

---

# BM20A1501 Numeeriset menetelmät I

## Table of Contents

Deadlinet .....	1
Työn aihe .....	1
Johdatus .....	1
Matlab-ratkaisu .....	2
Mielenkiintoinen havainto .....	7
Tulokset .....	7
Johtopäätös .....	7
Funktiot .....	7

- Harjoitustyö 2022
- Eero Ryhänen
- Opiskelijanumero 0562910

## Deadlinet

- Suunnitelma 12.4.2021
- Välipalautus: 08.05.2020
- Loppupalautus: 23.05.2020

## Työn aihe

Työn aiheena on tutkia Energiategollisuuden nettisivuilta saadun tunnitaisen sähkönkulutusdatan ([https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkon\\_tuntidata.html#material-view](https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkon_tuntidata.html#material-view)), sekä Ilmatieteen laitoksen sivuilta saatavan tunnitaisen ilman lämpötiladatan (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>) välistä korrelaatiota. Idea tähän tuli alun perin C-ohjelmoinnin perusteet-kurssin harjoitustyöstä. Siinä analysoitiin kyseistä sähkönkulutusdataa, ja työtä tehdessä aloin miettimään, kuinka paljon säällä on vaikutusta sähkönkulutukseen.

## Johdatus

Työ toteutetaan sovittamalla datapisteisiin erilaisia funktioita. Kaikki funktiot kuvaavat sähkönkulutusta lämpötilan funktiona. Funktion sovittaminen suoritetaan pienimmän neliösumman menetelmällä, jossa minimoidaan funktion arvon ja datapisteiden erotuksen neliötä. Minimoitava funktio on siis  $S(a) = \sum_{i=1}^n ((E_i - f(a, T_i))^2)$ , missä  $f(a, T_i)$  on sähkönkulutuksen funktio muuttujina vektori  $a$ , joka koostuu optimoitavista parametreista, ja lämpötila  $T_i$  datapisteessä  $i$ .  $E_i$  tarkoittaa energiankulutusta vastaavassa datapisteessä. Parametrit optimoidaan minimoimalla funktiota  $S(a)$  käyttämällä Matlabin omaa `fminsearch`-funktioita. Hypoteesina on, että paras mahdollinen sovitus tulisi toisen asteen polynomilla. Ulkoilman ollessa kylmä, rakennuksien lämmittämiseen menevän energian määrä kasvaa paljon enemmän ilman kylmettyessä lisää, kun taas lämpimällä säällä lämmitykseen tarvittavan energian määrä ei paljon muutu, oli ulkolämpötila 20 astetta Celsiusta tai 25. Toisaalta kovilla helteillä rakennusten ilmas-

tointiin alkaa kulua energiaa. Suomessa näitä päiviä on niin vähän, että tämä tuskin vaikuttaa merkittävästi tulokseen. Vuosi 2021, miltä data on, on hyvä tämän tutkimiseen, koska vuosi sisälsi erittäin kylmän alkuvuoden ja kuumaa kesää.

## Matlab-ratkaisu

Matlab-koodit.

```
clc
clearvars
close all
%saadata.csv-tiedostosta löytyy vuodelta 2021 jokaisen tunnin
    lämpötila.
%Tiedostossa sahkodata2021.txt on jokaista tuntia kohti kulutettu
    sähkö
%Suomessa

saa=readtable("saadata2021.csv");%luetaan data
saa=saa(1:end-1,:);%Säädatassa viimeinen datapiste seuraavan vuoden
    puolelta, otetaan se pois
sahko=readtable('sahkodata2021.txt');
kulutus=sahko.KULUTUS_MWh_Consumption;
lampoCelsius=saa.IlmanL_mp_tila_degC;
format="HH:mm";
saaAikaleima=datetime(saa.Klo,"InputFormat",format,"Format","HH:mm:ss");%Datassa
    aikaleimat hiukan ikävästi eri soluissa, yhdistetään nämä
pvm=datetime(saa.Vuosi,saa.Kk,saa.Pv);
pvm=pvm+timeofday(saaAikaleima);
for i=1:length(lampoCelsius)%lämpötiladatassa on muutama NaN-
    arvo, siistitään ne pois ottamalla lämpötilaksi kahden viereisen
    datapisteen keskiarvo
    if(isnan(lampoCelsius(i)))
        lampoCelsius(i)=(lampoCelsius(i-1)+lampoCelsius(i+1))/2;
    end
end
lampo=lampoCelsius+273.15*ones(length(lampoCelsius),1);%muutetaan
    vuorokauden keskilämpötilat kelvineiksi

%plottaillaan ensin vuorokauden lämpötilat ja sähkönkulutukset
figure
plot(pvm,kulutus,'b.','MarkerSize',3);
hold on
ylabel("Kulutus (MWh)/h")
yyaxis right
plot(pvm,lampoCelsius,'r.','MarkerSize',3);
title("Lämpötila ja sähkönkulutus Suomessa vuonna 2021");
ylabel("Lämpötila C")
legend("Sähkönkulutus","Lämpötila");
%annotation("textbox",[0.29,0.1,0.1,0.1],"String","Selkeä
    korrelaatio");
%plottaillaan sitten x-akselille lämpötila, ja y-akselille
    sähkönkulutus
figure
```

```
plot(lampoCelsius,kulutus,'r.','MarkerSize',3);
xlabel("Lämpötila C");
ylabel("Tunnittainen sähkönkulutus (MWh)/h");
title("Sähkönkulutus ja lämpötila");
%Selkeää korrelaatiota havaittavissa

%Kokeillaan ensin lineaarista mallia
f1=@(a,x)a(1).*x+a(2);
a0=[10,10];
[a1,R1]=pns(f1,lampoCelsius,kulutus,a0);
figure
plot(lampoCelsius,kulutus,'r.','MarkerSize',3);
xlabel("Lämpötila C");
ylabel("Tunnittainen sähkönkulutus (MWh)/h");
title("Dataan sovitettu lineaarinen malli,  $R^2$ -luku: "+R1);
hold on
plot(sort(lampoCelsius),f1(a1,sort(lampoCelsius)),'k')
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");

%Sitten toisen asteen yhtälö
f2=@(a,x)a(1).*x.^2+a(2).*x+a(3);
a0=[10,10,10];
[a2,R2]=pns(f2,lampoCelsius,kulutus,a0);
figure
plot(lampoCelsius,kulutus,'r.','MarkerSize',3);
xlabel("Lämpötila C");
ylabel("Tunnittainen sähkönkulutus (MWh)/h");
title("Dataan sovitettu toisen asteen yhtälö,  $R^2$ -luku: "+R2);
hold on
plot(sort(lampoCelsius),f2(a2,sort(lampoCelsius)),'k')
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");

%Entäs kolmannen asteen yhtälö
f3=@(a,x)a(1).*x.^3+a(2).*x.^2+a(3).*x+a(4);
a0=[10,10,10,10];
[a3,R3]=pns(f3,lampoCelsius,kulutus,a0);
figure
plot(lampoCelsius,kulutus,'r.','MarkerSize',3);
xlabel("Lämpötila C");
ylabel("Tunnittainen sähkönkulutus (MWh)/h");
title("Dataan sovitettu kolmannen asteen yhtälö,  $R^2$ -luku: "+R3);
hold on
plot(sort(lampoCelsius),f3(a3,sort(lampoCelsius)),'k')
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");

%Näistä kolmannen asteen yhtälö tuottaa tarkimman approksimaation,
    tosin
%käyrän ekstrapolaatio datapisteiden ulkopuolelle ei näytä järkevältä.
%Muista funktioista toisen asteen yhtälö on paras

%entäs eksponenttifunktio
f4=@(a,x)a(1).*exp(a(2).*x);
a0=[10,10];
```

```
[a3,R3]=pns(f4,lampoCelsius,kulutus,a0);%Käytetään celciusasteita,  
jottei eksponenttifunktion arvoista tule tuhattoman isoja  
figure  
plot(lampoCelsius,kulutus,'r.','MarkerSize',3);  
xlabel("Lämpötila C");  
ylabel("Tunnittainen sähkönkulutus (MWh)/h");  
title("Dataan sovitettu eksponenttifunktio,  $R^2$ -luku: "+R3);  
hold on  
plot(sort(lampoCelsius),f4(a3,sort(lampoCelsius)),'k')  
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");  
  
%Koitetaan, pieninisikö hajonta, jos tuntikulutuksen sijaan,  
%laskettaisiinkin aina yhden vuorokauden keskiarvokulutus ja -  
%lämpötila  
kulutus1=zeros(365,1);  
K=reshape(kulutus,[],365);%reshape-funktiolla yhdellä sarakkeella on  
%yhden päivän jokaisen tunnin kulutus  
for i=1:width(K)  
    kulutus1(i)=sum(K(:,i))/24; %tehdään uusi kulutusvektori,  
    %summataan aina jokaisen vuorokauden tuntikulutukset yhteen  
end  
L=reshape(lampo,[],365);%reshape-funktiolla yhdellä sarakkeella on  
%yhden päivän jokaisen tunnin kulutus  
lampo1=zeros(365,1);  
for i=1:width(L)  
    lampo1(i)=sum(L(:,i))/24; %tehdään uusi kulutusvektori, summataan  
    %aina yhden vuorokauden tuntikulutukset yhteen  
end  
lampo1Celsius=lampo1-273.15.*ones(length(lampo1),1);  
%Kokeillaan ensin lineaarista mallia  
  
L1CelsSorted=sort(lampo1Celsius);  
f1=@(a,x)a(1).*x+a(2);  
a0=[10,10];  
[a1,R1]=pns(f1,lampo1Celsius,kulutus1,a0);  
figure  
plot(lampo1Celsius,kulutus1,'r.');
```

```
xlabel("Lämpötila C");  
ylabel("Päivittäinen sähkönkulutus (MWh)/h");  
title("Dataan sovitettu lineaarinen malli,  $R^2$ -luku: "+R1);  
hold on  
plot(L1CelsSorted,f1(a1,L1CelsSorted),'k')  
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");  
  
%Sitten toisen asteen yhtälö  
f2=@(a,x)a(1).*x.^2+a(2).*x+a(3);  
a0=[10,10,10];  
[a2,R2]=pns(f2,lampo1Celsius,kulutus1,a0);  
figure  
plot(lampo1Celsius,kulutus1,'r.');
```

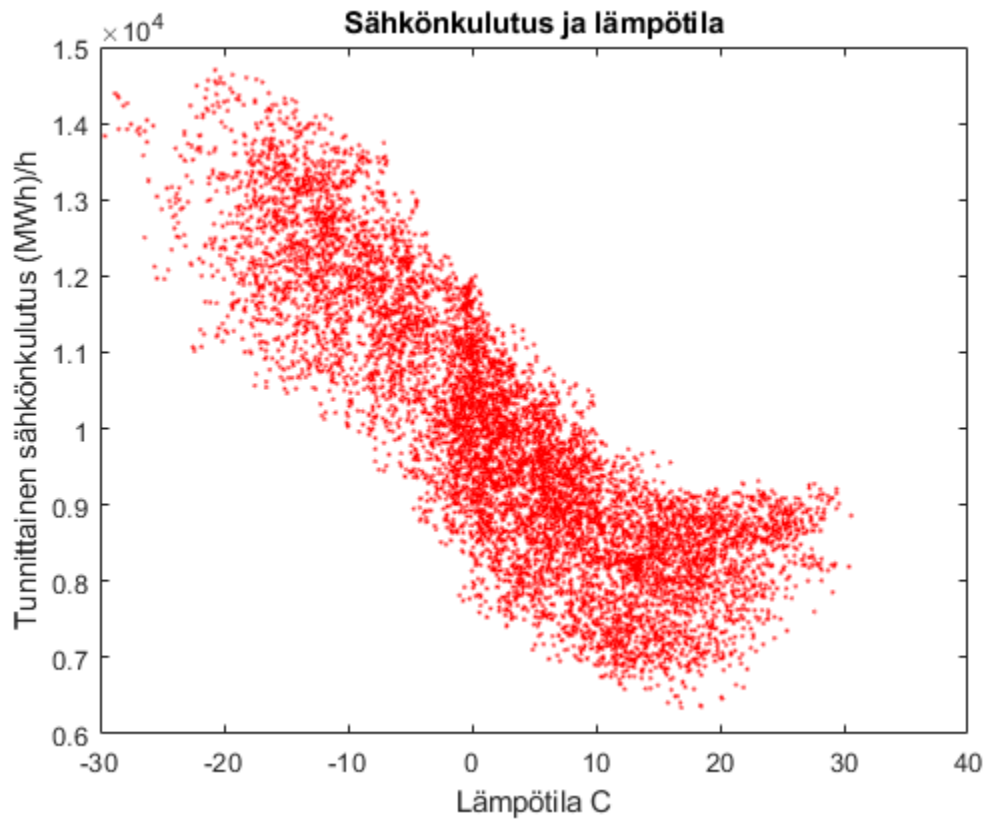
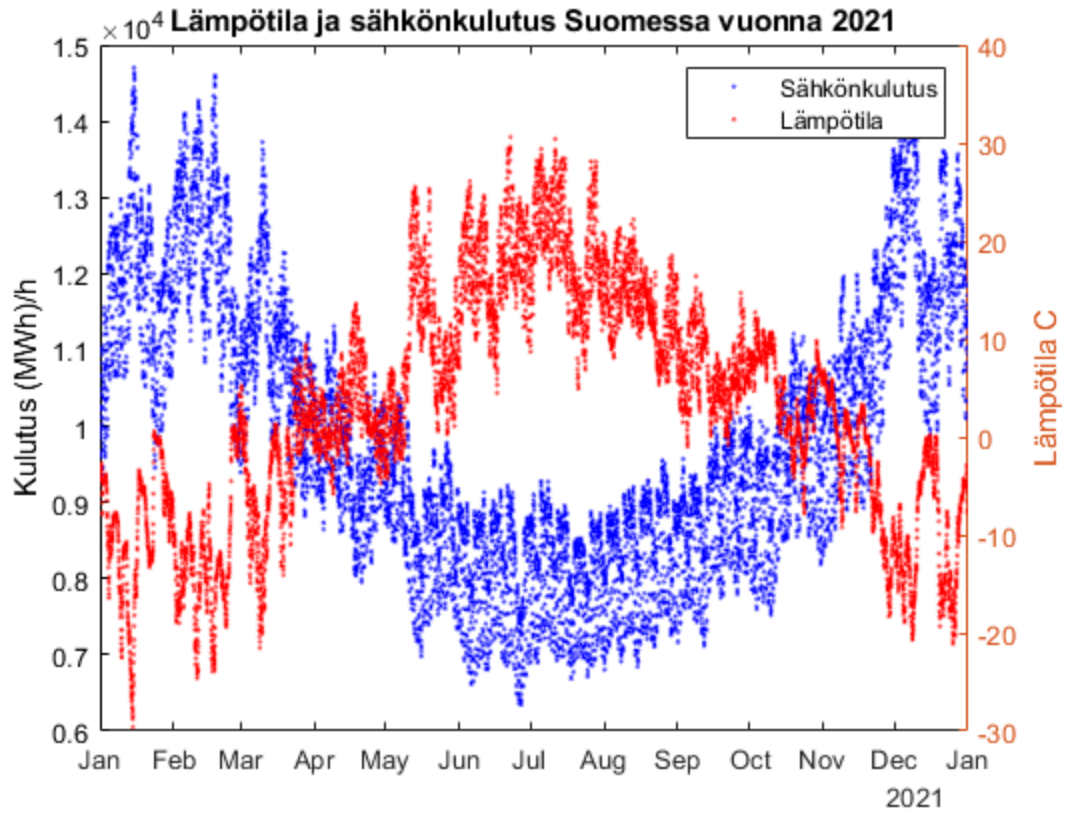
```
xlabel("Lämpötila C");  
ylabel("Päivittäinen sähkönkulutus (MWh)/h");  
title("Dataan sovitettu toisen asteen yhtälö,  $R^2$ -luku: "+R2);  
hold on
```

```
plot(L1CelsSorted,f2(a2,L1CelsSorted),'k')
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");

%Ja kolmannen
f3=@(a,x)a(1).*x.^3+a(2).*x.^2+a(3).*x+a(4);
a0=[10,10,10,10];
[a3,R3]=pns(f3,lampolCelsius,kulutus1,a0);
figure
plot(lampolCelsius,kulutus1,'r. ');
xlabel("Lämpötila C");
ylabel("Päivittäinen sähkönkulutus (MWh)/h");
title("Dataan sovitettu kolmannen asteen yhtälö,  $R^2$ -luku: "+R3);
hold on
plot(L1CelsSorted,f3(a3,L1CelsSorted),'k')
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");

%entäs eksponenttifunktio
f3=@(a,x)a(1).*exp(a(2).*x);
a0=[10,10];
[a4,R4]=pns(f3,lampolCelsius,kulutus1,a0);
figure
plot(lampolCelsius,kulutus1,'r. ');
xlabel("Lämpötila C");
ylabel("Päivittäinen sähkönkulutus (MWh)/h");
title("Dataan sovitettu eksponenttifunktio,  $R^2$ -luku: "+R4);
hold on
plot(L1CelsSorted,f3(a4,L1CelsSorted),'k')
legend("Data","Dataan sovitettu käyrä");

%taas kolmannen asteen yhtälö antaa tarkimman vastauksen, mutta ei
%ekstrapoloidu oikein datapisteiden ulkopuolelle
```



# Mielenkiintoinen havainto

[havainto.jpg](#) Datassa on selkeästi nähtävissä päivän ja viikon sisäiset syklit. Aamuyöstä sähkönkulutus on huomattavasti pienempi kuin päivisin, ja viikonloppuisin pienempi kuin arkisin. Viikonloppuöisin kulutus ei kuitenkaan ole paljon pienempi kuin arkiöisin.

## Tulokset

Puhtaasti sovitusten  $R^2$ -lukuja katsomalla kolmannen asteen yhtälön sovitus dataan vaikutti parhaalta. Kuitenkin, jos katsotaan, miten käyrät alkavat käyttäytymään datan ulkopuolella, kolmannen asteen yhtälö ei ekstrapoloidu hyvin, kun lämpötila menee vielä kylmemmäksi kuin data näyttää. Tähän parhaiten näyttäisi toimivan eksponenttifunktio. Tosin muut yhtälöt eivät ekstrapoloidu kovin hyvin lämpötilan kasvaessa paljon lämpimämmäksi kuin 20 astetta Celsiusta, vaan jatkavat nopeasti laskuaan.

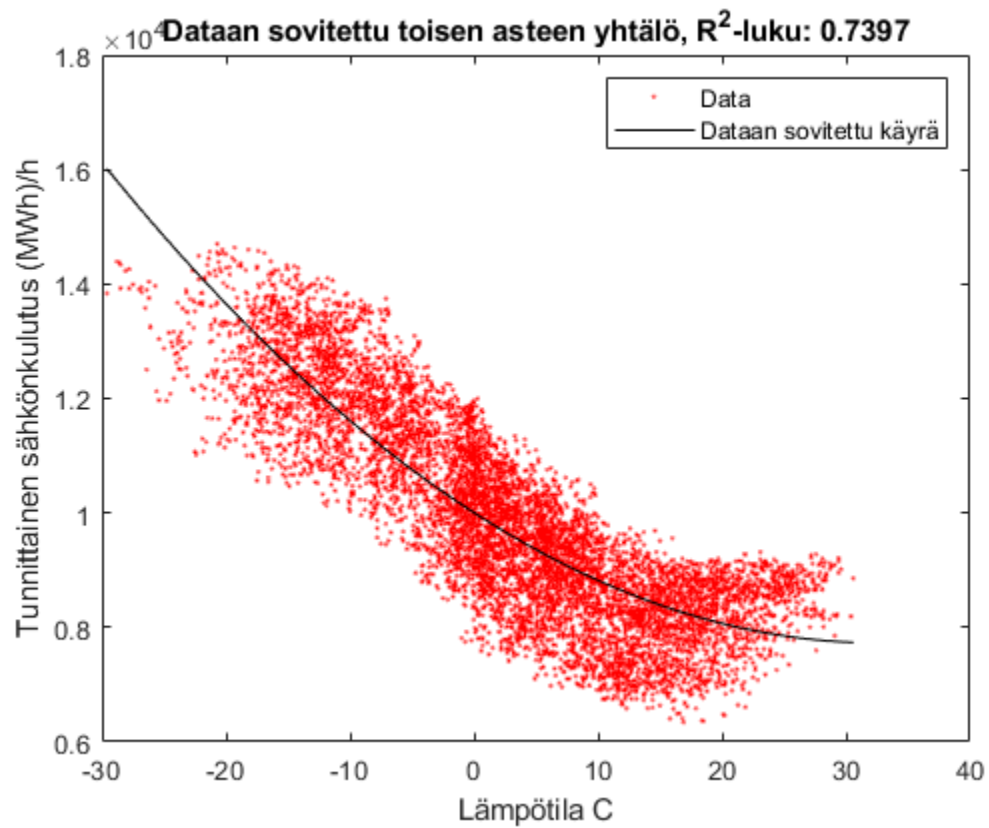
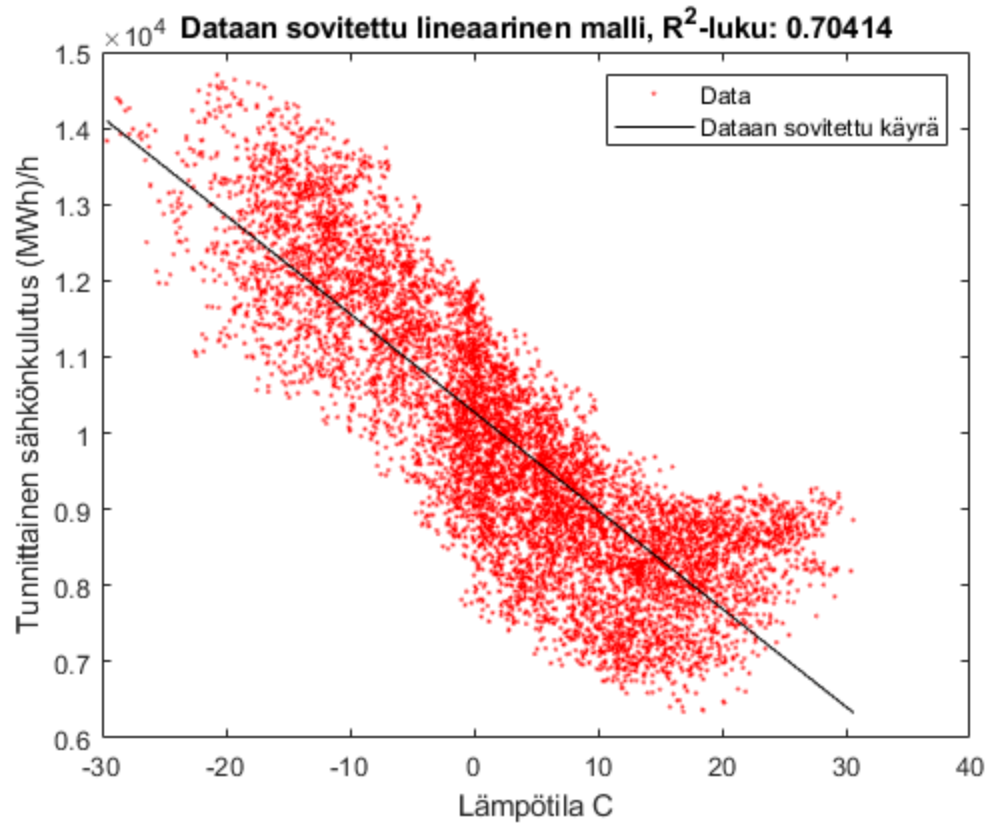
## Johtopäätös

Jos näitä tuloksia tulisi käyttää sähkönkulutuksen ennustamiseen, kun tiedetään lämpötila esimerkiksi sää tiedotteesta, käyttäisin kolmannen asteen yhtälön sovitusta, kun  $T > -10$  astetta Celsiusta, ja tätä kylmemmällä säällä käyttäisin eksponenttifunktiota.

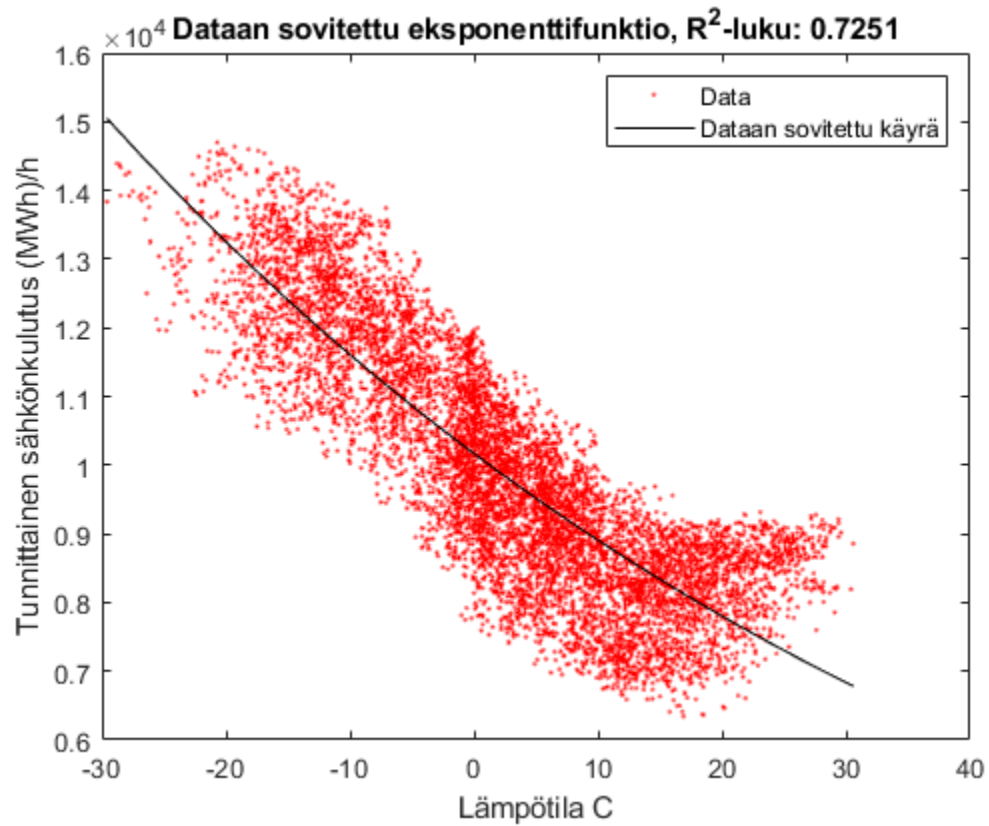
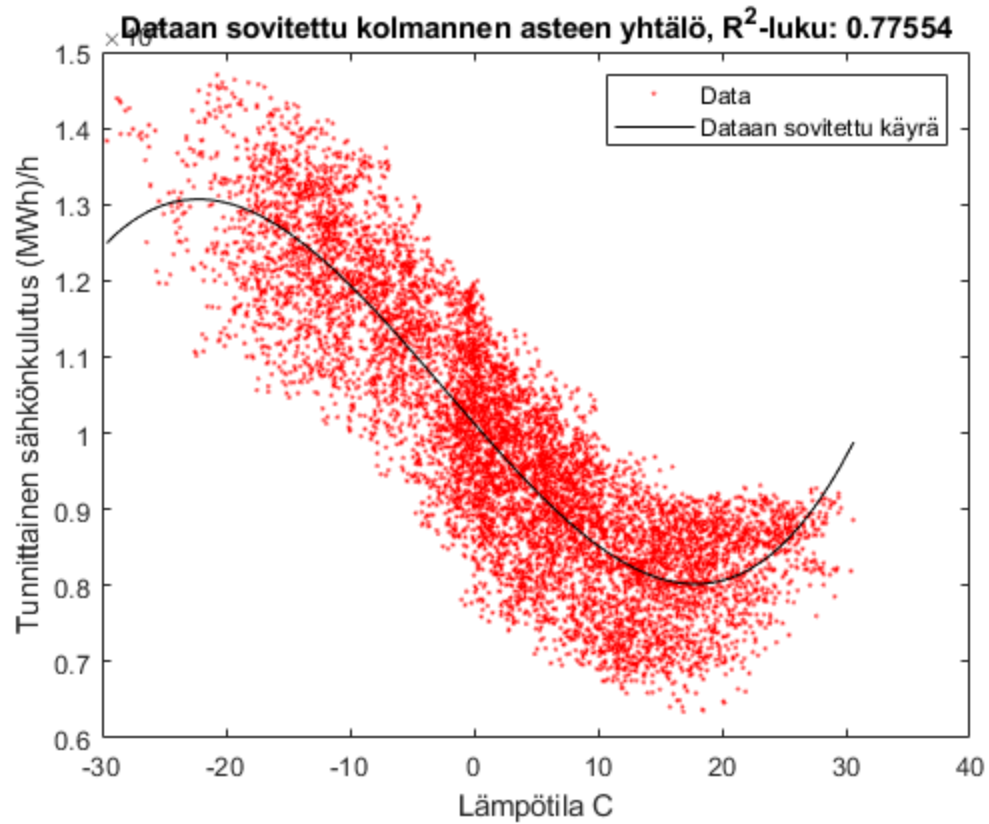
## Funktiot

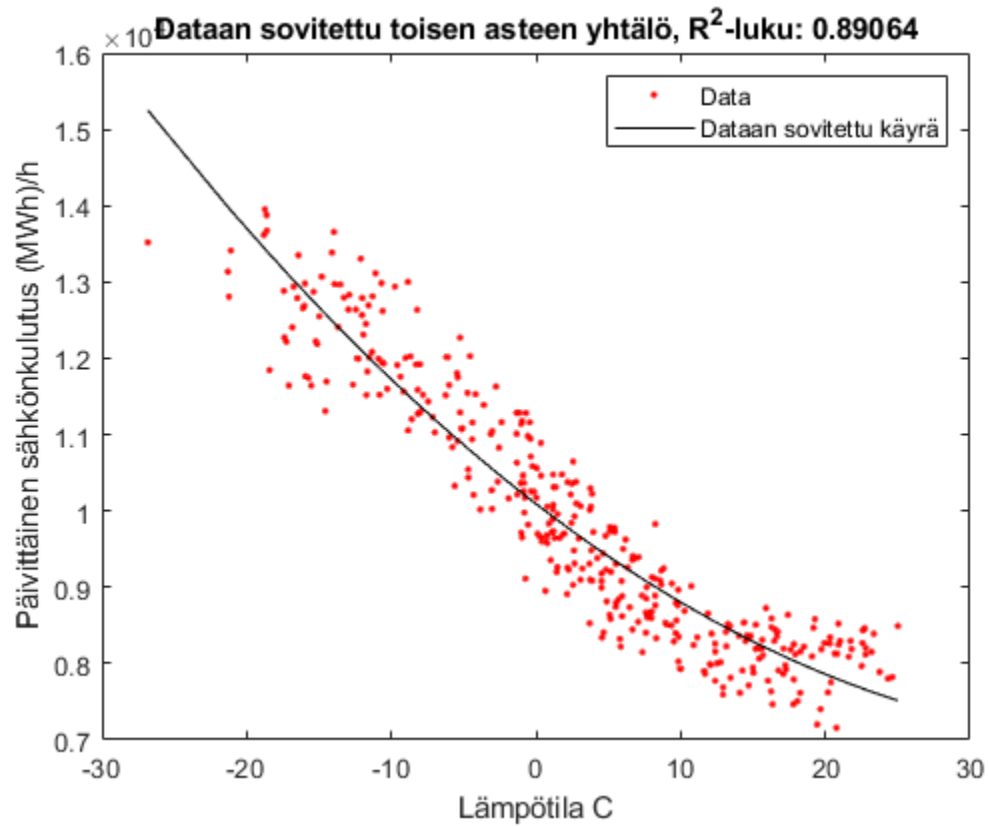
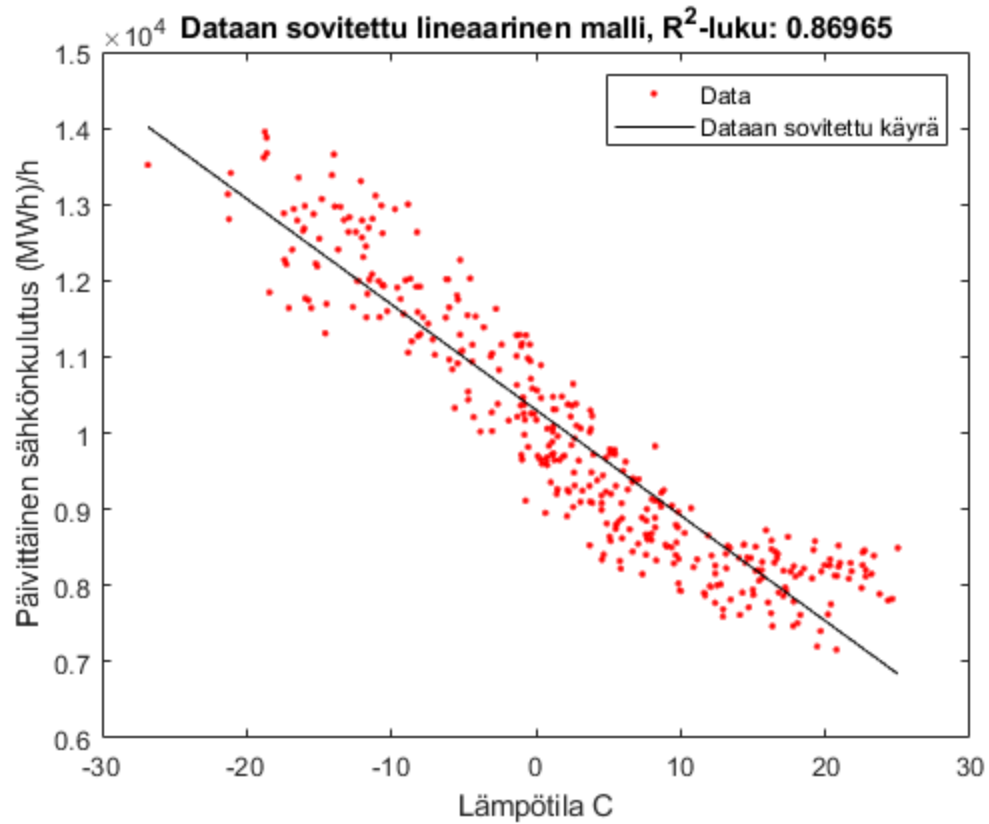
```
function [a_opt,R2]=pns(f,xdata,ydata,a0)
    %funktio laskee parhaat parametrit dataan sovitetulle annetulle
    %funktioille. Funktio ottaa parametrinä funktion, muuttujan x
    datan, y
    %datan ja alkuarvaukset parametreille. Funktio palauttaa
    optimaaliset
    %parametrien arvot ja sovituksen R^2-luvun

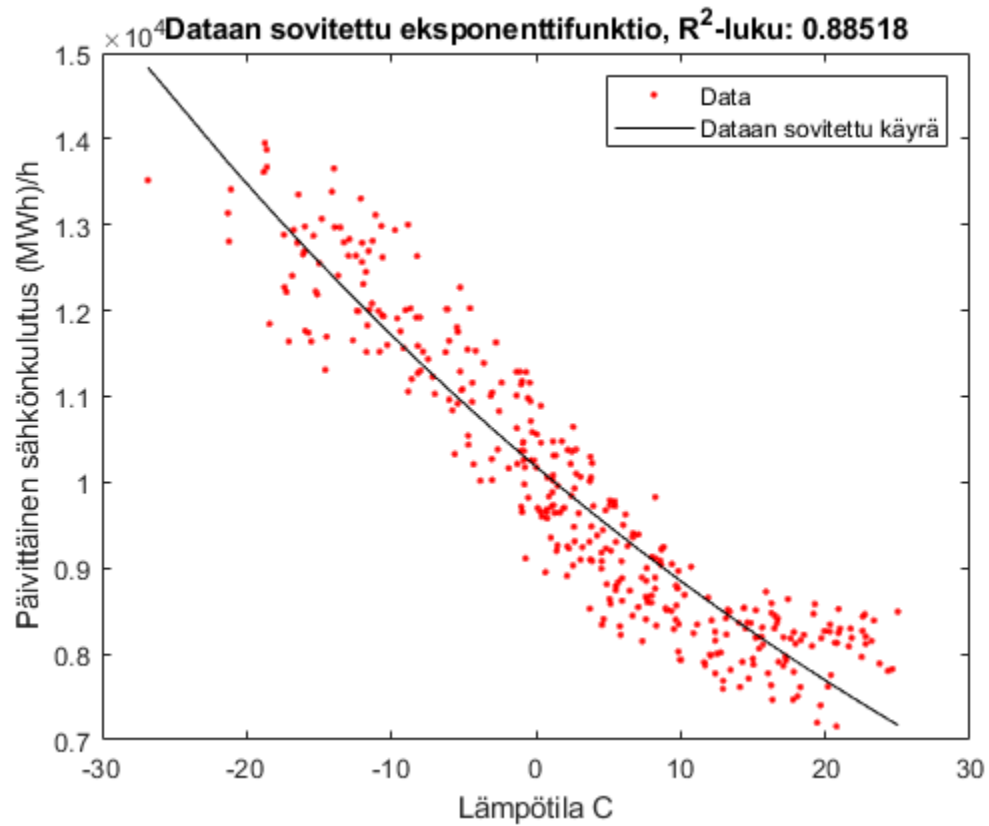
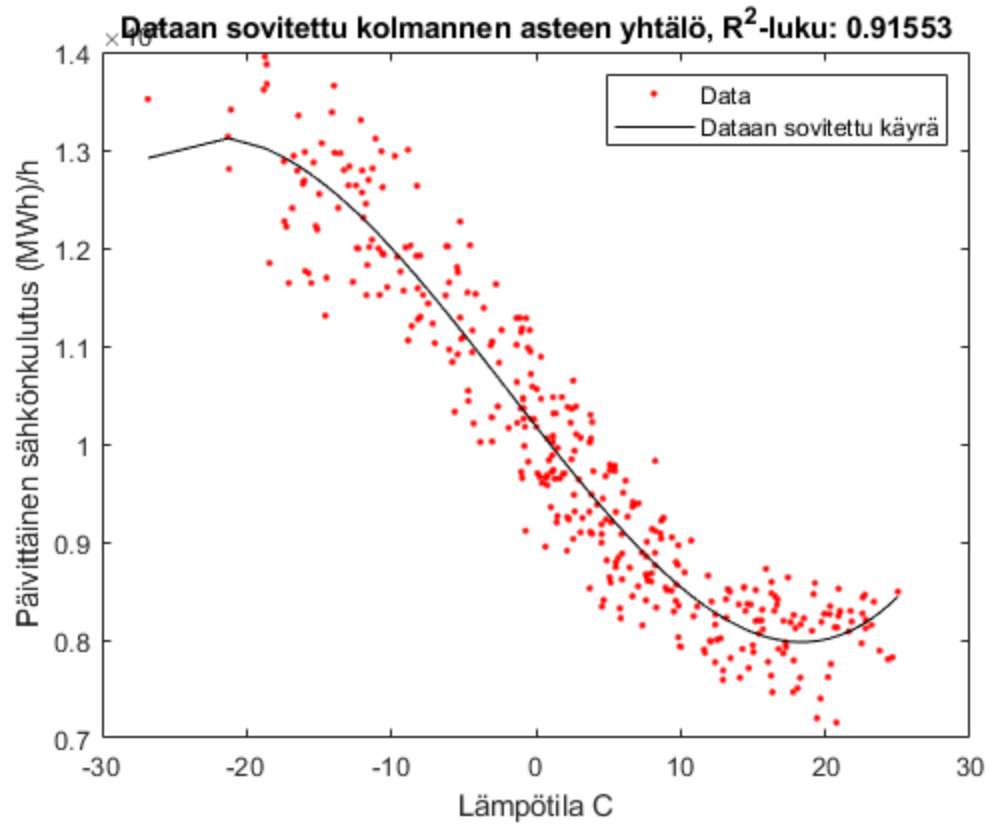
    options = optimset('MaxFunEvals',50000);%lisätään suurimpien
    mahdollisten laskutoimitusten määrää, jotta iso data saadaan
    käsiteltyä
    S=@(a)(sum((ydata-f(a,xdata)).^2));
    a_opt=fminsearch(S,a0,options);
    R2=1-(sum((ydata-f(a_opt,xdata)).^2))/(sum((ydata-
    mean(ydata)).^2));
end
```











*Published with MATLAB® R2021a*