

OPTIMIZAREA AERODINAMICII ROTORULUI EOLIAN CU AX VERTICAL

Porcescu Gavril, masterand IS CER
Cond. șt.: prof.univ. Dulgheru Valeriu

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: Într-un nou ecosistem post-recesional în care fiabilitatea performanței înseamnă fiabilitatea câștigului, aspectul asigurării calității a dobândit o dinamică complet nouă în producție, prin produsul în sine și în implementarea noilor tehnologii. Dezvoltarea unui concept fiabil și eficient presupune stabilirea optimă a parametrilor constructivi și funcționali. Tendința de dezvoltare a conceptelor verticale constă în abordarea unor noi soluții privind forma și structura rotorului, trecându-se de la conceptele clasice Savonius și Darrieus la cele bazate pe formă profilată aerodinamică. Argumentarea și alegerea profilului aerodinamic de referință al palei în secțiunea normală a rotorului reprezintă etapa definitivă în rezolvarea problemelor cheie legate de: optimizarea potențialului de conversie și ameliorarea performanțelor aerodinamice.

Cuvinte cheie: energie eoliană, VAWT Darrieus, VAWT Savonius, REEV-C, HAWT, pale, rotor

1. Introducere

Dezvoltarea pieței de energie regenerabilă reprezintă un deziderat cheie în contextul conceptului de dezvoltare durabilă. Asigurarea însă, a securității energetice europene este în coraport direct cu implementarea unor sisteme de conversie și transport caracterizate prin eficiență înaltă, raportate la cost redus al echipamentelor și al tehnologiilor utilizate. Tendința ultimilor decenii impune energia eoliană drept o soluție certă privind atingerea acestui deziderat. În particular, sintagma „*energia eoliană*” creează automat în viziunea oamenilor imaginea morilor de vânt convenționale: o gondolă, un turn și cele trei lame uriașe. Axarea producătorilor internaționali pe conceptul orizontal este justificată atât de eficiența înaltă de conversie oferită de aceste soluții tehnice cât și de lipsa unor răspunsuri suficient de elocvente privind soluțiile verticale. Studiile recente în segmentul eolian evidențiază însă un segment de piață pe care producătorii de ax orizontal nu sunt în stare să-l acopere, cel puțin pe moment. Este vorba de sectorul urban sau rezidențial caracterizat prin parametrii relativ reduși ai vitezei vântului și fenomene accentuate de turbulență. Resursele limitate de vânt dublate de lipsa spațiului de amplasare pot fi însă compensate cu succes prin implementarea conceptului vertical.

2. Turbine eoliene cu ax vertical

Turbinele eoliene cu ax vertical se caracterizează prin două principii de funcționare, cel al variației periodice a incidenței în cazul variantei Darrieus (fig. 1a) și cel al diferenței de rezistență specific rotorului Savonius (fig. 1b). Practica cercetării și utilizării recente a VAWT a arătat că aceste tipuri de TE posedă unele avantaje semnificative în comparație cu HAWT:

- nu necesită mecanisme auxiliare de orientare față de direcția vântului;
- posibilitatea preluării rafalelor mici de vânt;
- tehnologie de execuție a palelor relativ simplă.
- posibilitatea amplasării sistemului electromecanic la baza TE (comoditatea deservirii);
- tensiunile apărute în rezultatul acțiunii forțelor de greutate cresc direct proporțional în raport cu factorul de scară;
- posibilitatea fixării palelor în mai multe poziții, contribuind la diminuarea cerințelor de rezistență și rigiditate față de acestea;

Tendința de dezvoltare a conceptelor verticale constă în abordarea unor noi soluții privind forma și structura rotorului, trecându-se de la conceptele clasice Savonius și Darrieus la cele bazate pe formă profilată aerodinamică. Și totuși, analiza acestor două soluții tehnice separat din prisma avantajelor și dezavantajelor oferite, evidențiază o problemă tehnică ce frânează implementarea cu succes a acestor sisteme de conversie și anume: - eficiență de conversiune relativ scăzută, fapt care nu-i permite să funcționeze eficient în zone cu un potențial energetic eolian scăzut precum cel din mediul urban.

Drept urmare s-a recurs la o soluție optimală privind posibilitatea unificării acestor două concepte: REEV-C (rotor elicoidal eolian vertical combinat) (fig. 1c) - Savonius VAWT, servind ca demarator pentru rotorul Darrieus, sau pentru aplicații unde este necesar un moment de pornire înalt și turații joase.

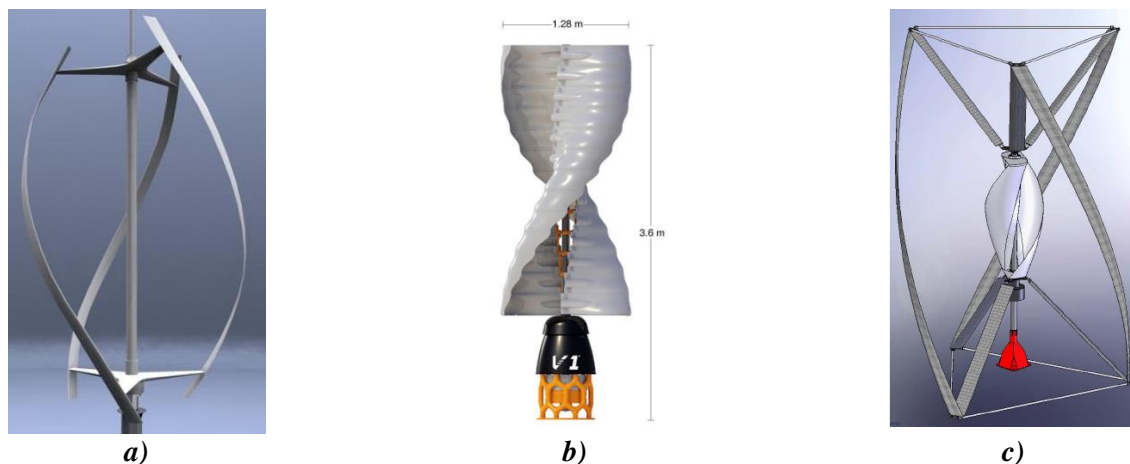


Fig. 1 VAWT a) Darrieus b) Savonius, c) Darrieus-Savonius Combinat

2.1. Argumentarea și alegerea profilului aerodinamic de referință al palei în secțiunea normală

Dezvoltarea unui concept fiabil și eficient presupune stabilirea optimă a parametrilor constructivi și funcționali și anume ține de optimizarea aerodinamicii rotorului eolian cu ax vertical. Utilizarea codurilor de calcul CFX accelerează și totodată eficientizează procesul integral, având drept scop analiza tablourilor de modelare a interacțiunii cu fluxul de aer a variantei constructive și stabilirea unghiului optim al elicoidei palei rotorului. Cercetarea inițială presupune studierea comportamentului rotorului Darrieus.

Selectarea profilului palei specific funcționării REEV reprezintă o etapă a proiectării ce impune o atenție sporită condiționată de anumite aspecte :

- secțiunea palei să funcționeze într-un diapazon larg de incidențe ;
- variația mare a numărului Reynolds pe lungimea palei
- cost de execuție scăzut și calitate înaltă a suprafeței palei, ceea ce va contribui la majorarea performanței, cât și diminuarea nivelului de zgomot și vibrații ;
- dependența grafică a raportului dintre forța de ridicare și forța de rezistență frontală.

Conform literaturii de specialitate profilele pentru viteze mici sunt caracterizate printr-o comportare cvasiliniară la numere Reynolds mic. La moment această categorie cuprinde diverse profile precum cele din clasele : NACA, Eppler, WindPover etc. Cazul VAWT presupune utilizarea profilelor aerodinamice simetrice, astfel, în scopul determinării profilului aerodinamic al palei în secțiune normală am selectat 4 profile de referință din baza de date [3] , ce ulterior au fost analizate în programul de calcul JavaFoils destinat calcului polarelor. Criteriul de apreciere comparativă a proprietăților profilelor îl constituie dependența grafică a raportului dintre forța de ridicare și forța de rezistență frontală funcție de unghiul de atac și nr. Re calculat. Profilele de referință au fost supuse cercetării atât într-un mediu ideal (smooth finish) cât și într-un mediu cu impurități (bugs and dirt). În continuare se prezintă tabelar (Tab. 1) datele de referință necesare studiului comparativ, obținute în urma efectuării simulării.

Tab. 1 Studiul comparativ al profilelor

Profilul	Raportul dintre forța de ridicare și forța de rezistență frontală [L/D]		Re calculat
	Smooth finish	Bugs and dirt	
S8025(8%)	52,361	29,681	209200
Eppler E168 (12,45%)	64,456	35,222	
NACA 0015	43,353	27,278	
NACA 0017	50,966	30,029	

În urma analizei comparative obținute privind caracteristicile de performanță ale profilelor de referință, se evidențiază comportamentul superior al profilului Eppler E168 (12,45%). În continuare se va prezenta simularea interacțiunii fluxului de aer cu pala de tip Eppler E168 (12,45%).

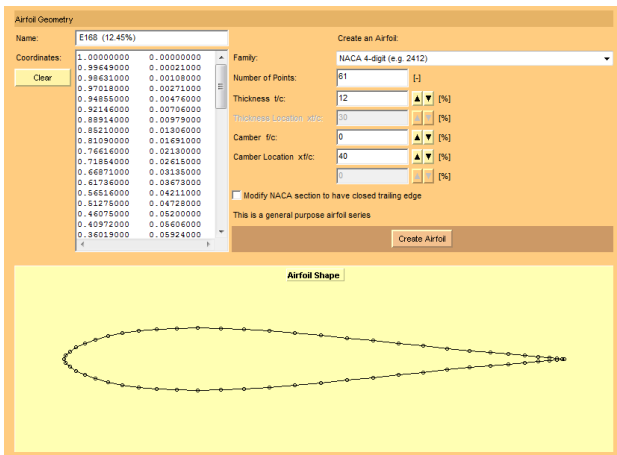


Fig. 2 Particularitățile geometrice și coordonatele profilului Eppler E168 (12,45%)

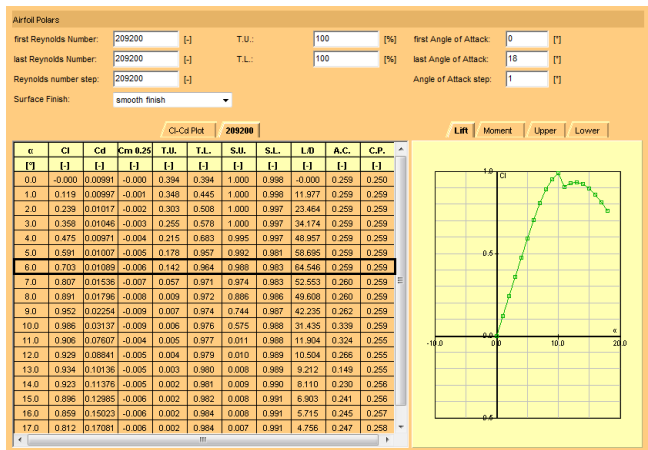


Fig. 3 Dependența coeficienților de portanță și rezistență de numărul Reynolds și unghiul de atac

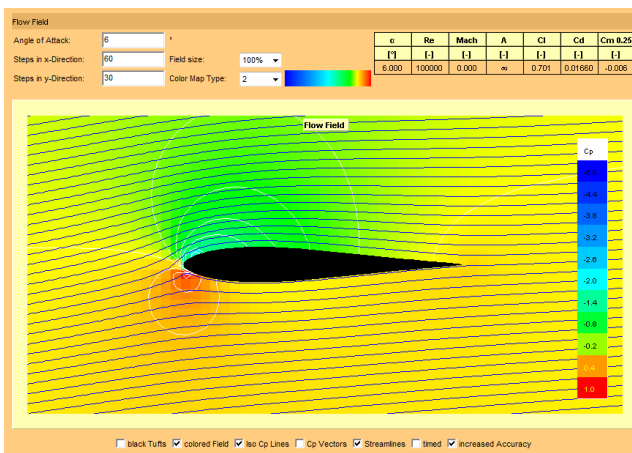


Fig. 4 Distribuția presiunii pentru unghiul de atac de 6 grade

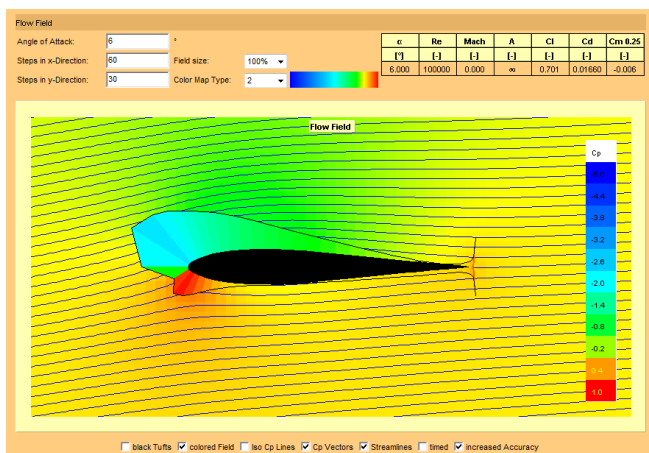


Fig. 5 Distribuția vitezelor pentru unghiul de atac de 6 grade

Restricțiile constructive impuse la stadiul de proiectare determină luarea în calcul și a profilului NACA 0017 a cărui analiză va fi prezentată în figurile ce urmează.

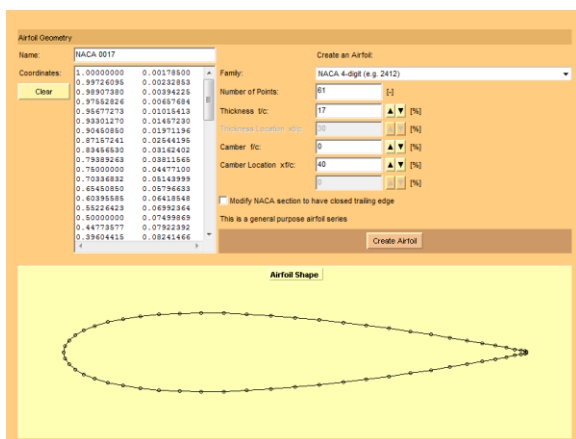


Fig. 6 Particularitățile geometrice și coordonatele profilului NACA 0017

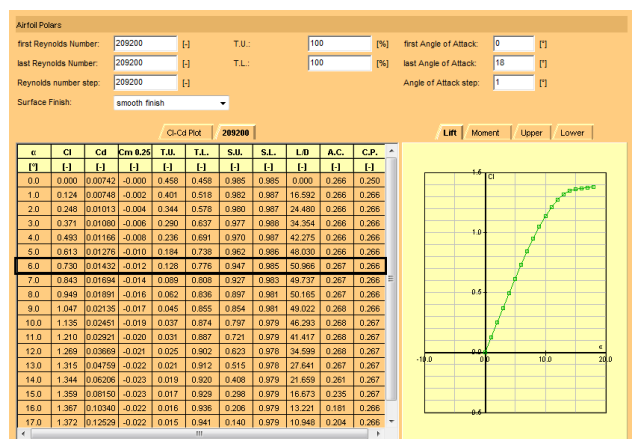


Fig. 7 Dependența coeficienților de portanță și rezistență de numărul Reynolds și unghiul de atac

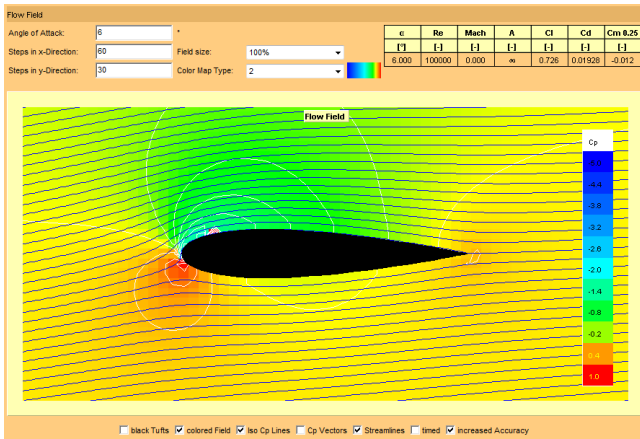


Fig. 8 Distribuția presiunii pentru unghiul de atac de 6 grade

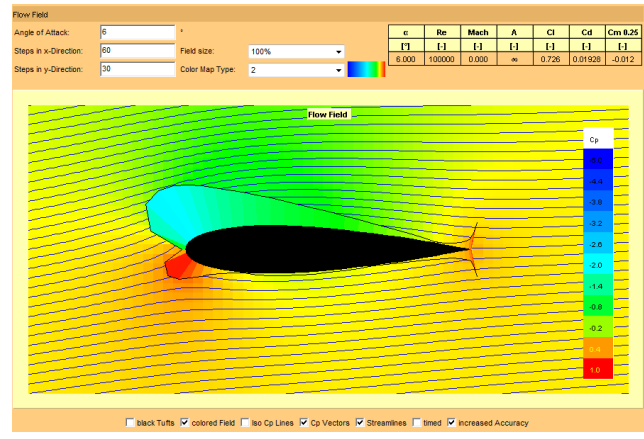
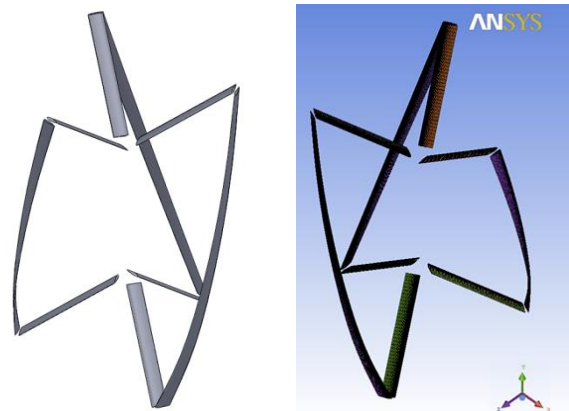


Fig. 9 Distribuția vitezelor pentru unghiul de atac de 6 grade

Analiza performanțelor acestor două profile de referință condiționată de restricțiile constructive impune determinarea variantei optime ce va fi supusă cercetării ulterioare în mediul de simulare static și dinamic. Profilul aerodinamic de referință selectat este NACA 0017. În baza rezultatelor obținute, în mediul specializat CAD de proiectare Solid Works, au fost pregătite modelele 3-D pentru calculul CFD ale REEV cu profilul aerodinamic al paletelor în secțiune normală (fig. 10a). Rețeaua de elemente finite a fost creată în mediul integrat ANSYS Workbench 12.1 (ANSYS CFX-Mesh 10) cu transferarea mai departe în ANSYS CFX-12.1.(fig. 10b) Pentru cercetarea interacțiunii rotorului elicoidal cu mediul fluid, pentru început, au fost discretizate palele rotorului într-o rețea din cca 1.2 mln. elemente finite tetraedre Mesh.



a) Concept REEV 3D SW,
b) Discretizarea în elemente finite a rotorului proiectat (modulul CFX-Mesh)

Concluzie

Tabloul datelor obținute prin intermediul programelor de analiză și calcul numeric reflectă comportarea reală a profilului aerodinamic rotorului dat prezentând liniile de curgere în contextul interacțiunii cu mediul fluid, oferind astfel suport informațional cu grad înalt de precizie privind desfășurarea ulterioară a cercetărilor. Cert este faptul că în condițiile cadastrului de vânt redus implementarea RREV-C poate fi o soluție viabilă pentru noua eră energetică.

Bibliografie

1. Bostan I., Dulgheru V., Sobor I., Bostan V., Sochirean A. *Sisteme de conversie a energiilor regenerabile*. Univ.Tehn. a Moldovei - Ch.: Ed. „Tehnica-Info” SRL, 2007, - 665p. (Tipografia BONS Offices). 2007.- 600 p. ISBN 978-9975-63-076-4.
2. 1. Bostan I., Dulgheru V., Sobor I., Bostan V., Ciupercă R. *Antologia invențiilor*, vol. 3, Sisteme de conversie a energiilor regenerabile. Univ.Tehn. a Moldovei Ch.: „Bons Offices” SRL 2009- 458 p. ISBN 978-9975-80-283-3.
3. http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html
4. http://www.cnaa.md/files/theses/2010/15180/rodion_ciuperca_abstract.pdf