

# ElmerFront – ELMERin graafinen käyttöliittymä

Antti Pursula  
Antti.Pursula@csc.fi

**E**LMER on elementtimenetelmään (FEM) perustuva osittaisdifferentiaaliyhtälöiden ratkaisemiseen takoitettu ohjelmisto. ELMER-paketti koostuu ratkaisijasta (*ElmerSolver*), jälkikäsitteijästä (*ElmerPost*) sekä graafisesta käyttöliittymästä (*ElmerFront*).

ELMERillä voidaan mallintaa muun muassa erilaisia virtauksia, lämmönsiirtoa ja lämpösäteilyä, rakenteiden elastisia muodonmuutoksia, magnetohydrodynamikkaa, akustiikkaa sekä sähköstatiikkaa. Mallit voivat olla ajasta riippuvia tai *steady-state* tyyppisiä. Ongelmien ratkaisemiseen voidaan käyttää edistyneitä numeerisia menetelmiä, kuten adaptiivista verkon tihennystä tai multigrid-ratkaisijaa.

ELMERiä voidaan käyttää myös ilman graafista käyttöliittymää erityisen ohjaustiedoston avulla. Tämä onkin nopein tapa mallien simulointiin, kunhan ohjelmistoon on kunnolla tutustunut. Graafinen käyttöliittymä on kuitenkin helpoin tapa päästä vauhtiin ELMERin käytössä. Sillä voi myös luoda kätevästi esimerkkejä komentotiedostoista, joita voi hyödyntää komentorivijaissa.

Tässä artikkelissa kuvataan yksinkertaisen lämpöyhtälön ratkaiseminen ElmerFrontin avulla ja tarkoituksena on samalla antaa yleiskuvaa ohjelmiston käytöstä. Monimutkaisempien analyysien tekeminen vaatii lisäksi omatoimista kokeilua ja manuaaleihin tutustumista.

## Mihin ElmerFrontia käytetään

ElmerFrontin pääasiallinen käyttötarkoitus on helpottaa laskentaongelman määrittämistä ennen laskun välittämistä ratkaisijalle. Mallin määrittely sisältää ainakin seuraavat kohdat:

- Laskenta-alue ja elementtiverkko
- Ratkaistavat yhtälöt
- Materiaaliparametrit
- Kuormat tai ulkoiset voimat
- Reunaehdot
- Alkuehdot ja aika-askelluksen määrittely
- Ratkaisijoiden määrittelyt ja parametrit

Laskenta-alueen geometrian jakaminen elementteihin on usein jo ongelma sinänsä, varsinkin jos geometria on monimutkainen. ElmerFront sisältää verkon generoijan, jolla voidaan luoda vain kaksiulotteisia verkkoja. ElmerFrontilla voidaan kyllä käsitel-

lä kolmiulotteisiakin elementtiverkkoja, mutta ne on luotava jollain muulla työkalulla.

Verkon generoinnin helpottamiseksi CSC:ssä on tehty muunnosohjelmia joidenkin ohjelmistojen verkotiedostojen muokkaamiseksi ELMERin ymmärtämään muotoon. Esimerkiksi Femlabilla tehdyt verkot on mahdollista siirtää ELMERiin. Lisäksi CSC:n palvelimilta löytyy CSC:ssä kehitetty ElmerGrid-ohjelma yksinkertaisten kaksi- ja kolmiulotteisten verkkojen luomiseen. Tässä artikkelissa käytetään kuitenkin ELMERin omia työkaluja kaksiulotteisen verkon luomiseen.

## Laskenta-alueen määrittely

Määritellään laskenta-alue ELMERin oman geometriaformaatin avulla. Esimerkissämme on käytetty seuraavaa tiedostoa:

```
Header
  Dimension
    Integer 2
  End

Vertices
  Points
    Size 6 3
    Real
      1.0 1.0 0.0
      1.0 0.0 0.0
      2.0 0.0 0.0
      2.0 2.0 0.0
      0.0 2.0 0.0
      0.0 1.0 0.0
  End

Body 1
  Polygon
    Size 6
    Integer 1 2 3 4 5 6
  End
```

Kuten nähdään, määrittelytiedosto koostuu kolmesta eri osiosta. Otsikkorivit (Header) on määriteltävä, vaikka toistaiseksi vain 2D-geometriat ovat mahdollisia. Tämän jälkeen annetaan luettelona geometrian kulmapisteet (Vertices) sekä kerrotaan, missä järjestyksessä ne muodostavat laskenta-alueen reunat (Body 1). ELMERin geometriaformaattissa reunat voivat suorien lisäksi olla myös ympyränkaaria.

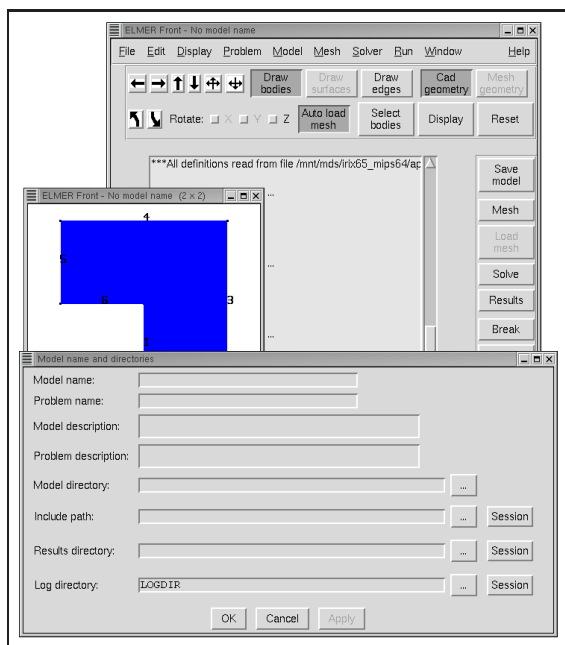
Laskenta-alue olisi myös mahdollista jakaa useampaankin kappaleeseen (Body 1, Body 2, ...), joille voitaisiin sitten määrittellä eri materiaaliparametrit ja ratkaistavat yhtälöt.

## ElmerFrontin käynnistäminen

CSC:n palvelimilla ElmerFront käynnistetään komentoilla

```
% use elmer
% ElmerFront &
```

Ohjelmiston käyttö aloitetaan aina avaamalla File-valikosta joko aiemmin talletettu malli (Model file), ohjelman ulkopuolella luotu elementtiverkko (Mesh file) tai ELMERin oma geometriatiedosto (Cad file). Esimerkissä valitsemme viimeisen vaihtoehdon ja luemme edellä esitetyn geometriatiedoston sisään ElmerFrontiin. Tässä vaiheessa käyttöliittymä on kuvan 1 esittämässä tilassa.



Kuva 1: ElmerFront

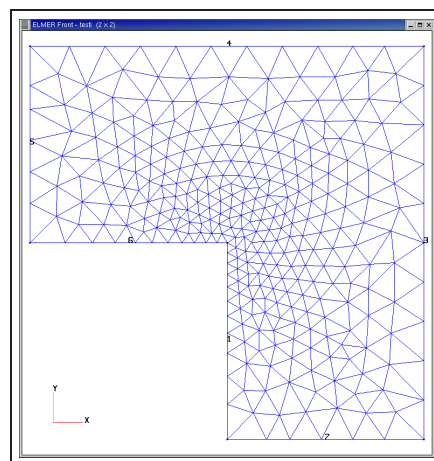
Kuvassa 1 nähdään ElmerFrontin pääikkuna, geometriaikkuna sekä aloitusvalikko. Tässä valikossa käyttäjän on annettava mallilleen nimi sekä valittava työhakemisto, joka CSC:n palvelimilla kannattaa olla käyttäjän työhakemiston (\$WRKDIR/) alla. Muut kentät tässä valikossa ovat valinnaisia.

## Verkon generointi

Verkon generointi ElmerFrontin omalla työkalulla on varsin yksinkertaista. Verkon määrittelyyn käytettävä ikkuna avautuu valitsemalla Mesh-valikosta

toiminto Define mesh. Ensimmäiseksi käyttäjän on annettava generoitavalle verkolle nimi, jonka jälkeen oletusasetusten mukainen verkko voidaan luoda painamalla Generate mesh -painiketta. Verkon tiheyttä voidaan säätää muuttamalla Model Mesh H-parametriä, joka kertoo elementin tavoitellun sivunpituuden.

Verkon rakennetta voidaan muokata esimerkiksi koostumaan kvadraattisista elementeistä Mesh structure -painikkeen alta. Verkkoa voidaan myös tihentää paikallisesti. Tämä tehdään Mesh density -painikkeesta avautuvassa ikkunassa. Esimerkissämme on valittu solmupisteen 1 (Vertex 1) kohdalle suhteellinen verkon tiheys (Relative mesh H) 0.25, jolloin tuloksena on kuvan 2 mukainen elementtiverkko.



Kuva 2: Elementtiverkko

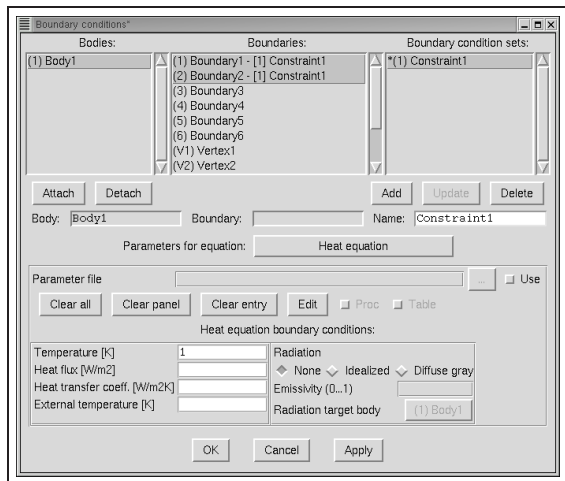
## Laskentaongelman määrittely

Laskenta-alueen verkottamisen lisäksi ratkaisijalle on välitettävä tietoa ratkaistavista yhtälöistä, materiaaliparametreista, reunaehdoista ja niin edelleen. ElmerFront vaatii, että ensimmäisenä näistä on valittava ratkaistavat yhtälöt Problem-valikon Equation-toiminnolla. Tällä kertaa määritellään ratkaistavaksi pelkästään lämpöyhtälö.

Seuraavaksi voidaan määrittellä reunaehdot, jotka asetetaan Model-valikon Boundary condition-ikkunasta. Reunaehdot asetetaan valitsemalla ensin hiirellä Cntr-näppäintä pohjassa pitäen ne reunat, joille halutaan määrittellä keskenään sama reunaehto. Kuvassa 3 on valittu esimerkiksi reunat 1 ja 2. Annetaan seuraavaksi näppäimistöltä haluttu reunaehto, esimerkiksi lämpötilalle 1 aste. Painetaan lopuksi Add-painiketta, jolloin asetettu reunaehto päivittyy Boundary Condition Sets -listaukseen ja reunojen 1 ja 2 kohdalle ilmestyy teksti Constraint 1. Tämä tilanne on esitetty kuvassa 3.

Vastaavalla tavalla voidaan nyt valita reunat 5 ja 6,

ja asettaa näille lämpötilareunaehdoksi 0 astetta. Jo annettua reunaehtoa voidaan muuttaa valitsemalla kyseinen ehto Boundary Condition Sets -listauksesta ja päivittämällä reunaehtoa. Muutetaan esimerkissämme tällä tavalla ehdon Constraint 1 lämpötila-arvoksi 10 astetta. Muutos tulee voimaan painamalla Update-painiketta.



Kuva 3: Reunaehtojen asettaminen

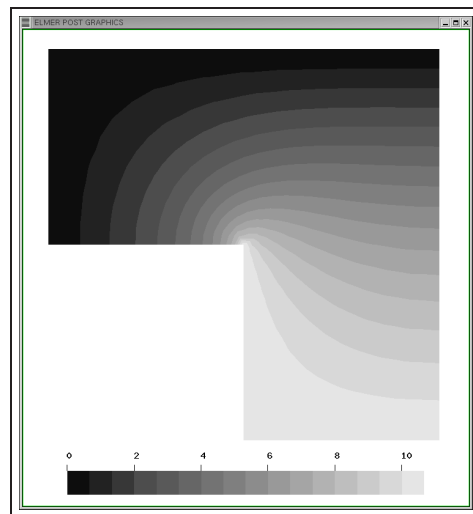
Niille reunoille, joille reunaehtoa ei erikseen määritellä, käytetään luonnollista reunaehtoa eli niin sanottua nollavuohtoa. Kun kaikki tarvittavat reunaehdot on määritetty, hyväksytään asetukset painamalla Apply tai OK -näppäintä.

Määritellään vielä materiaaliparametrit Model-valikon Materials-toiminnosta. Tässä tapauksessa tarvitaan arvot tiheydelle, lämpökapasiteetille sekä lämmönjohtavuudelle. Parametrit asetetaan vastavalla tavalla kuin reunaehdotkin.

## Tehtävän ratkaiseminen

Ennen tehtävän ratkaisemista voidaan ratkaisijatyypin ja sen parametrit tarkistaa valitsemalla Solver settings -toiminto Solver-valikosta. Esimerkkita-pauksessa oletusarvot kelpaavat mainiosti ja voidaan siirtyä suoraan tehtävän ratkaisuun. ElmerFrontin pääikkunan oikeassa reunassa ovat mm. painikkeet Solve ja Results. Painamalla Solve-painiketta ElmerFront kutsuu ELMERin ratkaisijaa, joka ratkaisee määritellyn ongelman. Tämän jälkeen tuloksia voidaan katsella ElmerPostilla, joka avautuu Results-painikkeesta. Kuvassa 4 on esitetty

ElmerPostin visualisointi ratkaistusta lämpökentästä.



Kuva 4: Lämpötilajakauma

## Lisätietoja

Tässä artikkelissa ElmerFrontista pystyttiin esittämään vain suppea yleiskuvaus. Lisää informaatiota käyttöliittymästä, kuten myös koko ELMER-paketista löytyy manuaaleista, jotka ovat saatavilla verkkosivuilta <http://www.csc.fi/elmer>. Manuaalien lukeminen vaatii salasanan, jonka kaikki akateemiset ELMER-käyttäjät saavat. Samoilla verkkosivuilla on esitetty monia esimerkkejä ELMERillä ratkaistuista ongelmista. ELMER-ohjelmisto on kehitetty CSC:n, yliopistojen ja tutkimuslaitosten yhteistyönä.

ELMERin ratkaisija ja jälkikäsittelijä on esitelty @CSC-lehden numeroissa 1-2/2000. Numeerisista menetelmistä hyvä tietopaketti on CSC:n julkaisema opas *Numeeriset menetelmät käytännössä*. Nämäkin dokumentit löytyvät CSC:n [www](http://www.csc.fi)-palvelusta.

ELMER-paketti on asennettu CSC:n palvelimille cedar, hiisi ja lempo kuitenkin niin, että ElmerFront on käytettävissä vain cedarilla. ELMERistä on olemassa myös Linux ja WindowsNT -versiot, jotka voi saada omalle koneelleen akateemista käyttöä varten. Kiinnostuneita pyydetään ottamaan yhteyttä Mikko Lylyyn ([Mikko.Lyly@csc.fi](mailto:Mikko.Lyly@csc.fi)). Opastusta ELMERin käytöstä saa myös Juha Ruokolaiselta ([Juha.Ruokolainen@csc.fi](mailto:Juha.Ruokolainen@csc.fi)) sekä kirjoittajalta.