



# PORTFOLIO: Interfejs prosumenta

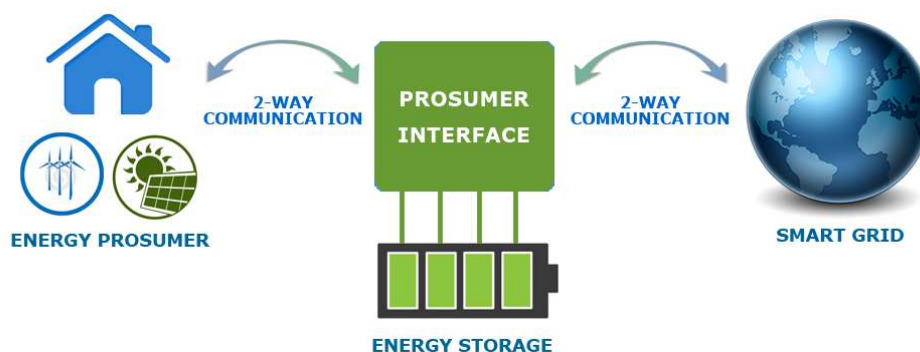
*Autorzy: Krzysztof Chmielowiec, Tomasz Dziwiński*

Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 [www.isi.agh.edu.pl](http://www.isi.agh.edu.pl) [isi@agh.edu.pl](mailto:isi@agh.edu.pl)



## 1. Wprowadzenie

*Interfejs Prosumenta* jest urządzeniem dedykowanym do integracji prosumentów (tj. jednoczesnych producentów i zarazem odbiorców energii elektrycznej) z elektroenergetyczną siecią dystrybucyjną, przy zapewnieniu dwukierunkowego przepływu energii, optymalizacji produkcji/zużycia energii elektrycznej w celu osiągnięcia największych korzyści finansowych posiadacza. Urządzenie zapewnia ciągły monitoring oraz poprawę jakości zasilania w punkcie przyłączenia prosumenta do sieci dystrybucyjnej, kompensację mocy biernej oraz stabilizację napięcia i filtrację wyższych harmonicznym prądu. Produkt dedykowany jest zarówno dla klientów komunalnych, jak i przemysłowych.



Rys.1  
Interfejs  
s

*prosumenta – idea rozwiązania*

Podjęcie prac na rozwoju urządzenia uzasadniają następujące potrzeby oraz problemy dotyczące obecnie odbiorców energii elektrycznej:

- Problem 1.** Wzrost kosztów związanych z brakiem możliwości optymalizacji produkcji oraz zużycia energii elektrycznej w warunkach zmiennej ceny energii elektrycznej,
- Problem 2.** Koszty przerw w produkcji lub zmniejszonej efektywności procesu produkcyjnego z uwagi na zaburzenia jakości energii oddziałujące na odbiorniki energii elektrycznej,
- Problem 3.** Zwiększone koszty energii z powodu nieskutecznej kompensacji mocy biernej (dotyczy głównie odbiorców przemysłowych),
- Problem 4.** Roszczenia dostawcy energii elektrycznej (lub innych podmiotów obecnych na rynku energii) w odniesieniu do emisji zaburzeń jakości energii (wolne zmiany napięcia, wyższe harmoniczne, wahania napięcia) generowanych przez odbiorniki nieliniowe lub niespokojne.

Należy zaznaczyć, że obecnie rynek urządzeń aparatury energoelektronicznej dostarcza potencjalne substytuty projektu – dedykowane urządzenia, zdolne częściowo rozwiązywać niektóre z wymienionych problemów. Bezprzerwowe systemy zasilania (UPS) wykorzystywane są do utrzymywania zasilania odbiorników podczas zapadów napięcia lub przerw w zasilaniu. Filtry aktywne lub pasywne oraz dynamiczne stabilizatory napięcia stosuje się w celu zapewnienia właściwych parametrów jakości dostawy energii elektrycznej. Kontrola mocy biernej uzyskiwana jest przy pomocy statycznych kompensatorów mocy biernej (SVC). Parametry energii elektrycznej monitorowane są przy wykorzystaniu analizatorów jakości energii elektrycznej. Na chwilę obecną autorom niniejszego opracowania nie jest jednak znane urządzenie, które swoją funkcjonalnością realizowałoby kompleksowo wszystkie z wymienionych zadań, podczas gdy dynamiczny rozwój systemów sterowania, układów półprzewodnikowych oraz rozwój badań naukowych w obszarze sterowania zwiększa zainteresowanie innowacyjnych przedsiębiorstw obszarem energetyki prosumenckiej.

## 2. Analiza potencjału rynkowego dla Interfejsu Prosumenta

W ostatnich latach światowy rynek energetyczny jest przedmiotem ciągłych zmian w kierunku rozwoju energetyki odnawialnej. Ich odzwierciedleniem od strony popytowej są potencjalne przedsiębiorstwa przemysłowe zainteresowane nabyciem nowoczesnych technologii energoelektronicznych, wspierających integrację odnawialnych źródeł energii z siecią elektroenergetyczną. Analizując potencjał rynkowy dla *Interfejsu Prosumenta* należy wziąć pod uwagę szereg czynników począwszy od definicji aktualnych potrzeb ze strony energetyki, poprzez określenie grup potencjalnych odbiorców oraz estymację ceny, którą gotowi są ponieść w celu zakupu produktu. Równie istotna jest analiza czynników makroekonomicznych oraz konkurencji.

Podjęta w opracowaniu próba oszacowania potencjalnego popytu na interfejsy energoelektroniczne dla prosumentów nie jest łatwa, z uwagi na brak wskaźników odzwierciedlających bezpośrednio sytuację panującą na badanym, ściśle branżowym rynku. Próbę scharakteryzowania potencjalnego popytu na rynku interfejsów energoelektronicznych dokonano wykorzystując źródła wtórne, które umożliwiły dokonanie diagnozy rynku interfejsów energoelektronicznych w Polsce i jego rozwoju w perspektywie krótkookresowej. Ponieważ na stan wiedzy autorów rynek tzw. bezpośrednich konkurentów względem Interfejsu Prosumenta jest znikomy, jego ocenę przeprowadzono w oparciu o produkty technologicznie powiązane: falowniki, bezprzerwowe układy zasilania (UPS), filtry aktywne, dynamiczne stabilizatory napięcia.

### **Grupy odbiorców interfejsów energoelektronicznych na przykładzie Polski**

Obecnie głównymi nabywcami interfejsów energoelektronicznych jest energetyka zawodowa oraz przedsiębiorstwa przemysłowe (głównie produkcyjne). W Polsce działa obecnie pięciu głównych operatorów sieci energetycznych (ENEA, Energa, PGE Polska Grupa Energetyczna, RWE Polska, Tauron), natomiast wśród największych odbiorców energii elektrycznych można wymienić m. in: ArcelorMittal Poland, Anwil oraz KGHM Polska Miedź S.A. Ponadto funkcjonują liczne przedsiębiorstwa komunalne, spółdzielnie mieszkaniowe oraz wspólnoty mieszkaniowe, które coraz częściej, przy wsparciu programów europejskich, inwestują w nowe technologie z branży energetycznej. Zestawienie podmiotów stanowiących grupę nabywców potencjalnie zainteresowanych interfejsami energoelektronicznymi zawiera tabela 1.

Tabela 1 Wybrane przedsiębiorstwa funkcjonujące na rynku polskim w 2012 roku  
potencjalnie zainteresowane zakupem technologii interfejsów energoelektronicznych

Rodzaj przedsiębiorstwa	Nazwa przedsiębiorstwa	Strona www	Siedziba (miasto)
Operatorzy sieci energetycznych	ENEA	www.enea.pl	Poznań
	Energa	www.energa.pl	Gdańsk
	PGE Polska Grupa Energetyczna	www.gkpge.pl	Warszawa
	RWE Polska	www.rwe.pl	Warszawa
	Tauron	www.tauron-pe.pl	Katowice
Najwięksi dostawcy energii odnawialnej	Polska Energetyka Odnawialna	Peosa.pl	Warszawa
Przykładowe przedsiębiorstwa wykorzystujące energię na dużą skalę (energia jako surowiec, jako półprodukt np. energetyka, która dostarcza prąd miastu)	Grupa PKP	www.pkp.pl	Warszawa
	KGHM Polska Miedź S.A.	www.kghm.pl	Lubin
	Anwil	www.anwil.pl	Włocławek
	ArcelorMittal Poland	www.poland.arcelormittal.com	Dąbrowa-Górnica
Odbiorcy komunalni np. tramwaje, busy elektryczne, trolejbusy w Tychach, metro warszawskie (energia jest dla nich rodzajem paliwa)	Przedsiębiorstwa komunalne	www.pkt.pl komunalne-przedsiębiorstwa/4-1/	Cała polska Łącznie 7048 podmiotów
Odbiorcy komunalni z DER (np. blok mieszkalny z fotowoltaiką, itp.)	Spółdzielnie mieszkaniowe	www.spoldzielniemieszkaniowe.pl	Cała polska Łącznie ponad 3719 podmiotów
	Wspólnoty mieszkaniowe	www.pkt.pl	Cała polska Łącznie ponad 1242
	Deweloperzy	www.pkt.pl	Cała polska Łącznie ponad 2262
Przedsiębiorstwa zajmujące się energią wiatrową	Łącznie ponad 40 podmiotów	www.gramwzielone.pl	Cała polska
Producenci modułów	Ponad 14	Instytut Energetyki Odnawialnej	Cała polska

fotowoltaicznych	podmiotów		
------------------	-----------	--	--

Na podstawie: [www.gramzielone.pl](http://www.gramzielone.pl), [www.pkt.pl](http://www.pkt.pl), raport pt.: Rynek fotowoltaiczny w Polsce 2013 – Instytut Energetyki Odnawialnej.

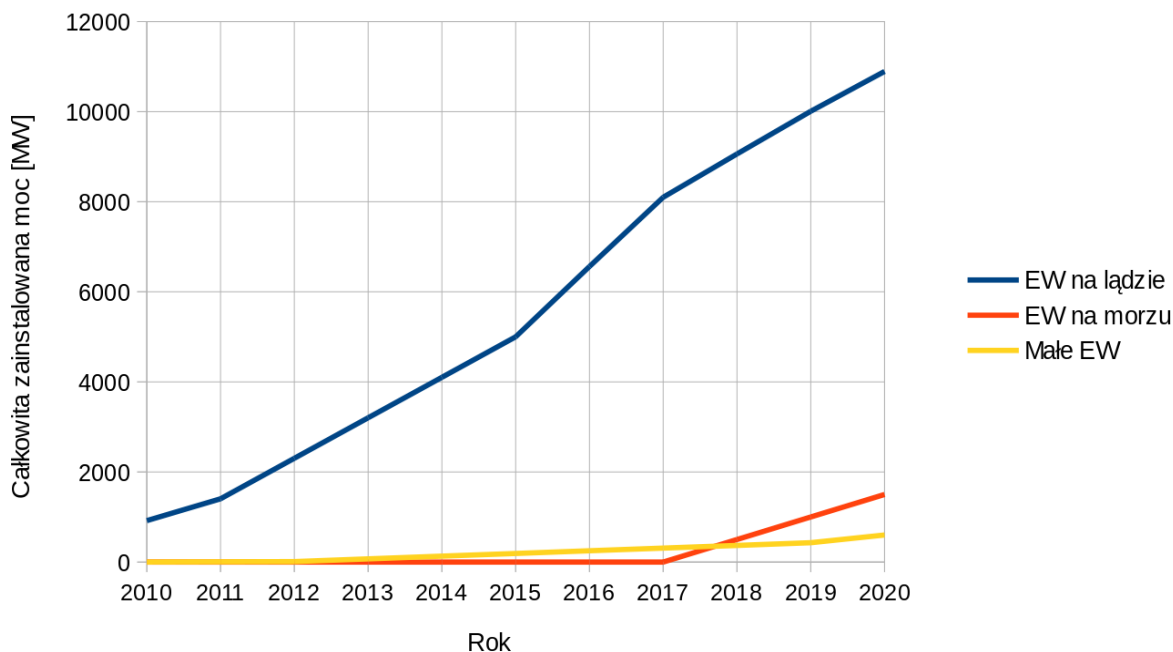
### Perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii na przykładzie Polski

Niewątpliwym czynnikiem rozwoju energetyki prosumenckiej jest wzrost znaczenia odnawialnych źródeł energii. W kontekście dyrektywy 2009/28/EC Parlamentu Europejskiego z 29 kwietnia 2009 roku Polska jest do roku 2020 zobowiązana do produkcji 15% energii odnawialnej w stosunku do wytworzonej energii ogółem, natomiast udział ten w odniesieniu do średniej krajów unijnych wynosić ma 20%. Należy spodziewać się, że w kolejnych latach fakt ten będzie miał odzwierciedlenie we wzroście liczby inwestycji w produkcję "zielonej" energii. Mimo, że obecnie nasycenie elektrowniami wiatrowymi w Polsce należy do najniższych w Europie (moc zainstalowana w energetyce wiatrowej na mieszkańca wynosi 0,012 kW, a na km<sup>2</sup> obszaru lądowego przypada 1,44 kW) to nie sposób pominąć faktu, że udział energetyki wiatrowej w naszym kraju gwałtownie rośnie (rys. 2). Należy zaznaczyć również, że do 2020 roku w Polsce tradycyjne mierniki energii elektrycznej muszą zostać zastąpione inteligentnymi licznikami (*smart metering*), wyposażonymi z dużym prawdopodobieństwem w funkcje pomiaru wskaźników jakości energii, co z pewnością będzie przesłanką dla producentów energii elektrycznej do lepszego zarządzania dostawami energii elektrycznej oraz jej jakością. Prognozy mocy wytwórczej energii elektrycznej ze źródeł rozproszonych przedstawiono w tabeli 2, natomiast prognozy w odniesieniu wyłącznie do źródeł odnawialnych zaprezentowano na rysunku 2.

Tabela 2 Prognozy mocy wytwórczej energii elektrycznej brutto [MW] ze źródeł rozproszonych

Paliwo/technologia	Lata					
	2006	2010	2015	2020	2025	2030
Małe wodne	69	107	192	282	298	298
Wiatrowe	173	976	3396	6089	7564	7867
Biomasa stała CHP	25	40	196	623	958	1218
Biogaz CHP	33	74	328	802	1293	1379
Fotowoltaika	0	0	0	2	16	32

Źródło: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku, załącznik nr 2 do projektu „Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku”



Rys. 2 Przyrost mocy elektrowni wiatrowych w Polsce do 2020 r. (źródło: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku, załącznik nr 2 do projektu „Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku”)

Tak duży wzrost udziału energetyki odnawialnej w krajowym bilansie mocy wytwórczych wiąże się z poważnymi wyzwaniami dla całego systemu elektroenergetycznego. Energetyka odnawialna to przede wszystkim nieprzewidywalność oraz zmienność produkcji energii elektrycznej. Wysoki udział rozproszonych źródeł energii przyłączanych bezpośrednio do sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia zaczyna stanowić poważne wyzwania związane z bilansowaniem energetycznym, a także zachowaniem właściwych parametrów jakości energii elektrycznej.

Opisane perspektywy rozwoju odnawialnych źródeł energii oraz problemów, które generuje zwiększenie ich udziału w krajowym systemie elektroenergetycznym, stawiają przed ogromną szansą przedsiębiorstwa, które będą w stanie zaoferować technologie zdolne do integracji na szeroką skalę, rozproszonych źródeł energii odnawialnej, czemu służyć ma *Interfejs Prosumenta*.

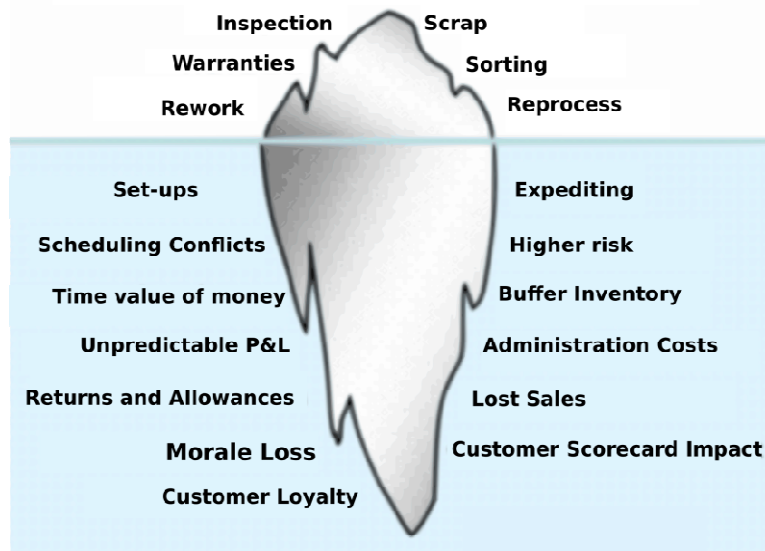
## Perspektywy rozwoju rynku Interfejsu Prosumenta w kontekście analizy czynników makroekonomicznych

Czynniki polityczne
<p>Rynek europejski:</p> <p>Założenia <b>Pakietu klimatycznego UE – 20/20/20</b> w pełni korespondują z ofertą wsparcia odnawialnych źródeł energii realizowaną przez <i>Interfejs Prosumenta</i></p> <p>Rynek polski:</p> <p><b>Trójpak energetyczny</b> wprowadzany obecnie przez polski rząd, będący zbiorem przepisów przejściowych w obrębie ustawy o odnawialnych źródłach energii, prawa gazowego oraz prawa energetycznego. Dokument ma w założeniu wspierać rozwój prosumentów na rynku energii, skutkiem czego będzie zwiększenie podaży na urządzenia realizujące funkcjonalności <i>Interfejsu Prosumenta</i>. Aczkolwiek zaznaczyć należy, że wprowadzanie tej regulacji znacząco się opóźnia i z tego powodu nie jest jeszcze przesądzone.</p>
Czynniki ekonomiczne
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rosnące trendy w kierunku odnawialnych źródeł energii z uwagi na rosnące ceny energii ze źródeł konwencjonalnych,</li><li>2. Kryzys finansowy oraz recesja w niektórych krajach Europy może być powodem ograniczenia krajowych wydatków strukturalnych na wspieranie energetyki prosumenckiej,</li><li>3. Stały wzrost kosztów będących konsekwencją złej jakości energii elektrycznej oraz coraz większa świadomość pochodzenia tych kosztów (Rys. 3)</li></ol>



## Costs of Poor Quality

Internal Failure and External Failure costs.  
The obvious and "visible" costs are a small portion of the overall COPQ. The bottom of the iceberg represents the majority of the COPQ and are not as easily identified and quantified.



Rys. 3 Ilustracja kategorii kosztów złej jakości energii elektrycznej (źródło: <http://www.six-sigma-material.com>)

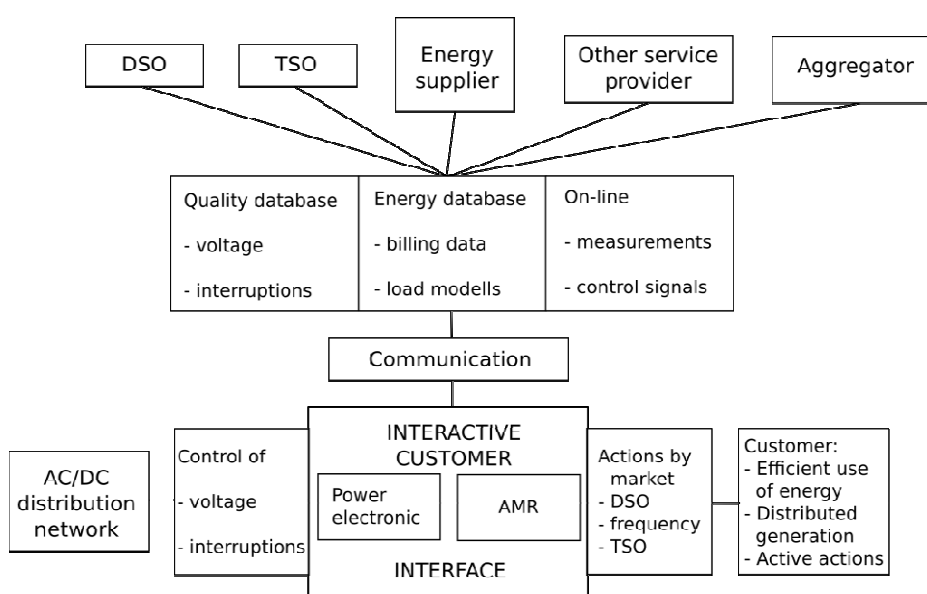
### Czynniki społeczne

1. Ciągły wzrost świadomości społecznej związanej koniecznością konsekwentnego zwiększania efektywności energetycznej w obszarze przedsiębiorstw oraz gospodarstw domowych,
2. Popularyzacja "zielonej energii" jako trendu rozwoju nowoczesnych firm oraz gospodarstw domowych
3. Promocja innowacyjnych rozwiązań w obszarze energetyki, mogących konkurować z rynkami Chin oraz Indii.

### Czynniki technologiczne

1. Intensywny rozwój technologii odnawialnych źródeł energii oraz inteligentnych systemów elektroenergetycznych (tzw. sieci typu *smart*) będących podstawą rozwoju energetyki prosumenckiej,

2. Proponowane rozwiązanie jest technicznie wykonalne w oparciu o ogólnie dostępną technologię energoelektroniczną i elektroniczną,
3. Ciągły spadek cen elementów półprzewodnikowych oraz rozwój technologii pomiaru oraz przetwarzania sygnałów,
4. Pełna koherentność z planem strategicznym komitetu IEC/PC 118, wg którego w najbliższych latach obserwowany będzie silny rozwój technologii określonych mianem "Smart grid user interface" (Rys. 4) nawiązującej w pełni do proponowanego *Interfejsu Prosumenta*.



Rys. 4 Smart Grid User Interface – wg IEC PC 118

## Perspektywy rozwoju rynku Interfejsu Prosumenta – analiza produktów konkurencyjnych

Analizując potencjał rynkowy pod kątem obecnych rozwiązań konkurencyjnych należy zauważyć obecność bardzo silnych graczy o ugruntowanej pozycji na rynku światowym. Wśród najbardziej rozpoznawalnych, obejmujących rynki inwerterów dla źródeł fotowoltaicznych oraz UPS-ów, wyróżnić można firmy: SMA, Diehl Control, Delta oraz Eaton. Tabela 3 zawiera wybrane informacje dotyczące wymienionych przedsiębiorstw.

Tabela 3 Interfejs prosumenta – analiza wybranych przedsiębiorstw konkurencyjnych

Segment rynku	Producent	Opis	Trend sprzedaży												
UPS	EATON	Jeden z największych na świecie producentów układów bezprzerwowego zasilania – UPS, inwerterów, rozdzielnic elektroenergetycznych, mierników elektrycznych, przekaźników i innej aparatury elektroenergetycznej. Przedsiębiorstwo o mocnej pozycji na rynku wykazujące roczne przychody na poziomie 16 mld EUR. (źródło: EATON Annual Report 2012).	<p><b>NET SALES</b> (Billions of dollars)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Net Sales (Billions of dollars)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2008</td> <td>\$15.4</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>\$11.9</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>\$13.7</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>\$16.0</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>\$16.3</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Net Sales (Billions of dollars)	2008	\$15.4	2009	\$11.9	2010	\$13.7	2011	\$16.0	2012	\$16.3
	Year	Net Sales (Billions of dollars)													
2008	\$15.4														
2009	\$11.9														
2010	\$13.7														
2011	\$16.0														
2012	\$16.3														
DELTA	Największy na świecie wytwórca zasilaczy impulsowych, potentat na rynku urządzeń energoelektronicznych oraz układów zarządzania energią. Firma działająca w obszarze automatyki przemysłowej, systemów komunikacyjnych oraz rozwiązań wspierających rozwój odnawialnych źródeł energii. Producent inwerterów do fotowoltaiki deklaruje sprawność swoich urządzeń na poziomie 98,5%. W roku 2012 firma osiągnęła całkowity przychód na poziomie 5,84 mld EUR (źródło: Delta Electronic 2012 Annual Report).	<p><b>Revenues</b> NTS million</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Revenues (NTS million)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2008</td> <td>142,648</td> </tr> <tr> <td>2009</td> <td>124,120</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>171,302</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>162,474</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>171,760</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Revenues (NTS million)	2008	142,648	2009	124,120	2010	171,302	2011	162,474	2012	171,760	
Year	Revenues (NTS million)														
2008	142,648														
2009	124,120														
2010	171,302														
2011	162,474														
2012	171,760														
Fotowoltaika	SMA Electronics	Największy na świecie wytwórca falowników dedykowanych do modułów fotowoltaicznych. W roku 2012 firma wykazała przychód na poziomie 1,5 mld EUR (źródło: SMA Annual Report 2012). Koszt falownika w sprzedaży detalicznej waha się pomiędzy 500 a 700 EUR za	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Year</th> <th>Revenue</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2011</td> <td>1,676,342</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>1,463,363</td> </tr> </tbody> </table>	Year	Revenue	2011	1,676,342	2012	1,463,363						
Year	Revenue														
2011	1,676,342														
2012	1,463,363														

		1 kW mocy.																												
	Diehl Control	Międzynarodowy dostawca konwerterów do elektrowni fotowoltaicznych na potrzeby użytkowników domowych oraz przemysłowych. Od 2004 wspiera rozwiązania w obszarze energetyki odnawialnej pod marką Platinum. Firma w roku 2012 wykazała przychód na poziomie 2,83 mld EUR (źródło: Diehl Control Annual Report 2012).	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Key Business Figures</th> </tr> <tr> <th></th> <th>2012</th> <th>2011</th> </tr> <tr> <th></th> <th>million €</th> <th>million €</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><b>Balance Sheet (at Dec. 31)</b></td> </tr> <tr> <td>Balance sheet total</td> <td>2,000.3</td> <td>2,075.3</td> </tr> <tr> <td>Gross liquidity</td> <td>409.9</td> <td>446.6</td> </tr> <tr> <td>Net liquidity</td> <td>193.8</td> <td>278.2</td> </tr> <tr> <td>Equity</td> <td>442.1</td> <td>470.0</td> </tr> <tr> <td><b>Sales</b></td> <td><b>2,829.9</b></td> <td><b>2,929.3</b></td> </tr> </tbody> </table>	Key Business Figures				2012	2011		million €	million €	<b>Balance Sheet (at Dec. 31)</b>			Balance sheet total	2,000.3	2,075.3	Gross liquidity	409.9	446.6	Net liquidity	193.8	278.2	Equity	442.1	470.0	<b>Sales</b>	<b>2,829.9</b>	<b>2,929.3</b>
Key Business Figures																														
	2012	2011																												
	million €	million €																												
<b>Balance Sheet (at Dec. 31)</b>																														
Balance sheet total	2,000.3	2,075.3																												
Gross liquidity	409.9	446.6																												
Net liquidity	193.8	278.2																												
Equity	442.1	470.0																												
<b>Sales</b>	<b>2,829.9</b>	<b>2,929.3</b>																												

Źródło: Raporty roczne publikowane na stronach internetowych wymienionych przedsiębiorstw (dane za rok 2012)

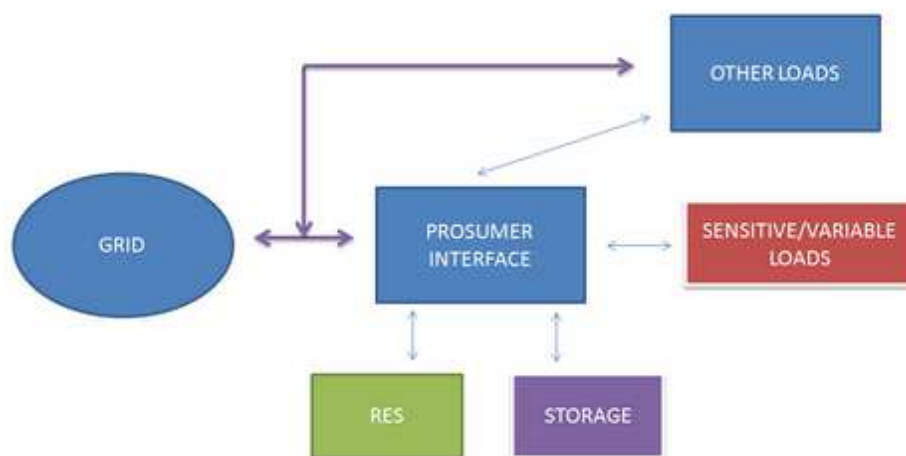
### 3. Ocena zainteresowań środowisk naukowych

Ocena zainteresowań środowisk naukowych realizowana była w oparciu o obserwacje pozyskane w wyniku udziału w konferencji IEEE Power & Energy Society General Meeting w dniach 27–30 lipca 2014. Konferencja zgromadziła ponad 2500 uczestników, głównie naukowców i reprezentantów głównych graczy przemysłowych z obszaru energetyki. Tematyka konferencji obejmowała zagadnienia rozwoju inteligentnych systemów elektroenergetycznych, cyberbezpieczeństwa, energetyki prosumenckiej czy aktualnych implementacji projektów z obszaru *Smart Grids*. Udział w wydarzeniu był okazją do pozyskania informacji ze źródeł pierwotnych, m.in. od przedsiębiorców dyrektorów, kierowników przedsiębiorstw o dużym zużyciu energii elektrycznej, operatorów systemów dystrybucyjnych reprezentujących grupę potencjalnych nabywców interfejsów energoelektronicznych oraz firm doradczych świadczących usługi wsparcia technologicznego. Prowadzone dyskusje dotyczyły głównie definicji grup potencjalnych odbiorców oraz ekonomicznej opłacalności wprowadzenia tego typu produktu na rynek energetyki prosumenckiej, włączając estymację cenową urządzenia.

Podczas konferencji Autorzy zaprezentowali koncepcję *Interfejsu Prosumenta*. Proponowane rozwiązanie wzbudziło duże zainteresowanie wśród uczestników. W wyniku przeprowadzonych dyskusji stwierdzono, że projekt doskonale wpisuje się w bieżące zmiany w funkcjonowaniu sieci dystrybucyjnych, związane ze zwiększeniem udziału produkcji energii elektrycznej ze źródeł rozproszonych. Zmiany te w dużej mierze wpływają negatywnie na parametry jakościowe energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Z przeprowadzonych rozmów z operatorami systemów dystrybucyjnych energii elektrycznej wynika, że w wielu krajach odpowiedzialność za zarządzanie bilansem wytworzonej mocy pochodzącej ze źródeł rozproszonych oraz negatywne skutki degradacji napięcia leżą po stronie dystrybutorów. W związku z tym to reprezentanci tej grupy powinni być najbardziej zainteresowani zakupem energoelektronicznych interfejsów prosumenckich, umożliwiających rozwiązanie wymienionych problemów, a co za tym idzie, zmniejszeniem kosztów związanych z bilansowaniem energii elektrycznej oraz obsługą reklamacji ze strony odbiorców energii elektrycznej.

Podczas prowadzonych dyskusji nad *Interfejsem Prosumenta*, pod znakiem zapytania pojawiła się kwestia efektywności energetycznej, głównie z uwagi na fakt, że w proponowanym urządzeniu odbywa się dwukrotne przetwarzanie całej energii przechodzącej pomiędzy dostawcą a prosumentem, co wiąże się nieuchronnie ze stratami energii szacowanymi realnie na poziomie około 5% przetwarzanej energii. Dla

takiego założenia, w przypadku Interfejsu o mocy 10 kW, łączna suma strat na elementach półprzewodnikowych w postaci wydzielanego ciepła (które dodatkowo należy skutecznie odprowadzić do otoczenia) wynosić będzie 500 W. Dla porównania moc typowej suszarki wykorzystywanej w domach wynosi 1000 W. Pojawiło się zatem bardzo zasadne pytanie, czy szeroki zakres funkcjonalności oferowanych przez Interfejs będzie dostatecznym argumentem, aby przeważać konieczność poniesienia wymiernych kosztów związanych ze stratami wynikającymi z pracy urządzenia. Na obecną chwilę trudno jest znaleźć jednoznaczną odpowiedź w tej kwestii. Można natomiast zastanowić się nad możliwością ograniczenia tych strat poprzez zmianę w koncepcji zastosowania Interfejsu. Jak już zostało wspomniane urządzenie podczas swojej pracy generuje straty w postaci wydzielanego ciepła. Ilość tego ciepła zależy od chwilowej wartości mocy w torze przetwarzania. Aby dokonać redukcji strat w sposób oczywisty należałoby zmniejszyć moc w torze przetwarzania. Zrealizować ten cel można poprzez rezygnację z zasilania za jego pomocą odbiorników niewymagających wysokiej jakości dostawy energii elektrycznej (np. urządzeń grzewczych, kuchenek elektrycznych, pralek). Odbiorniki te w typowym gospodarstwie domowym stanowią duży udział w całkowitej konsumpcji energii elektrycznej. Podążając tą ideą Interfejs pośredniczyłby wyłącznie w przesyłaniu energii ze źródła odnawialnego oraz zasilaniu odbiorników newralgicznych (np. pompa CO) lub wrażliwych (np. aparatura elektroniczna, RTV). W takim rozwiązaniu moc urządzenia nie musiałaby już być dobierana do mocy przyłączeniowej instalacji prosumenta a jedynie do sumarycznej mocy zainstalowanych odnawialnych źródeł energii oraz sumarycznej mocy odbiorników wrażliwych, newralgicznych. Opisywaną ideę prezentuje rys. 5.



*Rys.5 Zastosowanie Interfejsu Prosumenta do zasilania wybranych odbiorów*

Wśród licznych komentarzy dotyczących ekonomicznych aspektów Interfejsu podniesiono również, że okres amortyzacji urządzenia powinien odzwierciedlać

faktyczny okres trwałości sprzętu. Stwierdzono, że Interfejs powinien być zdolny do pracy przez co najmniej 20 lat przy założeniu niekorzystnych warunków eksploatacji, minimalnej konserwacji i naprawach. Może okazać się, że koszty związane z techniczną realizacją tych założeń będą skutkować mniejszą atrakcyjnością ekonomiczną urządzenia. Z perspektywy dystrybutora, jako potencjalnego nabywcy, przede wszystkim nakłady inwestycyjne, koszty utrzymania i remontów oraz koszty rozpraszanej mocy muszą zostać uwzględnione w analizie efektywności finansowej. Z perspektywy Akademii Górniczo-Hutniczej jako jednostki badawczej rozwijającej koncepcję Interfejsu jest to informacja bardzo istotna i wpływa na konieczność współpracy z operatorami systemów dystrybucyjnych już w fazie formułowania założeń i funkcjonalnego projektowania urządzenia.

Z perspektywy klientów indywidualnych jako odbiorców Interfejsu podstawowym czynnikiem decydującym o zakupie będzie zysk ekonomiczny wynikający z optymalizacji przepływem mocy. Przychód z optymalizacji zarządzania lokalną generacją energii, ładowaniem bądź zużywaniem energii zgromadzonej w lokalnym zasobniku, oraz decyzje o sprzedaży energii w zależności od aktualnej taryfy operatora, zbilansować powinny koszty amortyzacji Interfejsu. Przywołany temat optymalizacji przepływów mocy był przedmiotem wielu referatów naukowych prezentowanych podczas PESGM 2014. Szczególną uwagę ściągnął referat pt. *Optimum Sizing of Distributed Generation and Storage Capacity in Smart Households* [1] poruszający problem doboru znamionowej mocy generatorów i pojemności lokalnych zasobników energii na potrzeby gospodarstwa domowego, co jest kluczowe dla optymalnego funkcjonowania prosumenta w warunkach rynku energii elektrycznej.

Ponadto w prezentacji *Low Cost Plug and Play Solar PVs for Residential Households* [2] omówiony został problem podłączenia paneli fotowoltaicznych do istniejących instalacji elektrycznych w domach jedno i wielorodzinnych. Przedstawiono niskobudżetowy interfejs umożliwiający proste podłączenie systemu fotowoltaicznego w gniazdo miernika energii elektrycznej. Interfejs realizuje również funkcje zabezpieczeń, diagnostyki, komunikacji i pomiarów. Zaprezentowany interfejs dostosowany jest do standardów amerykańskich instalacji elektrycznych.

Prezentacja pt. *Optimizing Demand Response Price and Quantity in Wholesale Markets* [3] poruszała problem ekonomicznej optymalizacji wskaźników dla technologii "Demand Response", czyli możliwości wpływania przez operatora systemu dystrybucyjnego na moc pobieraną przez konsumenta. Ciekawą metodę modelowania odpowiedzi "Demand Response" na system dystrybucyjny niskiego napięcia zawierał referat *Modeling of Demand Response Resources in the Energy Management and Market Systems* [4].

Podczas konferencji prezentowane były rozwiązania bezpośrednio związane z energetyką prosumencką. Zwrócono uwagę na poruszanie zagadnień związanych z produkcją generatorów oraz zasobników energii elektrycznej, przeznaczonych do zastosowania głównie w gospodarstwach domowych, czemu poświęcone zostały prezentacje:

Kolejnym wnioskiem płynącym z udziału w PESGM 2014 jest ocena, że większość przedsiębiorców nie posiada wystarczającej wiedzy o rynku interfejsów energoelektronicznych. Aby zwiększyć poziom wiedzy na temat urządzeń dostępnych na rynku energetycznym przedsiębiorcy wykorzystują przede wszystkim prasę branżową, specjalistyczne portale i strony internetowe. Pomimo tego, że reprezentanci firm, z którymi prowadzone były rozmowy, wysoko oceniają swój poziom wiedzy na temat urządzeń dostępnych na rynku energetycznym, to niżej oceniają znajomość rynku interfejsów energoelektronicznych. Nie mają rozeznania w zakresie prac i działań badawczych nad interfejsami energoelektronicznymi realizowanych w ośrodkach naukowych, w ofertach producentów i w poziomie zaawansowania technologii u swoich konkurentów pod względem wykorzystania interfejsów energoelektronicznych. W dodatku, przedsiębiorcy z badanych firm przyjmują najczęściej postawę bierną, to znaczy nie angażują się w przedsięwzięcia służące współtworzeniu interfejsów energoelektronicznych. Optymistyczne jest to, że wykazują oni większe zainteresowanie podjęciem współpracy w tym zakresie w najbliższych 5 latach.

Niewątpliwymi wnioskami z konfrontacji proponowanej koncepcji ze środowiskiem potencjalnych odbiorców są następujące założenia oraz cele względem produktu:

1. Zbudowanie w fazie badawczo-rozwojowej niezawodnego, wysoce sprawnego i bezpiecznego urządzenia,
2. Ścisła współpraca z dystrybutorami energii elektrycznej zarówno na etapie badawczym jak i wdrożeniowym (tworzenie założeń produktowych oraz późniejszy kanał dystrybucji),
3. Produkcja urządzenia w oparciu o zbudowaną, stabilną bazę dostawców i podwykonawców posiadających dostęp do technologii produkcyjnej,
4. Ścisła współpraca z instalatorami mikroelektrowni odnawialnych źródeł energii stanowiącymi kolejny kanał dystrybucji,



5. Utrzymanie ścisłej współpracy z jednostką badawczą AGH posiadającą know-how oraz dostęp do technologii zaawansowanych układów sterowania urządzeń energoelektronicznych.

## 4. Podsumowanie

W ramach opracowania dokonano analizy potencjału rynkowego oraz oceny zainteresowania środowisk naukowych z dziedziny inteligentnych systemów elektroenergetycznych w odniesieniu do koncepcji *Interfejsu Prosumenta*. W oparciu o ogólnie dostępne informacje branżowe, dokonano przeglądu źródeł wtórnych w celu estymacji wielkości rynku interfejsów elektroenergetycznych służących do integracji prosumentów z systemem elektroenergetycznym oraz analizy czynników makroekonomicznych warunkujących sukces produktu w obszarze rynkowym. W drugiej części opracowania przedstawiono wnioski z analizy źródeł pierwotnych uzyskanych poprzez prezentację koncepcji Interfejsu Prosumenta, oraz jej dyskusję z przedstawicielami nauki oraz przemysłu, podczas międzynarodowej konferencji PESGM 2014 poświęconej systemom elektroenergetycznym.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że w najbliższych latach obserwowane będą bardzo duże perspektywy dla rozwoju energetyki prosumenckiej, co bezpośrednio przełoży się na rynkową potrzebę dostarczenia technologii umożliwiającej integrację prosumentów z siecią dystrybucyjną. Warunkiem sukcesu na rynku będzie produkt spełniający funkcję integracji prosumentów z dużą sprawnością przetwarzania energii elektrycznej. Wyniki badań wskazują ponadto na dużą potrzebę działań informacyjno-edukacyjnych w zakresie interfejsów energoelektronicznych, w szczególności promocji tych urządzeń oraz świadomości wymiernych kosztów tzw. złej jakości energii.

## 5. Podsumowanie

- [1] *Optimum Sizing of Distributed Generation and Storage Capacity in Smart Households*  
Autor: Kahrobaee, Salman; Asgarpoor, Sohrab; Qiao, Wei  
Sesja: T2 – IGCC Transaction Paper Session, PESGM 2014
  
- [2] *Low Cost Plug and Play Solar PVs for Residential Households*  
Autor: Lubkeman, David  
Sesja: Impacts of Distributed Energy Resources on Transmission and Distribution System Planning, PESGM 2014
  
- [3] *Optimizing Demand Response Price and Quantity in Wholesale Markets*  
Autor: Negash, Ahlmahz; Kirschen, Daniel  
Sesja: Best Conference Papers on Markets, Economics, and Planning, PESGM 2014
  
- [4] *Modeling of Demand Response Resources in the Energy Management and Market Systems for Better Participation in MISO Wholesale Energy Market*  
Autor: Chen, Yonghong  
Sesja: Impacts of Distributed Energy Resources on Transmission and Distribution System Planning, PESGM 2014