

# UNELE ASPECTE PRIVIND STRUCTURA DE REZISTENȚĂ A PALELOR CU PROFIL AERODINAMIC

Autor: Guțu Marin

Conducător științific: Dulgheru Valeriu, Bostan Viorel

Universitatea Tehnică a Moldovei

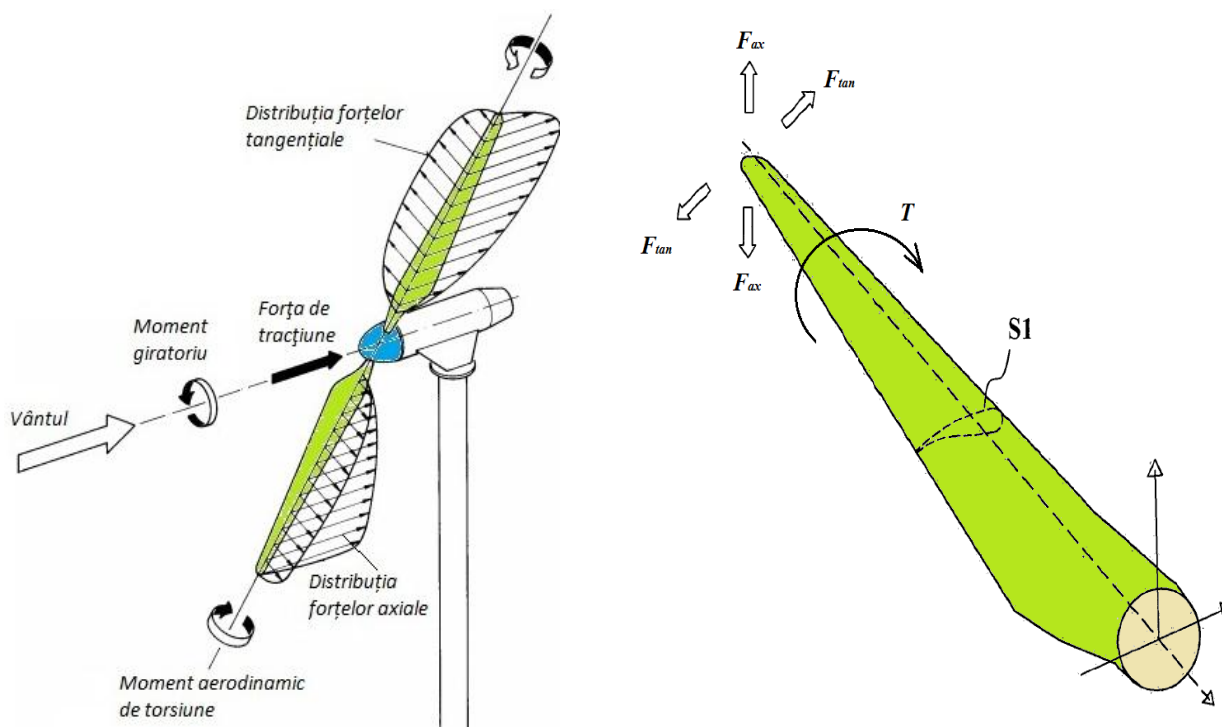
**Rezumat:** Sunt prezentate aspecte privind forțele care acționează asupra palelor cu profil aerodinamic pentru turbine eoliene de diferită putere și structura de rezistență a acestora.

**Cuvinte cheie:** structură de rezistență, nervuri de rigidizare, sarcini, deformații, materiale compozite.

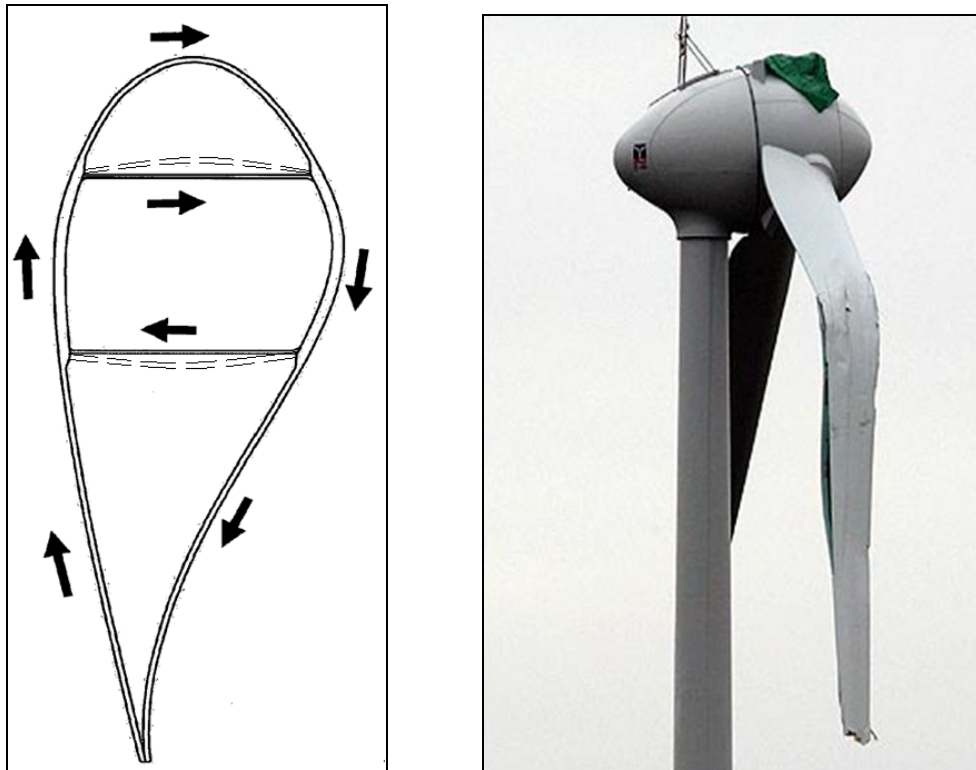
## 1. Introducere

Construcția unor pale cu profil aerodinamic cu un randament înalt, care să fie rezistente, să aibă deformații în limitele admisibile și o greutate cât mai mică nu este o problemă simplă. Actualmente utilizarea materialelor compozite la construcția palelor este o soluție perfectă în acest sens. Însă determinarea structurii de rezistență optime necesită găsirea unui compromis dintre costurile materialelor și greutatea palei.

În condiții normale de funcționare palele turbinei eoliene sunt supuse acțiunii forțelor axiale, tangențiale și a unui moment de torsiune aerodinamic (**Figura x y**). Aceste solicitări provoacă vibrații în pală. Oscilațiile la rândul lor cauzează deformarea geometriei palei și pot duce chiar la distrugerea acesteia.



**Figura 1.** Forțele care acționează asupra palei



**Figura 2.** Distribuția forțelor în structura de rezistență a palei și deformațiile care apar

## 2. Structuri de rezistență și materiale utilizate la construcția palelor pentru turbine de putere medie și mare

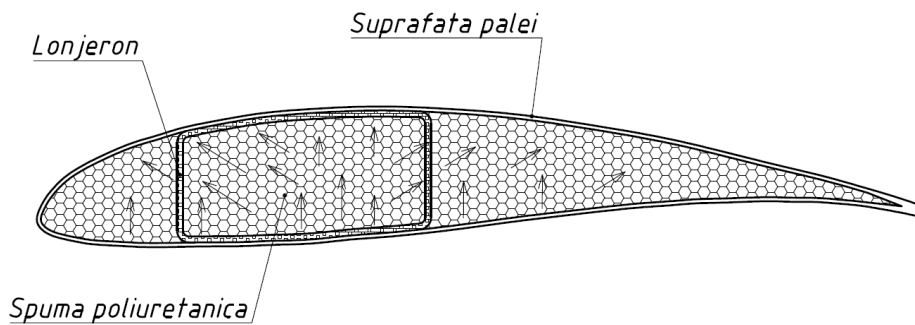
Palele pentru turbinele eoliene în prezent sunt fabricate din materiale compozite - polimeri armați cu fibre de sticlă sau de carbon. Acestea sunt executate de obicei din două părți prefabricate care formează suprafața palei după ce sunt lipite împreună. În interiorul palei este prevăzut un lonjeron sau nervuri de rigidizare. Palele sunt rigidizate prin mai multe metode în funcție de dimensiune și de forțele care acționează asupra lor (**Figura x y**). Suprafața palei este executată cu treceri line de la o porțiune la alta pentru a evita concentrarea tensiunilor.



**Figura 3.** Tehnologia de fabricare a palelor

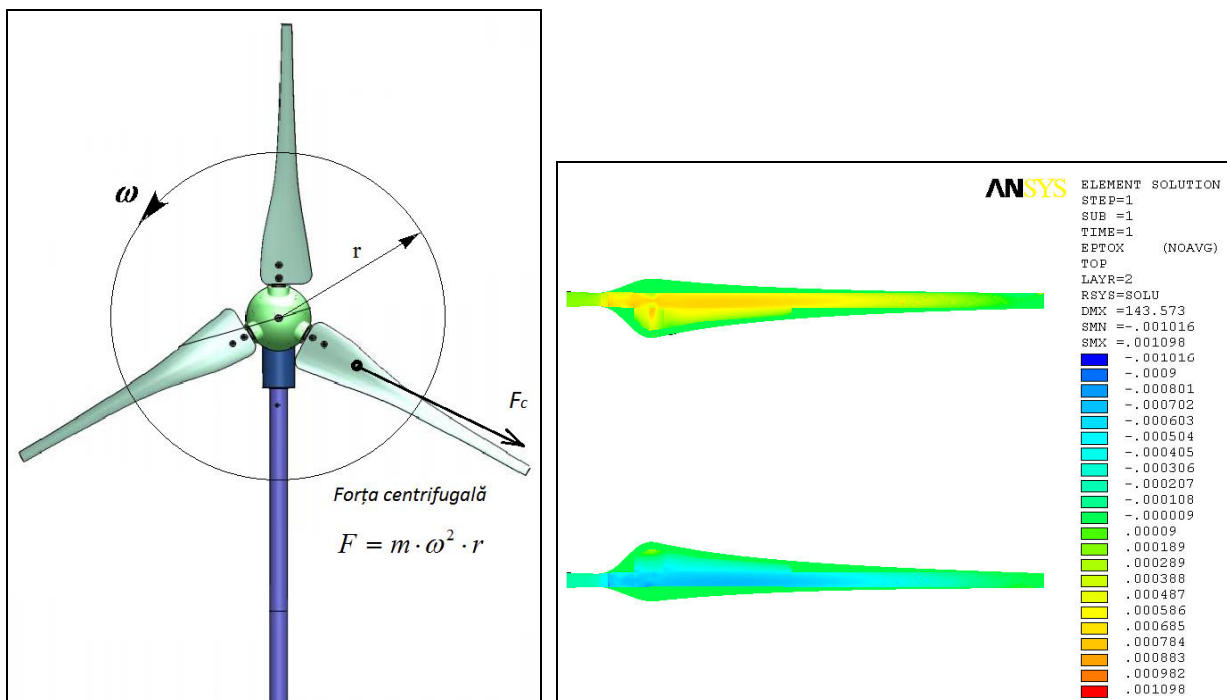
### 3. Structuri de rezistență utilizate la construcția palelor pentru turbine de putere mică

Palele turbinelor eoliene cu puterea de până la 30 kW adică cu lungimea de până la 7-8 m sunt fabricate cu aceeași tehnologie ca și palele pentru turbinele mari. Însă, deoarece la construcția palelor de dimensiuni mici se folosesc profile aerodinamice cu grosime mică care funcționează bine la turații mari ale rotorului, acestea nu asigură o rigiditate suficientă a palei. Așadar pentru a fi rigidizată mai bine, pala este injectată cu spumă de polimer. În rezultatul acestui proces, la solicitări pala se comportă ca un panou sandwich. Tensiunile se distribuie uniform în interiorul palei (**Figura x y**).



**Figura 4.** Metode de rigidizare a palelor de dimensiuni mici

La proiectarea palei trebuie să se asigure o marjă de siguranță pentru a evita accidentele și oboseala. Principalele sarcini ce acționează asupra palelor turbinelor eoliene mici sunt provocate de forțele centrifugale și axiale. Atunci când turbina rulează la turații maxime (150 rot/min) forța centrifugală a palelor va fi de aproximativ 30 de ori mai mare decât greutatea proprie a lor. În cazul în care o pală cântărește 30 kg, apoi forța centrifugă va fi de aproximativ 8800 N (echivalentul a 880 kg greutate) la această viteză. La 200 rot/min forța va fi echivalentă cu 1500 kg. Această viteză ar putea apărea în cazul în care sistemul de frânare nu funcționează corect, de exemplu.



**Figura 5.** Forțele centrifugale care acționează asupra palelor și tensiunile principale care apar

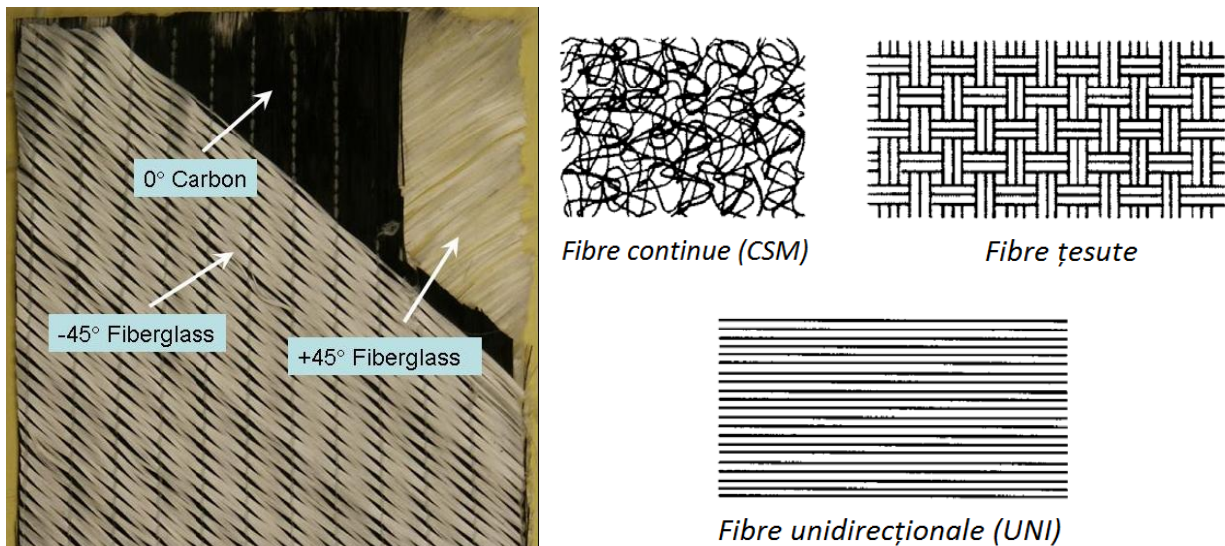
Forța de tracțiune a vântului pe fiecare pală este de numai 3 kN. Ea provoacă flexiunea palei ceea ce se adaugă la solicitările forței centrifugale. Momentele giroscopice de încovoiere ar putea avea aceeași valoare însă alternativă.

Pentru siguranță, ar fi bine să se testeze o pală de probă prin atârănarea unor greutatea de ea până când se rupe. Acest lucru va indica cât de mare este factorul de siguranță (dacă există unul).

Dacă sunt probleme cu rezistența inadecvată a palelor, atunci este necesară creșterea cantității de fibre de sticlă, în special la baza palei. Rășina nu asigură rezistența necesară dacă nu este armată cu fibre de sticlă sau de carbon. Se recomandă utilizarea fibrelor de sticlă cu orientare uni-direcțională. Acestea vor dubla rezistența la tracțiune pentru aceeași greutate. Acesta este un mare avantaj în cazul în care principalele forțe sunt inerțiale (centrifugă și giroscopică).

#### 4. Determinarea tipului și formei optime a materialului compozit prin utilizarea softurilor speciale

Proiectare materialului compozit necesar este un proces complex, iar succesul depinde de alegerea corectă a tipului de material, formei și procesului.



**Figura 6.** Fibrele pot da diferite proprietăți materialului compozit în funcție de direcția de orientare și de procentajul lor din matricea de polimer

#### Programul COMPAS are următoarele posibilități :

- ✓ Design - puteți rapid experimenta cu diferite plăci laminate, materiale, rășini și miezuri;
- ✓ Analiză - primești instantaneu valori calculate pentru greutate, cost, rezistență și rigiditate pentru a optimiza structura materialului compozit;
- ✓ Exemple - utilizați o bibliotecă de laminate predefinite clasificate în funcție de industrie, adăugați propriile dvs. materiale.

#### Bibliografie

1. Erich Hau „Wind Turbines” Fundamentals, Technologies, Applications, Economics, 2nd edition, ed. Springer, Berlin 2006.
2. Martin O. L. Hansen “Aerodynamics of Wind Turbines” Second Edition pub. “Earthscan”, London 2008.
3. I. Bostan, V. Dulgheru, I. Sobor, V. Bostan, A. Sochirean, „Sisteme de Conversie a Energiilor Regenerabile” editura „TEHNICA-INFO”, Chișinău 2007.
4. <http://www.completecomposites.com>