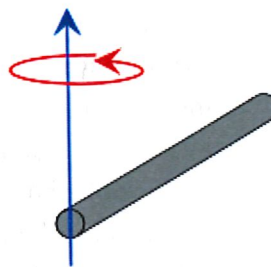


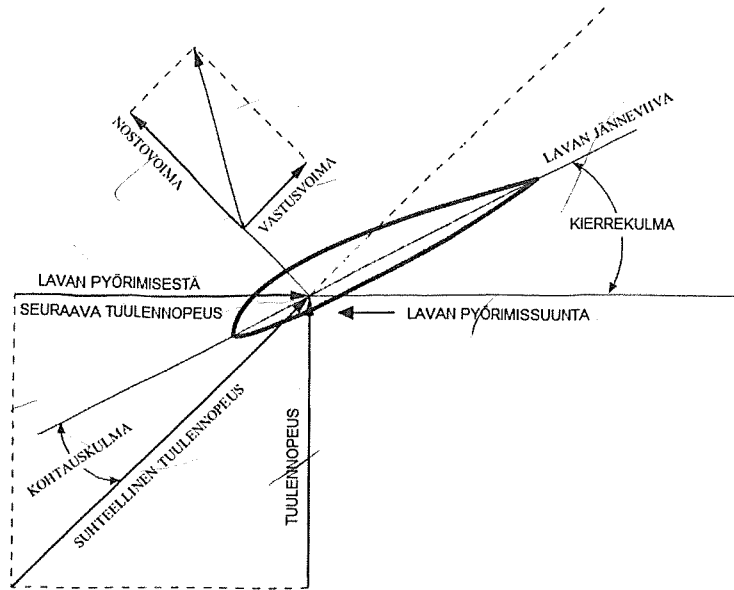
Oman ohjelmoitavan laskimen käyttö sallittu.

1. Tarkastellaan korkeapaineen keskusta Tampereella. Ollaan ensin rajakerroksen yläpuolella, ja tarkastellaan vallitsevaa gradienttituulta. Piirrä periaatteellinen kuva siitä, mihin suuntaan gradienttituuli kiertää korkeapaineen keskusta. Perustele vastauksesi huolellisesti. Kerro myös perustelujen kera, miten korkeapainetta kiertävä virtaus muuttuu, kun laskeudutaan rajakerrokseen. (6p)
2.
 - a) Tuulivoimalan pyörimisliike on kiertoliikkeen dynamiikkaa. Esitä matemaattisesti kiertoliikkeen vastine Newtonin II laille, ja kerro verbaalisesti, mitä se tarkoittaa. (3p)
 - b) Määritä tuulivoimalan lavan hitausmomentin lauseke, mikäli lapaa mallinnetaan kuvan mukaisena homogeenisena sauvana. (3p)

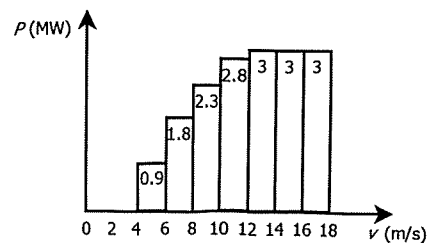
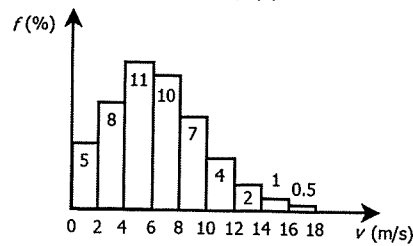


3. Tarkastellaan tehtäväpaperin kääntöpuolen kuvaa tuulivoimalan lavan poikkileikkauksesta. Kun olet vastannut kohtiin (a)-(c), paperistasi pitäisi löytyä kaikki kuvassa esiintyvät termit.
 - (a) Mitä kohtauskulma tarkoittaa, ja mitkä tekijät siihen vaikuttavat? (2 p)
 - (b) Selitä kuvan vasemmasta yläreunasta löytyvien voimavektorien käyttäytyminen kohtauskulman kasvaessa. (2 p)
 - (c) Miksi lavassa on oltava kierrettä pituusakselin suhteen? Entä miten lavan kierrekulma on suunniteltava, jos tuulivoimalan tehoa rajoitetaan nimellistuulen nopeuden yläpuolella aktiivisen sakkaussäädön avulla? (2 p)

KÄÄNNÄ!



4. Tarkastellaan tuulivoimalaa, jonka generaattorin nimellisteho on 3 MW. Kohteen tuulisuutta, jossa vuotuinen keskituulennopeus on voimalan napakorkeudella 7 m/s, on alla olevan kuvan ylemmässä kuvaajassa mallinnettu karkeahkosti Weibull-jakaumalla. Kuvaajan palkeissa olevat numerot kertovat kyseisen tuulennopeuskomponentin esiintymistodennäköisyyden, eli esimerkiksi tuulennopeus-välin 2-4 m/s esiintymistodennäköisyys on 8%. Alempi kuvaaja on karkea versio tuulivoimalan generaattorin tehokäyrästä. Jos esimerkiksi ollaan tuulennopeusvälillä 8-10 m/s, generaattori tuottaa 2.3 MW:n sähkötehon. Mikäli voimalan tuottaman sähköenergian vuosituotantoa arvioidaan tehokäyrämenetelmällä, määritä voimalan kapasiteettikerroin. Voimalan tehoelektronikkakomponenttien hyötysuhde on 95 %. (6p)



5. Ovatko seuraavat väitteet totta (T) vai epätotta (E)? Oikea vastaus +1 p, väärä vastaus -1 p, vastaamatta jättäminen 0 p. Tehtävän minimipistemäärä on kuitenkin 0 p.
- a) Troposfäärissä ns. adiabaattinen lämpötilan aleneminen on noin $3\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$.
 - b) Käsite tendenssi kuvaa coriolis-voiman muutosta tuulen nopeuden muuttuessa.
 - c) Sodar on menetelmä, jonka avulla tuulimittaukset voidaan tehdä maan pinnalta.
 - d) Kun siipiprofiili asetetaan ilmavirtaukseen, paine siiven alareunassa on suurempi kuin yläreunassa.
 - e) Ns. tornivarjo on sitä haitallisempaa, mitä enemmän voimalan roottorissa on lapoja.
 - f) Suomessa tuulivoimalle on asetettu tavoitteeksi tuottaa 6 TWh sähköä vuonna 2020.