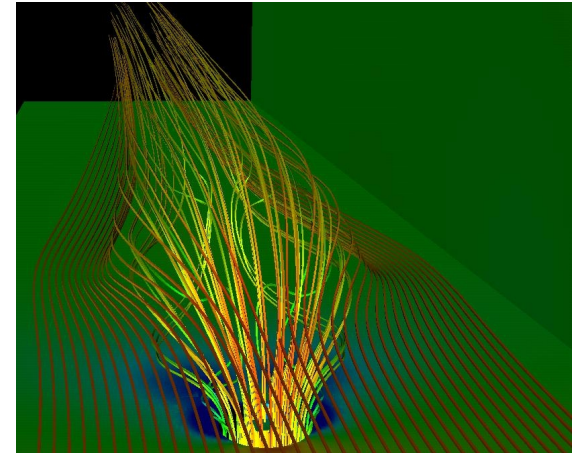
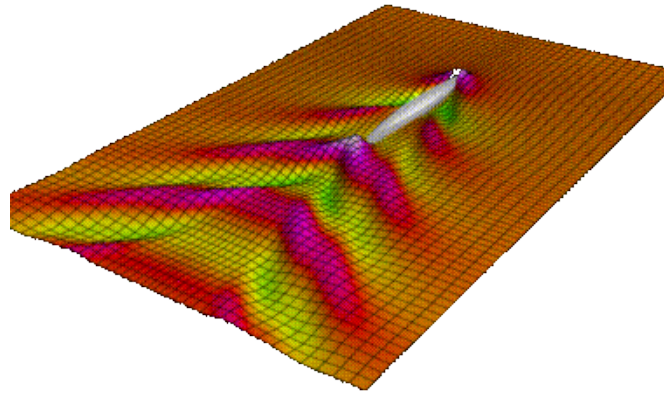
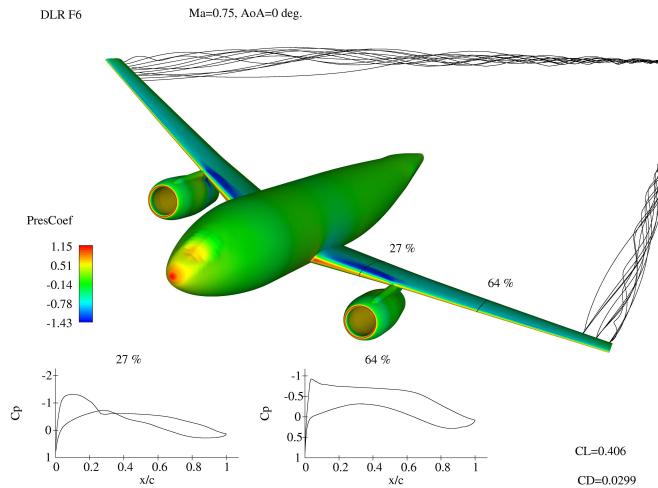


Virtauslaskentaan liittyvä tutkimus TKK:n koneosastolla



Timo Siikonen



TEKNILLINEN KORKEAKOULU



Sisältö

- Vähän TKK:n CFD-ryhmästä
- Rooli koulutuksessa
- Tieteellinen ja muu toiminta
- Osallistuminen alan kansallisen osaamisen ylläpitoon
- Mitä etuja yliopistossa tehtävä tutkimus tarjoaa teollisuudelle?
- Eräitä esimerkkejä tehdystä tutkimustyöstä



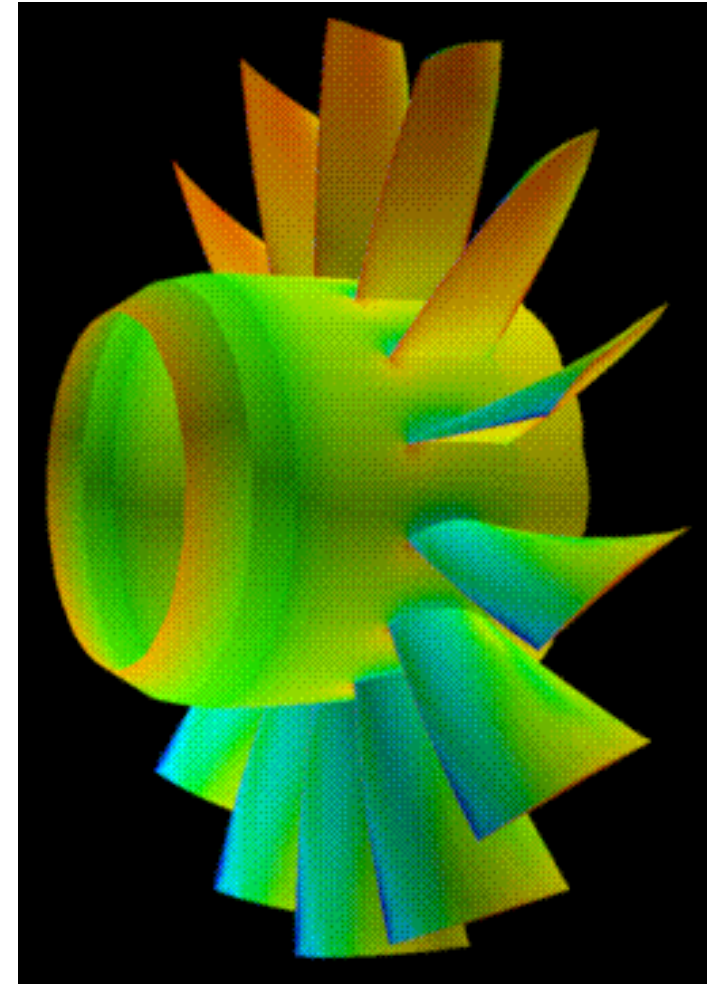
CFD-ryhmä

- Epävirallinen Aerodynamiikan, Sovelletun termodynamiikan ja Laivalaboratorion välinen yhteistyöelin
- Perustettiin v. 1995, pohjalla vuosina 1987-95 Aerodynamiikan laboratoriossa tehty työ
- Eri tahot ovat kehittäneet ja soveltaneet FINFLO-koodia, joka lähdekielisenä on mahdollistanut monipuolisen tutkimustyön
- Työ on johtanut huippuosaamiseen ratkaisumenetelmien, simulointi-ohjelmien, rinnakkaislaskennan ja turbulenssitutkimuksen alueilla
- Käytössä on myös muita lähdekielisiä koodeja, joista osa on kehitetty alusta pitäen itse



Aloituvsvuodet

- CFD ryhmä osallistui alan kansainväliseen kehitykseen (numeeriset menetelmät, laskentakoodi, vektori- ja rinnakkaislaskenta, alan koulutus)
- Omalla koodilla oli mahdollista laskea sovelluksia, joihin ajan kaupalliset koodit eivät vielä soveltuneet (esimerkiksi roottori vuodelta 1992)
- Luotiin pohjaa yhteistyölle ja rakennettiin tutkimusryhmää (-traditiota)
- Ensimmäiset väitöskirjat ajasta riippuvasta laskennasta ja hilan generoinnista





Vähän myöhemmin...

- Tekes panosti alueelle huomattavasti vuosina 1995-2000
- Syntyivät yhteistyöverkostot yliopistojen ja teollisuuden kanssa
- TKK:n osalta hankkeita oli kaikissa kolmessa laboratoriossa
- Tutkimus suuntautui erityisesti turbulenssin mallinnukseen
- Kaupalliset koodit saavuttivat kyvyn simuloida monimutkaisia virtauksia, jolloin tähän liittyvä 'kilpailuetu' poistui
- Alan koulutus- ja tutkimustoiminta saatiin hyvälle tasolle, mutta samaan aikaan rahoitus alkoi tulla ongelmaksi



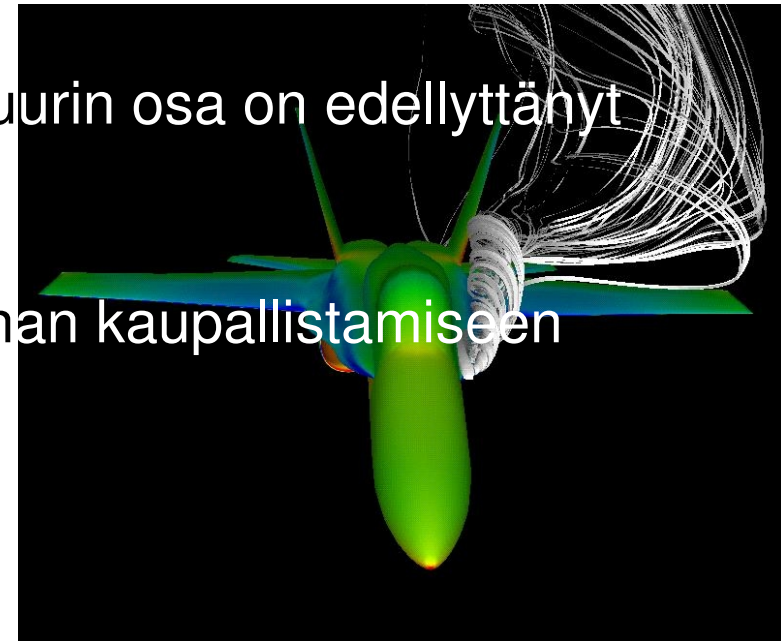
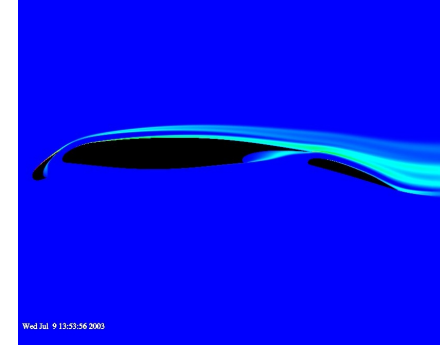
CFD-ryhmän rooli alan koulutuksessa

- Laadittu kolme alan kurssia, neljäs käynnistyy vuonna 2008
- Kaikissa laboratorioissa virtauslaskenta on heijastunut myös muuhun opetukseen
- Alueelle ei ole kohdistettu TKK:n omia resursseja, toiminta nojaa kokonaan alan tutkimukseen ja ulkopuoliseen rahoitukseen
- Alalta on tehty 9 väitöskirjaa ja noin 20 diplomityötä
- Vuonna 2004 saatiin TKK:n parhaan väitöskirjan palkinto
- OPM:n tutkijakoulu vuodesta 1997 (kahdeksan paikkaa)



Tieteellinen ja muu toiminta

- Noin 50 lehtiartikkeliä ja yli 50 konferenssipaperia
- Kehitetty uusia turbulenssimalleja (alkoi Tekesin rahoittamassa UTU-projektissa vuonna 1993)
- Uusia tutkimustuloksia mm. LES:n alueella, äskettäin kaksi väitöskirjaa
- Osallistuttu noin 15 EU-hankkeeseen, joista suurin osa on edellyttänyt oman laskentakoodin käyttöä
- Toiminta on johtanut käytännön virtauslaskennan kaupallistamiseen (Finflo Oy)
- Merkittäviä teollisuushankkeita (esim. Andritz)





Osallistuminen kansallisen osaamisen ylläpitoon

- Tutkijakoulu kokoaa yhteen neljä alan yliopistoa (TKK, TTY, LTY ja JY)
- Sama verkosto on hakenut alan huippuyksikön statusta 'hyvin arvostoin'
- TKK on koordinoanut suuren määrän alan Tekes-hankkeita
- Järjestetty vuosittainen turbulenssipäivä yhdessä VTT:n kanssa



Mitä etuja TKK:n tutkimus tarjoaa teollisuudelle?

- Toimiva ja kokenut alan tutkimusryhmä, virtauksia ei kyetä simuloimaan 'nappia painamalla' kuin poikkeustapauksissa
- Mahdollisuus käyttää CSC:n supertietokoneita. Ohjelmistot ovat täysin skaalautuvia eli rinnakkaistuvat optimaalisesti
- Omia laskentakoodoja, uutuutena on kokeiltu OpenFOAM avointa virtauslaskentaympäristöä
- Mahdollisuus paneutua ongelmiin perusteellisemmin kuin kaupallisilla toimijoilla





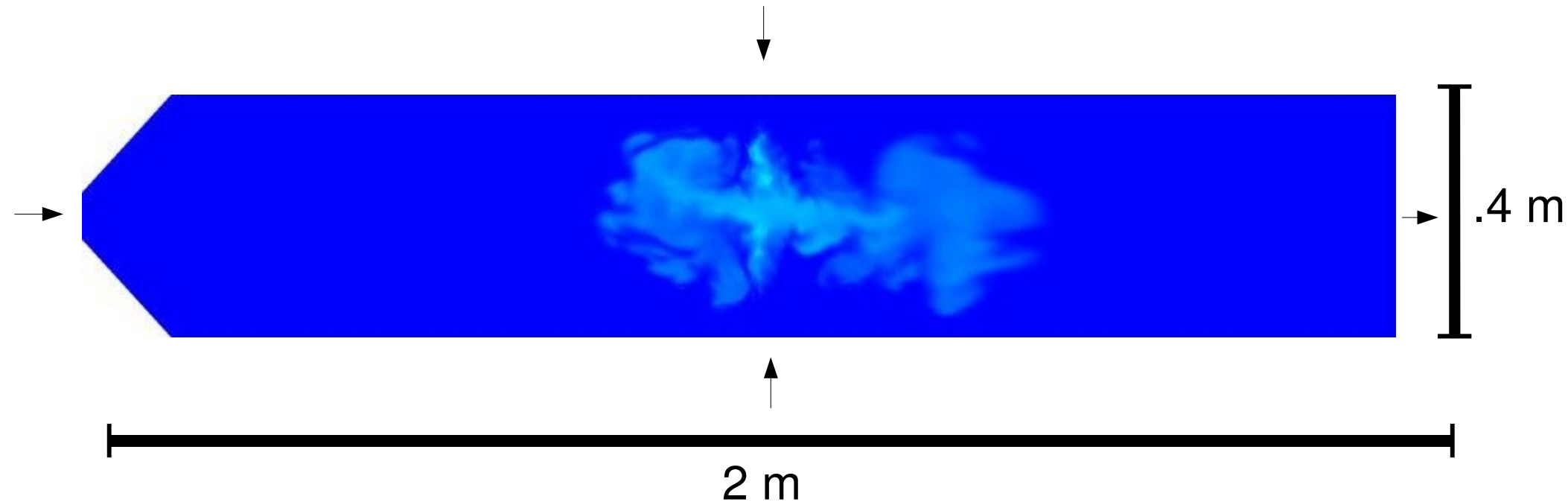
Edellytykset teollisuusprojekteille

- TKK haluaa tehdä tutkimusta, josta voidaan tehdä julkaisuja
- 'Päätuote' on opinnäytetyöt
- Tulevaisuudessa pääongelmaksi tulee muodostumaan uusien opiskelijoiden rekrytointi, rahoitukseen tarvitaan pitkäjänteisyyttä
- Pienetkin projektit voivat olla mielekkäitä osana suurempaa kokonaisuutta tai pidempiaikaista yhteistyötä
- Toiminnan tuotosten (mukaan lukien tutkinnon suorittaneet) parempi siirtyminen teollisuuteen



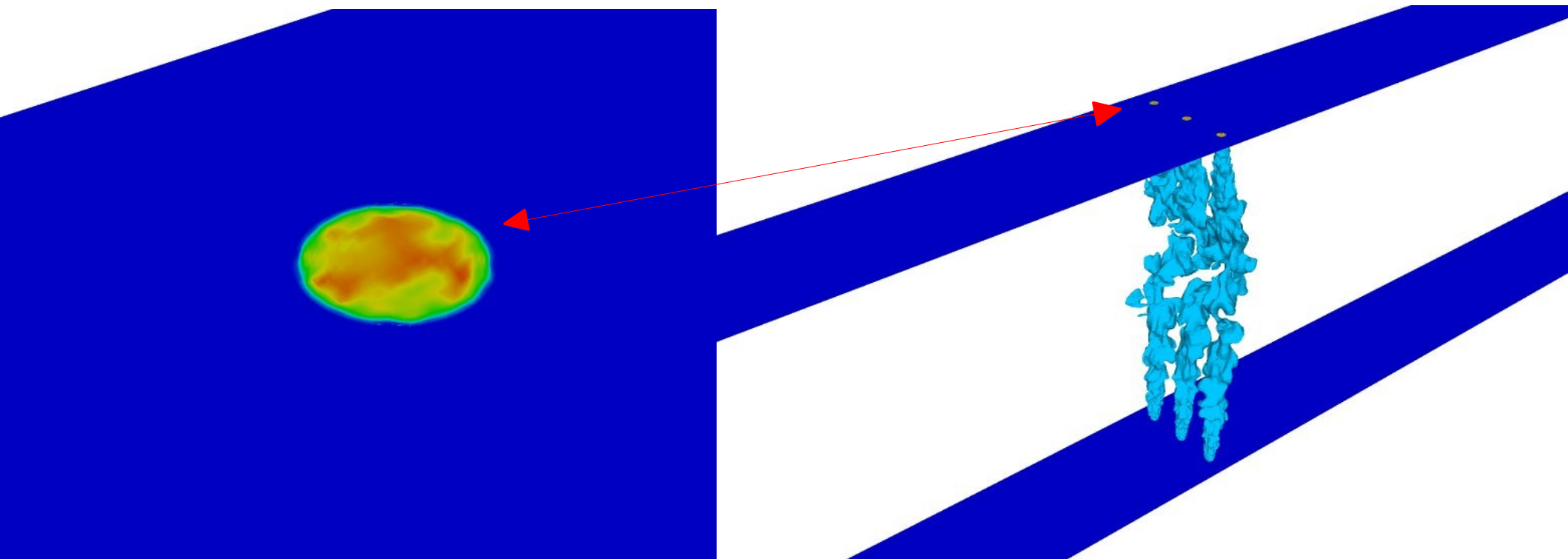
A challenge: large-eddy simulation of a flow field inside a (cold) combustion reactor

- Industrial interest: a uniform spreading of the secondary air
- A scale-down model pilot reactor at TUT includes 8 opposing jet pairs
- Size 0.4 m x 0.4 m x 2.5 m
- In a current mesh 3 opposing jet pairs and 4 million control volumes



A challenge: large-eddy simulation of a flow field inside a (cold) combustion reactor

- Large range of scales : expensive computation
- Turbulent pipe flow ($D=0.8$ cm) is fed into the domain (total length=200 cm)





Lisää esimerkkejä tehdystä tutkimuksesta

- Yksisiipinen pumppu: virtausjakauma tuntematon, vaatii aina ajan suhteen tarkan simuloinnin, laskentahilan laadun vaikutus merkittävä, reuna-ehdojen antaminen hankalaa
- Suihku poikittaisvirtauksessa: pitkän laskenta-ajan vaativa (LES) tapaus, alihilamallinnus, diskretointi, reunaehdot
- Kanavavirtaus: LES- ja DNS-kehitys, diskretointi