



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Vesivoimaketjun optimointi mehiläisalgoritmilla

(Valmiin työn esittely)

Sakke Rantala

2.12.2013

Ohjaaja: DI Hannu Korva

Valvoja: Professori Harri Ehtamo

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Esityksen sisältö

- Taustatietoa
- Optimointitavoitteet ja -rajoitteet
- Analyyttisiä ratkaisumenetelmiä
- Mehiläisalgoritmiin perustuva toteutus
- Tulokset
- Johtopäätökset



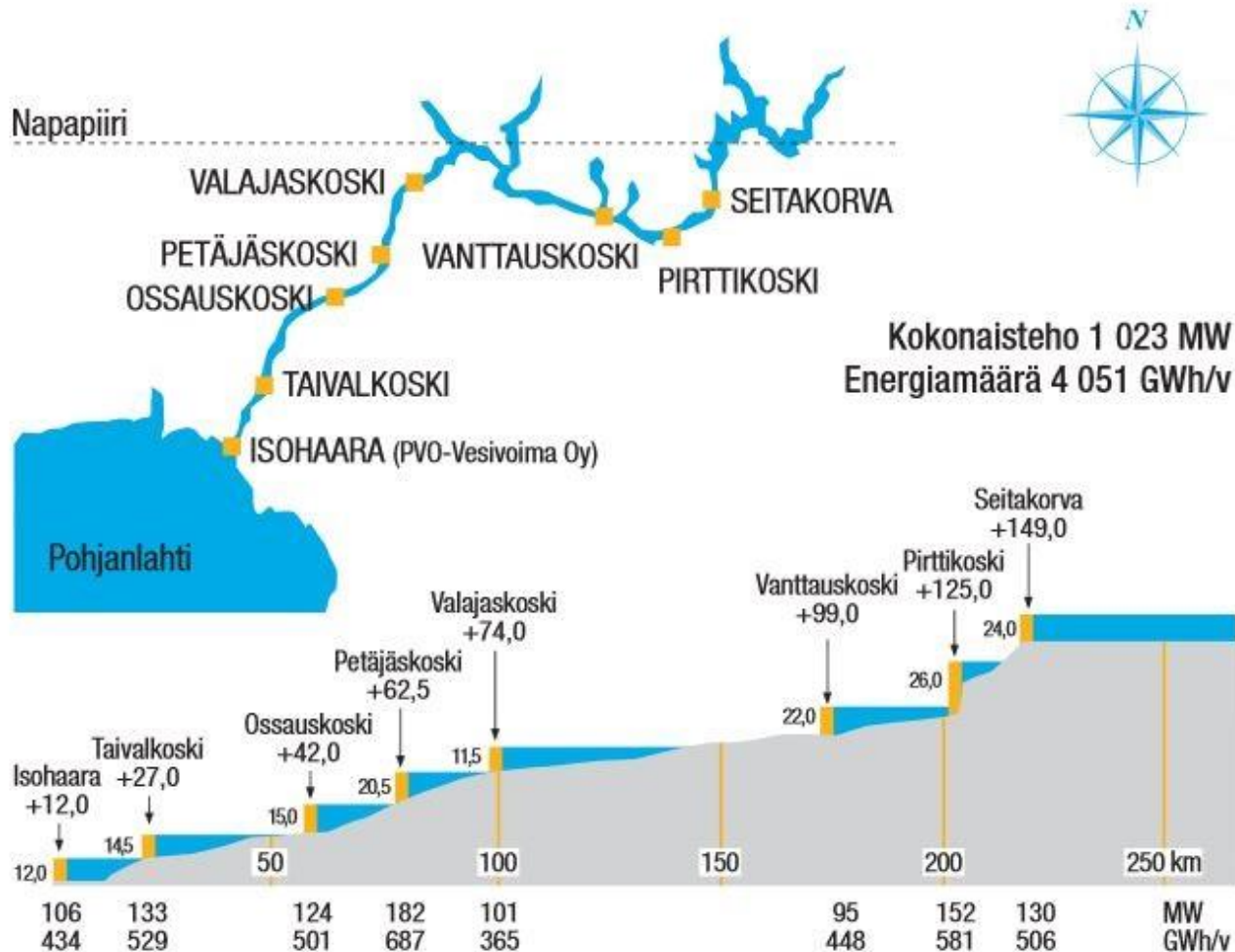
Tausta optimoinnin näkökulmasta

- Vesivoimalla tuotetaan sähköenergiaa
- Sähköjärjestelmä
 - Tuotanto + siirto + kulutus
 - Tuotanto = kulutus
- Pohjoismaissa yhteinen taajuus
 - Nord Pool (Vesiosakkaat)
- Kemijoki Oy
 - Mankala-yritys
 - Vesivoima luonteeltaan säätövoimaa (Reservimarkkinat)
 - Tulevaisuuden muutokset?



Tausta optimoinnin näkökulmasta

KEMIJOEN PÄÄUOMAN KARTTA JA PORRASTUS



Kuvan lähde: www.kemijoki.fi →Viestintä →Esitteet ja julkaisut →Taskuesitteet

Sakke Rantala 2.12.2013

Optimointitavoitteet

- ”Tulevaisuuden tehonjako laitosten kesken, kun teho- ja reservivaade-ennusteet tunnetaan.”
- Min
 - Käytetyt resurssit
 - Ympäristövaikutukset
 - Riskit
 - Tekninen kuluminen
- Max
 - Reservimarkkinoilta saatava hyöty



Optimointirajoitteet

- Pinnankorkeusrajat
- Virtaamarajoitukset
- Tehovaade
- Reservivaade



Analyttisiä ratkaisumenetelmiä 1/2

- Tila-takaisinkytkentään perustuva menetelmä
 - Tällä hetkellä käytössä Kemijoki Oy:ssä (Pursimo, 1993, Korva, 1997)
- Lineaarinen malli
 - Hyvä approksimaatio mahdollinen ja hyödyllinen, esim. Kerttula [2012] käyttää kaupankäyntiin
 - Ongelma ei ole lineaarinen
 - ei luotettava operatiiviseen käyttöön



Analyttisiä ratkaisumenetelmiä 2/2

- DP-algoritmi
 - *Curse of Dimensionality*
 - Jaottelu aliongelmiin vaikeaa/mahdotonta viipeiden takia

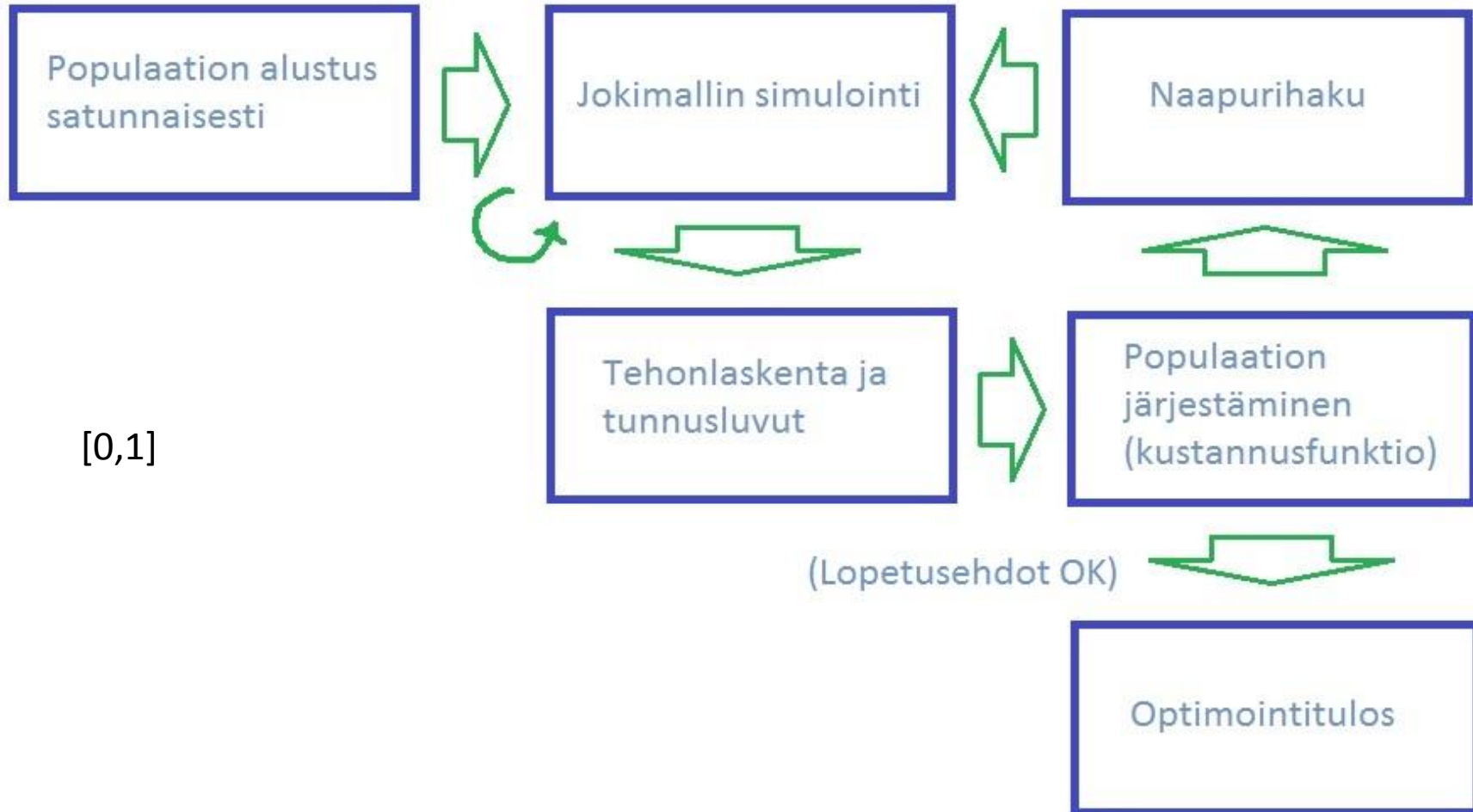


Mehiläisalgorithmi (BA)

- Heuristinen menetelmä
- Pham et al. [2006] esittelee BA:n ja testaa tunnettuihin testiongelmiin
- Gavrilas et al. [2010] kokeilee muunnelmaa (HBMA) kolmen vesivoimalaitoksen ongelmaan
- Tulokset lupaavia



Sovellettu mehiläisalgorithmi



[0,1]

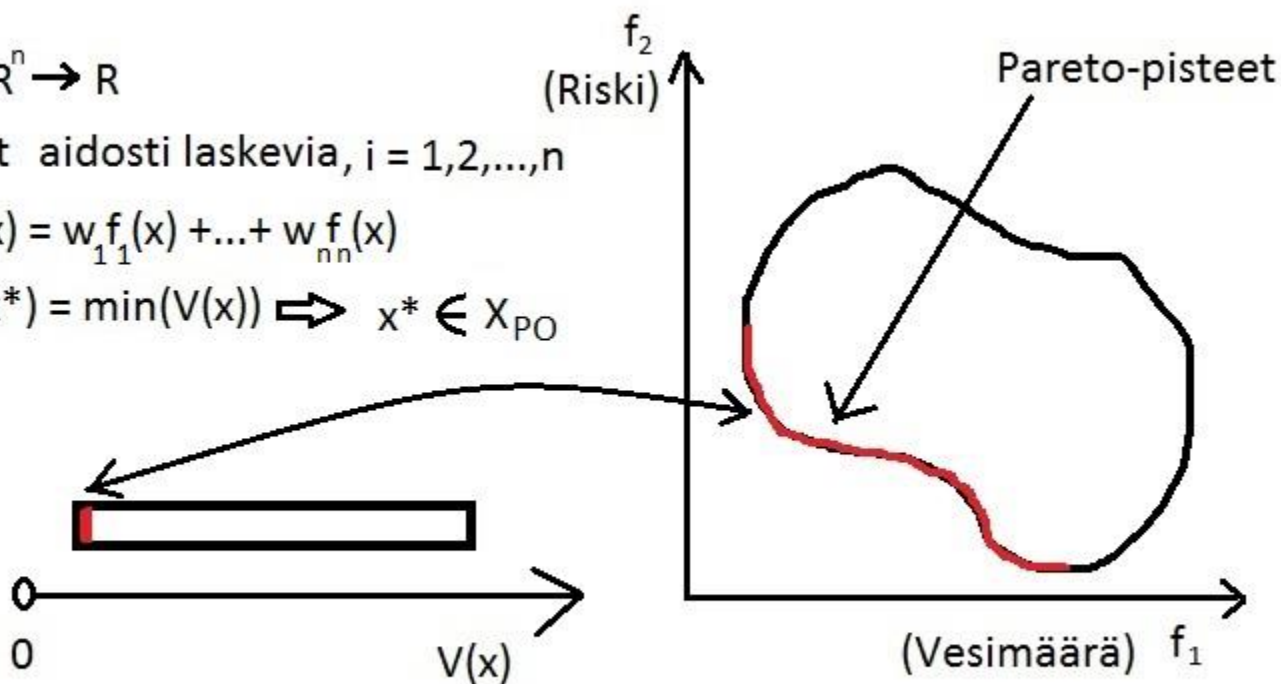
Additiivinen kustannusfunktio

$$V: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$$

f_i :t aidosti laskevia, $i = 1, 2, \dots, n$

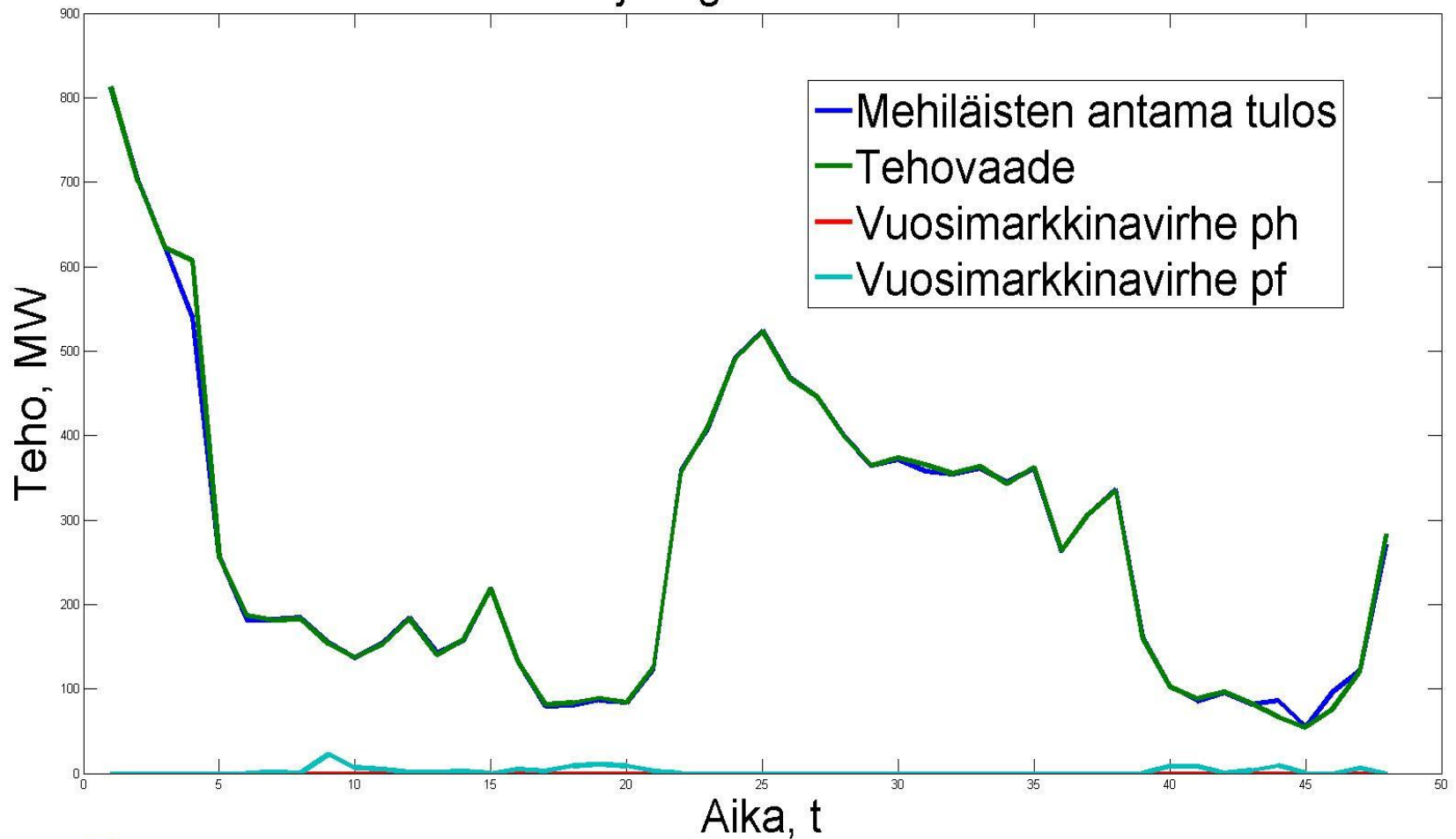
$$V(x) = w_{11}f_1(x) + \dots + w_{nn}f_n(x)$$

$$V(x^*) = \min(V(x)) \Rightarrow x^* \in X_{PO}$$

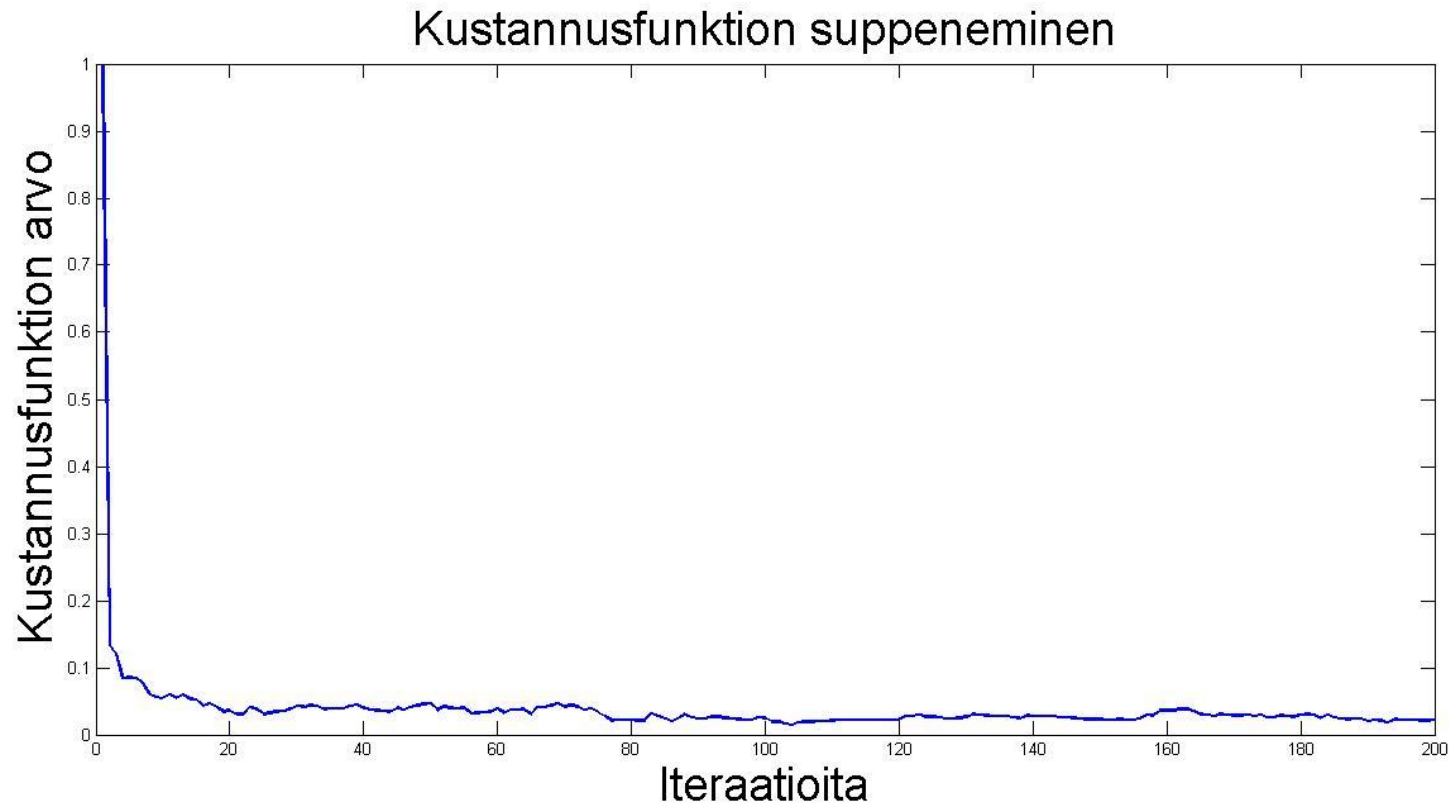


Tulokset

Summatehovaade ja algoritmin tuottama summateho

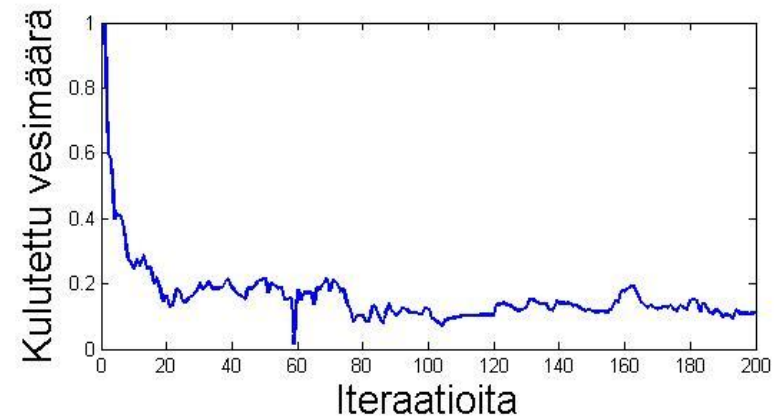
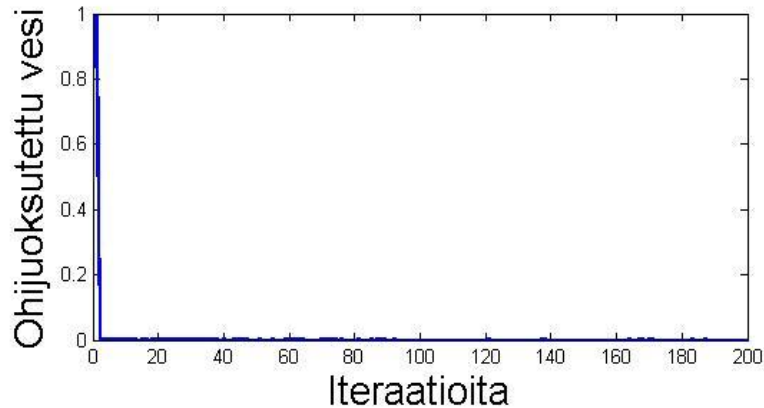
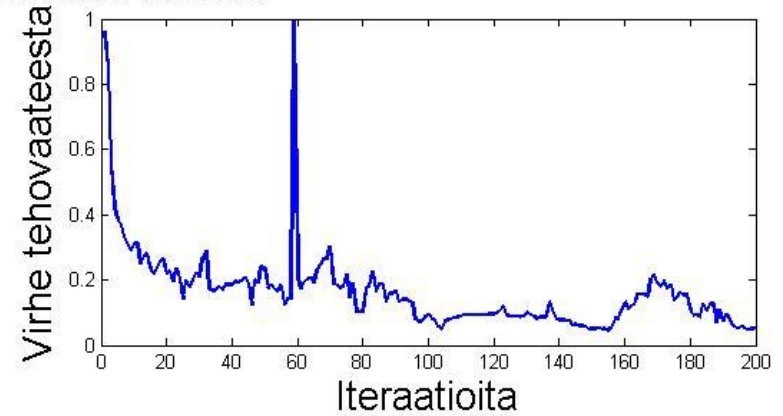
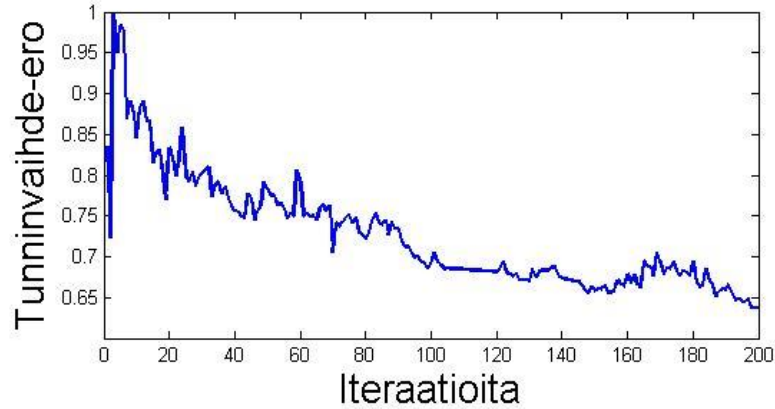


Kustannusfunktion suppeneminen

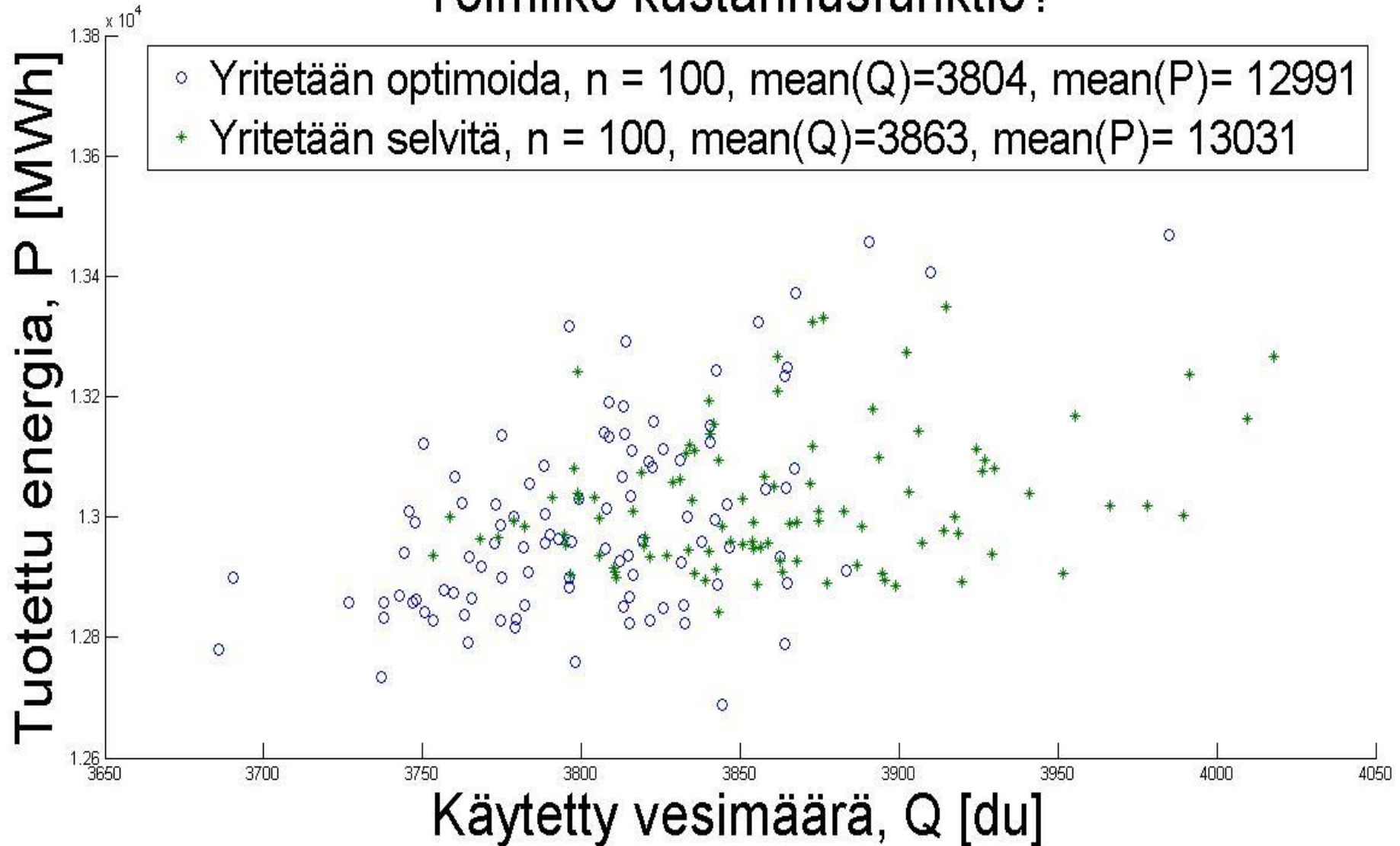


Kustannusfunktion termit

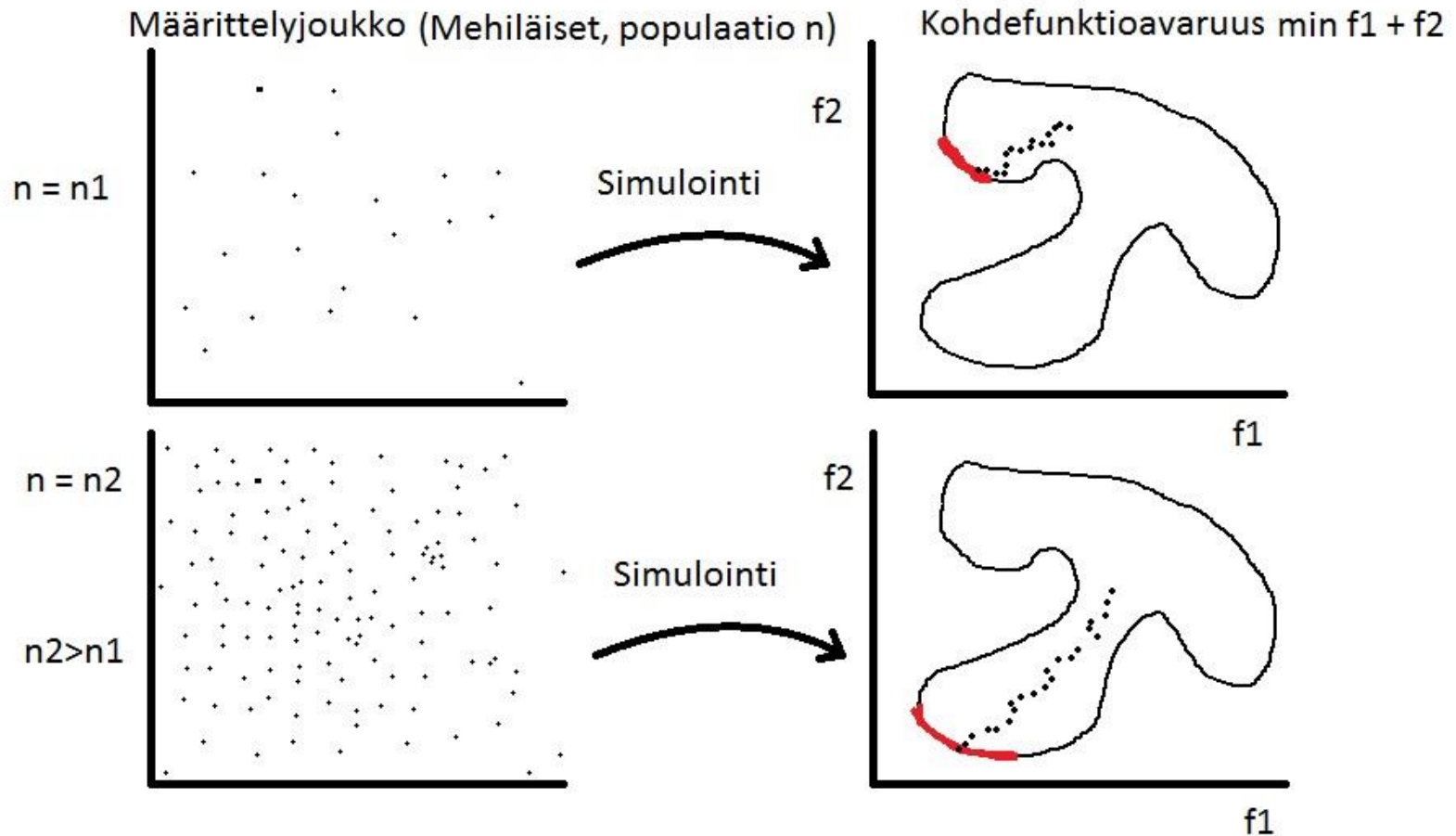
Kustannusfunktion termit



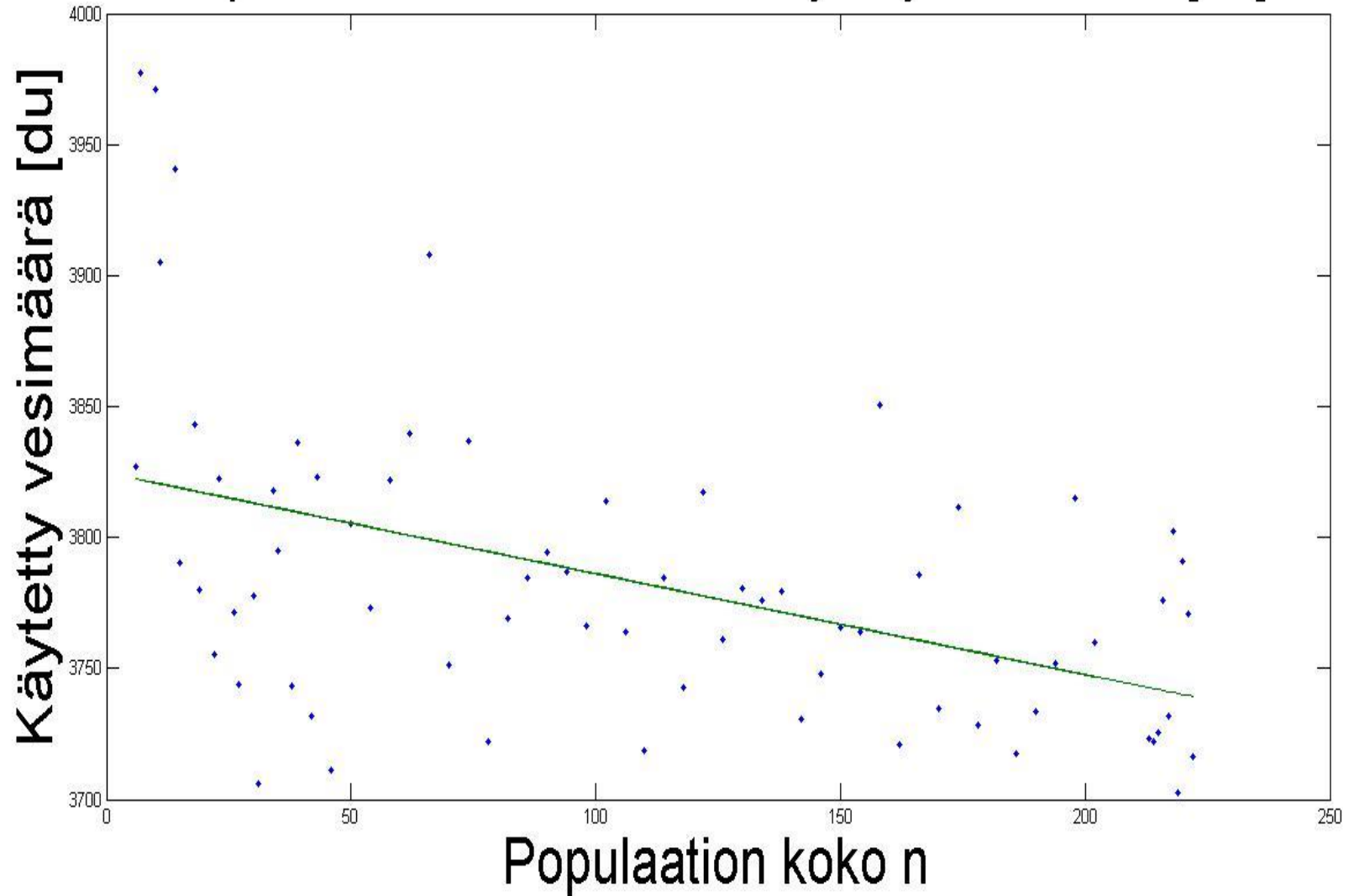
Toimiiko kustannusfunktio?



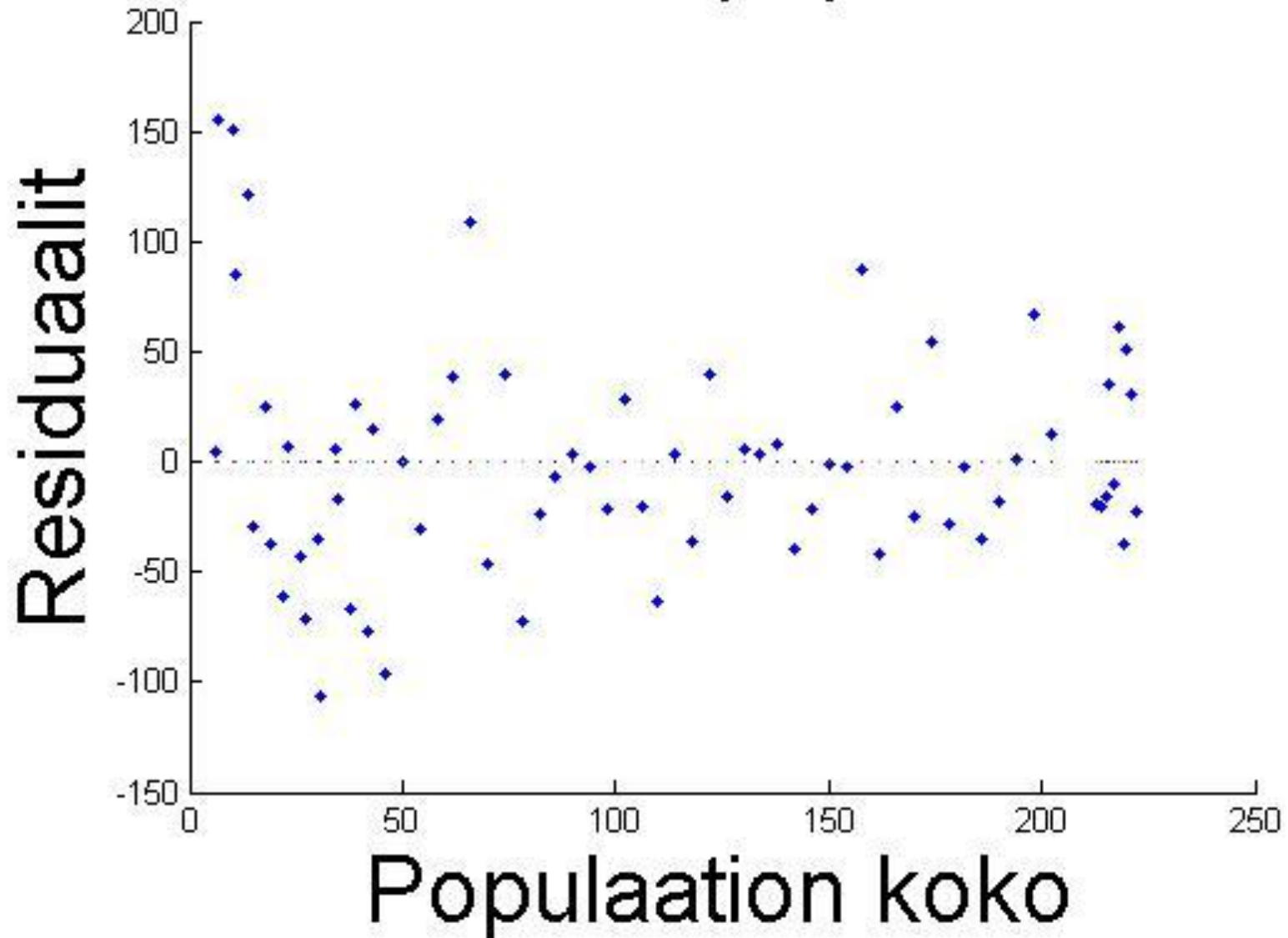
Populaation koon vaikutus



Populaation koko vastaan käytetty vesimäärä [du]



Residuaalit vs. populaatiokoko



Johtopäätökset

- Algoritmi
 - ✓ Ratkaisu löytyy monitavoitteiseen tilanteeseen
 - ✓ Nopeus
 - ✓ Yksinkertaisuus
 - Tuloksen ja ratkaisun epävarmuus

- Työ
 - Bench-marking vaikeaa



Lähteet

- Gavrilas et al. A metaheuristic approach to hydropower reservoir optimization based on Honey Bee Mating Algorithm. In *Proceedings of the 12th WSEAS international conference on Mathematical methods and computational techniques in electrical engineering*, pages 110-115. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2010
- David A. Harpman. *Advanced Algorithms for Hydropower Optimization*. 2012
- Teemu Kerttula. Short-term planning and bidding of hydropower production in the electricity market. Master's thesis, TUT, 2012.
- Hannu Korva. Kemijoen pääuoman tuotannon optimointimallin käyttöönotto. Master's thesis, University of Oulu, 1997.
- Hannu Korva. Suullinen tiedoksianto optimoinnista ja sen tavoitteista. 2013.
- Jonne Laine. Tasehallinnan kehittäminen Suomen sähkömarkkinoilla. Master's thesis, Lappeenranta University of Technology, 2011.
- Pham et al. The Bees Algorithm – A Novel Tool for Complex Optimisation Problems. In *Proceedings of the 2nd Virtual International Conference on Intelligent Production Machines and Systems (IPROMS 2006)*, pages 454-459, 2006.
- Juha Pursimo ja Pentti Lautala. *Sähköntuotannon lyhyen aikavälinen optimointi – loppuraportti*. 1993.
- Erkka Rinne. Vesi-arvolaskennan kehittäminen stokastisessa sähkömarkkinamallissa. Master's thesis, 2010.

