

## Wybrane aspekty oddziaływania farm wiatrowych na środowisko

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono typowe warianty tras kablowych linii średniego napięcia farm wiatrowych. Stwierdzono, że konfiguracja i sposób ułożenia tych kabli w ziemi ma istotny wpływ na rozkład natężenia pola magnetycznego w miejscach ogólnie dostępnych dla ludności. Spostrzeżenia te odniesiono do dopuszczalnych wartości pól elektromagnetycznych w środowisku oraz do praktycznych zagadnień związanych z projektowaniem farm wiatrowych.

**Abstract.** The paper presents the typical variants of cable medium voltage lines of wind farms. It was found that the configuration and layout of the cables in the ground has a significant impact on the distribution of magnetic field strength in areas generally available to the public. These observations were referred to the limit values of electromagnetic fields in the environment and the practical issues related to the design of wind farms. (**Selected aspects of the impact of wind farms on the environment**).

**Słowa kluczowe:** farma wiatrowa, siłownia wiatrowa, pole magnetyczne, linia kablowa.

**Keywords:** wind farm, wind power plant, magnetic field, cable line.

doi:10.12915/pe.2014.10.12

### Wstęp

Międzynarodowe porozumienia nakładają na Polskę konieczność pozyskiwania coraz większej części energii ze źródeł odnawialnych. Niestety położenie geograficzne i warunki naturalne w naszym kraju czynią wiele inwestycji w odnawialne źródła energii bardzo trudnymi do realizacji lub nieopłacalnymi. Najprostszym i najtańszym rozwiązaniem wydaje się pozyskiwanie energii z siły wiatru, czego konsekwencją jest rosnąca ilość inwestycji w postaci farm wiatrowych.

W artykule zwrócono uwagę na niedoceniany problem powstający przy projektowaniu i budowie farm wiatrowych, a mianowicie na generowanie pól magnetycznych o znacznych wartościach oraz przedstawiono proste sposoby na ich ograniczenie.

### Uwarunkowania prawne

Oddziaływanie pól elektromagnetycznych jest tematem licznych prac naukowych. Prace te są prowadzone od bardzo dawna. Międzynarodowe organizacje naukowe i organizacje takie jak Światowa Organizacja Zdrowia realizują programy, których celem jest koordynacja prowadzonych na świecie badań, dotyczących oddziaływania pól na zdrowie ludzi.

W przypadku krajów Unii Europejskiej obowiązuje rekomendacja Rady Europy z dnia 12 lipca 1999 r. w sprawie ograniczania ekspozycji ludności w polach elektromagnetycznych - Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) [1]. Rekomendacja ta określa maksymalne poziomy dla występowania pól elektromagnetycznych w miejscach, w których mogą przebywać ludzie. Przepisy te zostały sformułowane na podstawie wytycznych ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - Międzynarodowa Komisja do spraw Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym).

W Polsce w obecnym stanie prawnym proces budowy i wykorzystania farm wiatrowych w aspekcie pól elektromagnetycznych regulują między innymi przepisy ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627, z późn. zm.) [2], rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz. U. Nr 192, poz. 1883) [3] oraz wymagania ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414, z późniejszymi zmianami) [4].

W Polsce aktualnie obowiązujące rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów [3] określa następujące wartości dopuszczalne:

- dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową 1 kV/m dla składowej elektrycznej oraz 60 A/m dla składowej magnetycznej,
- dla terenów ogólnie dostępnych dla ludności 10 kV/m dla składowej elektrycznej oraz 60 A/m dla składowej magnetycznej.

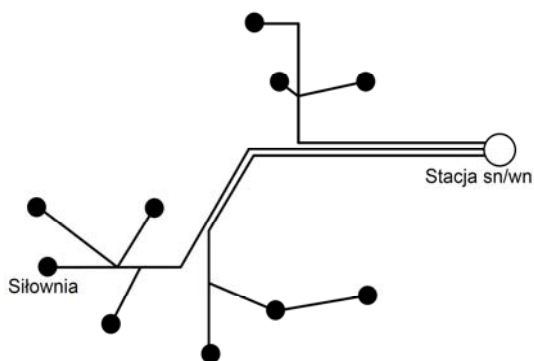
Biorąc pod uwagę wyżej przywołane wymagania i przepisy, można stwierdzić, iż w przypadku, gdy w otoczeniu konkretnego obiektu będącego źródłem pól elektrycznego i magnetycznego nie ma obszarów, na których występują takie pola o wartościach natężeń wyższych od określonych w ww. rozporządzeniu jako dopuszczalne, to nie ma podstaw do stwierdzenia negatywnego wpływu tych pól na zdrowie ludzi.

### Źródła pól

Głównym źródłem pól wydaje jest sama siłownia wiatrowa. Jest ona wyposażona w generator umiejscowiony w gondoli na wysokości kilkudziesięciu metrów. Oprócz generatora w gondoli najczęściej znajduje się falownik i transformator podwyższający napięcie. Wytworzone pola elektryczne i magnetyczne przez siłownię i transformator nie są zwykle zbyt wysokie, ponieważ urządzenia je generujące znajdują się wewnątrz gondoli i są zamknięte w przestrzeni otoczonej metalowym przewodnikiem o właściwościach ekranujących. Konstrukcja generatora i transformatora bazuje na zamknięciu jak największej części strumienia w obwodzie magnetycznym, co powoduje, że strumień, a co za tym idzie i pole, jest niewielkie. Ponadto źródła oddalone są od ziemi o kilkadziesiąt metrów tak, że ich natężenie w pobliżu ziemi będzie wielokrotnie mniejsze od wartości dopuszczalnych. Kable prowadzone w maszcie siłowni są ekranowane metalową konstrukcją masztu, co praktycznie eliminuje elektryczną składową pola, a pole magnetyczne przez nie generowane nie przekracza wartości dopuszczalnych. Każda siłownia wiatrowa musi przejść szereg badań, aby była dopuszczona do eksploatacji, w tym musi spełnić wymagania dotyczące emitowanego do środowiska pola elektromagnetycznego.

W praktyce jedynym istotnym źródłem pól pozostają linie kablowe średniego napięcia odprowadzające energię z

siłowni do podstacji SN/WN. Jest to element najczęściej pomijany przez projektantów farm wiatrowych. Linia kablowa SN nie generuje wprawdzie pola elektrycznego z uwagi na ekranujące działanie żyły powrotnej, ale jest istotnym źródłem pola magnetycznego.



Rys.1. Najczęściej spotykany układ „wspólnej magistrali” farm wiatrowych

Na rysunku 1 pokazano układ kabli odprowadzających energię z poszczególnych siłowni (wiatraków) w ramach farmy wiatrowej. W sąsiedztwie stacji średniego napięcia/wysokiego napięcia schodzące się kable tworzą „wspólną magistralę”, a pole magnetyczne od linii kablowej wzrasta wraz z ilością energii płynącej w poszczególnych kablach.

W przypadku jednej siłowni o mocy kilku MW, prądy w kablu są niewielkie. W przypadku, gdy odprowadzamy moc z kilku, kilkunastu, a czasami nawet kilkudziesięciu siłowni prąd w linii kablowej znacznie wzrasta. Możemy mieć wtedy doczynienia z sumarycznym prądem rzędu wielu setek a nawet tysięcy amperów, a takie wartości prądów mogą wytwarzać pole magnetyczne o natężeniu zdecydowanie przekraczającym wartości dopuszczalne.

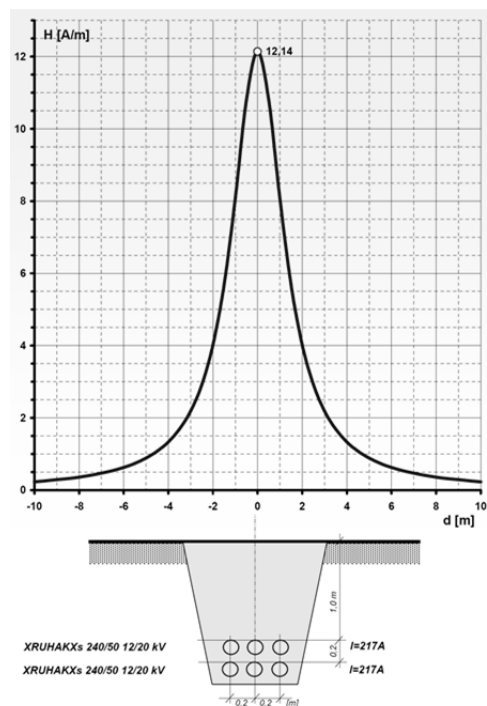
Dodatkowym czynnikiem są uwarunkowania ekonomiczno-prawne. Przy planowaniu farm wiatrowych istotniejszym wydają się uzgodnienia dotyczące lokalizacji siłowni i podstacji SN/WN oraz przebiegu tras kablowych, niż czynniki techniczne. Problemy z wykupem gruntów, zgodą właścicieli i uzyskaniem odpowiednich pozwoleń na inwestycję wymuszają rozwiązania mogące rodzić problemy związane z emisją pól magnetycznych.

Projektanci zmuszeni są niejednokrotnie do łączenia siłowni prowadząc kable, w całości lub części, wzdłuż jednej trasy w układzie liniowym (rys. 1), co sprowadza się do tego, że w jednym wykopie kablowym może być prowadzonych kilka wiązek kablowych obciążonych prądem rzędu kilkuset amperów każda.

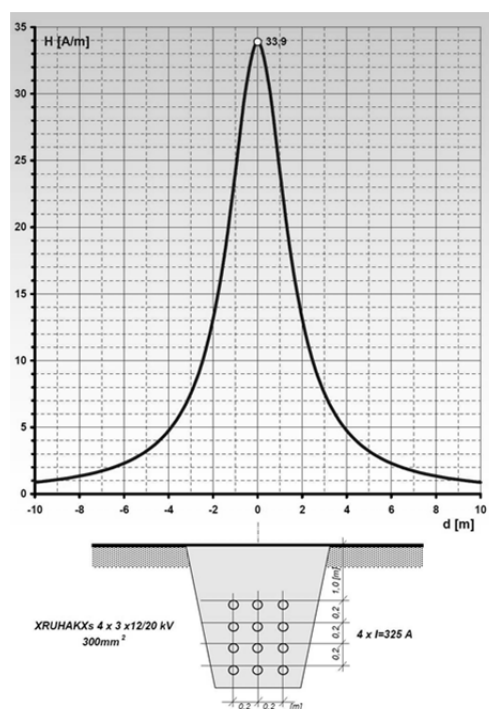
### Pole magnetyczne w sąsiedztwie linii kablowych

W artykule przedstawiono poniżej w formie wykresów rozkłady pola magnetycznego na wysokości 30 cm nad powierzchnią gruntu (zgodnie z wymogami rozporządzenia [3]) w kilku przypadkach ilustrujących problem pola magnetycznego nad linią kablową.

Na rysunku 2 zilustrowano rozkład pola magnetycznego nad dwutorową linią kablową wyprowadzającą moc z ośmiu siłowni wiatrowych o mocy 2 MW każda. Ze względu na obciążalność kabli każdy tor kablowy wyprowadza moc z dwu siłowni. Przy tak niewielkiej farmie wiatrowej (osiem siłowni po 2 MW) nad linią kablową można się spodziewać wartości natężenia pola magnetycznego wynoszące 20% wartości dopuszczalnej.



Rys.2. Rozkład pola magnetycznego (30 cm nad ziemią) ponad linią kablową złożoną z dwu torów (poszczególne fazy torów ułożone płasko)



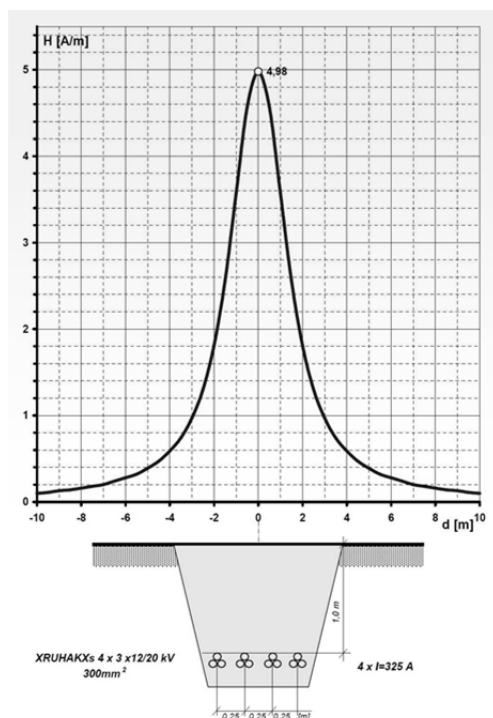
Rys.3. Rozkład pola magnetycznego (30 cm nad ziemią) ponad linią kablową złożoną z czterech torów (poszczególne fazy torów ułożone płasko)

Na rysunku 3 pokazano rozkład pola magnetycznego w sytuacji dużo bardziej niekorzystnej, gdy farma składa się z szesnastu siłowni o mocy 3 MW. Spodziewana maksymalna wartość natężenia pola magnetycznego wynosi prawie 34 A/m, co stanowi niewiele ponad 50% wartości dopuszczalnej.

W przypadku odprowadzania mocy z coraz większej ilości siłowni czy też z siłowni o większych mocach problem

będzie się pogłębiał. W praktyce Instytut Energetyki miał okazję opiniować linię kablową, która miała składać się z ośmiu torów. Wytwarzały one wypadkowe pole magnetyczne o natężeniu przekraczającym 75 A/m, czyli przekraczającym wartości dopuszczalne w środowisku.

Nowe generacje siłowni wiatrowych osiągają moc 5 MW (obecnie produkowane), a w najbliższej przyszłości można się spodziewać siłowni 10 MW. Wobec tego należy się spodziewać, że podwyższone pole magnetyczne w sąsiedztwie linii odprowadzających moc może stać się jednym z podstawowych problemów utrudniających uzyskanie pozwoleń na budowę farm wiatrowych. Zwłaszcza przy zwiększającym się nacisku kładzionym na oddziaływanie takich obiektów na środowisko naturalne.



Rys.4. Rozkład pola magnetycznego (30 cm nad ziemią) ponad linią kablową złożoną z czterech torów (poszczególne fazy torów ułożone w wiązkach po trzy)

Zapobieganie nadmiernym wartościom natężenia pola magnetycznego można zrealizować na kilka sposobów. Jedną z prostych technicznie metod jest zmiana sposobu ułożenia kabli w wiązkach po trzy. Na rysunku 4 zilustrowano rozkład pola magnetycznego nad czterotorową linią kablową w analogicznej sytuacji jak na rysunku 3, z tą różnicą, że poszczególne tory zostały ułożone w inny sposób. Taki prosty zabieg obniża w sposób zdecydowany wartość natężenia pola magnetycznego do prawie 5 A/m, czyli prawie siedmiokrotnie.

Dalsze zmniejszenie natężenia pola możliwe jest przez zwiększenie napięcia instalacji, co niestety wiąże się ze zwiększeniem kosztów ze względu na zastosowanie droższej aparatury rozdzielczej i kabli.

Kontrolowanie ułożenia kolejności faz w poszczególnych torach może być kolejnym sposobem redukcji pola, ale ze względu na praktykę niezwykle trudnym. W warunkach przemysłowych, gdzie możemy dokładnie określić trasę kabli i kolejność faz (np. przy układaniu kabli na drabinkach kablowych) jest to skuteczne rozwiązanie. Przy układaniu kabli w wykopach dotrzymanie takiego reżimu wydają się nierealne.

Ostatnim, ale bardziej kosztownym rozwiązaniem jest zmiana układu sieci odbioru energii z siłowni. Rezygnacja z układu, w którym tworzymy układ „magistrali” (rys. 1) i skłonienie się ku układowi „gwiazdowemu”, gdzie energia z poszczególnych siłowni przesyłana jest do podstacji SN/WN kilkoma trasami pozwala na uniknięcie tworzenia miejsc o podwyższonym natężeniu pola magnetycznego w związku z nagromadzeniem kabli.

### Podsumowanie

Przedstawione w artykule zagadnienia dotyczące oddziaływania pola magnetycznego na środowisko ogólniedostępne pochodzące od linii kablowych SN farm wiatrowych powinny być analizowane na etapie projektowym. Analiza ta pozwoli na wybór optymalnej trasy oraz sposobu odprowadzania energii z farm wiatrowych z uwagi na pole magnetyczne generowane przez kable, co jest szczególnie istotne przy prowadzeniu linii kablowych w miejscach przebywania ludzi.

### LITERATURA

- [1] Rekomendacja Rady Europy z dnia 12 lipca 1999 r. w sprawie ograniczania ekspozycji ludności w polach elektromagnetycznych - Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)
- [2] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627, z późn. zm.)
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz. U. Nr 192, poz. 1883)
- [4] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane. (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414, z późn. zm.)

**Autorzy:** mgr inż. Piotr Połoczanin, Instytut Energetyki, Instytut Badawczy, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, e-mail: piotr.poloczanin@ien.com.pl; mgr inż. Piotr Papliński, Instytut Energetyki, Instytut Badawczy, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, e-mail: piotr.paplinski@ien.com.pl; mgr inż. Hubert Śmietanka, Instytut Energetyki, Instytut Badawczy, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa, e-mail: hubert.smietanka@ien.com.pl.