

C Z Ę Ś Ć II

PROJEKT
ZAŁOŻEŃ DO PLANU ZAOPATRZENIA
W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ
DLA MIASTA MALBORK
AKTUALIZACJA 2014

Gdańsk 2014

C Z Ę Ś Ć II - SPIS TREŚCI

1.	STAN AKTUALNY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO NA OBSZRZE MIASTA MALBORK	3
1.1.	ŹRÓDŁA ZASILANIA SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO	3
1.2.	STACJE TRANSFORMATOROWE GPZ I LINIE ELEKTROENERGETYCZNE WYSOKIEGO NAPIĘCIA	3
1.3.	STACJE ELEKTROENERGETYCZNE I LINIE ŚREDNIEGO NAPIĘCIA	4
1.4.	LINIE ELEKTROENERGETYCZNE NISKIEGO NAPIĘCIA	5
2.	OCENA AKTUALNEGO I PERSPEKTYWICZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ MIASTA MALBORK	6
2.1.	AKTUALNE ZUŻYCIĘ ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA TERENIE MIASTA MALBORK	6
2.2.	AKTUALNE ZAPOTRZEBOWANIE NA MOC ELEKTRYCZNĄ ODBIORCÓW MIASTA MALBORK	6
2.3.	ZAŁOŻENIA DO ANALIZY PERSPEKTYWICZNEGO ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ MIASTA MALBORK	8
2.4.	SCENARIUSZE ZAOPATRZENIA W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ MIASTA MALBORK W PERSPEKTYWIE 15 LAT	9
2.5.	PERSPEKTYWICZNE ZAPOTRZEBOWANIE NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ	12
2.6.	PERSPEKTYWICZNE ZAPOTRZEBOWANIE NA MOC ELEKTRYCZNĄ	14
3.	OCENA MOŻLIWOŚCI PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W ŹRÓDŁACH LOKALNYCH I ODNAWIALNYCH	17
3.1.	PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W LOKALNYCH ŹRÓDŁACH	17
3.2.	PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W UKŁADACH KOGENERACYJNYCH	17
3.3.	PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W ŹRÓDŁACH ODNAWIALNYCH	18
4.	PRZEDSIĘWZIĘCIA RACJONALIZUJĄCE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ W INSTALACJACH PRZEMYSŁOWYCH I U ODBIORCÓW INDYWIDUALNYCH	28
4.1.	ODBIORCY PRZEMYSŁOWI	28
4.2.	ODBIORCY KOMUNALNI I INDYWIDUALNI	29
5.	MOŻLIWOŚCI MODERNIZACJI I ROZBUDOWY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO NA OBSZARZE MIASTA MALBORK	32
5.1.	GŁÓWNE PUNKTY ZASILAJĄCE I SIECI ELEKTROENERGETYCZNE ZASILAJĄCE WYSOKIEGO NAPIĘCIA	32
5.2.	SIECI ELEKTROENERGETYCZNE SN I NN	33
6.	ZAOPATRZENIE W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ MIASTA MALBORK	35
6.1.	OPTYMALNY SCENARIUSZ ZAOPATRZENIA W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ GMINY MIEJSKIEJ MALBORK	35
6.2.	SCENARIUSZ I - CHARAKTERYSTYKA ZAOPATRZENIA W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ	35

1. STAN AKTUALNY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO NA OBSZRZE MIASTA MALBORK

1.1. Źródła zasilania systemu elektroenergetycznego

Dystrybucję energii elektrycznej na terenie powiatu malborskiego, na terenie którego położona jest gmina miejska Malbork, prowadzi Koncern Energetyczny ENERGA Operator S.A. Oddział w Olsztynie. Rejon Energetyczny Malbork.

Teren miasta Malbork zasilany jest z Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) z dwóch kierunków, tj. od strony:

- Gdańska poprzez Główną Stację Zasilającą (GSZ) 400/110 kV SE Gdańsk Błonia;
- Grudziądzka poprzez Główną Stację Zasilającą 400/220 kV SE Grudziądz Węgrowo.

Stacje te poprzez linie elektroenergetyczne WN 110 kV stanowią zasilanie dla dwóch stacji GPZ (Główny Punkt Zasilania) zlokalizowanych na terenie miasta Malborka, tj.:

- GPZ 110/15 kV Malbork Rakowiec zlokalizowanej w północnej części miasta i zasilanej linią WN 110 kV od strony Elbląga;
- GPZ 110/15 kV Malbork Południe zlokalizowanej w południowej części miasta i zasilanej linią WN 110 kV od strony Sztumu.

System elektroenergetyczny miasta Malbork jest w zdecydowanej większości układem promieniowym, w którym główne linie zasilające rezerwują się wzajemnie na znacznych odcinkach w konfiguracji awaryjnej. Takie połączenie jest korzystne zarówno pod względem niezawodności zasilania i bezpieczeństwa, jak również zapewnienia dostawy energii elektrycznej przyszłym odbiorcom.

Dystrybutorem energii elektrycznej na terenie gminy jest przedsiębiorstwo ENERGA-OPERATOR S.A. Oddział w Olsztynie (Grupa kapitałowa ENERGA S.A.).

Aktualne dane dotyczące zainstalowanych stacji transformatorowych 15/0,4 kV będących na majątku i w eksploatacji ENERGA Operator S.A. zamieszczono w załącznikach.

1.2. Stacje transformatorowe GPZ i linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia

Podstawowym zadaniem stacji GPZ jest przetworzenie energii elektrycznej dostarczanej z KSE i rozprowadzenie jej, systemem lokalnych sieci rozdzielczych średniego napięcia 15 kV, do odbiorców przemysłowych i komunalnych zlokalizowanych na terenie miasta. Lokalizacja stacji, a także moc znamionowa transformatorów, jest ściśle związana z zapotrzebowaniem na energię elektryczną na danym obszarze.

Na terenie miasta Malbork zlokalizowane są dwie stacje GPZ:

- Malbork Rakowiec 110/15 kV, wyposażona w dwa transformatory 110/15 kV o mocy 16 MVA każdy - średnie obciążenie stacji GPZ wynosi w granicach 40%;
- Malbork Południe 110/15 kV, wyposażona w dwa transformatory 110/15 kV o mocy

16 MVA każdy - średnie obciążenie stacji wynosi w granicach 40%.

Stacje te, sprzęgają lokalny system elektroenergetyczny z Krajowym Systemem Elektroenergetycznym, co zapewnia bezpieczeństwo energetyczne dla miasta Malbork oraz sąsiadujących gmin, min. gminy wiejskiej Malbork, gminy miejsko-wiejskiej Sztum i Nowy Staw oraz kilku innych sąsiednich gmin.

W przypadku wzrostu obciążenia w obu stacjach GPZ 110/15 kV istnieje możliwość zainstalowania transformatorów o większych mocach. Stan techniczny ww stacji GPZ jest dobry, jednakże wymagają one stosunkowo szybko konkretnych modernizacji, tj. w przypadku:

- stacji Malbork Południe modernizacji należy poddać w szczególności układy zabezpieczeń, układy potrzeb własnych i zasilania gwarantowanego oraz należy wymienić transformator mocy 110/15 kV (taka wymiana planowana jest do roku 2019);
- stacji Malbork Rakowiec modernizacji należy poddać w szczególności układy potrzeb własnych i zasilania gwarantowanego oraz należy wymienić wyłączniki mocy (taka wymiana planowana jest w roku 2014).

Linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia 110 kV zasilające ww stacje GPZ wykonane są w technologii linii napowietrznych o przekroju przewodów 240 mm² AFL na słupach kratowych.

Obciążenie linii elektroenergetycznych 110 kV, zasilających miasto Malbork, przy normalnej pracy systemu nie przekracza 40÷45%. Oznacza to, że w przypadku awarii i konieczności zmiany systemu zasilania sieci 110 kV, linie te są zdolne do przejęcia awaryjnego obciążenia i zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej.

Właścicielem obu stacji GPZ i odpowiedzialnym za ich eksploatację jest przedsiębiorstwo ENERGA-OPERATOR S.A.

1.3. Stacje elektroenergetyczne i linie średniego napięcia

Na terenie miasta Malbork system elektroenergetyczny tworzą sieci elektroenergetyczne średniego napięcia SN 15 kV, sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia nn 0,4 kV oraz 132 stacje transformatorowe SN/nn 15/0,4 kV. Ponadto, sieć średniego napięcia SN 15 kV powiązana jest również ze stacjami GPZ 110/15 kV GPZ Sztum, GPZ Nowy Dwór Gdański oraz GPZ Elbląg Zachód.

Na terenie miasta sieci elektroenergetyczne średniego napięcia SN 15 kV wykonane są w technologii sieci kablowych, natomiast sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia nn 0,4 kV wykonane są jako sieci kablowe i napowietrzne.

W warunkach normalnej pracy systemu elektroenergetycznego sieć elektroenergetyczna średniego napięcia pracuje w układzie otwartym o promieniowych odgałęzieniach, umożliwiającym wielostronne zasilanie odbiorców. Linie elektroenergetyczne SN są stosunkowo dobrze rozbudowane a ich łączna długość na terenie miasta wynosi odpowiednio:

- 7 km linii napowietrznych WN,
- 79 km linii kablowych i napowietrznych SN,
- 204 km linii kablowych i napowietrznych nn.

Linie napowietrzne SN 15 kV, z przewodami AFL 6, eksploatowane głównie na obrzeżach miasta, są liniami o przekrojach $35 \div 70 \text{ mm}^2$, a odgałęzienia od stacji transformatorowych wykonane są przewodami o przekroju 35 mm^2 , natomiast linie kablowe SN 15 kV, są to linie o przekrojach $35 \div 150 \text{ mm}^2$ i 240 mm^2 .

Istniejące linie są w przeważającym stopniu w dobrym stanie technicznym. Zakład prowadzi sukcesywną wymianę linii napowietrznych na linie kablowe, w miarę zaistniałych potrzeb i posiadanych środków finansowych. Średnie obciążenie linii średniego napięcia SN wynosi obecnie około $45 \div 55\%$.

Linie elektroenergetyczne średniego napięcia zasilają na terenie miasta 132 stacje transformatorowe 15/0,4 kV, z których zasilany jest cały system linii elektroenergetycznych napowietrznych i kablowych niskiego napięcia.

Stan techniczny linii średniego napięcia (SN), jak również innych urządzeń elektroenergetycznych zasilających miasto Malbork oceniany jest jako dobry. Standardy jakościowe energii elektrycznej są dotrzymane z zachowaniem odchyłeń dopuszczalnych przepisami.

1.4. Linie elektroenergetyczne niskiego napięcia

Linie elektroenergetyczne niskiego napięcia (nn) są to linie napowietrzne i kablowe o napięciu 0,4 kV, zasilające bezpośrednio odbiorców komunalno-bytowych, sektor przemysłowy oraz sektor usługowo-handlowy. Sieć elektroenergetyczna niskiego napięcia jest dobrze rozbudowana i pracuje, jako sieć promieniowo otwarta. Stan techniczny linii niskiego napięcia (nn) zlokalizowanych na terenie miasta oceniany jest jako dobry.

Sieć oświetlenia ulicznego jest wydzieloną siecią 0,4 kV, kablową, bądź też napowietrzną izolowaną.

Przedsiębiorstwo energetyczne prowadzi sukcesywną wymianę linii napowietrznych na linie kablowe, w miarę zaistniałych potrzeb i posiadanych środków finansowych, zgodnie z przyjętym „Planem Rozwoju”.

2. OCENA AKTUALNEGO I PERSPEKTYWICZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ MIASTA MALBORK

2.1. Aktualne zużycie energii elektrycznej na terenie miasta Malbork

Zużycie energii elektrycznej wszystkich odbiorców, zlokalizowanych na terenie miasta Malbork, w okresie ostatnich kilku lat systematycznie rośnie. Łączne roczne zużycie energii elektrycznej w latach 2012÷2013 wyniosło w granicach 73,0÷75,0 GWh i wzrosło w stosunku do lat 2005÷2006 o blisko 8% - jest to zużycie energii elektrycznej netto (loco odbiorca), bez uwzględnienia strat wynikających z przesyłu, transformacji i dystrybucji tej energii od jej źródeł do odbiorców.

Średnie roczne zużycie energii elektrycznej na jednego mieszkańca miasta Malbork w roku 2013 wyniosło (loco odbiorca) w granicach 1870÷1900 kWh, natomiast wliczając straty tej energii na przesył, transformację i jej dystrybucję, średnie zużycie energii elektrycznej na mieszkańca mogło wynosić nawet w granicach 2150÷2200 kWh.

W tabeli 2.1.1. przedstawiono zużycie energii elektrycznej z podziałem na wybrane grupy odbiorców.

Tabela.2.1.1.

Grupy odbiorców	2012÷2013 [MWh/rok]
Odbiorcy przemysłowi	33 000
Obiekty użyteczności publicznej, usługi i handel	5 100
Odbiorcy indywidualni (mieszkańcy)	28 200
Oświetlenie (ulice, urzędy, itp.)	1 450
Obiekty inne	6 750
Razem	74 500

Największymi odbiorcami energii elektrycznej na terenie miasta Malbork są odbiorcy przemysłowi oraz indywidualni. Odbiorcy ci zużywają ponad 82% całego zapotrzebowania na energię elektryczną miasta.

Aktualną strukturę odbiorców energii elektrycznej na terenie miasta Malbork przedstawiono na rys. 2.2.1.

2.2. Aktualne zapotrzebowanie na moc elektryczną odbiorców miasta Malbork

Aktualnie zapotrzebowanie na moc elektryczną odbiorców zlokalizowanych na terenie miasta Malbork (zapewniające pełne pokrycie zapotrzebowania wszystkich odbiorców), w okresie sezonu grzewczego wynosi w granicach 29÷31 MW_e, natomiast faktyczne maksymalne (pomiarowe) zapotrzebowanie odbiorców, uwzględniające niejednoczesność poboru mocy wynosi w granicach 20,0÷22,0 MW_e.

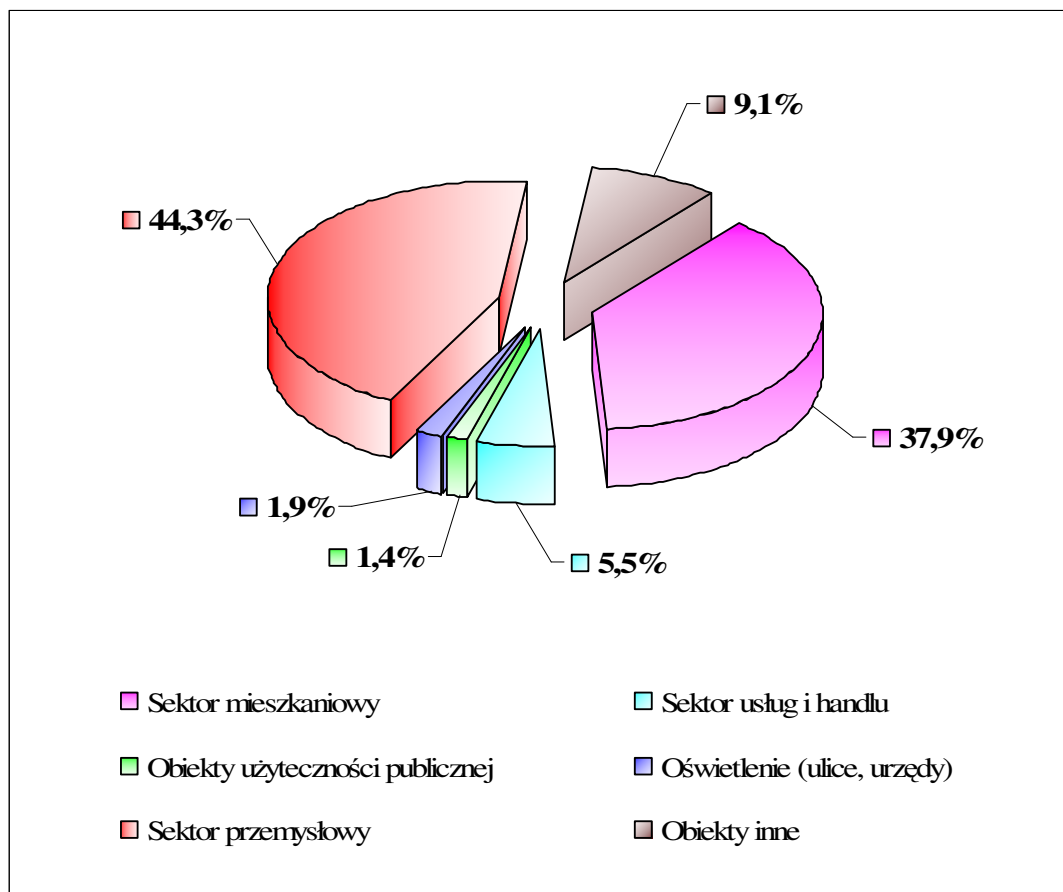
Zapotrzebowanie na moc elektryczną miasta w okresie ostatnich kilku lat utrzymuje się na podobnym poziomie, z nieznaczną tendencją wzrostu. Należy przyjąć, że w najbliższych

latach zapotrzebowanie to będzie stopniowo rosło, zarówno w okresie zimy, jak i w okresie lata.

Łączna rezerwa mocy elektrycznej dla obszaru miasta Malbork, uwzględniająca zarówno zainstalowaną moc elektryczną transformatorów w stacjach GPZ, zdolności przesyłowe linii elektroenergetycznych SN, jak i straty energii elektrycznej (straty przesyłowe i transformacji), wynosi w granicach 15,0÷17,0 MW_e.

Rezerwy mocy nie należy rozumieć dosłownie, ponieważ przyłączenie nowych odbiorców (nowych mocy) lub zwiększenie mocy przez aktualnie zasilanych odbiorców może być ograniczone ze względu na parametry techniczne linii elektroenergetycznych niskiego napięcia (przekroje przewodów, długości obwodów itp.).

Przyłączanie nowych odbiorców do linii średniego lub niskiego napięcia lub zwiększenie mocy u obecnych odbiorców realizowane jest przez operatora systemu dystrybucyjnego na podstawie bieżącej analizy i wydanych warunków rozbudowy sieci elektroenergetycznych SN lub nn.



Rys. 2.2.1. Aktualna struktura odbiorców energii elektrycznej na terenie miasta Malbork

Zakładając zrównoważony rozwój gospodarczy miasta Malbork należy przyjąć, że zapotrzebowanie na moc elektryczną będzie rosnąć, ale dynamika wzrostu będzie różna dla różnych grup odbiorców.

2.3. Założenia do analizy perspektywnego zapotrzebowanie na energię elektryczną miasta Malbork

Podstawą do opracowania założeń do planu zaopatrzenia miasta Malbork w energię elektryczną stanowi analiza następujących dokumentów:

1. Ustawa Prawo Energetyczne [1]
2. Dane i materiały udostępnione przez przedsiębiorstwo ENERGA OPERATOR S.A. Oddział w Olsztynie, 2014r.
3. Dane udostępnione przez Urząd Miasta Malbork, 2014r.
4. Dokument pt. „Założenia do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla miasta Malbork”; Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A.; Warszawa, 2002r.
5. Materiały własne oraz baza danych Fundacji Poszanowania Energii w Gdańsku.
6. Dane z roczników statystycznych GUS.

W analizowanym dokumencie przyjęto określone założenia dotyczące wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców, zarówno indywidualnych, jak i przemysłowo-usługowych, zlokalizowanych na terenie miasta Malbork, w okresie najbliższych 15 lat. Tempo wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną zostało określone w oparciu o następujące czynniki:

- stopniowa poprawa standardu życia mieszkańców gminy - wzrost ten może wymagać większych inwestycji w infrastrukturę elektroenergetyczną, gdyż istniejące sieci elektroenergetyczne średniego napięcia (SN) i niskiego napięcia (nn) mogą nie zabezpieczyć pokrycie zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną odbiorców indywidualnych, w szczególności nowych budynków obiektów mieszkalnych;
- stopniowy wzrost zużycia energii elektrycznej w sektorach usługowym i przemysłowym wynikający z rozwoju gospodarczego gminy;
- planowany rozwój budownictwa mieszkaniowego.

Przy określeniu tempa wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną w gminie uwzględniono również przyjęte założenia zrównoważonego rozwoju gospodarczego województwa pomorskiego.

Wzrost zapotrzebowania na moc elektryczną na terenie miasta Malbork odnotują następujące grupy odbiorców:

- sektor przemysłowy;
- podmioty gospodarcze związane z usługami oraz drobnym przemysłem;
- odbiorcy indywidualni.

W przypadku pierwszej i drugiej grupy odbiorców wzrost zapotrzebowania na moc nastąpi w wyniku gospodarczego rozwoju gminy, tj. w wyniku rozwoju już istniejących podmiotów gospodarczych oraz powstawania nowych odbiorców w tej grupie. Założono, że 60÷65% odbiorców tej grupy będzie zlokalizowana na obszarach dzisiaj zabudowanych.

Zapewnienie oświetlenia (w tym oświetlenia energooszczędnego), ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, a także zapewnienie bardziej ekologicznej pracy urządzeń technologicznych będzie stosunkowo najłatwiejsze do realizacji przy wykorzystaniu energii elektrycznej. W przypadku lokalizacji nowych budynków lub rozbudowy istniejących obiektów na terenie

już dzisiaj zabudowanym, doprowadzenie innych mediów niż energia elektryczna będzie trudniejsze i bardziej kosztowne.

Wzrost zapotrzebowania na moc elektryczną w grupie odbiorców indywidualnych spowodują następujące czynniki:

1. Rozwój budownictwa mieszkaniowego, który będzie się odbywał głównie poprzez budowę nowych budynków mieszkalnych (w większości domów jednorodzinnych), spowoduje wzrost zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową, wentylację a także klimatyzację – potrzeby te będą w znacznej mierze zapewniane w oparciu o energię elektryczną, ponieważ ten rodzaj energii jest i będzie stosunkowo najbardziej dostępny.
2. Stały przyrost liczby urządzeń elektrycznych wykorzystywanych w gospodarstwach domowych i sektorze usługowym (sprzęt RTV, AGD, komputery itp.).
3. Dynamiczny rozwój instalacji wykorzystujących pompy ciepła oraz możliwa zmiana w relacjach cen gazu ziemnego i innych nośników energii dla odbiorców indywidualnych na korzyść energii elektrycznej.

Zakładając rozwój gospodarczy miasta Malbork przyjęto, że dynamika wzrostu zapotrzebowania na moc i energię elektryczną w poszczególnych grupach odbiorców będzie różna. Dynamika ta będzie większa w małych i średnich podmiotach gospodarczych oraz stosunkowo mniejsza w większych zakładach przemysłowo-usługowych.

Na podstawie wyżej wymienionych dokumentów, informacji i analiz można przyjąć, że średnie zapotrzebowanie na energię elektryczną w okresie 15 lat, dla miasta Malbork będzie wzrastało z dynamiką ok. 1,6÷1,9% na rok.

2.4. Scenariusze zaopatrzenia w energię elektryczną miasta Malbork w perspektywie 15 lat

Zapotrzebowanie na moc i energię elektryczną miasta Malbork, w perspektywie 15÷16 lat, opracowano przyjmując różne wskaźniki procentowego wzrostu mocy elektrycznej i różne wskaźniki procentowego wzrostu zużycia energii elektrycznej, dla dwóch 5-letnich i jednego 6-letniego, okresów czasu, na jaki podzielono cały analizowany okres, tj. lata 2014÷2030.

Do analizy perspektywicznego bilansu zapotrzebowania na energię elektryczną przyjęto następujące trzy scenariusze:

- scenariusza optymalnego rozwoju i modernizacji sektora elektroenergetycznego (scenariusz nr I);
- scenariusza ograniczonego rozwoju sektora elektroenergetycznego (scenariusz nr II);
- scenariusza zaniechania (stagnacji) rozwoju i modernizacji sektora elektroenergetycznego (scenariusz nr III).

Analizę wyżej opisanych wskaźników wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, jak również obliczenia zapotrzebowania na moc i energię elektryczną, przeprowadzono oddzielnie dla każdego z poniżej przedstawionych scenariuszy.

Scenariusze zaopatrzenia miasta Malbork w energię elektryczną

- 1. Scenariusz I (optymalny rozwój i modernizacja sektora elektroenergetycznego)** – jest to scenariusz zakładający znaczącą modernizację oraz optymalny rozwój sektora elektroenergetycznego na terenie miasta Malbork. Scenariusz I zakłada:
 - modernizację większości linii elektroenergetycznych oraz stacji transformatorowych na terenie miasta i sąsiadujących gmin;
 - wprowadzenie sieci inteligentnych „Smart Grid”¹ w oparciu o zmodernizowane systemy elektroenergetyczne;
 - realizację programu budowy elektrowni fotowoltaicznych (PV) – jest to program wieloetapowy zakładający budowę, w wybranych rejonach woj. pomorskiego, elektrowni PV o mocy elektrycznej w granicach 20÷40 kW_e, 60÷100 kW_e i 0,3÷2,0 MW_e – program ten jest zgodny z założeniami Strategii Rozwoju Województwa Pomorskiego 2020 (dokument przyjęty przez Sejmik WP 24 września 2012 r.), w szczególności z Regionalnym Programem Strategicznym w zakresie energetyki i środowiska „Ekoefektywne Pomorze” oraz z dokumentem Prawo Energetyczne [];
 - ograniczenie strat mocy i energii elektrycznej, wynikające z jej przesyłu, transformacji i dystrybucji do wartości ok. 6,0÷7,0%;
 - znaczący wzrost udziału elektroenergetycznych linii kablowych w łącznej długości wszystkich linii SN i nn.;
 - możliwość produkcji energii elektrycznej w 2÷3 lokalnych elektrociepłowniach, (produkcja energii elektrycznej w blokach energetycznych pracujących w układzie skojarzonym) – lokalne elektrociepłownie powinny zasilać lokalne systemy ciepłownicze, które mogą powstać na terenach, na których realizowane będą nowe inwestycje w sektorze mieszkaniowym i przemysłowym;
 - znaczące obniżenie zużycia energii elektrycznej przypadające na oświetlenie ulic, placów i obiektów użyteczności publicznej;
 - zakłada, że nowi odbiorcy energii elektrycznej, w dużym stopniu skompensują obniżone zużycie tej energii, wynikłe z faktu realizacji prac modernizacyjnych systemu elektroenergetycznego oraz z faktu wymiany urządzeń elektrycznych u odbiorców końcowych na bardziej energooszczędne.

W scenariuszu I przyjęto do obliczeń określone procentowe wskaźniki wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną oraz procentowe wskaźniki wzrostu zużycia energii elektrycznej. Wskaźniki te dobrano w perspektywie 15 lat z podziałem na dwa 5-letnie i jeden 6-letni okres czasu. W tabeli 2.4.1 przedstawiono wskaźniki przyjęte do obliczeń dla scenariusza I.

¹ „Sieć inteligentna - Smart Grid”, termin określony w amerykańskiej Ustawie o Niezależności Energetycznej i Bezpieczeństwie Energetycznym (EISA) z grudnia 2007, oznacza zmodernizowany system dostawy energii elektrycznej, który monitoruje, wykonuje pomiary oraz automatycznie optymalizuje działanie poszczególnych podzespołów systemu elektroenergetycznego, od generatora poprzez linie wysokiego napięcia i system dystrybucji aż do użytkowników końcowych. System ten charakteryzuje się dwustronnym przepływem energii i informacji, co pozwala na realizację rozproszonego, zautomatyzowanego systemu dostawy energii, reagującego bez inercji, co pozwala na natychmiastową reakcję systemu i utrzymanie równowagi pomiędzy źródłem energii elektrycznej a odbiorcą – definicja wg firmy Electric Power Research Institute (EPRI).

Tabela 2.4.1.

Wskaźniki zużycia energii elektrycznej	Lata:		
	2014÷2019	2019÷2024	2024÷2030
Średni roczny wskaźnik wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną [%]	1,90÷2,30%	1,50÷1,95%	1,10÷1,50%
Średni roczny wskaźnik wzrostu zużycia energii elektrycznej [%]	1,60÷2,00%	2,40÷2,70%	0,90÷1,30%

2. **Scenariusz II (ograniczonego rozwoju sektora elektroenergetycznego)** – jest to scenariusz zakładający tylko częściową modernizację oraz ograniczony rozwój sektora elektroenergetycznego na terenie miasta Malbork. Scenariusz II zakłada:

- modernizację wybranych linii elektroenergetycznych oraz stacji transformatorowych na terenie miasta i sąsiadujących gmin;
- wprowadzenie inteligentnego systemu pomiarowego, tzw. „Smart Metering” w oparciu o częściowo zmodernizowane systemy elektroenergetyczne;
- ograniczoną realizację programu budowy elektrowni fotowoltaicznych (PV);
- ograniczenie strat mocy i energii elektrycznej, wynikające z jej przesyłu, transformacji i dystrybucji do wartości ok. 9,0÷10,0%;
- ograniczoną wymianę istniejących linii elektroenergetycznych SN i nn na linie kablowe;
- możliwość produkcji energii elektrycznej w 1÷2 lokalnych elektrociepłowniach (produkcja energii elektrycznej w bloku energetycznym pracującym w układzie skojarzonym), zasilającej lokalny system ciepłowniczy;
- ograniczone obniżenie zużycia energii elektrycznej przypadające na oświetlenie ulic, placów i obiektów użyteczności publicznej;
- zakłada, że nowi odbiorcy energii elektrycznej, tylko w nieznacznym stopniu, skompensują ewentualne obniżenia zużycia tej energii wynikłe z faktu realizacji prac modernizacyjnych systemu elektroenergetycznego oraz z faktu wymiany urządzeń elektrycznych u odbiorców końcowych na bardziej energooszczędne.

Przyjęte do obliczeń w scenariuszu II procentowe wskaźniki wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną oraz procentowe wskaźniki wzrostu zużycia energii elektrycznej, z podziałem na dwa 5-letnie i jeden 6-letni okres czasu, przedstawia tabela 2.4.2.

Tabela 2.4.2.

Wskaźniki zużycia energii elektrycznej	Lata:		
	2014÷2019	2019÷2024	2024÷2030
Średni roczny wskaźnik wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną [%]	2,60÷3,00%	1,85÷2,30%	1,70÷2,15%
Średni roczny wskaźnik wzrostu zużycia energii elektrycznej [%]	3,10÷3,50%	2,50÷2,90%	2,10÷2,50%

3. **Scenariusz III (zaniechania rozwoju i modernizacji sektora elektroenergetycznego)** – jest to scenariusz zakładający stan stagnacji, tj. praktycznie stan zaniechania prac modernizacyjnych w systemie elektroenergetycznym, natomiast rozbudowa tego systemu wynika jedynie z faktu podłączania nowych odbiorców. Scenariusz III zakłada:

- minimalną modernizację systemu elektroenergetycznego na terenie miasta;
- ograniczoną budowę nowych linii elektroenergetycznych oraz stacji transformatorowych, jedynie w celu podłączenia nowych odbiorców;
- wymianę istniejących linii elektroenergetycznych SN i nn na linie kablowe w tempie realizowanych w ostatnich 5 latach;
- ograniczenie strat mocy i energii elektrycznej, wynikające z jej przesyłu, transformacji i dystrybucji do wartości ok. 12,5÷13,5%;
- brak budowy lokalnych elektrociepłowni;
- stosunkowo małe obniżenie zużycia energii elektrycznej przypadające na oświetlenie ulic, placów i obiektów użyteczności publicznej;
- zakłada, że obniżenie zużycia energii elektrycznej, wynikłe z faktu wymiany urządzeń elektrycznych u odbiorców końcowych na bardziej energooszczędne, nie skompensują wzrostu zużycia tej energii wynikającego z faktu podłączenia nowych odbiorców.

Przyjęte do obliczeń w scenariuszu III procentowe wskaźniki wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną oraz procentowe wskaźniki wzrostu zużycia energii elektrycznej, z podziałem dwa 5-letnie i jeden 6-letni okres czasu, przedstawia tabela 2.4.3.

Tabela 2.4.3.

Wskaźniki zużycia energii elektrycznej	Lata:		
	2014÷2019	2019÷2024	2024÷2030
Średni roczny wskaźnik wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną [%]	3,00÷3,40%	2,50÷3,00%	1,80÷2,20%
Średni roczny wskaźnik wzrostu zużycia energii elektrycznej [%]	4,00÷4,40%	3,00÷3,50%	2,10÷2,50%

2.5. Perspektywiczne zapotrzebowanie na energię elektryczną

Zakładając zrównoważony rozwój gospodarczy miasta Malbork i powiatu malborskiego należy przyjąć, że dynamika wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną będzie zróżnicowana w poszczególnych grupach odbiorców. Analizując prognozy wzrostu zużycia energii elektrycznej w perspektywie najbliższych 15÷16 lat, należy przyjąć dla scenariusza optymalnego, że zapotrzebowanie na energię elektryczną powinno wzrastać w tempie średniorocznym w granicach 1,10÷2,60%, przy czym przyrosty w pierwszych dwóch 5-letnich okresach będą relatywnie wyższe niż, w trzecim 6-letnim okresie czasu.

Perspektywiczne zużycie energii elektrycznej - Scenariusz I

Perspektywiczne, w okresie 15÷16 lat, zużycie energii elektrycznej dla różnych grup odbiorców przedstawiono w tabeli 2.5.1, zgodnie z założeniami przedstawionymi w scenariuszu I.

Tabela 2.5.1.

Odbiorca energii elektrycznej	Zużycie energii elektrycznej [MWh/rok] w latach			
	2012-2013	2019	2024	2030
Sektor mieszkaniowy	28 200	33 700	36 700	39 700
Sektor usług i handlu	4 080	4 500	4 900	5 350
Obiekty użyteczności publicznej	1 020	1 000	1 000	900
Oświetlenie (ulice, urzędy)	1 450	1 300	1 000	750
Sektor przemysłowy	33 000	35 000	40 800	43 700
Obiekty inne	6 750	6 800	7 600	7 600
Łącznie	74 500	82 300	92 000	98 000

Perspektywiczne zużycie energii elektrycznej - Scenariusz II

Perspektywiczne, w okresie 15÷16 lat, zużycie energii elektrycznej dla różnych grup odbiorców scenariusza II przedstawiono w tabeli 2.5.2.

Tabela 2.5.2.

Odbiorca energii elektrycznej	Zużycie energii elektrycznej [MWh/rok] w latach			
	2012-2013	2019	2024	2030
Sektor mieszkaniowy	28 200	34 000	36 500	40 100
Sektor usług i handlu	4 080	4 800	5 400	6 100
Obiekty użyteczności publicznej	1 020	1 100	1 200	1 300
Oświetlenie (ulice, urzędy)	1 450	1 400	1 300	1 100
Sektor przemysłowy	33 000	39 900	46 700	52 700
Obiekty turystyczne i inne	6 750	8 000	9 400	10 900
Łącznie	74 500	89 200	100 500	112 200

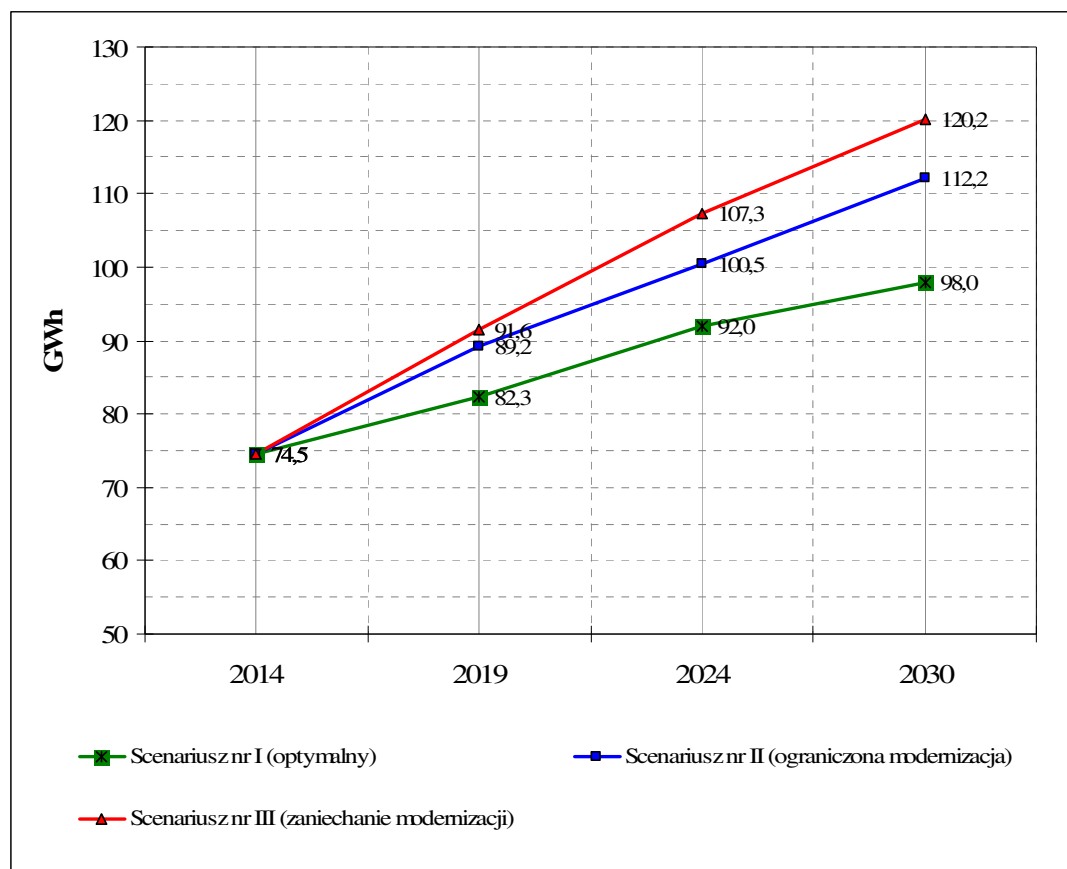
Perspektywiczne zużycie energii elektrycznej - Scenariusz III

Perspektywiczne, w okresie 15÷16 lat, zużycie energii elektrycznej dla różnych grup odbiorców scenariusza III przedstawiono w tabeli 2.5.3.

Tabela 2.5.3.

Odbiorca energii elektrycznej	Zużycie energii elektrycznej [MWh/rok] w latach			
	2012-2013	2019	2024	2030
Sektor mieszkaniowy	28 200	33 900	38 400	42 400
Sektor usług i handlu	4 080	5 000	5 900	6 800
Obiekty użyteczności publicznej	1 020	1 200	1 300	1 500
Oświetlenie (ulice, urzędy)	1 450	1 500	1 400	1 400
Sektor przemysłowy	33 000	41 000	49 600	56 300
Obiekty turystyczne i inne	6 750	9 000	10 700	11 800
Łącznie	74 500	91 600	107 300	120 200

Perspektywiczne zapotrzebowanie na energię elektryczną dla miasta Malbork, dla analizowanych scenariuszy I÷III, przedstawiono na rysunku 2.5.1.



Rys. 2.5.1. Perspektywiczne zapotrzebowanie na energię elektryczną [GWh] dla analizowanych scenariuszy I-III

2.6. Perspektywiczne zapotrzebowanie na moc elektryczną

Zakładając zrównoważony rozwój gospodarczy miasta Malbork przyjęto, że zapotrzebowanie na moc elektryczną będzie wzrastało średnio z roczną dynamiką ok. 1,60÷1,90%. Szczegółowe zestawienie wskaźników wzrostu mocy przedstawiono w pkt. 2.4. Poniżej przedstawiono szacunkowe obliczeniowe zapotrzebowanie na moc elektryczną gminy dla scenariuszy I, tj scenariusza optymalnego rozwoju oraz scenariusza III, tj scenariusza zaniechania.

Perspektywiczne zapotrzebowanie na moc elektryczną - Scenariusz I

Ocenę szacunkowego wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną w perspektywie najbliższych 15-16 lat dla scenariusza I przedstawiono w tabeli 2.6.1.

Tabela nr 2.6.1.

Rok	2012-2013	2019	2024	2030
Zapotrzebowanie na moc elektryczną dla miasta Malbork (sezon grzewczy) [MW _e]	29,0÷31,0	32,5÷34,0	35,5÷37,0	38,5÷40,0

Perspektywiczne zapotrzebowanie na moc elektryczną - Scenariusz III

Ocenę szacunkowego wzrostu zapotrzebowania na moc elektryczną w perspektywie najbliższych 15-16 lat dla scenariusza III (zaniechania) przedstawiono w tabeli 2.6.2.

Tabela nr 2.6.2.

Rok	2012-2013	2019	2024	2030
Zapotrzebowanie na moc elektryczną dla miasta Malbork (sezon grzewczy) [MW _e]	29,0÷31,0	35,0÷37,0	42,0÷43,0	50,0÷51,0

Przewidywany wzrost zapotrzebowania na moc elektryczną wymusi przeprowadzenie szeregu działań modernizacyjnych i oszczędnościowych, które pozwolą na dostarczenie przez system elektroenergetyczny odpowiedniej mocy i energii aktualnym i przyszłym odbiorcom.

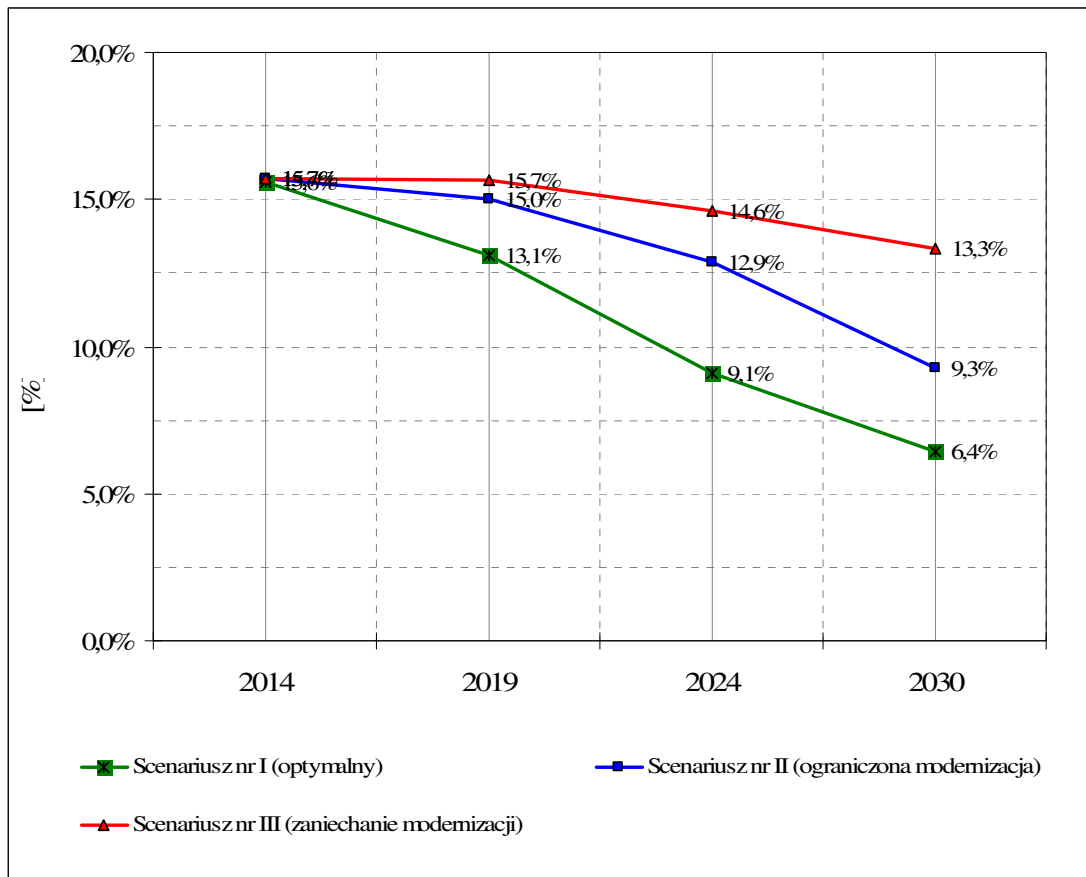
Wybór optymalnego scenariusza zaopatrzenia w energię elektryczną miasta Malbork, tj. scenariusza I, pozwoli na docelowe obniżenie wymaganej mocy elektrycznej zainstalowanej w stacjach transformatorowych o blisko 13%, jak również obniżenie zużycia energii elektrycznej o ponad 22,5% w stosunku do scenariusza III (stagnacji i zaniechania modernizacji). Ponadto realizacja scenariusza I przyczyni się do znacznego obniżenia strat energii elektrycznej w bilansie energetycznym gminy.

W tabeli 2.6.3 przedstawiono szacunkowe straty energii elektrycznej w bilansie energetycznym gminy w perspektywie do roku 2030 dla analizowanych scenariuszy I, II i III.

W tabeli przedstawiono wielkości strat w wartościach bezwzględnych (GWh) i w ujęciu procentowym, natomiast na rysunku 2.6.1. przedstawiono graficzną ilustrację wielkości tych strat.

Tabela 2.6.3.

Scenariusze zaopatrzenia w energię elektryczną	Straty energii elektrycznej w bilansie gminy [GWh]			
	2013	2018	2023	2029
Scenariusz nr I (optymalny)	11,60	10,79	8,39	6,30
Scenariusz nr II (ograniczona modernizacja)	11,60	13,40	12,95	10,42
Scenariusz nr III (zaniechanie modernizacji)	11,60	14,35	15,68	16,01
	Straty energii elektrycznej w bilansie gminy [%]			
Scenariusz nr I (optymalny)	15,6%	13,1%	9,1%	6,4%
Scenariusz nr II (ograniczona modernizacja)	15,6%	15,0%	12,9%	9,3%
Scenariusz nr III (zaniechanie modernizacji)	15,6%	15,7%	14,6%	13,3%



Rys. 2.6.1. Udział start energii elektrycznej w perspektywie 15÷16 lat dla analizowanych scenariuszy I-III

Modernizacja i rozwój systemu elektroenergetycznego musi uwzględniać podstawowe jego elementy, tj. sieci elektroenergetyczne (WN, SN i nn) i stacje elektroenergetyczne oraz inteligentne systemy zarządzania sieciami elektroenergetycznymi (tzw. „Smart Grid”). Spełnienie tych warunków pozwoli docelowo na przesłanie i przetworzenie zwiększonej ilości energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym.

3. OCENA MOŻLIWOŚCI PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ W ŹRÓDŁACH LOKALNYCH I ODNAWIALNYCH

3.1. Produkcja energii elektrycznej w lokalnych źródłach

Rozwój lokalnych źródeł energii elektrycznej, tj. obiektów wytwarzających energię elektryczną o mocy od kilkudziesięciu kW do kilkunastu MW, często pracujących w układzie skojarzonym, jest zgodny z założeniami polityki energetycznej Unii Europejskiej. Rozwój gospodarki skojarzonej pozwala maksymalnie wykorzystać energię chemiczną zawartą w paliwie oraz przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa dostawy energii elektrycznej lokalnym odbiorcom.

Korzyści wynikające z budowy lokalnych źródeł energii elektrycznej są następujące:

- wzrost racjonalnego wykorzystania produkowanej energii - zmniejszenie odległości między źródłem energii elektrycznej a odbiorcami ma znaczący wpływ na ograniczenie strat przesyłu i transformacji energii elektrycznej;
- ograniczenie ilości, jak również długości linii elektroenergetycznych przesyłowych i dystrybucyjnych;
- ograniczenie negatywnych skutków awarii w systemach elektroenergetycznych;
- ograniczenie konieczności budowy lub też rozbudowy dużych źródeł energii elektrycznej.

Rozwój lokalnych źródeł energii elektrycznej będzie możliwy tylko przy jednoczesnych korzyściach związanych z uzyskanym efektem ekologicznym - chodzi w tym przypadku o zdecydowane ograniczenie emisji zanieczyszczeń do środowiska, przede wszystkim, emisji CO₂, NO_x, SO₂ i pyłów.

W opracowaniu analizowano źródła energii elektrycznej pracujące w oparciu o paliwo gazowe, w tym biogaz oraz niekonwencjonalne źródła energii, wg następującego podziału:

- źródła gazowe,
- źródła niekonwencjonalne wykorzystujące energię odnawialną.

Poniżej w pkt. 3.2 i 3.3 przedstawiono krótką analizę wykorzystania tych źródeł.

3.2. Produkcja energii elektrycznej w układach kogeneracyjnych

Układy kogeneracyjne (źródła skojarzone) wykorzystujące gaz ziemny, biogaz lub biometan

Korzystne ze względów ekologicznych jest rozpatrzenie możliwości budowy małych lokalnych elektrociepłowni (LEC) zasilanych paliwem gazowym, które pracując w układzie skojarzonym produkują energię elektryczną i ciepło w blokach energetycznych. Bloki energetyczne pracują w oparciu o mikroturbiny gazowe lub agregaty kogeneracyjne, które zasilane są gazem ziemnym, biogazem lub biometanem, tj. oczyszczonym biogazem. Bloki te współpracują z kotłami wodnymi odzyskowymi, które zapewniają optymalne wykorzystanie ciepła spalin i pozwalają na pokrycie zapotrzebowania w okresach szczytowych.

W zależności od mocy zainstalowanych generatorów bloki energetyczne elektrociepłowni mogą być podłączone do sieci elektroenergetycznej o napięciu 15 kV lub w przypadku

bardzo małych źródeł, o mocy od kilkunastu do kilkudziesięciu kW, również do sieci niskiego napięcia 0,4 kV.

Technologia wytwarzania energii w układzie skojarzonym zapewnia wysoką sprawność przetworzenia energii pierwotnej na energię elektryczną i ciepło. Małe źródła łatwiej jest dostosować do potrzeb nowych lokalnych systemów elektroenergetycznych, w tym również do budowy lokalnych systemów „Smart Grid”. Należy podkreślić również, że w lokalnych układach tego typu można zminimalizować poziom strat energii elektrycznej i ciepła, co ma znaczny wpływ na stabilizację cen tych mediów.

Ponieważ źródła energii elektrycznej pracujące w układzie skojarzonym, są zasilane głównie gazem ziemnym (w proponowanych nowych projektach również biogazem), ich wpływ na zanieczyszczenie środowiska w przypadku emisji CO₂ i NO_x jest lokalnie znacznie mniejszy niż wpływ elektrowni systemowych i wielokrotnie mniejszy od kotłowni opalanych paliwem stałym, np. opalanych węglem, natomiast emisje SO₂ i pyłów są praktycznie pomijalne.

Budowa lokalnych elektrociepłowni (LEC) jest również korzystna ze względu na to, że system sieci elektroenergetycznych jest w stanie odebrać praktycznie każdą ilość energii elektrycznej wytwarzanej przez małe źródła lokalne.

3.3. Produkcja energii elektrycznej w źródłach odnawialnych

Siłownie wiatrowe

Aktualnie na terenie miasta nie ma zlokalizowanych farm wiatrowych o dużej mocy, tj. zespołów kilku lub nawet kilkunastu elektrowni wiatrowych, zlokalizowanych w danym rejonie i przyłączonych do wspólnego głównego punktu zasilania GPZ.

Ze względu na wymagania środowiskowe oraz przepisy Prawa Budowlanego, na terenie miasta Malbork nie ma możliwości budowy elektrowni wiatrowych średniej i dużej mocy. Możliwe jest natomiast instalowanie indywidualnych małych siłowni wiatrowych (MEWt), tj. elektrowni wiatrowej małej mocy różnego typu, szczególnie w rejonach peryferyjnych miasta i na terenach znacznie oddalonych od lokalnych stacji elektroenergetycznych SN. Inwestycje te powinny być realizowane przy zachowaniu odpowiednich wymagań określonych Prawem Budowlanym i Ustawą o ochronie środowiska.

Wykorzystanie najnowszych małych siłowni wiatrowych do produkcji energii elektrycznej jest możliwe w przypadku, jeżeli prędkość wiatru jest większa niż 2÷4 m/s oraz gdy nie przekracza 25÷30 m/s. Efektywna ekonomicznie prędkość wiatru zamyka się praktycznie w przedziale od 5 m/s do 15 m/s.

Na polskim rynku jest wiele ofert małych elektrowni wiatrowych. Można tu wymienić kilka ofert udostępnianych za pośrednictwem Pomorskiego Parku Naukowo Technologicznego w Gdyni. Podstawowe informacje o tych obiektach zestawiono w tabeli 3.1.

Oferowane elektrownie, montowane przy budynkach, powinny być zamontowane na małej wysokości, wizualnie zgodnej z konstrukcją budynku, a więc na wysokości w granicach od 10 m do 20÷30 m nad poziomem gruntu. Powstaje w związku z tym konieczność oszacowania wydajności tych elektrowni.

Tabela 3.1. Podstawowe dane konstrukcyjne małych elektrowni wiatrowych oferowanych na Wybrzeżu Gdańskim za pośrednictwem Pomorskiego Parku

Typ elektrowni wiatrowej	Moc znamionowa [kW]	Moc maksymalna [kW]	Napięcie znamionowe elektrowni [V]	Średnica wirnika [m]
Air X Breeze	0,2	-	24, 36, 48	1,15
Air X Land	0,4	0,5	24, 36, 48	1,15
WHI 100 WHISPER	0,9	0,9	12, 24, 36, 48	2,70
WHI 200 WHISPER	1,0	1,0	12, 24, 36, 48	2,70
WHI 500 WHISPER	3,0	3,4	24, 36, 48	4,50
Mistral	3,0	3,3	230	2,49
SKYSTREAM	1,8	2,4	230	3,72

Obliczenie wydajności małych elektrowni wiatrowych

Ilość rocznie wytworzonej energii elektrycznej można obliczyć mając dane warunki wiatrowe i charakterystykę elektrowni (moc elektryczna w funkcji prędkości wiatru).

Warunki wiatrowe są najczęściej opisywane funkcją Weibulla, w której przyjmuje się wartości współczynników skali i kształtu: C i k . Dla warunków obejmujących rejony Wybrzeża Gdańskiego można do obliczeń przyjąć wartość współczynników:

$$k = 2,0$$

$$C = 5,2 + 0,018 \cdot h$$

Wartość współczynnika kształtu $k = 2$ - jest przyjęta jako niezależna od wysokości nad poziomem gruntu. Założenie to przyjęto po przeanalizowaniu obliczeń przeprowadzanych przez specjalistyczne firmy realizujące tego typu przedsięwzięcia na terenach północnych woj. pomorskiego.

Do obliczenia wartości współczynnika kształtu i współczynnika skali, który jest wyraźnie zależny od wysokości nad poziomem gruntu wykorzystano celu także wyniki badań i pomiarów wykonywanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej² oraz prace prowadzone przez Katedrę Elektroenergetyki Politechniki Gdańskiej.

Przy obliczaniu współczynnika skali dodatkowo weryfikowano jego wartość poprzez porównanie teoretycznych wyników obliczeń z danymi dotyczącymi produkcji energii elektrycznej zamieszczonymi w informatorach Pomorskiego Parku Naukowo Technologicznego.

Wyniki obliczeń rocznej produkcji energii przez elektrownie wiatrowe w funkcji wysokości wirnika turbiny nad poziomem gruntu przedstawiono w tabeli 3.2.

² Prace badawcze prowadzone przez prof. H. Lorenc

Tabela 3.2. Wyniki obliczenia wydajności małych elektrowni wiatrowych na różnych wysokościach nad poziomem gruntu

Roczna produkcja energii elektrycznej						
Wysokość nad poziomem gruntu h [m]	Współczynnik skali C	Air X Breeze [kW·h/a]	Air X Land [kW·h/a]	WHI 100 [kW·h/a]	Mistral [kW·h/a]	SKYSTREAM [kW·h/a]
10	5,380	217	541	1 000	3 206	3 225
12	5,416	222	551	1 019	3 273	3 287
14	5,452	228	562	1 038	3 340	3 350
16	5,488	233	572	1 057	3 408	3 413
18	5,524	238	582	1 077	3 477	3 477
20	5,560	241	593	1 096	3 546	3 541
22	5,596	245	603	1 116	3 615	3 605
24	5,632	248	614	1 136	3 685	3 670
26	5,668	251	624	1 156	3 755	3 734
28	5,704	255	635	1 176	3 825	3 799
30	5,740	258	646	1 197	3 896	3 864

W podsumowaniu powyższych obliczeń wyznaczono proste wskaźniki do przybliżonego obliczania rocznej produkcji energii elektrycznej możliwej do uzyskania w rejonie woj. pomorskiego dla większości małych elektrowni wiatrowych dostępnych na polskim rynku.

Wskaźnik pierwszy

Roczna produkcja energii elektrycznej przypadająca na jeden kilowat mocy zainstalowanej dla wirnika elektrowni położonego na wysokości 10 m nad poziomem gruntu:

$$e_{p10} = 1082 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{kW}}$$

Wskaźnik drugi

Przy zmianie wysokości położenia wirnika elektrowni w granicach od 10 m do 30 m nad poziomem gruntu roczna produkcja energii elektrycznej przypadająca na jeden kilowat mocy zainstalowanej zmienia się według zależności

$$e_{ph} = e_{p10} \cdot (1 + 0,01 \cdot h) = 1082 \cdot (1 + 0,01 \cdot h), \quad \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{kW}},$$

gdzie: h - aktualna wysokość położenia wirnika elektrowni w granicach nad poziomem gruntu, [m].

Powyższe wskaźniki opisują ilość wytworzonej energii elektrycznej loco zaciski elektrowni. Ilość energii dostarczonej do odbiorcy na poziomie energii końcowej, tj. energii odmierzonej na liczniku energii elektrycznej, jest zmniejszona o straty przetwarzania energii z napięcia stałego na napięcie przemiennie.

Jeśli elektrownia wiatrowa wytwarza energię na napięciu poniżej 230 V, to praktycznie wytwarza energię na napięciu mniejszym niż 230 V (12 V, 24 V, 36 V, 48 V), dlatego też

należy dodatkowo uwzględnić straty transformacji napięcia (przykładowo konwertor pracuje ze sprawnością $0,94 \div 0,96$).

Możliwości wykorzystania małych elektrowni wiatrowych

Małe elektrownie wiatrowe mogą pracować samodzielnie, mogą także współpracować z instalacjami fotowoltaicznymi w układzie multienergetycznym. Mogą być montowane przy budynkach na masztach przymocowanych do konstrukcji budynku lub na masztach wolnostojących.

Należy zwracać uwagę na efekty wizualizacyjne - im jest większa moc znamionowa elektrowni wiatrowej, tym jest większa średnica wirnika turbiny i należy ją montować na odpowiednio wyższym maszcie.

Elektrownie o mocy poniżej 1 kW można montować na masztach o wysokości do 10 m, dlatego mogą to być maszty przymocowane do ściany budynku, natomiast w przypadku elektrowni o większej mocy wskazane jest stosowanie masztów wolnostojących.

W typowej zabudowie wiejskiej lub zabudowie indywidualnej na terenach peryferyjnych miasta zastosowanie małych elektrowni wiatrowych jest jak najbardziej wskazane, natomiast może być ograniczone zastosowanie w zabudowie zlokalizowanej w terenach zalesionych, ponieważ w takich warunkach mocno ograniczona może być prędkość wiatru.

Uproszczony bilans energetyczny

Uwzględniając wyżej podane wskaźniki można przyjąć, że na poziomie energii końcowej (finalnej) odbiorca z elektrowni wiatrowej 1 kW mocy zainstalowanej uzyska rocznie około 1000 kWh energii elektrycznej. Stąd:

- 1) Zmniejszenie rocznego poboru energii elektrycznej z sieci zawodowej: 1000 kWh.
- 2) Roczne obniżenie zużycia węgla na wytwarzanie konwencjonalnej energii elektrycznej wynosi 571 kg (przy założeniu, że sprawność przesyłu energii do odbiorcy, jest równa $\eta = 0,315$, a wartość opałowa węgla $W_d = 20$ MJ/kg).
- 3) Roczne koszty uniknięte, wynikłe ze zmniejszenia wydatków na zakup energii elektrycznej z sieci zawodowej po kosztach jednostkowych (loco odbiorca) – 0,50 zł/kWh, są równe 500 zł/a.

Zastosowanie małych elektrowni wiatrowych ze względów ekonomicznych wymaga przeprowadzenia stosownych analiz. Powodem tego są stosunkowo duże nakłady finansowe, co jest wyraźnie widoczne w jednostkowych nakładach inwestycyjnych. Według aktualnie udostępnionych informacji w katalogach producentów zajmujących się wykorzystaniem energii odnawialnej nakłady te zawierają się w przedziale:

od 4000 zł/kW do ponad 10000 zł/kW (nakłady te mogą sięgać nawet 30 000 zł/kW)

Biorąc pod uwagę ww warunki nakładów inwestycyjnych oraz przyjmując dodatkowo założenia: 15-letni okres eksploatacji elektrowni, stopę dyskonta równą 0,08 oraz zakładając, że w kosztach produkcji energii elektrycznej z tych elektrowni uwzględnia się tylko zwrot nakładów inwestycyjnych rozłożony na okres 15 lat, koszt wytwarzania energii elektrycznej (loco elektrownia) zawarty jest w granicach $0,70 \div 1,10$ zł/kWh.

Instalacje fotowoltaiczne – elektrownie PV

Instalacje fotowoltaiczne pozwalają wykorzystywać energię promieniowania słonecznego do produkcji energii elektrycznej. Ilość efektywnie pozyskanej energii elektrycznej jest mocno ograniczona sprawnością urządzeń. Powszechnie stosowane krzemowe ogniwa fotowoltaiczne pracują ze sprawnością rzędu kilkunastu procent, sprawność ta obniża się w miarę zużywania się ogniw PV w czasie eksploatacji. Laboratoryjnie sprawność ogniw PV jest wyznaczana w temperaturze 25 °C. Ze wzrostem temperatury ogniw sprawność ich spada. Według danych od producentów, ze wzrostem temperatury wytwarzana moc elektryczna PV spada o 0,2 ÷ 0,5 procenta na każdy stopień Celsjusza powyżej 25 °C.

W warunkach nasłonecznienia gmin powiatów malborskiego, sztumskiego i kwidzyńskiego można przyjąć, że roczna produkcja energii elektrycznej na poziomie energii końcowej z 1 kW mocy zainstalowanej będzie wynosiła 900 ÷ 1100 kWh, przy szacunkowych średnich nakładach inwestycyjnych wynoszących około 6000 ÷ 7000 zł/1 kW. Dla zestawu 6 paneli o mocy zainstalowanej na poziomie 1 kW potrzebna jest powierzchnia dachu ok. 7,0 ÷ 9,0 m² - sprawność przetwarzania energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną aktualnie wynosi w granicach 13 ÷ 17%, natomiast warto podkreślić, że już opracowane są technologie pozwalające na uzyskanie sprawności na poziomie ~20%.

Producenci dostarczają odbiorcom dwa gotowe zestawy instalacji PV zasilające odbiorów na napięciu 230V:

- 1) instalacje podłączone do sieci elektroenergetycznych i współpracujące z nią - określane dalej, jako „OnGrid”,
- 2) instalacje nie podłączone do sieci elektroenergetycznych i pracujące na sieć wydzieloną - dalej określane, jako „OffGrid”.

Instalacja OnGrid nie ma akumulatorów energii elektrycznej i jest przewidziana do pracy u odbiorcy przemysłowego nieprzerwanie pobierającego energię elektryczną – w szczególności w ciągu dnia, dzięki czemu nie ma „biegu jałowego” instalacji PV.

Instalacja OffGrid ma akumulatory energii elektrycznej. Podobnie, jak OnGrid ma ona inwerter, który jest znacznie droższy od inwertera dla OnGrid, ponieważ musi być specjalnie dostosowany do współpracy z baterią akumulatorów uwzględniając optymalizację procesu ich ładowania. Instalacja OffGrid jest w nakładzie inwestycyjnym od dwu- do czterokrotnie droższa od instalacji OnGrid.

Nakłady inwestycyjne na obiekty fotowoltaiczne decydują o stosunkowo wysokich kosztach wytwarzania energii elektrycznej. PPNT oferując instalację OnGrid wskazuje na możliwość poszukiwania obszarów ekonomicznej opłacalności wykorzystania konwersji fotowoltaicznej. Poniżej przedstawiono uproszczone studium kosztów wytwarzania energii elektrycznej z wykorzystaniem techniki fotowoltaicznej w instalacji OnGrid.

Do obliczeń przyjęto zestaw opisanych niżej danych liczbowych oraz szereg założeń upraszczających. W rezultacie uzyskane wyniki obliczeń mogą być obciążone błędem założeń, ale dobrze wskazują kierunek dalszych przedsięwzięć w zakresie fotowoltaiki.

Wydajność instalacji fotowoltaicznej

Na podstawie danych warszawskich i gdyńskich wykonano oszacowanie miesięcznej i rocznej produkcji energii elektrycznej w odniesieniu do jednego kilowata mocy zainstalowanej w instalacjach PV.

Wyniki oszacowania przedstawiono w tabeli 3.3. Dane z wykonanych obliczeń są wyjściowe do wyznaczenia sprawności instalacji PV w obliczeniach kosztów wytwarzania energii elektrycznej. W tabeli widać różnice w ilości wytworzonej energii elektrycznej, która wynika z kilku powodów, tj.: z różnicy nasłonecznienia pomiędzy centralnymi rejonami kraju, a regionem północnym, z metody obliczeń, z dokładności pomiarów oraz z różnic w rozwiązaniach konstrukcyjnych paneli PV.

Do dalszych obliczeń w opracowanym algorytmie wyznaczono sprawność baterii PV, do tych obliczeń przyjęto dane według PPNT oraz średnie wieloletnie warunki nasłonecznienia na Wybrzeżu Gdańskim dla płaszczyzny nachylonej do poziomu pod kątem 45° i zwróconej ku południowi.

Tabela 3.3 Miesięczna i roczna produkcja energii elektrycznej z ogniw PV obliczona na podstawie danych pomiarowych z Politechniki Warszawskiej (PW) i danych według Pomorskiego Parku Naukowo-Technologicznego (PPNT) - produkcja energii elektrycznej jest odniesiona do jednego kilowata mocy zainstalowanej w panelach PV

Miesiąc	Według danych PW [kWh/kW]	Według danych PPNT [kWh/kW]
1	8,9	22,5
2	43,5	45,2
3	69,6	84,8
4	89,5	117,2
5	107,6	155,7
6	120,7	138,0
7	125,0	151,9
8	124,1	132,6
9	97,5	91,7
10	54,3	48,0
11	24,6	28,5
12	9,8	15,4
Produkcja roczna kWh/kW	875,1	1031,5

Sprawność ogniw PV jest wyraźnie niższa w okresie letnim w stosunku do okresu zimowego. Wyniki obliczeń uzyskane z wyżej wspomnianych danych pomiarowych potwierdzają fizyczne własności ogniw PV. Sprawność ich jest praktycznie niezależna od wartości nasłonecznienia, ale jest wrażliwa na temperaturę paneli. Wzrost temperatury obniża sprawność, o czym wspomniano we wstępie. Temperatura płyt krzemowych osiąga w okresie letnim poziom 60÷80°C. Jeżeli wytwarzana moc elektryczna spada o 0,2÷0,5% na każdy stopień powyżej 25°C to wydajność paneli PV obniża się o 10÷25%. Te szacowania potwierdzają się w uzyskanych wyżej wynikach obliczeń.

W czasie eksploatacji wydajność baterii PV ulega pogorszeniu. Jak podają producenci paneli fotowoltaicznych, po dziesięciu latach pracy ilość wytworzonej energii elektrycznej spada do 90% wartości początkowej, a po dwudziestu latach pracy - do 80% wartości początkowej. Można na tej podstawie przyjąć, że wydajność paneli PV obniża się liniowo – o 1% rocznie. Takie założenie przyjęto do zaprezentowanych niżej wyników obliczeń.

Obliczenie rocznej produkcji fotowoltaicznej energii elektrycznej jest pierwszym podstawowym krokiem do obliczenia efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia. Opisana wyżej – wyznaczona sprawność, jest fragmentem algorytmu obliczeniowego, który pozwala na elastyczny wybór gabarytów instalacji PV.

Możliwości wykorzystania instalacji fotowoltaicznych (elektrowni PV)

Obniżające się systematycznie koszty wytwarzania energii elektrycznej w instalacjach fotowoltaicznych wskazują na celowość instalowania elektrowni PV. Na terenie miasta Malbork istnieje możliwość wykorzystania tego typu źródeł energii elektrycznej na szerszą skalę, co w ostatnich miesiącach już znajduje potwierdzenie.

Potencjalnymi użytkownikami elektrowni PV są:

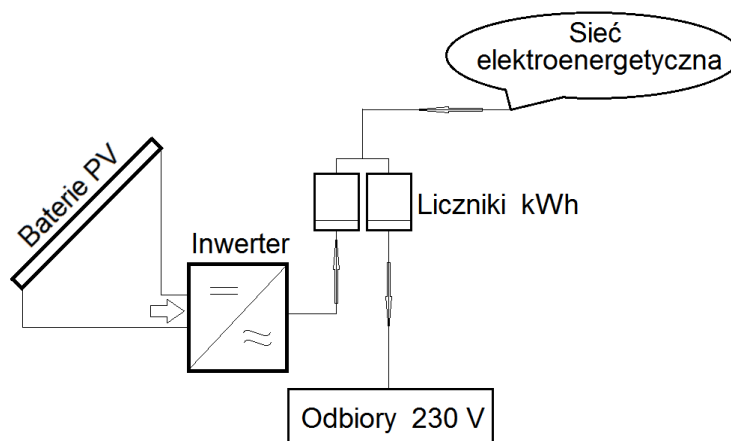
- odbiorcy indywidualni (budownictwo jednorodzinne, szeregowe, budynki sektora usług, i małych firm);
- odbiorcy grupowi (budynki sektora użyteczności publicznej, służby zdrowia, szkolnictwa i oświaty oraz innych instytucji dysponujących odpowiednimi budynkami);
- odbiorcy przemysłowi.

Możliwa jest również budowa dużych obiektów fotowoltaicznych (farm fotowoltaicznych) na terenach, na których brak jest możliwości lokalizacji obiektów kubaturowych a tereny te są przewidziane w dokumentach planistycznych pod usytuowanie takich obiektów.

Ostrożne postępowanie wynika z jeszcze stosunkowo wysokich kosztów w nakładach inwestycyjnych. Wskazane jest także w okresie początkowym, po uruchomieniu znacznej liczby obiektów, systematyczne zbieranie doświadczeń z ich eksploatacji. To pozwoli na wypracowanie zasad dalszego racjonalnego postępowania.

W początkowym stadium rozbudowy można ograniczyć się do gotowych modułów, oferowanych na rynku. Można tu wymienić inicjatywę Pomorskiego Parku Naukowo-Technologicznego w Gdyni. Pierwsza propozycja to instalacje PV dla jednorodzinnych budynków mieszkalnych, których liczbę szacuje się na poziomie kilku tysięcy. Są to źródła modułowe systemu OnGrid (włączone do współpracy z siecią elektroenergetyczną na niskim napięciu – 230 V) o elektrycznych mocach zainstalowanych: 3,25 kW, 5,5 kW i 10,25 kW. Mogą to być instalacje jednofazowe, a także trójfazowe.

Ideowy schemat współpracy z siecią elektroenergetyczną jest przedstawiony na rys. 3.1.



Rys. 3.1 Instalacja fotowoltaiczna w jednorodzinny budynku mieszkalnym

Wskazane jest, aby panele fotowoltaiczne były połączone tak, by napięcie stałe podawane do konwertera miało wartość około 230 V. Jest to konieczne ze względu na utrzymanie wysokiej sprawności przetwarzania energii z napięcia stałego na napięcie przemiennie 230 V. W rezultacie musi być odpowiednia liczba paneli PV połączonych szeregowo, z reguły wystarcza tu sześć paneli. W takim zestawie moc zainstalowana jest na poziomie 1 kilowata, a na ten zestaw potrzebna jest powierzchnia dachu około 8 m².

W poniższym zestawieniu podano liczbę paneli PV oraz zajmowaną przez nie powierzchnię dla wskazanych wyżej wartości mocy zainstalowanej.

Tabela 3.4 Dane konstrukcyjne baterii fotowoltaicznych dla zadanych wartości mocy zainstalowanej w panelach PV

Moc paneli PV	1,0 kW	3,25 kW	5,5 kW	10,25 kW
Liczba paneli PV	6	18	30	57
Powierzchnia zajmowana przez panele PV, [m ²]	8	24	40	76

Podczas pracy instalacji PV użytkownik używa całą energię fotowoltaiczną lub jej część, a resztę sprzedaje do sieci. W myśl nowych, przygotowywanych przepisów, nie musi rejestrować w tym celu działalności gospodarczej.

W dalszych etapach prac należy przewidywać montaż instalacji fotowoltaicznych z akumulatorami energii elektrycznej, które mogą pracować na sieć wydzieloną. Są to instalacje znacznie droższe w nakładach inwestycyjnych ze względu na wysoki koszt akumulatorów oraz znacznie droższe konwertery, które muszą być dostosowane do procesu ładowania akumulatorów.

Efekty energetyczne i ekonomiczne instalacji PV OnGrid

Na opracowania koncepcji zasilania w energię elektryczną trudno jest przewidzieć możliwości rozbudowy źródeł fotowoltaicznych i wartości mocy zainstalowanej. Są na to

narzucone ograniczenia techniczne, ekonomiczne i logistyczne. Wydaje się słusznym oszacowanie efektów energetycznych i ekonomicznych dla pojedynczych instalacji PV przydatnej do zasilania budynku jednorodzinne. Dla większych łącznych wartości mocy zainstalowanej można w przybliżeniu podać krotności uzyskanych efektów. Takie podejście może słuszenie budzić wiele wątpliwości, ale z dość dobrym przybliżeniem wskaże kierunek dalszego postępowania.

Założenia do wyznaczenia efektów:

1. Roczna produkcja energii elektrycznej na poziomie energii końcowej w warunkach woj. pomorskiego: z 1 kW mocy zainstalowanej jest 1000 kWh energii elektrycznej. To jest równoważne zmniejszeniu poboru energii z sieci zawodowej.
2. Sprawność przetwarzania energii pierwotnej (zawartej w węglu), uwzględniająca sprawność elektrowni i sprawność przesyłu energii do odbiorcy, jest równa $\eta_s = 0,315$.
3. Wartość opałowa węgla $W_d = 20$ MJ/kg.
4. Rozpatrujemy instalację fotowoltaiczną w budynku jednorodzinny, o mocy zainstalowanej 3,25 kW. Nakład inwestycyjny jest równy 22,7 tys. zł.

Wyniki obliczeń:

- 1) Zmniejszenie rocznego poboru energii elektrycznej z sieci zawodowej: 3200 kWh.
- 2) Roczne obniżenie zużycia węgla na wytwarzanie energii elektrycznej: 1830 kg.
- 3) Roczne koszty uniknięte, wynikłe ze zmniejszenia wydatków na zakup energii elektrycznej z sieci zawodowej po kosztach jednostkowych (loco odbiorca) – 0,50 zł/kWh, są równe 1800 zł/a.

Przy założeniu, że odbiorca zużywa połowę wytworzonej energii PV, a pozostałą część sprzedaje do sieci po cenie 1 zł/kWh, wówczas zwrot nakładu inwestycyjnego na instalację PV, liczony według nominalnych wartości pieniądza, nastąpi w dziesiątym roku eksploatacji.

Zwrot nakładów inwestycyjnych dla instalacji PV o większej mocy zainstalowanej wystąpi w podobnym okresie czasu.

Aktualnie realizacja instalacji fotowoltaicznych powinna poprzedzona być wnikliwą analizą ekonomiczną, ponieważ nadal tego typu inwestycje wymagają stosunkowo wysokich nakładach inwestycyjnych

Zgodnie z proponowanymi w „Projekcie założeń ...” działaniami, zakłada się instalację paneli fotowoltaicznych na dachach budynków komunalnych. Przewidywana moc urządzeń nie powinna przekraczać 40 kW_e (urządzenia powinny spełniać, zgodnie z Prawem Energetycznym, kryteria tzw. mikroinstalacji). W pierwszej kolejności montaż paneli powinien się odbywać na budynkach użyteczności publicznej (jako pozytywny przykład), w tym na budynkach szkół i placówek samorządowych. Szacowane nakłady inwestycyjne to 0,20-0,25 mln zł, przy czym ograniczenie zużycia energii może osiągnąć ok. 30 MWh w skali roku, natomiast zmniejszenie emisji ok. 40 Mg CO₂.

Wykorzystanie ogniw fotowoltaicznych do produkcji energii elektrycznej na potrzeby indywidualne oraz kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody użytkowej w okresie sezonu letniego jest szczególnie korzystne ze względów ekologicznych, a także

ekonomicznych. Należy promować i rozwijać wytwarzanie energii elektrycznej z ogniw fotowoltaicznych.

Wykorzystanie energii słonecznej

Wykorzystanie kolektorów słonecznych do produkcji ciepłej wody użytkowej w okresie sezonu letniego jest bardzo korzystne ze względów ekologicznych, a także ekonomicznych. W okresach poza sezonem letnim, instalacje solarne (kolektory słoneczne) mogą wspomagać ogrzewanie, szczególnie w indywidualnych obiektach gospodarczych.

Na terenie miasta istnieją korzystne warunki nasłonecznienia, co preferuje również dalszą budowę nowych instalacji solarnych do produkcji ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Przyjmuje się założenie, że w najbliższym okresie czasu, jak również w dalszej perspektywie, tego rodzaju instalacje będą preferowane – wskazane jest prowadzenie dalszych inwestycji w zakresie instalowania ww urządzeń solarnych, przy zachowaniu odpowiednich wymagań budowlanych i bezpieczeństwa energetycznego.

Gmina miejska Malbork, jak również sąsiadujące z nią rejony, powinna wdrażać i promować inwestycje pozwalające na efektywne wykorzystanie energii słonecznej na potrzeby indywidualnych gospodarstw oraz sektora drobnego przemysłu i usług.

Małe elektrownie wodne

Na terenie miast eksploatowana jest jedna mała elektrownia wodna zlokalizowana na kanale Juranda (km 1+655). Jednakże, z uwagi na niewielki potencjał energii wodnej (brak znacznych zasobów hydroenergetycznych) na terenie miasta, budowę małych elektrowni wodnych (MEW) można uznać za bardzo mało prawdopodobną lub rozpatrywać jedynie w bardzo ograniczonym zakresie.

Wykorzystanie zasobów istniejących zasobów wodnych będzie możliwe jedynie po zrealizowaniu inwestycji hydrotechnicznych, pozwalających uzyskać odpowiednie spiętrzenia wody. Należy jednak zaznaczyć, że budowa MEW w tych warunkach wymaga bardzo dużych nakładów inwestycyjnych.

Uwzględniając powyższe zastrzeżenia należy stwierdzić, że budowa elektrowni wodnych (MEW) na terenie miasta Malborka jest bardzo trudna do realizacji (wymagania środowiskowe i Prawa wodnego) i praktycznie nie znajduje uzasadnienia ekonomicznego.

4. PRZEDSIĘWZIĘCIA RACJONALIZUJĄCE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ W INSTALACJACH PRZEMYSŁOWYCH I U ODBIORCÓW INDYWIDUALNYCH

4.1. Odbiorcy przemysłowi

Przedsiębiorstwa produkcyjne, jak również zakłady usługowe stanowią bardzo znaczącą grupę odbiorców energii elektrycznej a potencjalne oszczędności energii uzyskane w tej grupie odbiorców są stosunkowo największe. Poniżej omówiono kilka podstawowych działań racjonalizujących użytkowanie energii elektrycznej w tej grupie odbiorców.

Największy udział w całkowitym zużyciu energii elektrycznej przez odbiorców przemysłowych mają silniki elektryczne. Udział tych urządzeń w krajach o wysokim stopniu rozwoju przemysłu wynosi ok. 60÷65% całkowitego zużycia energii elektrycznej.

W celu ograniczenia zużycia energii, wszystkie silniki elektryczne powinny pracować w optymalnych warunkach sprawności i współczynnika mocy. Ze względu na optymalną sprawność silników elektrycznych służby energetyczne powinny systematycznie kontrolować stopień wykorzystania mocy znamionowej silników a w razie stwierdzenia nadmiernej wartości mocy znamionowej w stosunku do mocy zapotrzebowanej silnik powinien być zastąpiony innym o mniejszej mocy znamionowej.

Skutecznym sposobem na dalsze ograniczanie zużycia energii elektrycznej przez układy napędowe jest możliwość wymiany pracującego silnika na energooszczędny o podwyższonej sprawności (silniki tego typu oznaczane są symbolem EEM). Konstrukcyjne zmiany w silnikach tego typu opierają się najczęściej na redukcji strat jałowych lub dążeniu do ograniczenia strat obciążeniowych. Silniki te są średnio o 25÷35% droższe od silników tradycyjnych, co stanowi zasadniczą barierę w szerokim ich stosowaniu.

Przeprowadzane analizy ekonomiczne wykazują jednak, opłacalność zastępowania silników tradycyjnych przez silniki EEM w przypadku, gdy pracuje nieco powyżej 1000 godzin rocznie. Nad wymianą silnika na energooszczędny warto z całą pewnością zastanowić się w momencie, gdy zastosowany silnik wymaga remontu.

Bardzo znaczącym sposobem racjonalizacji zużycia energii elektrycznej jest optymalizacja procesów technologicznych obejmująca między innymi regulację wydajności urządzeń napędzanych silnikami elektrycznymi. Można to osiągnąć za pomocą zaworów i przepustnic przy stałej prędkości obrotowej maszyny roboczej, lecz jest to sposób zmniejszający sprawność urządzeń regulowanych (np. pomp i wentylatorów) a także powodujący powstanie strat na elementach regulowanych.

Bardziej efektywnym sposobem regulacji, dającym użytkownikowi możliwości dopasowania charakterystyki urządzenia do wymagań stawianych przez system, jest praca przy zmiennej prędkości obrotowej. Płynną regulację prędkości obrotowej pomp odśrodkowych i wentylatorów umożliwiają przetwornice częstotliwości, które dopasowują prędkość obrotową do aktualnego obciążenia, wyraźnie redukując w ten sposób zużycie energii elektrycznej.

Istotnym źródłem oszczędności energetycznych przynoszącym korzyści zarówno odbiorcom przemysłowym posiadającym własne stacje transformatorowe, jak i zakładowi energetycznemu jest zastosowanie wydajnych energetycznie transformatorów nowej generacji.

Transformatory te dzięki podwyższonej zawartości miedzi (nawet o 100% w stosunku do pierwotnej ilości) posiadają obniżone straty mocy i energii elektrycznej. Przykładowo, w Polsce na transformatory tej mocy przypada ok. 50% produkcji i są one w większości stosowane w stacjach transformatorowych średniego napięcia SN -modernizacja tych stacji transformatorowych stanowi potencjalne źródło oszczędności energii elektrycznej.

Ponadto, odbiorcy przemysłowi posiadający własne stacje transformatorowe oraz specjalistyczne przedsiębiorstwa energetyczne powinni zwrócić uwagę na właściwy dobór mocy elektrycznej transformatora do zainstalowanych odbiorników. Aktualnie w systemach elektroenergetycznych wielu krajów modernizujących te systemy, nadal odnotowuje się znaczny nadmiar zainstalowanej mocy elektrycznej w transformatorach w stosunku do faktycznego obciążenia. Tego typu sytuacja jest źródłem poważnych strat energii elektrycznej.

4.2. Odbiorcy komunalni i indywidualni

W przypadku odbiorców indywidualnych również istnieją znaczne potencjalne możliwości przeprowadzenia przedsięwzięć racjonalizujących i ograniczających zużycie energii elektrycznej.

Doświadczenia krajów, w których uzyskano poprawę w zakresie racjonalnego wykorzystania energii elektrycznej (np. Norwegia, Niemcy) wykazują, że największe oszczędności można uzyskać poprzez:

1. modernizację instalacji oświetleniowych,
2. promocje urządzeń energooszczędnych,
3. propagowanie i promowanie energooszczędnych postaw społeczeństwa..

Potrzeby oświetleniowe w gospodarstwie domowym na ogół nie przekraczają 17÷20%, rzadziej 25% całej zużywanej energii, ale z uwagi na łatwą dostępność i możliwość zastosowania energooszczędnych źródeł światła energię elektryczną zużywaną na oświetlenie można ograniczyć pięciokrotnie.

W przypadku budynków użyteczności publicznej takich jak: szkoły, przedszkola, szpitale, przychodnie zdrowia, kościoły, urzędy czy sklepy potrzeby oświetleniowe są znacznie większe, gdyż dochodzą nawet do 50% zużywanej energii elektrycznej. Oznacza to, że modernizacja urządzeń oświetleniowych oraz racjonalizacja sposobu ich użytkowania może przynieść dużo większe efekty.

Działania zmierzające do obniżenia zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych, w tym głównie poprzez modernizację systemów oświetlenia, można określić następująco:

1. Stosowanie energooszczędnych urządzeń AGD i sprzętu RTV.
2. Stosowanie nowoczesnych energooszczędnych urządzeń komputerowych.
3. Wymiana tradycyjnych żarówek na energooszczędne świetlówki kompaktowe (ok. pięciokrotna redukcja zużywanej energii) lub na źródła światła typu LED (tzw. „oświetlenie ledowe”).

4. Dobór właściwych źródeł światła i oprav oświetleniowych.
5. Zastosowanie urządzeń do automatycznego włączania i wyłączenia oświetlenia (czujniki zmierzchowe, automaty schodowe czy detektory ruchu).
6. Zastosowanie urządzeń do regulacji natężenia oświetlenia w pomieszczeniach.
7. Zastępowanie oświetlenia ogólnego tzw. oświetleniem punktowym wykorzystującym żarówki małej mocy do oświetlenia miejsca pracy, wypoczynku itp.
8. Właściwe wykorzystanie światła dziennego.

Odbiorcy komunalni typu: szkoły, urzędy, itp., a także odbiorcy indywidualni powinni stosować energooszczędne świetlówki kompaktowe bez konieczności wymiany oprav.

Wymiana dużej ilości żarówek wymaga poważnych nakładów finansowych, ale już po pierwszym miesiącu eksploatacji nastąpi znaczne obniżenie wysokości opłat za energię elektryczną. Ponadto zakładając użytkowanie danej instalacji oświetleniowej przez 2000 h/a (jest to norma dla naszej strefy klimatycznej) otrzymamy zwrot nakładów inwestycyjnych po 8 miesiącach eksploatacji.

Dodatkową korzyścią wynikającą z zastosowania nowoczesnych energooszczędnych źródeł światła jest ich trwałość, ok. 7÷10 razy większa niż żarówki tradycyjnej, a co się z tym wiąże niższe koszty obsługi technicznej.

Zastosowanie energooszczędnego oświetlenia dotyczy również oświetlenia ulic oraz placów - należy doprowadzić do całkowitego wyeliminowania rtęciowych oprav oświetleniowych na korzyść lamp sodowych.

Racjonalizacja wykorzystania energii elektrycznej w odniesieniu do odbiorców komunalnych i indywidualnych jest ściśle powiązana z określonymi „nawykami” i „przyczajeniami” związanymi z poszanowaniem energii, jak również z wprowadzaniem nowoczesnych energooszczędnych urządzeń.

Zasadnicze korzyści można uzyskać wykorzystując energooszczędne urządzenia zasilane energią elektryczną. Prawie wszystkie gospodarstwa domowe w Polsce są wyposażone w podstawowy sprzęt i urządzenia elektryczne. Przykładowo, zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego mieszkania wyposażone są w:

- telewizory - 98,5% (procent mieszkań wyposażonych w dane urządzenie),
- chłodziarki - 98,0%,
- automaty pralniczy i pralki - 111,4% (co oznacza, że w niektórych mieszkaniach jest więcej niż jedno urządzenie piorące),
- radio i zestaw muzyczny tzw. „wieżę” – 97,0%
- zmywarki do naczyń - 12÷15%,
- ogrzewanie elektryczne mieszkań - 2,5%.

Roczne zużycie energii elektrycznej w Polsce, w mieszkaniach wynosi w granicach od 1300 kWh do ok. 2300 kWh (dane GUS). Oświetlenie i drobny sprzęt AGD w gospodarstwach domowych zużywa ok. 350÷400 kWh rocznie, natomiast pozostałe odbiorniki zużywają w granicach 800÷1000 kWh rocznie.

Zgodnie z danymi statystycznymi, największy udział w rocznym zużyciu energii elektrycznej w gospodarstwach domowych, w Polsce mają:

- chłodziarki i zamrażarki - ponad 27%,
- oświetlenie - 16÷18%
- drobny sprzęt AGD oraz kuchnie elektryczne - 15÷17%,

- pralki - ponad 8%,
- radioodbiorniki i telewizory - ok. 6%,
- czajniki elektryczne - ok. 5%,
- ogrzewanie akumulacyjne - ok. 4%
- urządzenia grzewcze do przygotowania ciepłej wody użytkowej - ok. 6,0%,
- komputery, kuchnie mikrofalowe i zmywarki do naczyń - 10÷12%.

Zużycie energii na cele ogrzewania, wentylacji i ciepłej wody użytkowej w sektorze komunalno-bytowym szacować można na ponad 40% bilansu paliwowego. Warto podkreślić, że udział ten w krajach Europy Zachodniej wynosi ok. 28÷32% przy znacznie większej powierzchni budynków przypadających na jednego użytkownika. Ograniczenie zużycia energii jest możliwe, lecz oprócz realizacji zamierzeń energooszczędnych powinno dokonać się również szczegółowej oceny stanu budownictwa.

W przemyśle elektrotechnicznym jest wyraźnie widoczny postęp w produkcji energooszczędnych urządzeń ciepłych. Przepływowe podgrzewacze ciepłej wody użytkowej pozwalają na oszczędne korzystanie z energii elektrycznej jako źródła ciepła. Coraz bardziej popularne stają się systemy podłogowe, które są bardzo wydajne oraz zupełnie niewidoczne. Dostępne są również na rynku dynamiczne piece akumulacyjne pozwalające na energooszczędne ogrzewanie korzystając z taryfy dwustrefowej.

Zastosowanie energii elektrycznej jako źródła ciepła pozwala uzyskać system grzewczy charakteryzujący się przede wszystkim komfortem użytkowania, pewnością zasilania, stabilnością oraz stosunkowo niskimi nakładami inwestycyjnymi – należy jednak pamiętać, że tego typu rozwiązania techniczne są znacznie droższe w eksploatacji i nie zapewniają optymalnego wykorzystania paliw pierwotnych i energii.

5. MOŻLIWOŚCI MODERNIZACJI I ROZBUDOWY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO NA OBSZARZE MIASTA MALBORK

5.1. Główne Punkty Zasilające i sieci elektroenergetyczne zasilające wysokiego napięcia

Przewidywane zapotrzebowanie na moc elektryczną w latach 2029÷2030, w przypadku realizacji scenariusza optymalnego, będzie wynosiło w granicach 39÷40 MW_e, natomiast zainstalowana moc elektryczna w stacjach transformatorowych wzrośnie do 66÷70 MW_e.

Wzrost zapotrzebowania na moc elektryczną wymusi działania zapewniające możliwość dostarczenia zwiększonej ilości energii elektrycznej oraz działania zmierzające do jej racjonalnego wykorzystania. Działania te powinny:

- zapewnić bezpieczeństwo energetyczne miasta Malbork oraz sąsiadujących gmin;
- spełnić wymagania ochrony środowiska (min. należy uzyskać pozytywną opinię studium oddziaływania inwestycji energetycznych na środowisko naturalne);
- zapewnić dostawę energii elektrycznej po ekonomicznie uzasadnionych cenach.

Rozwój systemu elektroenergetycznego na terenie miasta Malborka oraz sąsiadujących gmin powinien być oparty na już istniejących jego elementach, tj. istniejących sieciach elektroenergetycznych i stacjach transformatorowych oraz powinien uwzględniać ich dalszą modernizację i rozbudowę. Modernizacja i rozbudowa systemu elektroenergetycznego pozwoli na przesłanie i przetworzenie zwiększonej ilości energii elektrycznej na terenie powiatów malborskiego, sztumskiego i kwidzyńskiego, jak również dalszych sąsiadujących z tym rejonem powiatów.

W zakresie modernizacji stacji GPZ oraz rozbudowy sieci elektroenergetycznych wysokiego napięcia 110 kV zasilających teren miasta Malbork, powinny zostać przeprowadzone następujące inwestycje:

- wymiana transformatora mocy 110/15 kV w stacji GPZ Malbork Południe - inwestycja planowana na rok 2019;
- modernizacja stacji GPZ Malbork Południe – dotyczy systemów zabezpieczeń, potrzeb własnych oraz systemów zasilania gwarantowanego;
- modernizacja stacji GPZ Malbork Rakowiec – dotyczy wymiany wyłączników mocy 110 kV - inwestycja planowana w roku 2014;
- modernizacja stacji GPZ Malbork Rakowiec – dotyczy układów potrzeb własnych oraz systemów zasilania gwarantowanego;
- modernizacja linii elektroenergetycznej WN 110 kV relacji GPZ Malbork Rakowiec – GPZ Malbork Południe w zakresie dostosowania linii do eksploatacji w wyższych temperaturach proj. (+80 °C) - inwestycja planowana w roku 2014;
- modernizacja linii elektroenergetycznej WN 110 kV relacji GPZ Malbork Południe – GPZ Sztum w zakresie dostosowania linii do eksploatacji w wyższych temperaturach proj. (+80 °C) - inwestycja planowana na rok 2016;
- modernizacja linii elektroenergetycznej WN 110 kV relacji GPZ Elbląg Zachód – GPZ Malbork Rakowiec w zakresie dostosowania linii do eksploatacji w wyższych temperaturach proj. (+80 °C) - inwestycja planowana w roku 2017;

- automatyzacja linii elektroenergetycznych SN 15 kV – montaż rozłączników sterowanych drogą radiową;
- realizacja programu sukcesywnej wymiany przewodów nieizolowanych średniego i niskiego napięcia na odpowiednie przewody izolowane.
- budowa nowych stacji elektroenergetycznych SN, zlokalizowanych w zależności od potrzeb, w rejonach eksploatacji nowych OZE³ - zadaniem tych stacji będzie odbiór energii elektrycznej z wybudowanych nowych elektrowni fotowoltaicznych oraz bloków energetycznych, a następnie przesłanie jej do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego,
- budowa specjalnych odcinków linii SN łączących ww stacje z odpowiednimi stacjami GPZ.

Na terenie miasta Malbork nie jest planowana budowa nowych linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia 110 kV.

Należy podkreślić, że inwestycje w sieci i stacje wysokiego napięcia WN są inwestycjami strategicznymi planowanymi, co najmniej na poziomie jednego lub kilku województw.

5.2. Sieci elektroenergetyczne SN i nn

Sieci elektroenergetyczne średniego napięcia SN

W miarę wzrostu obciążenia i rozwoju technicznego na całym obszarze miasta Malbork przewidywana jest stopniowa modernizacja istniejących sieci elektroenergetycznych SN, budowa nowych odcinków sieci elektroenergetycznych SN oraz modernizacja istniejących i budowa nowych stacji transformatorowych średniego napięcia. Rozbudowa systemu elektroenergetycznego SN przewidywana jest w miarę wzrostu obciążenia i rozwoju technicznego miasta.

Na obszarach zurbanizowanych, nowe linie elektroenergetyczne SN, (15 kV) powinny być liniami kablowymi o przekrojach 120 i 240mm² – w zależności od przewidywanego obciążenia. W przypadku istniejących na tych obszarach linii napowietrznych należy je sukcesywnie wymieniać na kablowe o podobnych przekrojach.

Nowe stacje transformatorowe SN/nn, (stacje 15/0,4 kV) powinny być stacjami wewnętrznymi wolnostojącymi wyposażone w urządzenia elektroenergetyczne z sześciofluorkiem siarki SF₆. Ponadto należy przeprowadzać modernizację stacji transformatorowych ważniejszych węzłów poprzez wymianę rozdzielnic średniego napięcia (technologia z sześciofluorkiem siarki SF₆) i wyposażenie ich w pełny monitoring.

Nowe linie elektroenergetyczne średniego napięcia np. 15 kV powinny być liniami kablowymi o przekrojach w granicach 70-120 mm².

³ - zgodnie z założeniami przedstawionymi w części I (zaopatrzenie w ciepło) i części III (zaopatrzenie na paliwa gazowe), na terenie miasta zostaną zbudowane nowe źródła energii odnawialnej, tj. elektrownie fotowoltaiczne oraz lokalne elektrociepłownie wyposażone w bloki energetyczne opalane gazem ziemnym lub biogazem (alternatywnie biometanem).

Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia (nn)

Sieć elektroenergetyczna niskiego napięcia 0,4 kV powinna być budowana i rozbudowywana głównie, jako sieć kablowa, natomiast ewentualne odcinki linii napowietrznych powinny posiadać przewody izolowane. Sieć oświetleniowa powinna być budowana i rozbudowywana jako sieć kablowa.

6. ZAOPATRZENIE W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ MIASTA MALBORK

6.1. Optymalny scenariusz zaopatrzenia w energię elektryczną gminy miejskiej Malbork

Analiza perspektywicznego zapotrzebowania na moc elektryczną oraz zużycia energii elektrycznej na obszarze miasta Malbork, a przede wszystkim konkretne korzyści wynikające z realizacji proponowanych w pkt. 2.4 scenariuszy wskazują, że do realizacji powinien być rekomendowany **scenariusz I**, który zakłada modernizację systemu elektroenergetycznego, jego dalszy rozwój oraz prowadzenie intensywnych działań w zakresie oszczędności i ograniczenia zużycia energii elektrycznej (działania te są zgodne z dyrektywą UE 2012/27/WE, jak również z przyjętą w roku 2011 Ustawą o efektywności energetycznej) oraz stymuluje rozwój odnawialnych źródeł energii OZE.

6.2. Scenariusz I - charakterystyka zaopatrzenia w energię elektryczną

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę aktualnego i perspektywicznego zapotrzebowania na energię elektryczną gminy miejskiej Malbork oraz zadań modernizacyjnych, w przypadku realizacji programu przedstawionego w scenariuszu I:

1. Aktualne zapotrzebowanie łączne na moc elektryczną odbiorców zlokalizowanych na terenie miasta Malbork wynosi w granicach 29,0÷30,0 MW_e.
2. Zużycie energii elektrycznej na terenie miasta Malbork w latach 2012 i 2013 wynosiło w granicach 73,0÷75,0 GWh, natomiast szacunkowe zużycie energii elektrycznej brutto (uwzględniające straty przesyłu i dystrybucji) oszacowano na około 85,5÷86,5 GWh.
3. Perspektywiczne, do roku 2030, zapotrzebowanie na moc elektryczną odbiorców, zlokalizowanych na terenie miasta Malbork, wzrośnie do wartości ok. 38,5÷40,0 MW_e.
4. Perspektywiczne, do roku 2030, zużycie energii elektrycznej loco odbiorca, na terenie miasta Malbork, wzrośnie do około 98,0 GWh. Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną wymusi przeprowadzenie szeregu prac modernizacyjnych i inwestycyjnych dotyczących systemu elektroenergetycznego miasta.
5. W okresie najbliższych kilku lat, Operator Systemu Dystrybucyjnego (ENERGA-OPERATOR) odpowiedzialny za dostawę energii elektrycznej na terenie powiatu malborskiego, powinien przystąpić do wykonania inwestycji obejmujących reelektryfikację miasta, tj. przeprowadzić gruntowną modernizację oraz niezbędną rozbudowę istniejącego systemu elektroenergetycznego w rejonie Malborka i sąsiadujących gmin, w stopniu zabezpieczającym jego zrównoważony rozwój gospodarczy w okresie do roku 2030.

6. Na obszarze miasta Malbork planowana jest budowa kilku odpowiednich stacji elektroenergetycznych SN przeznaczonych do obsługi elektrowni fotowoltaicznych oraz bloków energetycznych zlokalizowanych w lokalnych elektrociepłowniach.
7. Istniejące linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia oraz stacje GPZ zasilające miasto Malbork oraz sąsiednie gminy, w normalnych warunkach pracy systemu są średnio obciążone, co w pełni zapewnia bezpieczeństwo energetyczne rejonów, które zasilają. **Uwaga** - w przypadku budowy nowych farm wiatrowych w rejonie powiatu malborskiego należy uwzględnić przeprowadzenie stosownych inwestycji w systemie elektroenergetycznym na terenie powiatu.
8. Modernizacja i rozwój systemu elektroenergetycznego na terenie miasta Malbork powinno uwzględniać również wprowadzenie tzw. systemu „Smart Grid”, tj. inteligentnego systemu zarządzania sieciami elektroenergetycznymi.
9. W planach i projektach Urzędu Miasta Malbork należy uwzględnić inwestycje energetyczne, na terenach potencjalnych inwestycji budowlanych i przemysłowych - inwestycje te wymuszają modernizację istniejących oraz budowę nowych stacji transformatorowych średniego napięcia (15/0.4 kV), jak również sieci elektroenergetycznych SN (15 kV) i sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia.
10. Przy projektowaniu nowych ulic i osiedli mieszkaniowych należy z wyprzedzeniem określić miejsce budowy nowych stacji transformatorowych oraz zaprojektować położenie linii energetycznych kablowych niskiego napięcia uwzględniając przy tym energooszczędne oświetlenie ulic.
11. Przy modernizacji systemu elektroenergetycznego na terenie miasta należy przewidzieć możliwość przyłączenia do istniejących linii energetycznych rozdzielni przekazujących moc elektryczną, z planowanych do budowy bloków energetycznych zainstalowanych np. w elektrociepłowniach.
12. Nowe linie elektroenergetyczne średniego napięcia powinny być liniami kablowymi o odpowiednich przekrojach. Nowe stacje transformatorowe (np. 15/0,4 kV) powinny być budowane jako stacje wewnętrzne wolnostojące.
13. Sieć elektroenergetyczna niskiego napięcia powinna być modernizowana i budowana, jako sieć kablowa, a ewentualne odcinki linii napowietrznych powinny posiadać przewody izolowane. Sieć oświetleniowa powinna być budowana, jako sieć kablowa.