CFD simulatsioonidtarkvaraga OpenFOAM

Võimalik alternatiiv CFD tarkvarale SolidWorks Flow on vabavaraline ESI Grupi ning OpenFOAM kasutajate kogukonna poolt arendatav OpenFOAM (https://www.openfoam.com/) tarkvara. Tegemist on CFD lahenduste absoluutsesse tippklassi kuuluva simulatsioonitööriistaga mis sisaldab praktiliselt kõiki võimalike simulatsioonitüüpe mis CFD puhul huvi pakuvad (gaas/vedeliku vool, mitteisotermilised protsessid, turbulentsed voolud, mitmefaasilised voolud ja palju muud). Samas, lahendus pole puudusteta. Plussid ja miinused on summeeritud tabelis:

Tugevused	Nõrkused
• Tipptasemel tarkvara • Soetuskulud puuduvad • Piiramatu hulk litsentse • Võimalus kasutada meelevaldsetes arvutites ning erinevates automatiseeritud disaini rakendustes	• Graafilise kasutajaliidese puudumine (erinevad pakkujad müüvad erinevatel tingimustel) • Tehniline keerukus – analüüsid seatakse käima erinevate konfiguratsioonifailide abil. Ühe arvutuse käivitamiseks on vaja seadistada vähemalt **6-7 erinevat** faili. • Pikk õppimiskõver – **kasutaja kes teab mida teeb** vajab vähemalt 1-2 kuud efektiivsuse saavutamiseks

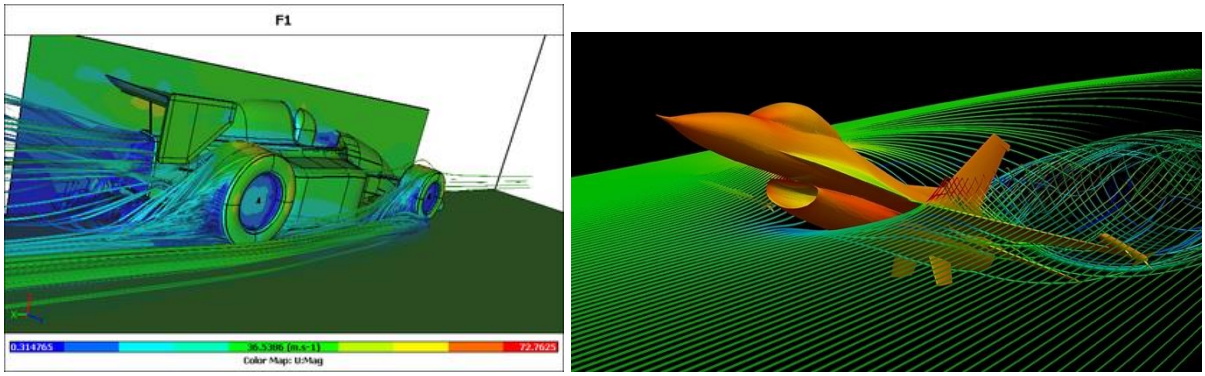

Figure 1 Näited OpenFOAM CFD tulemustest.

Tööprotsess tarkvaraga OpenFOAM

Geomeetria ettevalmistus

Geomeetria ettevalmistamine nõuab simuleeritava objekti ja seda ümbritseva ruumi STL faile. STL faili genereerimine ei ole üldiselt probleem – CAD keskkonnas loodud geomeetriast on see lihtsalt tehtav. Sammud on järgnevad:

1. Simulatsiooniruumi loomine – keha ümbritsev õhk, kust simuleeritav keha on välja lõigatud. Eraldi täielikult suletud STL fail.
2. Rajapinnad – kõigi pindade STL failid, kus on eraldi tarvis kontrollida kas võrgu tihedust või siis rajatingimusi. Kokku liidetuna peavad rajapindasid kujutaavad STL-id moodustama suletud terviku ja ümbritsema täielikult simulatsiooniruumi STL-i
3. Servajoonte fail mis tuleb simulatsiooniruumi faili põhjal eraldi genereerida ning mille loomine nõuab OpenFoam-ile eraldi konfiguratsioonifaili tekitamist.

Servajooned võib välja jätta, aga sellisel juhul ei saavutata tavaliselt võrgu genereerimisel pinna kuju jälgimises häid tulemusi.

4. Baasvõrgu (i.k. mesh) loomine alamprogrammiga „blockmesh“ mis seab paika üldise täpsusklaasi, nõuab eraldi konfiguratsioonifaili loomist.
5. Lõpliku võrgu genereerimine alamprogrammiga „snappyhexmesh“. Nõuab eraldi mahuka konfiguratsioonifaili loomist. On geomeetria ettevalmistamise keerukaim ja ajamahukaim samm.
6. Alglahendi genereerimine ja loodud võrgu paralleliseerimine.

Sõltuvalt geomeetria keerukusest on keskmine ajakulu simulatsiooni üles seadmiseks 0.5-1 päev. Põhiliseks ajakulu allikaks on „snappyhexmesh“ konfiguratsioonifailide seadistamine ja testimine tagamaks piisava kvaliteedi ja sobilikkuse astmega võrgu genereerimist.

Raja- ja algtingimuste seadistamine

Probleemi füüsika kirjeldamine ja testimine. Nõuab eraldi konfiguratsioonifailide kirjutamist mis on kooskõlas geomeetria loomisel kasutatud STL failidega. Nõuab elementaarset CFD tundmist. **Ajakulu tüüpilise simulatsiooni puhul 0.5-1 h. Keerukamate asjade puhul võib lisanduda paar tundi testimist kuna need nõuavad üldiselt ka geomeetria ettevalmistuse sammude kordamisi.**

Lahendusalgoritmide ning simulatsiooni väljundite seadistus

Integraagote tingimuste seadistused, simulatsiooni pikkused, ajasammud, jms tehnilised nüansid. Nõuab tüüpiliselt 2-4 suhteliselt lihtsa faili seadistust. Tavaliselt kiire protsess, mille puhul ei pea erilise ajakuluga arvestama. Samas, keeruliste simulatsioonide puhul võib tõusta tarvidus peenhäälestusteks. Kasutaja peab simulatsiooni debugimisinfost suutma välja lugeda mis parameetreid mida on vaja häälestuses muuta. Tüüpiliselt ajasamm, aga tihti ka simulatsiooni alg või rajatingimuste vead. Ei ütle vigade allikaid, annab ainult infot mida tõlgendada. **Ajakulu kas 10 min ... 30 min või keerulistel juhtudel päevad.**

Järeltöötlus

Järeltöötlus viiakse tüüpiliselt läbi avatud lähtekoodiga Paraview tarkvaraga (https://www.paraview.org/). Arendatud Sandia National Labs poolt USAs – tipptasemel tarkvara mis kuulub ilmselt parimate järeltöötlustarkvarade hulka maailmas. Tarkvara saab kasutada põhimõtteliselt kõigi olemasolevate füüsika simulatsioonilahenduste visualiseerimiseks.

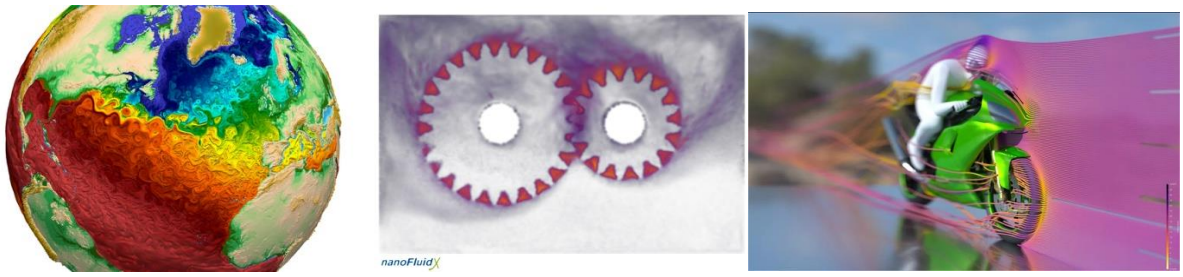

Figure 2 Näited Paraview visualiseerimisvõimalustest.

Kokkuvõtet

OpenFOAM on äärmiselt võimas CFD lahendus. Suurim puudus on tehniline keerukus mis viib väga pika simulatsioonide ettevalmistusajani. **Tüüpilise simulatsiooni käivitamiseks on tarvis umbes päeva pikkust ettevalmistust kogemustega kasutaja poolt.**

Sarnaste simulatsioonide läbi viimine korraliku kasutajaliidest omava tarkvara on oluliselt lühem. **Näiteks Comsol Multiphysics, mis omab kõigi sammude läbi viimiseks tarvilike optimeeritud tööriistu võimaldab sarnase keerukusega analüüse startida juba minutite jooksul (eeldusel et CAD sisendfail on mõistlik).** OpenFOAM-i puhul on sarnast kiirust võimaldav sisendfailide taaskasutamise võimalus olema, aga tüüpiliselt harva rakendatav. Tavaliselt on takistuseks detailid geomeetria ja võrgu seadistuste ettevalmistuses.

Kogemus ülikoolis läbi viidud ettevõtluskonsultatsioonidest:

1. Majanduslikult kasuliku simulatsiooni läbi viimine tarkvaraga OpenFOAM on mõistlik ainult tingimustes
    a. vaja viia läbi väga suuremahulisi arvutusi – kommertstarkvara paralleliseeritavus on liigselt piiratud
    b. vaja läbi viia mitmefaasiliste voolamiste arvutusi (õhk/vesi, õli/vesi, õli/õhk jne)
    c. Keerukamad mitteisotermilised simulatsioonid
    d. Disaini ja geomeetria optimeerimise analüüsid (tüüpiliselt vaja palju arvutusi – seega palju litsentse)
    e. Väga kõrge keerukuse tasemega simulatsioonid millede puhul füüsika ettevalmistuse ja analüüside aeg võrdsustub või muutud suuremaks simulatsiooni ettevalmistusajaga.

NB! Antud analüüsis ei ole vaadatud arvutuste ajakulu. See võib CFD simulatsioonide puhul ulatuda tundidesse või suuremate arvutuste puhul isegi päevadesse.