

# TRANSPORT DROGOWY ELEMENTÓW ELEKTROWNI WIATRO- WYCH W WARUNKACH POLSKICH

dr inż. Izabela Kotowska  
Instytut Zarządzania Transportem  
Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie

mgr inż. Grzegorz Barzyk  
Instytut Elektrotechniki  
Politechnika Szczecińska

Przewóz elementów konstrukcyjnych stanowiących części elektrowni wiatrowych jest nieodzownym elementem związanym z procesem technologicznym ich budowy. Zagadnienie to obejmuje nie tylko kwestie optymalnego wyboru środków i technologii transportu, ale także szereg własności zdeterminowanych przez dane środki transportu.

Wiele lądowych dróg krajowych charakteryzuje się nieodpowiednimi parametrami technicznymi, uniemożliwiającymi w efekcie swobodny transport elementów o długości nierzadko powyżej 40 m i masach przekraczających 60 t. Zbyt małe szerokości tych dróg, małe dopuszczalne obciążenia na osie, niewystarczające wysokości wiaduktów, za nisko umieszczona trakcja elektryczna, stanowiąca utrudnienie na przejazdach kolejowych, powodują niewątpliwe ograniczenia, którym należy sprostać podczas organizacji przejazdu drogowego.

## 1. Określenie zagadnienia

Organizacja przewozu elementów elektrowni wiatrowych na miejsce ich montażu, stanowi z uwagi na masę i gabaryty poszczególnych części - zagadnienie wymagające szczególnej uwagi, zwłaszcza w warunkach krajowych.

Typowa elektrownia wiatrowa składa się z kilkunastu elementów. Zarówno masy, które dochodzą nawet do 60 t, jak i wymiary zewnętrzne: długość, szerokość czy wysokość, przekraczają często wszelkie dopuszczalne w transporcie lądowym wielkości. Płaty wirnika mogą osiągać długość do 66m (np. dla elektrowni Enercon E-112), szerokość transformatora: 6-10m, a średnice wież 3-8m.

W celu zobrazowania skali podejmowanego tematu, w tabeli 1 przedstawiono wymiary elementów składowych elektrowni Enercon E-66 z wieżą stalową o wysokości 85 m.

Tabela 1. Elementy techniczne elektrowni wiatrowej E-66 z wieżą stalową 85 m

Turbina E-66 18.70	Masa maksymalna (t)	Wymiary
Gondola	18	7,5 x 5,5 x 6,1
Stator/Rotor	49	Ø5 x 2,2
Piasta	20	Ø 5,6 x 5,2

Piasta + Płaty	35	Ø70 x 5,2
Płat wirnika 33m	4,0	33 x 1,9 x 2,6
Wieża 83 m		
Sekcja I	36	25,5 / Ø 2,18 / Ø 2,71
Sekcja II	45	23 / Ø 2,71 / Ø 3,35
Sekcja III	60	21,3 / Ø 3,35 / Ø 3,906
Sekcja IV	58	14,4 / Ø 3,91 / Ø 4,3
RAZEM	<b>325</b>	

Praktycznie każdy z wymienionych w tabeli 1 elementów może zostać zakwalifikowany do ładunków ponadgabarytowych, niemniej jednak niektóre z nich, takie jak np. płaty wirnika, których długość wynosi 33m, mogą w sposób drastyczny utrudnić i skomplikować wcześniej ustalone plany montażu. Plany te w efekcie mogą skutkować zmianą technologii transportu, dlatego też, w kolejnych punktach zostały scharakteryzowane możliwości przewozowe poszczególnymi powszechnie dostępnymi w Polsce gałęziami transportu.

### 3. Cechy transportu drogowego

Najdogodniejszą, mogłoby się wydawać, lecz na pewno najpowszechniejszą technologią przewozu w warunkach nie tylko krajowych, jest transport drogowy. Dyspozycyjność i dostępność jako wiodące cechy tego rodzaju transportu niestety przy tak dużych i ciężkich ładunkach często są nieadekwatne do potrzeb i oczekiwań. Transport drogowy w zakresie przewozu elementów elektrowni wiatrowych wymaga bowiem dróg o odpowiednich parametrach, a tych niestety w Polsce nadal jest bardzo mało.

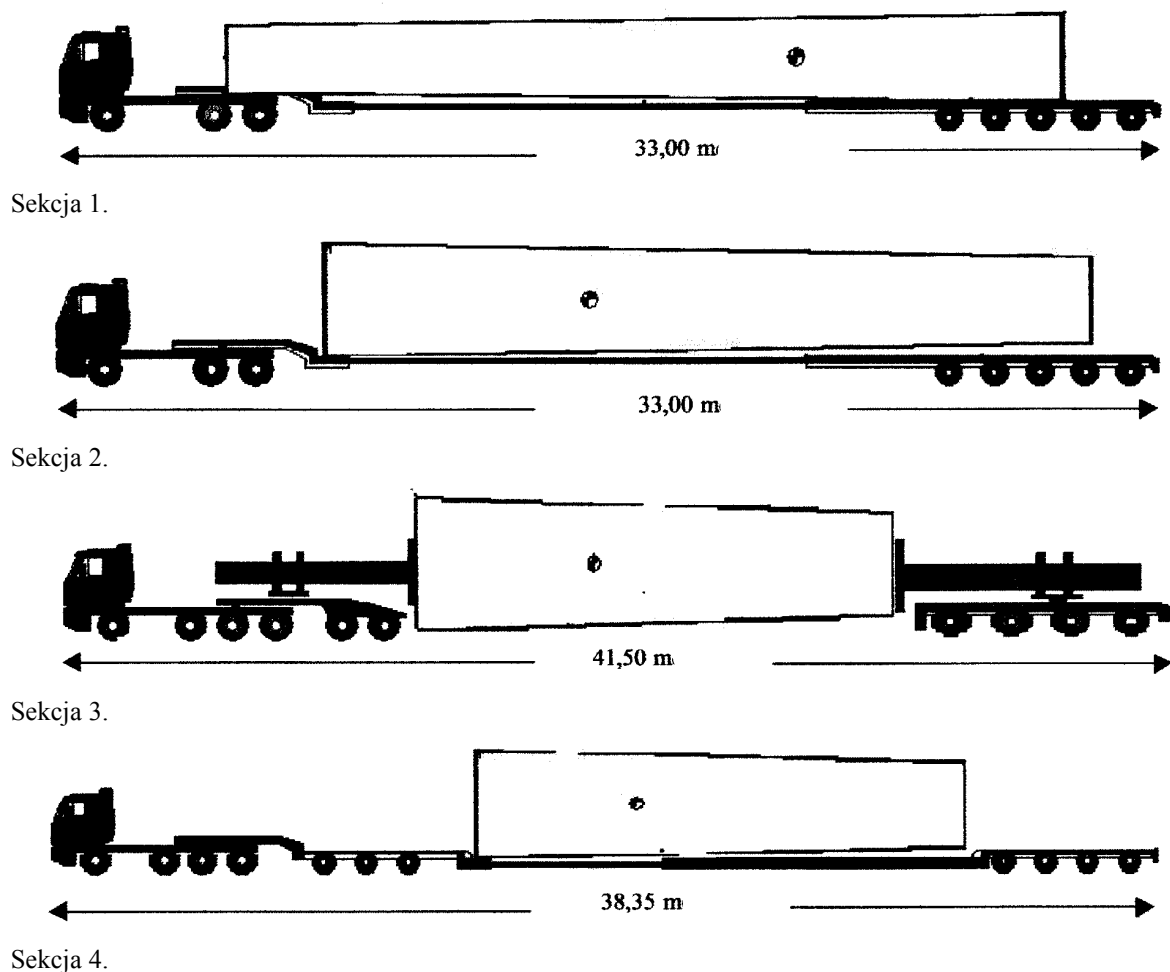
Jakość i stan polskich dróg pozostawia jak wiadomo wiele do życzenia. Drogi te, w odniesieniu do potrzeb przewozu komponentów elektrowni wiatrowych posiadają często słabe parametry konstrukcyjne. Istniejące drogi z reguły są wąskie, dwujezdniowe, nie zawsze mają pobocze. Na nielicznych wciąż odcinkach są to drogi dwupasmowe, które często krzyżują się z torami kolejowymi. Wiele głównych tras przelotowych wprowadza ruch kołowy do centrów miejscowości, wiele ma zbyt małe promienie łuków - utrudniając prowadzenie dużych zestawów kołowych. Dodatkowo powszechnie występujący zły stan techniczny, nieodpowiedni stan powierzchni i niewielkie dopuszczalne obciążenie na osie powoduje, iż ten rodzaj transportu może de facto przegrywać z innymi.

Według polskich przepisów na większości dróg krajowych mogą poruszać się pojazdy członowe (ciągniki siodłowe z naczepami) o masie całkowitej do 42 t i obciążeniu na oś pojedynczą do 10 t. Długość takiego pojazdu nie może przekraczać 16,5 m, wysokość 4,00 m, szerokość natomiast 2,55 m. Porównanie zawartych w tabeli 1 wymiarów ładunków z do-

puszczalnymi parametrami pojazdów drogowych uświadamia zatem skalę trudności związaną z organizacją transportu i ustaleniem odpowiedniej trasy przewozowej.

Wszelkie nowo wybudowane elementy infrastruktury drogowej uwzględniają obecne dopuszczalne parametry pojazdów samochodowych. Budowanie np. dużo wyższych, ponad wymagane 4m wiaduktów było dotąd ekonomicznie nieuzasadnione. Należy również pamiętać, że ogromna liczba budowli infrastrukturalnych, szczególnie wybudowanych przed II wojną światową i położonych w aglomeracjach miejskich, posiada znacznie gorsze parametry techniczne. W związku z tym, nawet pojazdy o dopuszczalnych w Polsce wymiarach i obciążeniach nie mogą się po nich swobodnie poruszać.

Przewożąc element, którego długość dochodzi do 40 m, a masa sięga 60 t, należy zastosować pojazd członowy przystosowany do ładunków ciężkich. Konieczny jest przy tym przynajmniej czteroosiowy ciągnik siodłowy z cztero- pięcioosiową niskopodwoziową naczepą. Rysunek 1 ukazuje, jak powinny być przewożone, rozmieszczone i załadowane elementy wieży elektrowni Enercon E-66 o wysokości 85 m.



Rys. 1. Technologia przewozu wieży 85 m elektrowni wiatrowej E-66 transportem drogowym

Przewiezienie wszystkich elementów omawianej elektrowni wiatrowej wymaga aż dziewięciu pojazdów członowych:

- jeden zestaw dla każdej z czterech sekcji wieży
- jeden zestaw z naczepą niskopodwoziową dla piasty
- jeden zestaw z naczepą niskopodwoziową dla generatora
- jeden zestaw dla części obudowy
- jeden zestaw na każdy z trzech płatów wirnika (długość płata wynosi 33 m)
- dodatkowy element stanowi transformator, którego wielkość uzależniona jest od indywidualnego zamówienia.

Wysokość rozmieszczonych w ten sposób na pojazdach samochodów elementów elektrowni wiatrowej nie powinna przekraczać 4,25 m. Limituje ją największa średnica wieży. Przewożąc 63 m wieżę wysokość ta wzrasta do 4,65 m, a przy innych rozwiązaniach konstrukcyjnych może przekroczyć nawet 5 m.

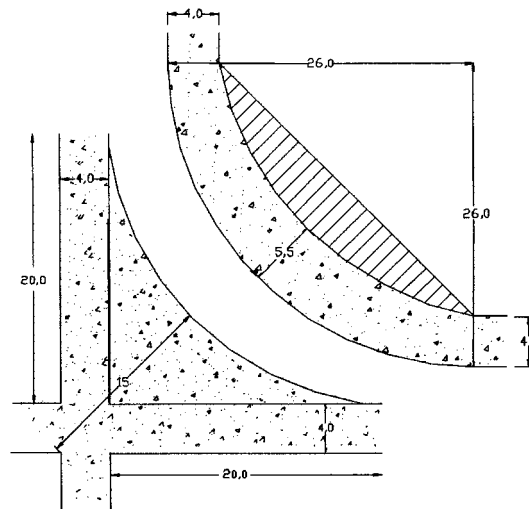
Podczas planowania trasy przewozowej trzeba szczególną uwagę zwrócić na wysokość wiaduktów kolejowych. Najlepszym rozwiązaniem jest ominięcie tego typu utrudnień.. Paradoksalnie coraz częściej napotykanym utrudnieniem są również bezkolizyjne skrzyżowania budowane na autostradach i niektórych drogach szybkiego ruchu (prześwity).

Planując trasę przewozową należy zwrócić również uwagę na przejazdy kolejowe, gdzie maksymalna wysokość pojazdu drogowego ograniczona jest prześwitem pod trakcją elektryczną. W Polsce przewód jezdny na liniach normalnotorowych umieszczony jest na wysokości 5,6m, w niektórych przypadkach, np. w pobliżu tuneli kolejowych czy wiaduktów, wysokość ta może zostać obniżona do 4,90 m. Zdarzyć się zatem może, iż konieczna będzie przebudowa trakcji elektrycznej bądź przynajmniej podniesienie przewodu jezdnego na wymaganą wysokość. Podobne utrudnienie stanowią mogą napowietrzne linie energetyczne (nN/SN) oraz telekomunikacyjne.

Zgodnie z zaleceniami firmy Enercon, przewóz elementów elektrowni wiatrowej E-66 wymaga dróg o minimalnej szerokości 4m. Najszerszym elementem w zestawie jest generator, którego średnica wynosi 5m. Wielkość ta dwukrotnie przekracza dopuszczalne parametry pojazdów poruszających się po polskich drogach!

Wzdłuż drogi służącej jako szlak przewozowy elementów E-66, na szerokości 5,5m nie mogą znajdować się żadne stałe elementy tj.: drzewa, znaki, ściany budynków czy płoty. Promienie łuków drogi powinny wynosić odpowiednio: 22m – wewnętrzny i 26m zewnętrzny. Ze względu na zachodzenie pojazdu przy skręcie, jezdnia powinna mieć szerokość 5,5m, a

na poboczu nie powinny znajdować się żadne budynki, drzewa czy inne elementy stałe (na rysunku 2 jest to obszar zaznaczony linią kreskowaną).



Rys. 2. Wymagane parametry jezdni podczas przewozu elementów elektrowni wiatrowej E-66 z wieżą 85m.

Jak wysokie są to wymagania uświadomić sobie można porównując dopuszczalne promienie skrętu dla pojazdów samochodowych. Zgodnie z krajowymi przepisami, pojazd członowy i zespół pojazdów powinien mieć możliwość poruszania się wewnątrz pierścienia o promieniu zewnętrznym 12,50m i promieniu wewnętrznym 5,30m. Krajowa infrastruktura drogowa budowana jest zatem dla pojazdów o takich parametrach technicznych. Może się więc okazać, że na planowanej trasie przewozu niezbędna będzie przebudowa skrzyżowania czy łuku drogi.

Kolejnym elementem, na który trzeba zwrócić uwagę, to stopień nachylenia drogi. Wymagane jest, aby droga asfaltowa nie miała nachylenia większego niż 12%, natomiast żwirowa – 6%. Większe nachylenie może spowodować zerwanie mocowania ładunku lub zsuwanie się zestawu. Wymóg ten praktycznie eliminuje przewóz w trudnych warunkach górskich.

Innym poważnym czynnikiem, na który należy zwrócić uwagę podczas organizacji przewozu drogowego, to nawierzchnia drogi, której stan praktycznie jest trudny do przewidzenia. Wznios ramy naczepy, przy tak obciążonym pojeździe wynosi jedynie 15 cm, dlatego też trasa przewozowa powinna być dostatecznie równa oraz pozbawiona wyrw, pęknięć i kolein. Niestety ponad 20% dróg krajowych ze względu na niewystarczającą równość i 30 % za względu na koleiny kwalifikuje się do natychmiastowego remontu, uniemożliwiający w ten sposób przedmiotowy transport.

Należy również pamiętać, że dla pojazdów (transportów drogowych) przekraczających dopuszczalne przepisami parametry, wymagane jest zezwolenie, które wydawane jest przez:

- naczelnego dyrektora okręgu dróg publicznych w miejscu rozpoczęcia przejazdu,

- organ zarządzający drogą w miejscu rozpoczęcia przejazdu, dla przewozów w granicach miasta lub sąsiadujących ze sobą miast,
- Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad - dla przewozów międzynarodowych,

Wniosek o zezwolenie na przejazd pojazdu nienormatywnego powinien zawierać:

- nazwę i adres przedsiębiorcy wykonującego transport,
- termin oraz dokładny adres miejsca rozpoczęcia i zakończenia przejazdu, a w przypadku gdy przejazd zaczyna się lub kończy poza granicami kraju - nazwę przejścia granicznego,
- rodzaj ładunku i jego masę całkowitą,
- markę, typ, numer rejestracyjny, masę własną, dopuszczalną ładowność, liczbę osi pojazdu oraz liczbę kół na każdej osi (dla zespołu pojazdów dane te podaje się odrębnie dla pojazdu silnikowego i przyczepy),
- wymiary i masę całkowitą pojazdu pojedynczego lub zespołu pojazdów z ładunkiem i bez, rozstaw osi oraz naciski każdej osi pojazdu wraz z ładunkiem,
- schemat ułożenia ładunku na pojeździe.

Wniosek taki, powinien być złożony na 14 dni przed planowanym przejazdem. Jeżeli przewóz jest możliwy, właściwy urząd powinien wyznaczyć trasę przewozową. W niektórych przypadkach, zwłaszcza w przy konieczności przejazdu przez aglomeracje miejskie, może być wymagany transport w godzinach nocnych. Oczywiście warunkiem uzyskania zezwolenia jest także uiszczenie opłaty za przewóz nienormatywny.

#### **4. Podsumowanie**

Przedstawione w artykule rozważania ukazują, jak trudnym zagadnieniem jest przewóz drogowy ładunków ponadgabarytowych. Organizacja takiego transportu wymaga dużej znajomości różnych środków transportu, jest ona czaso- i kosztochłonna, zwłaszcza przy konieczności przystosowania infrastruktury do warunków przewozowych.

W wielu przypadkach, koniecznym okazać się może stosowanie transportu tzw. kombinowanego lub hybrydowego, powstałego w efekcie ze złożenia dwóch lub więcej rodzajów transportu (np. z kolejowym lub wodnym). Zapis taki jest o tyle istotny, że w ostatniej dekadzie spotykane masy oraz gabaryty współcześnie produkowanych elektrowni wiatrowych uzyskały nieprzewidziany wcześniej i stale mający swoje miejsce przyrost.