

## KANTAVIEN RAKENTEIDEN OPTIMOINTI

Juhani Koski

Siirryttäessä uudelle vuosituhannelle voitiin optimoinnin todeta vakiinnuttaneen asemansa paitsi sovelletussa matematiikassa myös teknisen ja taloudellisen päätöksenteon keskeisenä välineenä. Lukuisia eri alojen sovelluksia, jotka on myös toteutettu käytännössä, on julkaistu viime vuosikymmeninä, ja erilaisia algoritmeja on kehitetty tietokoneohjelmiksi ongelmien numeeriseksi ratkaisemiseksi. Tässä kehityksessä kantavien rakenteiden optimoinnilla on ollut näkyvä rooli sekä tutkimusaiheiden luomisessa että ratkaisumenetelmien kehitystyössä.

Vertailussa muiden tekniikan alojen, kuten esimerkiksi prosessien optimaalisen säädön tai vaikkapa kemian teollisuuden optimointiongelmiin, havaitaan kantavien rakenteiden optimoinnin sisältävän tiettyjä erityispiirteitä. Näistä ehkä tärkein on elementtimenetelmän käyttö rakenneanalyyseissä. Teollisuus on vihdoinkin laajamittaisesti ottanut käyttöön FEM-valmisohjelmat lujuusteknisen suunnittelun apuvälineeksi. Tämä seikka on luonnollisesti parantanut oleellisesti suunnittelijan mahdollisuuksia, mutta samalla se on asettanut uudentyyppisiä vaatimuksia rakenteiden optimoinnille. Näistä keskeisimpiä ovat numeerisen ratkaisun taloudellisuus ja luotettavuus, joissa kummassakin on vielä paljon kehitettävää. Vaikka yksi rakenneanalyysi saataisiinkin tehtyä kohtuullisessa ajassa, voi laskenta-aika rakennetta optimoitaessa muodostua ylivoimaiseksi. Esimerkiksi kymmenen sauvan ristikon painon minimointi jännitysrajoitetussa ongelmassa, jossa kullekin saualle on tarjolla kymmenen erikokoista putkipalkkia, on käytännössä lähes mahdotonta käymällä läpi kaikki  $10^{10}$  vaihtoehtoa rakennetta. Jos yhteen rakenneanalyyysiin ja siihen liittyvään vertailuun kuluisi yksi sekunti, pitäisi tulosta odotella yli kolmesataa vuotta. Siis jo lineaarisen statiikan ongelmissa on yleensä välttämätöntä soveltaa systemaattista optimointia sekä tietokonelaskentaa. Optimointialgoritmit on tavallisesti kehitetty ratkaisemaan standardimuotoinen ongelma, jossa valittua kohdefunktiota minimoidaan tai maksimoidaan asetettujen rajoitusehtojen vallitessa. Tällöin on mahdollista valita mikä tahansa tilanteeseen sopiva kohdefunktio, jonka ei välttämättä tarvitse olla rakenteen materiaalityyppi tai paino, kuten useimmissa lujuusteknisissä sovelluksissa on ollut tapana. Edelleen on syytä todeta, että erilaisten normien ja suunnittelumääräysten vaatimusten on luonnollisesti oltava mukana optimointiongelman formuloinnissa. Nämä ovat tavallisesti epäyhtälörajoituksia, kuten useimmat suunnittelijan itse asettamatkin toiminnalliset rajoitukset.

Seuraavassa Tampereen teknillisen yliopiston Teknillisen mekaniikan ja optimoinnin laitoksen tutkijat esittelevät lyhyesti omia tutkimusaiheitaan. Artikkelit edustavat eräitä keskeisiä optimointialueita, joita laitoksella on viime aikoina tutkittu.