energię w ramach wspólnego systemu bilansowania.



22. KLASTER A SPÓŁDZIELNIA PODOBIENSTWA, RÓŻNICE I SYNERGIA

- Spółdzielnia energetyczna działa na obszarze jednej gminy wiejskiej lub miejsko-wiejskiej, bądź dwóch sąsiadujących gmin wiejskich, co nadaje jej charakter bardziej lokalny i społecznościowy. Moc zainstalowana źródeł wytwórczych w spółdzielni nie może przekroczyć 10 MW dla energii elektrycznej lub 30 MW dla ciepła.

To ograniczenie skali ma na celu zachowanie samowystarczalności i ograniczenie wpływu na krajowy system elektroenergetyczny, ale jednocześnie czyni ze spółdzielni doskonałe ogniwo wewnątrz większego klastra.

3. Korzyści spółdzielni energetycznej – przesył i rozliczenia

Najistotniejszą przewagą spółdzielni energetycznych nad klasycznymi podmiotami jest możliwość taniego przesyłu energii elektrycznej w ramach wewnętrznej sieci operatora systemu dystrybucyjnego (OSD). Zgodnie z obowiązującymi przepisami, energia wyprodukowana i zużyta przez członków spółdzielni w tym samym obszarze bilansowania nie podlega opłatom dystrybucyjnym i przesyłowym. W praktyce oznacza to oszczędność rzędu 30–40% w stosunku do klasycznej taryfy rynkowej, co znacząco zwiększa opłacalność inwestycji w odnawialne źródła energii.

4. Rola spółdzielni energetycznej w klastrze energii

Połączenie spółdzielni energetycznych i klastra tworzy system wielopoziomowego bilansowania lokalnego. Spółdzielnia pełni w nim funkcję członka (uczestnika) i inwestycyjną jednostki wytwórczej lub konsumenckiej, a klastery – funkcję koordynacyjną i integracyjną, łączącą wiele takich jednostek w ramach jednego, szerszego obszaru gospodarki energetycznej na zasadach stawek wewnątrzklastrowych. W przypadku Soleckiego Klastra Energii, spółdzielnie mogłyby powstawać:

- wokół większych wsi i sołectw,
- przy spółkach komunalnych (np. wodociągi, oczyszczalnia ścieków),
- przy wspólnotach i spółdzielniach mieszkaniowych,
- w obrębie planowanych nowych inwestycji np. mieszkaniowych

Taki model umożliwia rozproszenie źródeł, zwiększa udział mieszkańców w procesie transformacji energetycznej i wzmacnia lokalne poczucie współodpowiedzialności za energię.



23. ROAD MAPA

Etap 1 – Inicjacja (ukończony)

- List intencyjny podpisany przez założycieli.
- Koncepcja klastra.
- Zidentyfikowani kluczowi partnerzy (rada klastra): Urząd Gminy, ECM, Future Solutions,

Etap 2 – Ustalenie struktury i umowy (miesiące 1–2)

- Umowa - porozumienie klastrowe.
- Wyłonienie koordynatora klastra.
- Wskazanie ról i zobowiązań stron, określenie modelu rozliczeń, procedur wewnętrznych.
- Stawki rozliczeniowe
- Rejestracje i zgłoszenie klastra

Etap 3 – Start operacyjny (miesiące 3-6)

- Stworzenie strategii rozwoju klastra energii
- Oferta dla nowych członków klastra - struktura klastra
- Wdrożenie i integracja systemu telemetrii oraz systemu rozliczeniowego
- Zabezpieczeni wewnętrznego bilansowania - jednostka produkcji wodoru
- Rozpoczęcie działań przez pierwsze instalacje w ramach modelu “zero-export + magazyn”
- Budowa systemu energetyki ciepłej
- Budowa systemu wodorowego

Etap 4 – Ekspansja i działania operacyjne (miesiące 12-24)

- Rozwój klastra do poziomu 100 MW mocy



23. ROAD MAPA

Uwagi strategiczne:

- Model wysp energetycznych to nie tylko przyspieszenie rozwoju, ale również realna demonstracja technologii i samo bilansowanie .
- Pozwala na wdrożenie od razu systemów telemetrycznych i EMS, co przyspiesza pełną operacyjność.
- Przewagę dają uczestnicy z własnymi środkami i infrastrukturą – można tworzyć punkty referencyjne sukcesu.





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.1 Nieruchomość Polskiego Radia - maszty

W ramach prac koncepcyjnych nad rozwojem Soleckiego Klastra Energii przeanalizowano możliwość lokalizacji instalacji fotowoltaicznej na terenie nieruchomości położonej w rejonie infrastruktury Polskiego Radia, obejmującej obszar wyznaczony granicą analizowaną w niniejszym opracowaniu. Teren charakteryzuje się korzystnymi warunkami przestrzennymi oraz środowiskowymi dla rozwoju instalacji OZE, w szczególności źródeł fotowoltaicznych.

Obszar inwestycyjny stanowi zwarty, niezabudowany teren otoczony kompleksem leśnym, co ogranicza jego ekspozycję krajobrazową oraz minimalizuje potencjalne oddziaływania na otoczenie. Ukształtowanie terenu oraz brak wysokich obiektów w bezpośrednim sąsiedztwie sprzyjają uzyskaniu stabilnych warunków nasłonecznienia, bez istotnych zacienień zewnętrznych.

Uwarunkowania infrastrukturalne i techniczne

Na analizowanym obszarze zlokalizowane są istniejące maszty infrastrukturalne, które zostały jednoznacznie zidentyfikowane i uwzględnione w koncepcji zagospodarowania terenu. Wokół każdego z masztów przyjęto strefy wyłączenia o charakterze techniczno-eksploatacyjnym, obejmujące obszary nieprzeznaczone pod lokalizację stołów fotowoltaicznych, fundamentów ani tras kablowych. Strefy te zachowują dostęp serwisowy oraz możliwość dalszej eksploatacji i modernizacji infrastruktury istniejącej.

Przyjęte rozwiązania przestrzenne umożliwiają pełną integrację instalacji fotowoltaicznej z istniejącymi elementami infrastruktury bez generowania konfliktów funkcjonalnych lub formalnych.

Wstępna koncepcja zagospodarowania terenu

Proponowany układ instalacji fotowoltaicznej opiera się na sektorowym rozmieszczeniu stołów PV, z uwzględnieniem naturalnych podziałów działek oraz przebiegu dróg wewnętrznych i tras technologicznych. Instalacja została zaprojektowana w sposób maksymalizujący wykorzystanie dostępnej powierzchni przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych stref technicznych i serwisowych.

Dominującym rozwiązaniem jest zastosowanie konstrukcji montażowych w układzie wschód–zachód, co pozwala na:

- zwiększenie gęstości zabudowy modułów,
- stabilizację profilu generacji energii w ciągu dnia,
- lepsze dopasowanie produkcji do lokalnego zapotrzebowania

energetycznego w ramach klastra.

Lokalnie dopuszcza się zastosowanie układu południowego w obszarach, gdzie geometria terenu sprzyja uzyskaniu wyższego uzysku jednostkowego.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Układ elektryczny i infrastruktura towarzysząca

Koncepcja przewiduje rozproszony układ stacji inwerterowych, zlokalizowanych w kilku strefach funkcjonalnych na terenie inwestycji. Takie rozwiązanie:

- ogranicza długości tras kablowych DC i AC,
- zwiększa elastyczność eksploatacyjną,
- umożliwia etapowanie realizacji inwestycji.

Trasy kablowe planowane są jako podziemne, prowadzone wzdłuż wewnętrznych ciągów technologicznych oraz granic sektorów instalacji, z wykluczeniem stref ochronnych masztów. Układ komunikacyjny i serwisowy umożliwia dostęp do wszystkich elementów instalacji bez kolizji z częścią produkcyjną.

Wstępny potencjał produkcyjny instalacji fotowoltaicznej

Na podstawie analizy zagospodarowania terenu zaznaczonego zieloną linią, obejmującego obszar o powierzchni ok. 70 ha, oraz przy uwzględnieniu rzeczywistego udziału terenów możliwych do zabudowy instalacjami fotowoltaicznymi, przyjęto wariant maksymalizujący wykorzystanie powierzchni produkcyjnej.

W koncepcji uwzględniono:

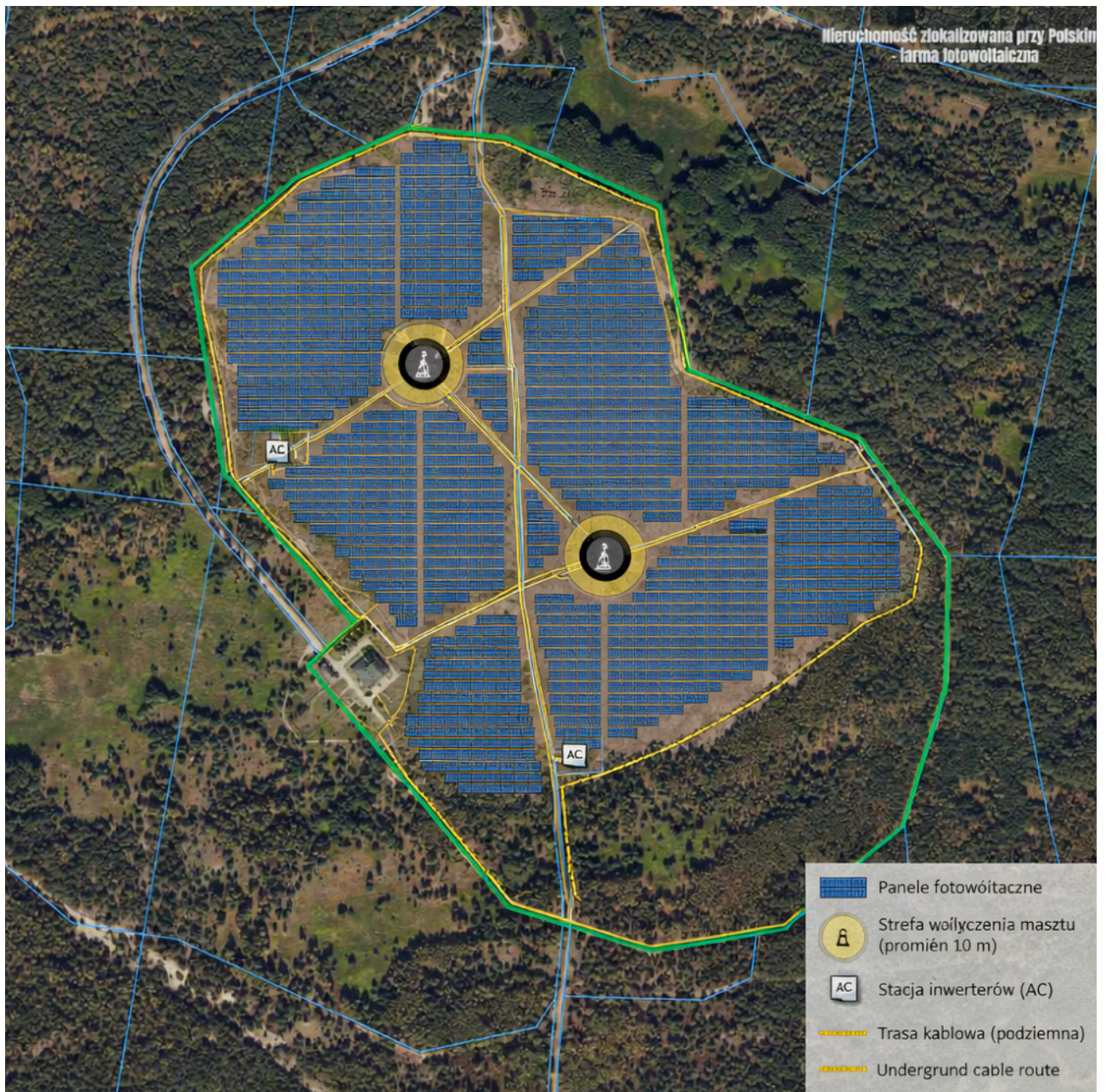
- tereny zalesione i buforowe,
- strefy techniczne i ochronne wokół istniejących masztów,
- drogi serwisowe i infrastrukturę towarzyszącą.

W efekcie przyjęto, że pod stoły fotowoltaiczne może zostać przeznaczone ok. 60% powierzchni całkowitej, co pozwala na lokalizację instalacji o wstępnej mocy ok. 30 MWp. Dla warunków nasłonecznienia charakterystycznych dla Solca Kujawskiego potencjalna roczna produkcja energii elektrycznej wynosi ok. 31–32 GWh, co czyni instalację istotnym źródłem wytwórczym w bilansie Soleckiego Kłastera Energii.

Przedstawione wartości mają charakter orientacyjny i służą określeniu potencjału lokalizacji na etapie koncepcji, bez przesądzania o ostatecznym zakresie realizacji.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

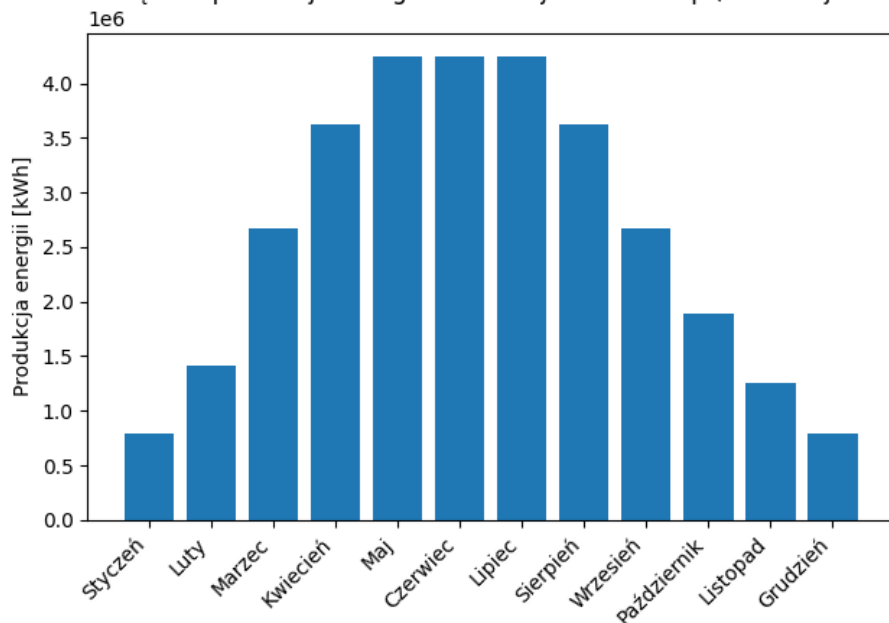




24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Założenia (P50 – wstępne)		
Moc instalacji [MWp]	30	
Produkcja roczna [kWh]	31500000	
Uzysk jednostkowy [kWh/kWp/rok]	1050	
Miesiąc	Udział [%]	Produkcja [kWh]
Styczeń	2,5	787500
Luty	4,5	1417500
Marzec	8,5	2677500
Kwiecień	11,5	3622500
Maj	13,5	4252500
Czerwiec	13,5	4252500
Lipiec	13,5	4252500
Sierpień	11,5	3622500
Wrzesień	8,5	2677500
Październik	6	1890000
Listopad	4	1260000
Grudzień	2,5	787500
Suma	100	31500000

Miesięczna produkcja energii – instalacja PV 30 MWp (Solec Kujawski)





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.2 Instalacja fotowoltaicznej – działka nr 1165, ul. Sosnowa

W ramach prac koncepcyjnych nad rozwojem lokalnych źródeł wytwórczych energii odnawialnej przeanalizowano możliwość wykorzystania nieruchomości oznaczonej jako działka nr 1165, położonej przy ul. Sosnowej, jako potencjalnej lokalizacji instalacji fotowoltaicznej funkcjonującej w strukturze Soleczkiego Klastra Energii.

Działka o powierzchni 8,26 ha stanowi zwarty, niezabudowany teren o korzystnych uwarunkowaniach przestrzennych. Nieruchomość posiada bezpośredni dostęp do drogi publicznej od strony północnej, co umożliwia sprawną obsługę inwestycji zarówno na etapie realizacji, jak i późniejszej eksploatacji. Od wschodu teren graniczy z kompleksem leśnym, natomiast lokalnie występują obszary zadrzewione, które w ramach koncepcji zostały wyłączone z potencjalnej zabudowy w celu ograniczenia wpływu zacienienia oraz zachowania stref buforowych. Od strony południowej działka sąsiaduje z infrastrukturą kolejową, co determinuje konieczność utrzymania odpowiednich pasów bezpieczeństwa, możliwych do jednoczesnego wykorzystania jako drogi serwisowe.

Uwarunkowania lokalizacyjne, wielkość nieruchomości oraz jej położenie względem infrastruktury drogowej sprawiają, że działka nr 1165 może pełnić funkcję jednej z istotnych lokalizacji produkcyjnych energii odnawialnej w ramach klastra.

Rekomendowana instalacja fotowoltaiczna

Dla analizowanej lokalizacji zaprojektowano koncepcyjny układ farmy fotowoltaicznej w wariantcie ukierunkowanym na maksymalizację mocy zainstalowanej, przy zachowaniu wyłączeń terenów zalesionych/zadrzewionych i stref bezpieczeństwa. Przyjęto gęsty układ stołów fotowoltaicznych w orientacji wschód–zachód, umożliwiający efektywne wykorzystanie dostępnej powierzchni działki.

W oparciu o przyjęte założenia przestrzenne i techniczne oszacowano, że realny zakres możliwej do osiągnięcia mocy instalacji wynosi 6,5–7,5 MWp. Dla potrzeb dalszych analiz koncepcyjnych przyjęto wartość średnią, tj. 7,0 MWp.

Poziom produkcji energii

Dla mocy 7,0 MWp oszacowano roczną produkcję energii na poziomie około:

- ok. 6,6 GWh/rok ($\approx$ 6 650 MWh/rok).



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Wolumen ten stanowi istotne wzmocnienie lokalnego bilansu energetycznego i może pokrywać znaczącą część zapotrzebowania energetycznego infrastruktury publicznej oraz wybranych odbiorców klastra.

Znaczenie instalacji dla Soleckiego Klastra Energii

Projektowana farma fotowoltaiczna na działce nr 1165 może pełnić rolę jednego z kluczowych źródeł wytwórczych Soleckiego Klastra Energii, zapewniając:

- zwiększenie udziału lokalnie produkowanej energii w bilansie klastra,
- ograniczenie zakupów energii z rynku zewnętrznego oraz poprawę przewidywalności kosztów,
- możliwość kierowania energii do odbiorców klastrowych (w szczególności obiektów gminnych, komunalnych i instytucjonalnych) w godzinach najwyższej produkcji,
- poprawę bezpieczeństwa energetycznego i odporności lokalnego systemu poprzez dywersyfikację źródeł,
- wzmocnienie realizacji celów środowiskowych gminy i klastra (redukcja emisji CO₂, poprawa wskaźników ESG).

Z punktu widzenia funkcjonowania klastra instalacja tej skali jest szczególnie korzystna, ponieważ umożliwia budowę przewidywalnego „portfela energii” dla uczestników klastra, stanowiąc podstawę do dalszego rozwoju rozwiązań bilansujących (np. magazynowania energii lub sterowania odbiorami) bez konieczności natychmiastowego wdrażania kosztownych elementów infrastruktury.

Podsumowanie

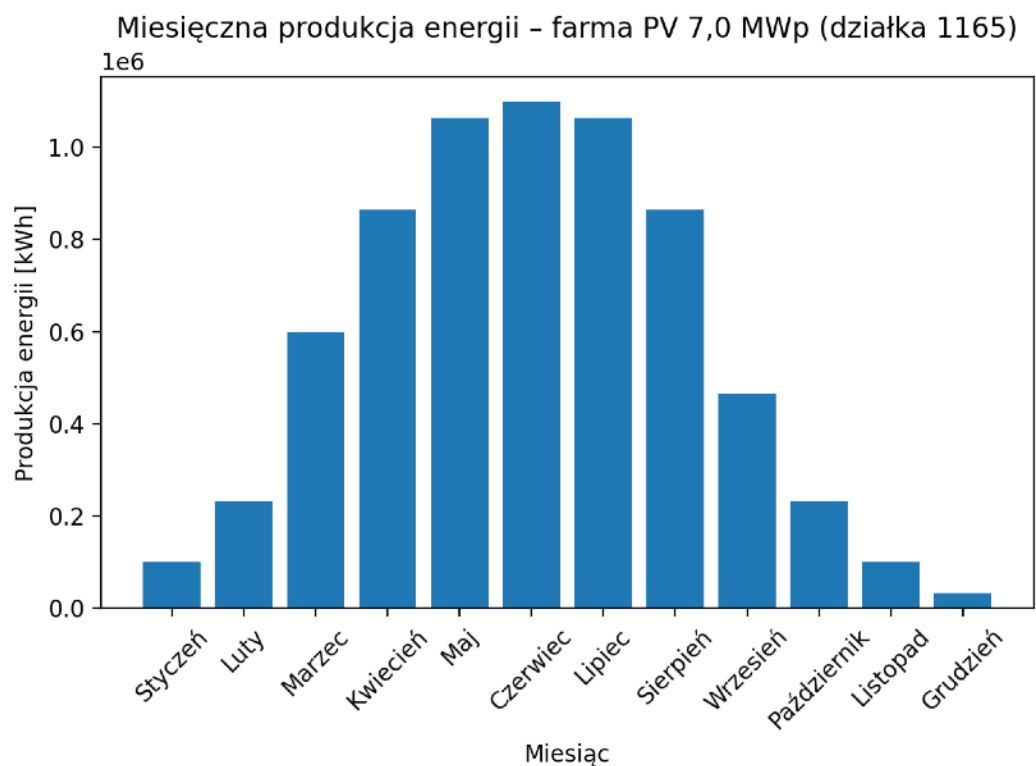
Działka nr 1165 przy ul. Sosnowej stanowi rekomendowaną lokalizację dla rozwoju instalacji fotowoltaicznej w ramach Soleckiego Klastra Energii. Przy mocy referencyjnej 7,0 MWp instalacja może wytwarzać około 6,6 GWh energii elektrycznej rocznie, wzmacniając lokalny bilans energetyczny, obniżając koszty energii dla uczestników klastra i budując trwałe podstawy dla rozwoju lokalnego rynku energii.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Szacowane wartości produkcji:

Miesiąc	Produkcja energii [kWh]	Udział [%]
Styczeń	99750	1,5
Luty	232750	3,5
Marzec	598500	9
Kwiecień	864500	13
Maj	1064000	16
Czerwiec	1097250	16,5
Lipiec	1064000	16
Sierpień	864500	13
Wrzesień	465500	7
Październik	232750	3,5
Listopad	99750	1,5
Grudzień	33250	0,5
SUMA	6716500	100





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.3 Zastosowanie instalacji fotowoltaicznej w formie Carport – parking przy ul. Targowej

W ramach prac koncepcyjnych nad rozwojem lokalnych źródeł energii odnawialnej przeanalizowano możliwość wykorzystania istniejącego parkingu przy ul. Targowej jako lokalizacji instalacji fotowoltaicznej w formie zadaszeń typu carport.

Teren objęty analizą stanowi utwardzony obszar parkingowy, użytkowany na potrzeby obsługi funkcji miejskich. Strefa przeznaczona pod lokalizację carportów została jednoznacznie wyznaczona w granicach obszaru zaznaczonego czarnym obrysem i nie ingeruje w układ drogowy ani sąsiednie tereny zielone. Przyjęte rozwiązanie nie wymaga zmiany sposobu użytkowania terenu, a instalacja realizowana jest w formule nadbudowy infrastruktury istniejącej.

Charakterystyka i funkcja carportów

Carporty fotowoltaiczne pełnią podwójną funkcję:

- energetyczną – jako lokalne źródło produkcji energii elektrycznej,
- użytkową i miejską – jako zadaszenie miejsc postojowych, poprawiające komfort użytkowników parkingu.

Zastosowanie carportów pozwala na efektywne wykorzystanie przestrzeni zurbanizowanej bez konieczności zajmowania dodatkowych terenów pod klasyczne farmy fotowoltaiczne, co ma szczególne znaczenie w strukturze miejskiej.

W ramach koncepcji przyjęto wariant miejski (estetyczny), charakteryzujący się:

- zachowaniem czytelnych pasów manewrowych,
- odpowiednimi odstępami pomiędzy konstrukcjami,
- uporządkowaną, estetyczną formą architektoniczną,
- pełnym dostosowaniem do istniejącej organizacji parkingu.

Zakres projektowanej instalacji

W wyznaczonej strefie zaprojektowano kilka ciągów zadaszeń carportowych obejmujących wybrane rzędy miejsc postojowych. Instalacja została w całości zlokalizowana wewnątrz obszaru parkingu, bez wychodzenia poza granice wyznaczone czarnym obrysem.

Na potrzeby koncepcji przyjęto następujące parametry instalacji:

- moc zainstalowana: ok. 350 kWp,
- charakter instalacji: niskonapięciowa instalacja fotowoltaiczna z falownikami rozproszonymi,
- punkt przyłączenia: zlokalizowany w obrębie parkingu, w bezpośrednim sąsiedztwie ciągów technologicznych.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

aczone czarnym obrysem.

Na potrzeby koncepcji przyjęto następujące parametry instalacji:

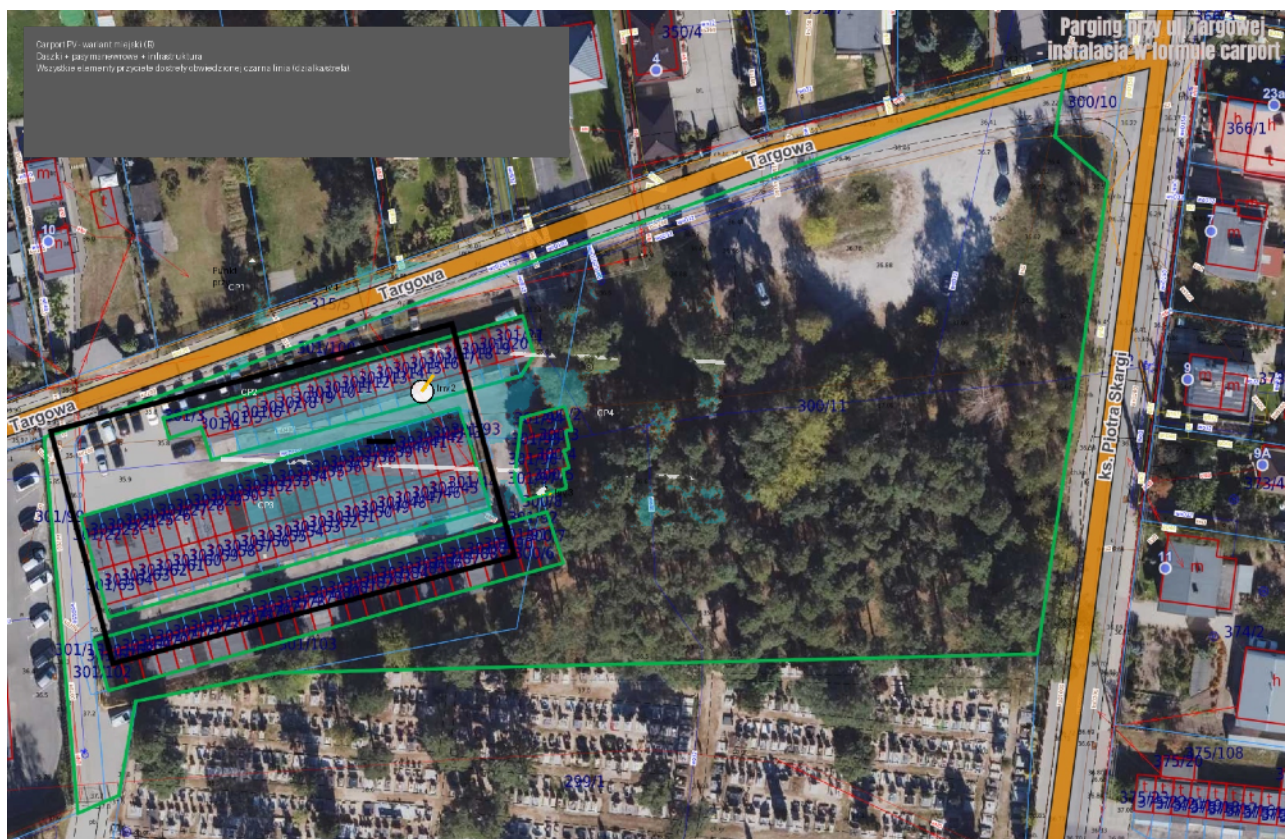
- moc zainstalowana: ok. 350 kWp,
- charakter instalacji: niskonapięciowa instalacja fotowoltaiczna z falownikami rozproszonymi,
- punkt przyłączenia: zlokalizowany w obrębie parkingu, w bezpośrednim sąsiedztwie ciągów technologicznych.

Poziom produkcji energii

Dla instalacji carportowej o mocy 350 kWp, zlokalizowanej w warunkach klimatycznych rejonu Solca Kujawskiego, oszacowano roczną produkcję energii elektrycznej na poziomie około:

- 330 000 kWh rocznie (0,33 GWh/rok).

Produkcja ta charakteryzuje się wysoką sezonowością, z największym uzyskiem w okresie wiosenno-letnim, co pozostaje spójne z profilem zużycia energii w obiektach miejskich oraz infrastrukturze towarzyszącej.

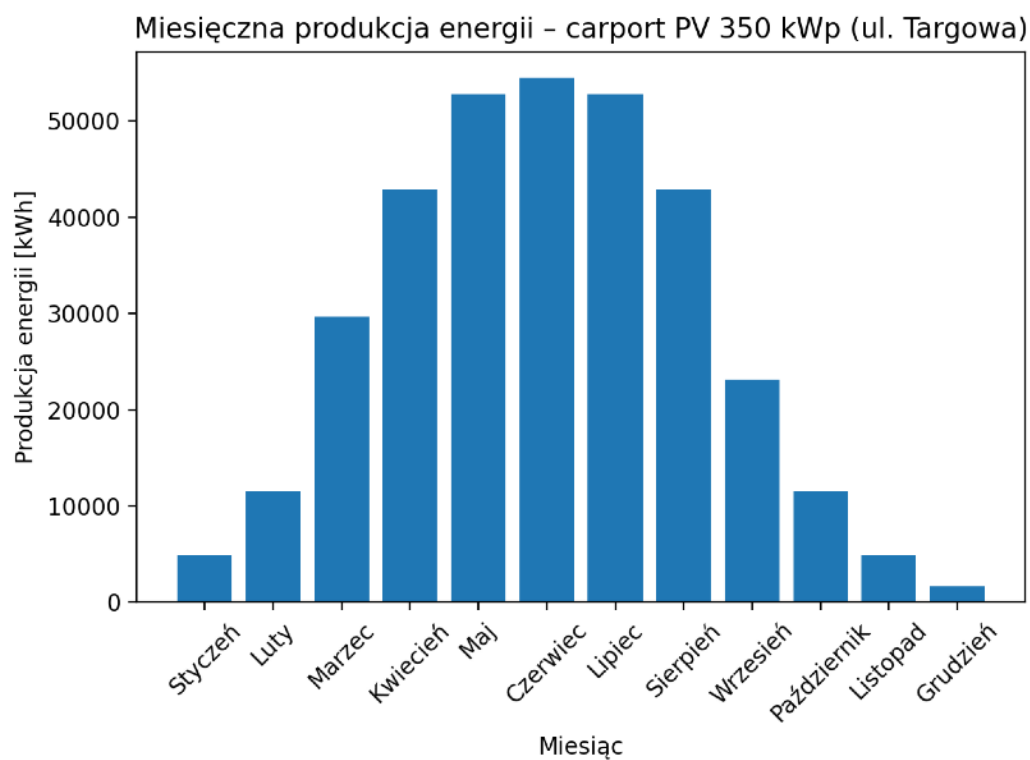




24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Szacowane wartości produkcji:

Miesiąc	Produkcja energii [kWh]	Udział [%]
Styczeń	4950	1,5
Luty	11550	3,5
Marzec	29700	9
Kwiecień	42900	13
Maj	52800	16
Czerwiec	54450	16,5
Lipiec	52800	16
Sierpień	42900	13
Wrzesień	23100	7
Październik	11550	3,5
Listopad	4950	1,5
Grudzień	1650	0,5
SUMA	333300	100





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.4 Lokalizacja instalacji fotowoltaicznej w formie carportów – parking przy kościele pw. św. Stanisława BM (ul. 29 Listopada)

W ramach prac koncepcyjnych nad rozwojem lokalnych źródeł energii odnawialnej przeanalizowano możliwość wykorzystania istniejącego parkingu zlokalizowanego przy kościele pw. św. Stanisława BM, przy ul. 29 Listopada, jako miejsca montażu instalacji fotowoltaicznej w formie zadaszeń typu carport.

Teren objęty analizą stanowi funkcjonujący parking o regularnym układzie miejsc postojowych, użytkowany przez mieszkańców oraz osoby korzystające z infrastruktury sakralnej. Obszar przeznaczony pod lokalizację instalacji został jednoznacznie wyznaczony czarną ramką i obejmuje wyłącznie powierzchnię parkingu, bez ingerencji w tereny zielone, drogę publiczną ani otoczenie obiektu.

Zastosowanie carportów pozwala na efektywne wykorzystanie istniejącej infrastruktury miejskiej bez konieczności zajmowania nowych terenów inwestycyjnych, przy jednoczesnym zachowaniu dotychczasowej funkcji parkingu.

Charakterystyka projektowanej instalacji

Dla analizowanej lokalizacji zaprojektowano koncepcyjny układ dwóch długich ciągów carportów, rozmieszczonych równolegle do osi parkingu i bezpośrednio nad istniejącymi miejscami postojowymi. Przyjęto konstrukcję jednospadową, stanowiącą najbardziej racjonalne rozwiązanie z punktu widzenia kosztów, eksploatacji oraz estetyki w przestrzeni publicznej.

Projekt nie zakłada zmiany organizacji ruchu ani przebudowy parkingu – carporty pełnią funkcję nadbudowy nad aktualnym układem miejsc postojowych.

Podstawowe założenia instalacji:

- konstrukcja stalowa, cynkowana ogniowo,
- wysokość przejazdowa min. 2,4 m,
- moduły fotowoltaiczne montowane w układzie poziomym,
- instalacja zlokalizowana w całości w granicach wyznaczonej strefy.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Moc instalacji i poziom produkcji energii

Na podstawie przyjętego układu carportów oraz dostępnej powierzchni parkingu oszacowano, że możliwa do osiągnięcia moc zainstalowana instalacji wynosi około 420 kWp.

Dla lokalnych warunków nasłonecznienia przyjęto roczną produkcję energii elektrycznej na poziomie około:

- 400 000 kWh rocznie (0,40 GWh/rok).

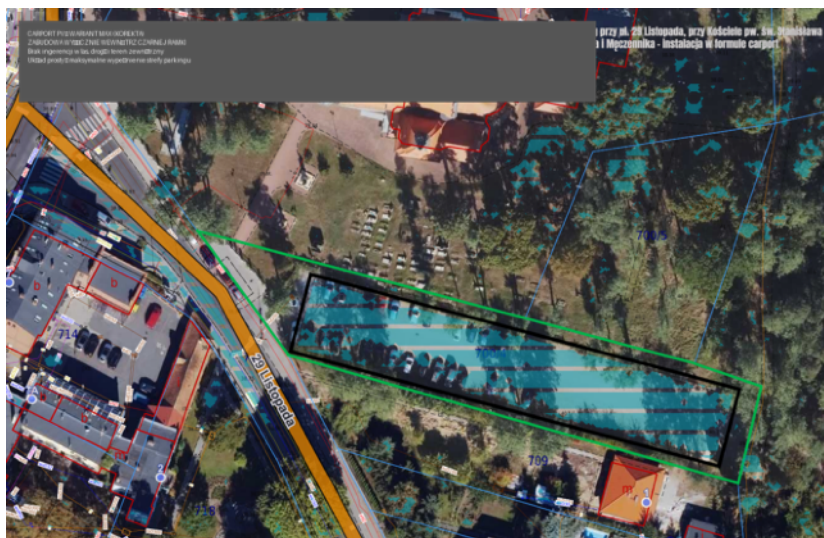
Produkcja energii ma charakter sezonowy, z najwyższymi uzyskami w okresie wiosenno-letnim, co pozostaje spójne z profilem zapotrzebowania energii w obiektach użyteczności publicznej oraz w lokalnym systemie energetycznym.

Znaczenie instalacji dla Sockiego Klastra Energii

Instalacja carportowa przy ul. 29 Listopada może pełnić istotną rolę uzupełniającą w strukturze Sockiego Klastra Energii, w szczególności poprzez:

- zwiększenie wolumenu lokalnie wytwarzanej energii elektrycznej,
- produkcję energii bezpośrednio w przestrzeni miejskiej,
- poprawę bilansu energetycznego klastra w godzinach dziennych,
- ograniczenie zapotrzebowania na energię kupowaną z rynku zewnętrznego,
- budowę widocznego elementu transformacji energetycznej w przestrzeni publicznej.

Dodatkową wartością projektu jest jego wysoki walor edukacyjny i wizerunkowy – carporty fotowoltaiczne są rozwiązaniem łatwo dostrzegalnym przez mieszkańców, pokazującym praktyczne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w codziennym otoczeniu miast



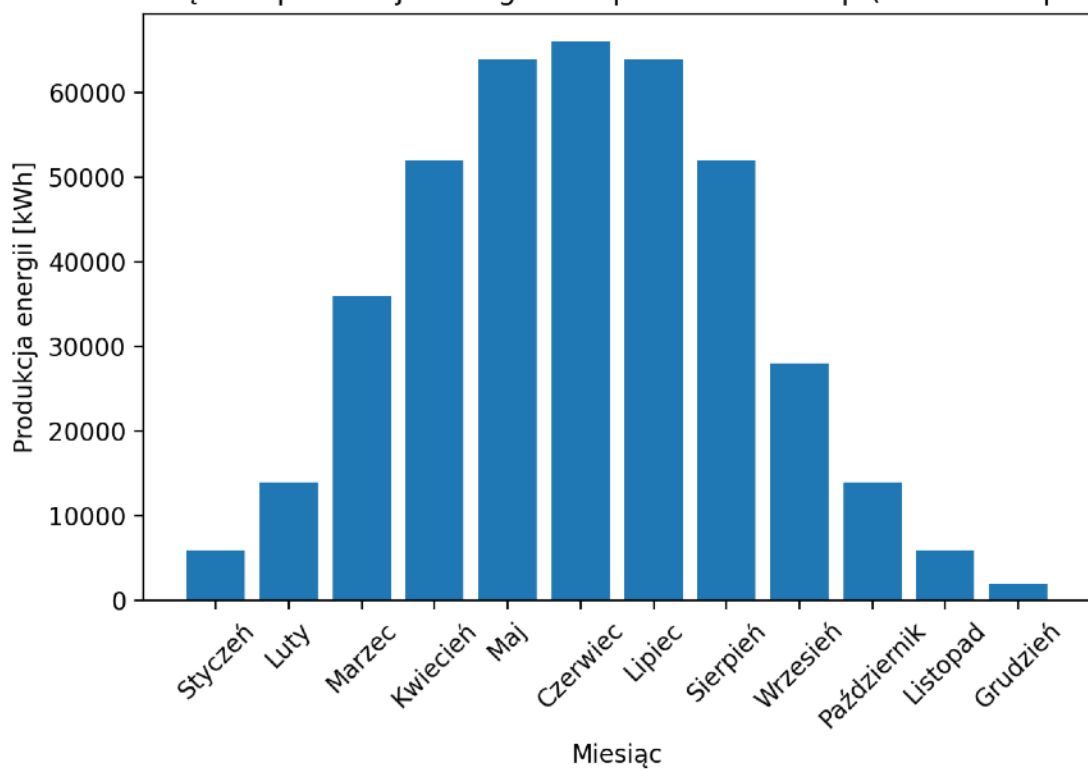


24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Szacowane wartości produkcji:

Miesiąc	Produkcja energii [kWh]	Udział [%]
Styczeń	6000	1,5
Luty	14000	3,5
Marzec	36000	9
Kwiecień	52000	13
Maj	64000	16
Czerwiec	66000	16,5
Lipiec	64000	16
Sierpień	52000	13
Wrzesień	28000	7
Październik	14000	3,5
Listopad	6000	1,5
Grudzień	2000	0,5
SUMA	404000	100

Miesięczna produkcja energii – carport PV 420 kWp (ul. 29 Listopada)





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.5 Rekomendacja wdrożenia instalacji fotowoltaicznych w modelu carport w kolejnych lokalizacjach miejskich

Analiza potencjału rozwoju lokalnych źródeł energii odnawialnej w strukturze Soleckiego Klastra Energii wskazuje, że instalacje fotowoltaiczne w formie carportów stanowią szczególnie efektywne rozwiązanie dla obszarów zurbanizowanych, w których dostępność wolnych terenów inwestycyjnych jest ograniczona, a jednocześnie istnieje rozbudowana infrastruktura parkingowa.

Model carportowy umożliwia łączenie funkcji energetycznej z funkcją użytkową, bez konieczności zmiany przeznaczenia terenu oraz bez ingerencji w istniejący układ komunikacyjny. Z tego względu rekomenduje się etapowe wdrażanie podobnych instalacji również w innych lokalizacjach miejskich, charakteryzujących się dużą powierzchnią utwardzoną oraz regularnym układem miejsc postojowych.

Rekomendowane lokalizacje

Na podstawie wstępnej analizy przestrzennej oraz funkcjonalnej wskazuje się następujące obszary jako szczególnie predysponowane do realizacji instalacji carportowych:

- parking przy cmentarzu – ul. Jana Skargi,
- parkingi przy Ośrodku Sportu i Rekreacji – ul. Dworcowa i ul. Sportowa,
- targowisko miejskie przy ul. Garbary.

Uzasadnienie rekomendacji

1. Efektywne wykorzystanie istniejącej infrastruktury

Wskazane lokalizacje posiadają już zagospodarowane, utwardzone powierzchnie parkingowe lub handlowe, które nie wymagają dodatkowych prac ziemnych ani zmiany sposobu użytkowania terenu. Instalacja carportów pozwala na wykorzystanie tej samej przestrzeni jednocześnie do celów komunikacyjnych i energetycznych, co istotnie zwiększa efektywność gospodarowania mieniem komunalnym.

2. Brak konfliktów przestrzennych i społecznych

Realizacja instalacji w formie zadaszeń nad istniejącymi miejscami postojowymi nie generuje konfliktów z funkcjami mieszkaniowymi, rekreacyjnymi ani krajobrazowymi. W przeciwieństwie do klasycznych farm fotowoltaicznych, carporty nie wymagają wyłączenia terenów zielonych ani rolnych, co sprzyja społecznej akceptacji inwestycji.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

3. Wysoka zgodność z funkcją lokalizacji

- parking przy cmentarzu charakteryzuje się okresowym, lecz intensywnym użytkowaniem,
- parkingi przy OSiR obsługują obiekty o podwyższonym zapotrzebowaniu energetycznym,
- targowisko miejskie generuje naturalne dzienne profile zużycia energii, zbieżne z produkcją energii z fotowoltaiki.

Dzięki temu energia wytwarzana w ramach carportów może być w dużej części konsumowana lokalnie, co zwiększa efektywność bilansowania w ramach klastra.

4. Korzyści użytkowe i funkcjonalne

Zadaszenie miejsc postojowych poprawia komfort użytkowników poprzez:

- ochronę pojazdów przed opadami i nasłonecznieniem,
- poprawę warunków korzystania z parkingów i targowisk,
- uporządkowanie przestrzeni miejskiej.

W przypadku targowiska miejskiego carporty mogą dodatkowo pełnić funkcję osłony stoisk handlowych, zwiększając atrakcyjność i funkcjonalność tego obszaru.

5. Wzmocnienie lokalnego bilansu energetycznego klastra

Instalacje carportowe, choć jednostkowo mniejsze niż farmy gruntowe, w ujęciu systemowym tworzą stabilny i rozproszony portfel źródeł wytwórczych. Ich rozmieszczenie w różnych punktach miasta:

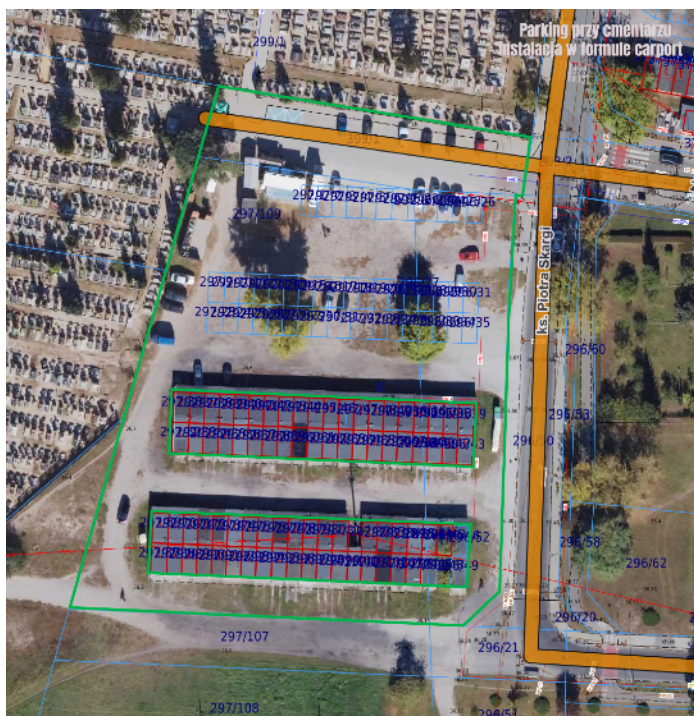
- zwiększa odporność lokalnego systemu energetycznego,
- poprawia elastyczność bilansowania,
- ogranicza straty przesyłowe,
- wzmacnia bezpieczeństwo energetyczne uczestników klastra.

6. Widoczny element transformacji energetycznej

Carporty fotowoltaiczne są rozwiązaniem wysoce rozpoznawalnym społecznie. Ich obecność w przestrzeni publicznej pełni funkcję informacyjną i edukacyjną, pokazując mieszkańcom realne, praktyczne zastosowanie odnawialnych źródeł energii oraz budując pozytywny wizerunek gminy jako aktywnego uczestnika transformacji energetycznej.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.6 Miejska pływalnia w Solcu Kujawskim – możliwość wdrożenia kompleksowych rozwiązań energetycznych

Miejska pływalnia w Solcu Kujawskim należy do obiektów o najwyższym jednostkowym zużyciu energii elektrycznej oraz ciepłej w strukturze infrastruktury komunalnej. Stała praca instalacji technologicznych, systemów wentylacji, uzdatniania wody, podgrzewu niocek basenowych oraz zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową powodują, że koszty utrzymania obiektu stanowią istotne obciążenie dla budżetu miasta.

W ramach prac koncepcyjnych nad rozwojem lokalnego systemu energetycznego przeanalizowano możliwość zastosowania zintegrowanych rozwiązań energetycznych, których celem byłoby znaczące ograniczenie kosztów eksploatacyjnych pływalni przy jednoczesnym zwiększeniu bezpieczeństwa energetycznego obiektu.

Lokalne źródła wytwarzania energii elektrycznej

Jednym z kluczowych kierunków działań jest rozwój lokalnych źródeł energii odnawialnej w bezpośrednim sąsiedztwie pływalni.

W szczególności możliwe jest:

- wykonanie instalacji fotowoltaicznych w formie carportów na sąsiadujących parkingach,
- realizacja instalacji dachowych PV na budynkach pływalni oraz Soleckiego Centrum Kultury.

Takie rozwiązanie pozwala na efektywne wykorzystanie istniejącej infrastruktury miejskiej bez konieczności zajmowania nowych terenów inwestycyjnych. Energia elektryczna wytwarzana w bezpośrednim otoczeniu obiektu może być w znacznym stopniu zużywana na potrzeby własne pływalni, ograniczając ilość energii kupowanej z sieci zewnętrznej.

Dodatkową korzyścią jest poprawa funkcjonalności przestrzeni publicznej poprzez zadaszenie miejsc postojowych oraz widoczny efekt działań miasta w zakresie transformacji energetycznej.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Systemy wytwarzania ciepła i wysokosprawnej kogeneracji

Ze względu na charakter pracy pływalni, kluczowym obszarem optymalizacji pozostaje produkcja ciepła technologicznego oraz ciepłej wody użytkowej.

W tym zakresie możliwe jest rozważenie:

- zastosowania wysokosprawnej kogeneracji gazowej, produkującej jednocześnie energię elektryczną i ciepło,
- wdrożenia pomp ciepła wykorzystujących energię z gruntu lub wód technologicznych,
- lub rozwiązania hybrydowego, łączącego obie technologie.

Dobór technologii mógłby zostać poprzedzony szczegółową analizą profilu zużycia energii obiektu, co pozwoliłoby na maksymalne dopasowanie źródła ciepła do rzeczywistych potrzeb pływalni.

Zastosowanie nowoczesnych systemów grzewczych umożliwia istotne ograniczenie kosztów paliw, poprawę efektywności energetycznej oraz zwiększenie stabilności pracy instalacji w całorocznym trybie.

Efekt synergii i integracja z klastrem energii

Połączenie lokalnej produkcji energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznych oraz nowoczesnych źródeł ciepła tworzy spójny, zintegrowany system energetyczny obiektu.

W przypadku funkcjonowania pływalni w ramach Solecckiego Klastra Energii możliwe byłoby:

- bilansowanie energii w ramach lokalnego rynku,
- wykorzystanie nadwyżek produkcji PV,
- stabilizacja kosztów energii w długim horyzoncie,
- zwiększenie odporności obiektu na wahania cen energii.

Takie podejście pozwala traktować miejską pływalnię nie wyłącznie jako odbiorcę energii, lecz jako aktywny element lokalnego systemu energetycznego.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Podsumowanie

Miejska pływalnia w Solcu Kujawskim stanowi obiekt o bardzo dużym potencjale do wdrożenia kompleksowych rozwiązań energetycznych. Zastosowanie instalacji fotowoltaicznych w formie carportów i systemów dachowych, w połączeniu z nowoczesnymi źródłami wytwarzania ciepła, może w sposób istotny ograniczyć koszty utrzymania obiektu oraz zwiększyć jego efektywność energetyczną.

Przeprowadzenie szczegółowych analiz technicznych i ekonomicznych w kolejnych etapach pozwoliłoby określić optymalny wariant technologiczny, który w przyszłości mógłby stać się wzorcowym rozwiązaniem dla innych obiektów użyteczności publicznej na terenie gminy





24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

24.7 Centrum Usług Społecznych, ul. Kościuszki

Budynek Centrum Usług Społecznych przy ul. Kościuszki pełni istotną funkcję w strukturze miejskich usług publicznych, zapewniając mieszkańcom dostęp do wsparcia społecznego, administracyjnego oraz działań o charakterze integracyjnym. Ze względu na ciągły charakter pracy obiektu oraz jego znaczenie społeczne, kluczowe znaczenie ma zapewnienie stabilnych i przewidywalnych kosztów jego utrzymania. W ramach prac koncepcyjnych nad rozwojem lokalnego systemu energetycznego przeanalizowano możliwość objęcia nieruchomości działaniami zmierzającymi do poprawy efektywności energetycznej oraz stopniowego ograniczenia kosztów zużycia energii elektrycznej i ciepłej.

Lokalne źródła wytwarzania energii elektrycznej

Jednym z analizowanych kierunków jest możliwość realizacji instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku Centrum Usług Społecznych, dostosowanej do profilu zużycia energii w godzinach pracy obiektu. Uzupełniając potencjał wytwórczy nieruchomości, możliwe jest również rozważenie budowy instalacji fotowoltaicznych w formie carportów nad istniejącym parkingiem, co pozwala na:

- zwiększenie mocy lokalnie wytwarzanej energii,
- poprawę funkcjonalności przestrzeni parkingowej,
- efektywne wykorzystanie już zagospodarowanych powierzchni,
- ograniczenie ingerencji w tereny zielone.

Energia produkowana w ramach instalacji dachowych i carportowych mogłaby być w znacznym stopniu wykorzystywana na potrzeby własne obiektu.

Możliwość zastosowania pionowych turbin wiatrowych

W obrębie nieruchomości istnieją również warunki przestrzenne umożliwiające rozważenie montażu pionowych turbin wiatrowych (VAWT), które ze względu na swoją konstrukcję dobrze sprawdzają się w środowisku zurbanizowanym. Tego typu instalacje mogą pełnić funkcję uzupełniającą wobec fotowoltaiki, szczególnie w okresach obniżonej produkcji energii słonecznej, zwiększając dywersyfikację lokalnych źródeł wytwórczych.



24. PROPONOWANE INSTALACJE WYTWÓRCZE

Potencjał pełnienia funkcji centrum kryzysowego

Z uwagi na lokalizację nieruchomości, jej funkcję społeczną oraz możliwość wyposażenia w lokalne źródła wytwarzania energii, obiekt Centrum Usług Społecznych posiada potencjał do pełnienia w przyszłości funkcji miejskiego punktu wsparcia lub centrum kryzysowego w sytuacjach nadzwyczajnych.

W przypadku wdrożenia rozwiązań umożliwiających pracę obiektu w trybie wyspy energetycznej, tj. czasowego funkcjonowania niezależnie od sieci elektroenergetycznej, możliwe byłoby:

- utrzymanie podstawowych funkcji administracyjnych i pomocowych,
- zapewnienie zasilania systemów informatycznych i łączności,
- wsparcie działań służb miejskich,
- stworzenie bezpiecznego punktu dla mieszkańców w sytuacjach kryzysowych.

Takie rozwiązanie mogłoby być oparte na połączeniu lokalnych źródeł energii, systemów magazynowania oraz inteligentnego systemu zarządzania energią, funkcjonującego w ramach klastra energii.

Znaczenie obiektu w strukturze klastra energii.

Centrum Usług Społecznych, jako obiekt o stabilnym profilu zużycia energii oraz szczególnym znaczeniu społecznym, może w przyszłości pełnić rolę strategicznego węzła infrastruktury publicznej w ramach lokalnego systemu energetycznego. Uwzględnienie nieruchomości w działaniach klastra energii sprzyja budowie odporności energetycznej miasta, poprawie bezpieczeństwa funkcjonowania usług publicznych oraz racjonalizacji kosztów utrzymania obiektów komunalnych.





25. PODSUMOWANIE MENADŻERSKIE

Opis projektu

Solecki Klaster Energii to strategiczna inicjatywa lokalnej współpracy samorządu, przedsiębiorstw, instytucji publicznych i mieszkańców, której celem jest budowa nowoczesnego, rozproszonego systemu energetycznego opartego na odnawialnych źródłach energii. Projekt ma na celu zwiększenie niezależności energetycznej gminy, obniżenie kosztów energii oraz wsparcie zrównoważonego rozwoju regionu charakteryzującego się dużym potencjałem aby stać się pionierem w zeroemisyjnej transformacji energetycznej.

Cel klastra

- Zwiększenie samowystarczalności energetycznej miasta, szczególnie w obliczu przeciążonej sieci centralnej.
- Ograniczenie kosztów zakupu energii elektrycznej przez samorząd, podmioty komunalne i lokalne przedsiębiorstwa.
- Wsparcie lokalnych inwestycji w odnawialne źródła energii oraz przyspieszenie procesu przyłączeń nowych instalacji, mimo ograniczeń systemu elektroenergetycznego.
- Stworzenie stabilnego i bezpiecznego systemu energetycznego z korzyścią dla społeczności Solca Kujawskiego oraz budowa nowej lokalnej gałęzi rynku (produkcja zeroemisyjnej energii).

Struktura działania

- Klaster działa w formule porozumienia stron (tzw. "umowa klastrowa") i posiada swojego koordynatora – odpowiedzialnego za organizację, rozliczenia i kontakt z uczestnikami.
- W ramach klastra opracowywana jest oferta uczestnictwa zawierająca wewnętrzne stawki rozliczeniowe, opis korzyści i uproszczone procedury uczestniczenia w porozumieniu klastrowym.
- Rozliczenia pomiędzy uczestnikami oparte są na wewnętrznych taryfach, z uwzględnieniem produkcji i zużycia energii z lokalnych źródeł, w celu osiągnięcia bilansowania rynku



25. PODSUMOWANIE MENADŻERSKIE

Etapy realizacji (skrót)

1. Etap przygotowawczy (ukończony)
– list intencyjny, analiza potencjału, identyfikacja kluczowych interesariuszy.
2. Etap organizacyjny
– opracowanie umowy klastra, wybór koordynatora, przygotowanie oferty i opracowanie stawek rozliczeniowych.
3. Etap operacyjny
– uruchomienie tzw. „wysp energetycznych” (np. urząd gminy z PV i magazynem), wdrożenie telematyki i rozliczeń lokalnych.
4. Etap rozwoju:
– pozyskiwanie nowych uczestników (firmy, mieszkańcy), rozwój wspólnych źródeł OZE i rozliczeń wewnętrznych.

Korzyści dla regionu, biznesu i mieszkańców

- Obniżenie kosztów energii elektrycznej w jednostkach publicznych (potencjał oszczędności nawet o 30%).
- Bezpieczeństwo energetyczne i mniejsza zależność od niestabilnych cen rynkowych.
- Możliwość pierwszeństwa przyłączeń do klastra, mimo ograniczeń sieciowych.
- Zwiększenie wykorzystania lokalnych zasobów OZE, rozwój innowacji i miejsc pracy.
- Umożliwienie mieszkańcom i przedsiębiorcom korzystania z energii w atrakcyjnych stawkach, bezpośrednio z lokalnych źródeł.
- Lepsze wyniki środowiskowe i społeczne, zgodne z kierunkami polityki unijnej, KPO i Funduszy Europejskich.

Podsumowanie

Solecki Klaster Energii to narzędzie nowoczesnej, samorządowej polityki energetycznej – łączące korzyści ekonomiczne z odpowiedzialnością klimatyczną i rozwojem lokalnym. Projekt wpisuje się w strategiczne kierunki transformacji energetycznej w Polsce i Unii Europejskiej, a jego wdrożenie wzmacnia pozycję Solca Kujawskiego jako lidera zielonej zmiany w Powiecie Bydgoskim.



26. SŁOWNIK

Skróty użyte w dokumencie 1

Skrót	Rozwinięcie	Opis / Kontekst
OZE	Odnawialne Źródła Energii	Wykorzystywane w klastrze źródła energii pochodzące z natury, <u>m.in.</u> fotowoltaika, wiatr, biogaz.
JST	Jednostka Samorządu Terytorialnego	Obowiązkowy uczestnik klastra energii (np. Miasto Solec Kujawski).
URE	Urząd Regulacji Energetyki	Organ nadzorujący działalność klastra, <u>m.in.</u> rozliczenia i rejestrację.
OSD	Operator Systemu Dystrybucyjnego	Przedsiębiorstwo odpowiedzialne za sieci elektroenergetyczne, współpracujące z klastrem.
PV	Photovoltaics (Fotowoltaika)	Technologia wytwarzania energii elektrycznej z promieniowania słonecznego.
EMS	Energy Management System	System zarządzania energią stosowany w klastrze.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	System nadzoru i akwizycji danych wykorzystywany w zarządzaniu energetyką.
BMS	Building Management System	System zarządzania budynkiem – w kontekście klastra wspiera zarządzanie energią w obiektach.
DSR	Demand Side Response	Mechanizm elastyczności odbioru energii – odbiorcy mogą ograniczyć zużycie energii w szczycie.
AI	Artificial Intelligence (Sztuczna Inteligencja)	Zastosowanie inteligentnych algorytmów w zarządzaniu klastrem.
H ₂	Wodór cząsteczkowy (H ₂)	Zielony wodór jako nośnik energii w systemie klastrowym.



26. SŁOWNIK

Skróty użyte w dokumencie 2

Skrót	Rozwinięcie	Opis / Kontekst
BIPV	Building Integrated Photovoltaics	Fotowoltaika zintegrowana z budynkami – estetyczne i funkcjonalne rozwiązania PV.
SPV	Special Purpose Vehicle	Spółka celowa powołana do zarządzania klastrem jako jego koordynator.
IT	Information Technology	Odnosi się do technologii informatycznych używanych do monitorowania i zarządzania energią.
PEP2040	Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku	Dokument strategiczny wskazujący kierunki rozwoju energetyki, w tym klastry.
REPower EU	Recovery and Energy Package for Europe	Europejski program wspierający transformację energetyczną.
FEnIKS	Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko	Fundusz wspierający <u>m.in.</u> projekty energetyczne i środowiskowe.
DLT	Distributed Ledger Technology	Technologia rozproszonego rejestru wykorzystywana <u>m.in.</u> przez ECM do rozliczeń energii.
ECM	Energy Coin Market Sp. z o.o.	Podmiot odpowiedzialny za systemy rozliczeń i cyfryzację klastra (operator technologiczny).
NFOŚiGW	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej	Instytucja finansująca projekty środowiskowe, wspierająca klastry energii.
Dz.U.	Dziennik Ustaw	Oficjalne źródło publikacji aktów prawnych w Polsce.
RED II	Renewable Energy Directive II (UE 2018/2001)	Dyrektywa Unii Europejskiej dotycząca promowania energii ze źródeł odnawialnych.
MŚP	Małe i Średnie Przedsiębiorstwa	Grupa uczestników klastra wspierana w ramach unijnych programów transformacji.



26. SŁOWNIK

Wyjaśnienie podstawowych pojęć związanych z tematyką dokumentu 1

Pojęcie	Wyjaśnienie
Klaster energii	Forma współpracy lokalnej pomiędzy jednostkami samorządu terytorialnego, przedsiębiorstwami i mieszkańcami, której celem jest lokalna produkcja, dystrybucja, magazynowanie i zużycie energii. Definicja zawarta w ustawie Prawo energetyczne.
Prosument	Podmiot, który jednocześnie zużywa i wytwarza energię elektryczną, głównie z odnawialnych źródeł.
Autokonsumpcja energii	Wykorzystywanie energii elektrycznej na własne potrzeby przez podmiot, który ją wyprodukował, bez wprowadzania jej do sieci.
Magazyn energii	Urządzenie lub system technologiczny umożliwiający gromadzenie energii elektrycznej i jej późniejsze wykorzystanie.
Zielony wodór	Wodór produkowany przy użyciu odnawialnych źródeł energii (np. z elektrolizy wody zasilanej energią słoneczną lub wiatrową).
Wirtualna elektrownia (VPP)	Zintegrowany system rozproszonych źródeł energii, magazynów i odbiorców, zarządzany centralnie za pomocą cyfrowej platformy.
Mikrosieć (microgrid)	Mały, lokalny system energetyczny, który może działać w połączeniu z siecią krajową lub niezależnie (wyspowo).
Wyspowy tryb pracy	Praca lokalnego systemu energetycznego niezależnie od zewnętrznej sieci elektroenergetycznej, często w sytuacjach awaryjnych.
Zarządzanie popytem (DSM)	Działania mające na celu dostosowanie zapotrzebowania na energię do jej dostępności i ceny.
Elastyczność energetyczna	Możliwość zmiany profilu zużycia energii przez odbiorców lub dostosowanie produkcji energii do warunków sieciowych.
Obszar klastrowy	Geograficzny zasięg działania klastra energii, obejmujący zwykle obszar gminy lub kilku sąsiadujących gmin.
Operator klastra	Podmiot odpowiedzialny za zarządzanie codziennym funkcjonowaniem klastra, jego rozliczeniami i infrastrukturą.
Koordynator klastra	Instytucja lub firma odpowiedzialna za strategiczne i administracyjne prowadzenie klastra.
Model hybrydowy	Model działania klastra, który łączy w sobie różne technologie produkcji i magazynowania energii (np. PV + wiatr + H ₂ + baterie).



26. SŁOWNIK

Wyjaśnienie podstawowych pojęć związanych z tematyką dokumentu 2

Pojęcie	Wyjaśnienie
Bilansowanie energetyczne	Proces zapewnienia równowagi między produkcją a zużyciem energii w ramach klastra.
Cyfrowy portfel energii	Rozwiązanie IT umożliwiające rozliczanie i zarządzanie energią w sposób zdecentralizowany i przejrzysty.
Platforma rozliczeniowa	System informatyczny służący do rejestrowania produkcji, zużycia i przepływu energii w klastrze.
Rozproszona energetyka	Model wytwarzania energii oparty na wielu mniejszych, lokalnych źródłach zamiast jednej dużej elektrowni.
Transformacja energetyczna	Proces zmiany systemu energetycznego w kierunku większego udziału OZE, efektywności energetycznej i neutralności klimatycznej.
Neutralność klimatyczna	Stan, w którym emisje gazów cieplarnianych są równoważone przez ich pochłanianie lub kompensację, np. przez lasy lub technologie.
Strategia REPowerEU	Europejski plan redukcji zależności od paliw kopalnych, zwiększania efektywności energetycznej i rozwoju OZE.
System SCADA	Zintegrowany system do monitorowania, nadzoru i sterowania infrastrukturą techniczną w czasie rzeczywistym.
System EMS	System zarządzania energią, umożliwiający optymalizację jej zużycia i produkcji na poziomie budynku, przedsiębiorstwa lub klastra.
System BMS	System zarządzania budynkiem, obejmujący m.in. automatykę HVAC, oświetlenia i bezpieczeństwa – może być zintegrowany z EMS.
Ustawa o OZE	Polska ustawa regulująca produkcję i wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych, w tym funkcjonowanie klastrów energii.
Ustawa Prawo energetyczne	Akt prawny regulujący zasady funkcjonowania rynku energii elektrycznej w Polsce.
Certyfikat efektywnego klastra	Dokument wydawany przez URE potwierdzający, że dany klaster spełnia określone parametry efektywnościowe.



26. SŁOWNIK

Podstawowe jednostki i pojęcia fizyczne 1

Pojęcie / Jednostka	Wyjaśnienie
kWh (kilowatogodzina)	Jednostka energii. Oznacza ilość energii zużytej lub wyprodukowanej przez urządzenie o mocy 1 kW pracujące przez 1 godzinę. Powszechnie stosowana do rozliczeń za energię elektryczną.
MW (megawat)	Jednostka mocy równa 1 000 000 watów. Używana do określania mocy elektrowni lub farm OZE.
MWp (megawat peak)	Maksymalna (szczytowa) moc instalacji fotowoltaicznej w warunkach testowych (STC). Używana przy projektowaniu PV.
kW (kilowat)	Jednostka mocy równa 1 000 watów. Stosowana do określania mocy urządzeń domowych i instalacji OZE.
MWh (megawatogodzina)	1 000 kWh. Jednostka energii stosowana przy bilansowaniu produkcji i zużycia w dużych instalacjach.
GWh (gigawatogodzina)	1 000 MWh, czyli 1 000 000 kWh. Używana w analizach systemowych i długoterminowych prognozach.
Hz (herc)	Jednostka częstotliwości. W sieci elektroenergetycznej w Polsce i Europie obowiązuje standard 50 Hz.
V (volt)	Jednostka napięcia elektrycznego.
A (amper)	Jednostka natężenia prądu elektrycznego.
Ohm (Ω)	Jednostka oporu elektrycznego.
m² (metr kwadratowy)	Jednostka powierzchni. Używana np. przy obliczeniach dostępnej powierzchni pod instalacje PV.



26. SŁOWNIK

Podstawowe jednostki i pojęcia fizyczne 2

Pojęcie / Jednostka	Wyjaśnienie
kg CO ₂ / MWh	Ilość emisji dwutlenku węgla przypadająca na jednostkę wyprodukowanej energii. Stosowana przy ocenie wpływu energetyki na środowisko.
COP (Coefficient of Performance)	Współczynnik efektywności pompy ciepła – stosunek uzyskanej energii cieplnej do zużytej energii elektrycznej.
LCOE (Levelized Cost of Electricity)	Uśredniony koszt produkcji 1 MWh energii w całym cyklu życia instalacji. Używany do porównań opłacalności różnych źródeł energii.
Efektywność energetyczna (%)	Stosunek uzyskanej energii użytecznej do energii dostarczonej – istotna w kontekście planowania instalacji i oszczędności.
Poziom autokonsumpcji (%)	Procent energii wyprodukowanej lokalnie i zużytej na miejscu – kluczowy wskaźnik efektywności klastra.
Obciążenie szczytowe	Największe chwilowe zapotrzebowanie na moc w systemie – istotne przy projektowaniu magazynów energii i strategii DSR.
Straty przesyłowe (%)	Energia tracona podczas przesyłu przez linie elektroenergetyczne – dążenie do ich minimalizacji jest jednym z celów klastrów.
Bilans energetyczny	Zestawienie całkowitej produkcji, zużycia, strat i magazynowania energii w danym systemie.
Tryb pracy wyspowej	Tryb funkcjonowania sieci lokalnej (mikrosieci), w którym jest ona odłączona od systemu zewnętrznego (np. w razie awarii).
Napięcie znamionowe	Standardowe napięcie, do którego zaprojektowano urządzenie lub system (np. 230 V w gniazdku domowym).
Czas trwania szczytu (godziny szczytu)	Okresy dobowego największego zapotrzebowania na energię – istotne dla planowania działania magazynów i DSR.



26. SŁOWNIK

Podstawowe jednostki i pojęcia fizyczne 2-1

Pojęcie / Jednostka	Wyjaśnienie
kg CO ₂ / MWh	Ilość emisji dwutlenku węgla przypadająca na jednostkę wyprodukowanej energii. Stosowana przy ocenie wpływu energetyki na środowisko.
COP (Coefficient of Performance)	Współczynnik efektywności pompy ciepła – stosunek uzyskanej energii cieplnej do zużytej energii elektrycznej.
LCOE (Levelized Cost of Electricity)	Uśredniony koszt produkcji 1 MWh energii w całym cyklu życia instalacji. Używany do porównań opłacalności różnych źródeł energii.
Efektywność energetyczna (%)	Stosunek uzyskanej energii użytecznej do energii dostarczonej – istotna w kontekście planowania instalacji i oszczędności.
Poziom autokonsumpcji (%)	Procent energii wyprodukowanej lokalnie i zużytej na miejscu – kluczowy wskaźnik efektywności klastra.
Obciążenie szczytowe	Największe chwilowe zapotrzebowanie na moc w systemie – istotne przy projektowaniu magazynów energii i strategii DSR.
Straty przesyłowe (%)	Energia tracona podczas przesyłu przez linie elektroenergetyczne – dążenie do ich minimalizacji jest jednym z celów klastrów.
Bilans energetyczny	Zestawienie całkowitej produkcji, zużycia, strat i magazynowania energii w danym systemie.
Tryb pracy wyspowej	Tryb funkcjonowania sieci lokalnej (mikrosieci), w którym jest ona odłączona od systemu zewnętrznego (np. w razie awarii).
Napięcie znamionowe	Standardowe napięcie, do którego zaprojektowano urządzenie lub system (np. 230 V w gniazdku domowym).
Czas trwania szczytu (godziny szczytu)	Okresy dobowego największego zapotrzebowania na energię – istotne dla planowania działania magazynów i DSR.



27. AUTORZY

Autorzy opracowania:

Niniejsze opracowanie zostało przygotowane przez zespół Centrum Badawczo-Rozwojowego Future Solutions, specjalizującego się w opracowywaniu innowacyjnych modeli energetyki rozproszonej, systemów zarządzania energią oraz wdrożeń opartych na technologiach zeroemisyjnych.

Autor:

- **Bartłomiej Okoń** – koncepcja klastra energii, struktura dokumentu, strategia rozwoju, model przyłączy i rozliczanie wewnątrzklasterowe, Road Map.

Pozostali współautorzy i konsultanci:

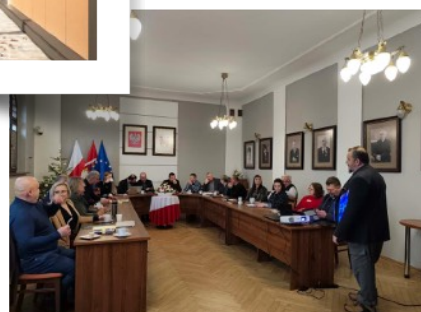
- **Jakub Goryszewski** – konsultacje merytoryczne w zakresie technologii energetycznych, systemy zarządzania energią w klastrze, słownik.
- **Konrad Han** – koncepcja integracji zielonego wodoru z infrastrukturą energetyczną klastra oraz model wykorzystania produktów ubocznych (tlen, ciepło).
- **Marcin Kminkowski** – ekspertyza prawna w zakresie regulacji klastra energii, uwarunkowań formalnych i zapisów umowy klastrowej.
- **Małgorzata Holiat** – aspekty bezpieczeństwa w Klastrze Energii.
- **Piotr Schumann** – konsultacje merytoryczne w zakresie AI i Smart City.
- **Dorota Janusz** - korekta.

Zespół Future Solutions aktywnie wspiera proces budowy Soleckiego Klastra Energii, dostarczając wiedzy technologicznej, organizacyjnej i regulacyjnej na każdym etapie jego rozwoju.

KONTAKT:

Gdański Park Naukowo Technologiczny
ul. Trzy Lipy 3,
80-172 Gdańsk

REGON 522251838
NIP 5842819039
KRS 0000976250



WWW.ECMARKET.EU

WWW.CBRFS.COM

office@cbrfs.com

