Rakennusten hybridienergiajärjestelmien laskentatyökalu, ohje

# Johdanto

Tämä on käyttöohje rakennusten hybridienergiajärjestelmien laskentatyökalulle. Ohjelmalla voidaan laskea tuntitasolla erilaisten energiajärjestelmien yhteisvaikutuksia CO2-päästöihin, primäärienergian kulutukseen ja elinkaarikustannuksiin. Ohjelman käyttö vaatii toistaiseksi Gmail-tunnuksen.

# Käyttöönotto

Laskentatyökalu on toteutettu Python-ohjelmointikielellä Google Colaboratory -pilviympäristössä: <https://colab.research.google.com/>

Lataa ”HybE\_Laskentaohjelma.zip”-paketti omalle tietokoneellesi (HybE-hankkeen nettisivulta) ja pura tiedostot haluamaasi kansioon. Avaa sen jälkeen oma Google Drive -kansiosi ja lataa sinne paketista löytynyt HybE-kansio sisältöineen. Ohjelma olettaa HybE-kansion sijaitsevan Google Drive -kansion juuressa. Jos se sijoitetaan muualle, täytyy ohjelmakoodin alussa vaihtaa kansion sijainnin ilmoittavaa riviä.

Siirry Google Drivessä HybE-kansioon. Ohjelmaa käytetään kansiosta löytyvän ”Energy\_calculation\_tool.ipynb”-tiedoston avulla. Tätä ennen täytyy kuitenkin aktivoida Google Colaboratory -ympäristö. Paina oikealla hiiren napilla kyseistä tiedostoa, valitse ”Open with” ja ”+ Connect more apps”. Kirjoita hakuruutuun ”Colaboratory” ja klikkaa hakutuloksena ilmestyvää Colaboratory ruutua. Sen jälkeen klikkaa ”Install”.

Nyt pitäisi olla mahdollista avata ”Energy\_calculation\_tool.ipynb”-tiedosto painamalla oikeaa hiiren nappia ja valitsemalla ”Open with” ja ”Google Colaboratory”. Jatkossa pelkkä tiedoston tuplaklikkaaminen käynnistää laskentaohjelman.

A screenshot of a computer

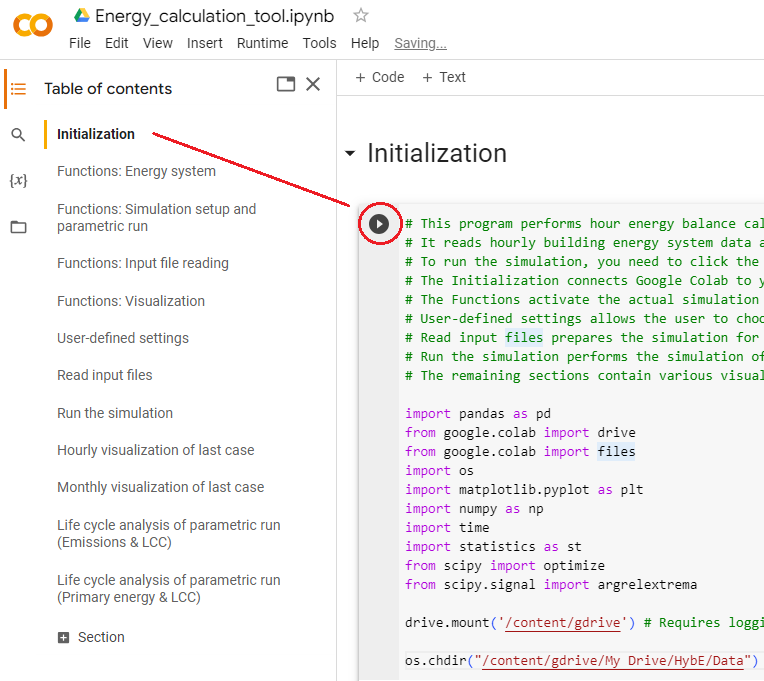
Description automatically generated

A screenshot of a computer

Description automatically generated

# Käyttö

## Valmistelu



Laskentaohjelman avauduttua, sinulla pitäisi olla näkyvissä ohjelman sisällysluettelo sekä ohjelmakoodi. Jos sisällysluettelo ei näy, tuo se esiin klikkaamalla ylävalikosta ”View” ja ”Table of contents”. Ensimmäisessä Initialization-osiossa klikkaa ohjelmakoodi-ikkunan vasemmassa ylänurkassa näkyvää ”Play”-nappia, jolloin koodi aktivoituu. ”Play”-nappi tulee näkyviin, kun viet hiiren kursorin koodiruudun alueelle.

A screenshot of a phone

Description automatically generated

Anna ohjelmalle lupa yhdistää Google Driveesi klikkaamalla Connect to Google Drive. Tässä kohtaa sinun täytyy kirjautua Gmail-tunnuksellesi ja antaa Google Drivelle oikeus käyttää Google-tunnustasi. Kysyttäessä, klikkaa Allow. Pienen latailun jälkeen sinun pitäisi nähdä koodin alla teksti:   
”Mounted at /content/gdrive”

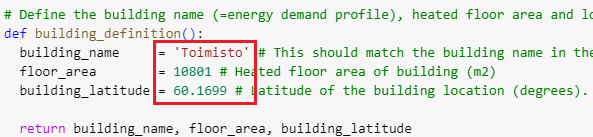
Seuraavaksi täytyy vielä aktivoida koodin eri osat. Klikkaa sisällysluettelosta yksi kerrallaan jokainen Functions-otsikko ja aktivoi ”Play”-napilla kyseinen koodipätkä. Voi myös valita ylälaidan Runtime-valikosta ”Run all”, jolloin ohjelma aktivoi ja ajaa kaikki vaiheet ilman erillistä klikkailua. Tämä kuitenkin käynnistää myös simulaation viimeksi käytetyillä asetuksilla, mikä ei aina ole toivottua. Usein - ja erityisesti ensimmäisellä käyttökerralla - se on kuitenkin aivan toimiva ratkaisu.

## Järjestelmien määrittäminen ja simulointi

”User defined settings”-osiossa määritetään simuloinnin asetukset. Siellä valitaan erityisesti käytettävät energiankulutusprofiilit, säätiedosto, sähkönhintaskenaario sekä simuloitavat hybridienergiajärjestelmät. Lisäksi on mahdollista muokata monia muita asetuksia, kuten energiajärjestelmien teknisiä ominaisuuksia, järjestelmien investointikustannuksia sekä elinkaarikustannuslaskennan korkoja ja laskenta-aikaa.

### Rakennuksen kulutusprofiili

Tärkein valinta on rakennuksen nimi. Se kytkeytyy energiankulutustiedostoihin. Jos tutkittavan rakennuksen nimi on ”Toimisto”, laskentaohjelma etsii lämmönkulutusta tiedostosta, jonka nimi on ”Toimisto\_Lämpö.xlsx” ja sähkönkulutusta tiedostosta, jonka nimi on ”Toimisto\_Sähkö.xlsx”.

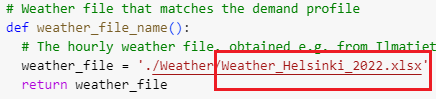


Käytettävän rakennuksen nimi kirjoitetaan ”building\_name” riville =-merkin jälkeen, heittomerkkien sisään. Rakennuksen pinta-ala ja sijainnin leveyspiiri taas kirjoitetaan seuraaville riveille lukuarvojen paikalle.

Lämmön- ja sähkönkulutuksen tuntitiedot ovat oletusarvoisesti Granlund Managerin tuottamassa muodossa. Hybe/Data/Heating ja Hybe/Data/Electricity -kansioissa on mallitiedostoja (Toimisto\_Lämpö.xlsx ja Toimisto\_Sähkö.xlsx), joista kopioituihin pohjiin voi täyttää kulutustiedot muista lähteistä. Käytettävät kulutusprofiilit täytyy kopioida näihin kansioihin. Lämmöntarve ilmoitetaan yksikössä MWh ja sähkönkulutus yksikössä kWh. Kulutustietoja tulisi olla tasan 8760 tunnin ajalta.

### Säätiedosto

Säätiedoston pohja löytyy kansiosta HybE/Data/Weather. Paketissa on mukana Helsingin sää vuodelta 2022 sekä Helsingin testisäävuodet 2012 ja 2020. Säätiedoston vuositiedon tulisi vastata käytettävää energiankulutusprofiilia. Tarvittavat säätiedot ovat ulkoilman lämpötila sekä auringon suorasäteily kohtisuoralle pinnalle (direct normal) ja auringon hajasäteily vaakapinnalle (diffuse horizontal). Säätiedosto ladataan HybE/Data/Weather-kansioon ja tiedoston nimi kirjoitetaan koodiin kuvassa näkyvälle paikalle.



Säätietoja voi ladata esim. Ilmatieteen laitoksen Havaintojen lataus -palvelusta: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Uutta säätiedostoa luotaessa täytyy varmistaa, että siinä on dataa 8760 tunnille eikä lukuarvoja puutu.

### Simuloitavat järjestelmät

Simulointia varten täytyy myös valita millaisia järjestelmiä simulaatiossa tarkastellaan. Se tapahtuu syöttämällä järjestelmien kapasiteetit suhteellisina tehoina.

Lämpöpumpun (HP) kapasiteetti ilmoitetaan prosentteina lämmönkulutusprofiilin vuoden suurimmasta tehosta.   
Aurinkolämmön (ST) kapasiteetti ilmoitetaan prosentteina lämmönkulutusprofiilin kesäajan suurimmasta tehosta.  
Aurinkosähkön (PV) kapasiteetti ilmoitetaan prosentteina sähkönkulutusprofiilin kesäajan suurimmasta tehosta.  
Sähkövaraston (battery) kapasiteetti ilmoitetaan prosentteina sähkönkulutusprofiilin vuoden suurimmasta tehosta.  
Aurinkoenergiajärjestelmien asennuskulma (slope) ilmoitetaan asteina vaakatasosta.  
Aurinkoenergiajärjestelmien suuntauskulma (azimuth) ilmoitetaan asteina etelän suhteen: 0 on etelä, -90 itä ja 90 länsi.

Kapasiteeteille voi ilmoittaa yhden tai useamman arvon pilkulla eroteltuna. Jos arvo on 0, järjestelmää ei ole. Jos kaikki arvot ovat 0, järjestelmäsimulaatio vastaa referenssitapausta, jossa lämmitys tapahtuu kaukolämmöllä ja kulutus on täysin syötetyn kulutusprofiilin mukainen.

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

### Sähkön hintaskenaario

Sähkön tuntikohtainen hinta muodostuu tuntikohtaisten pörssihintojen lisäksi sähkön siirron ja sähköveron kustannuksista. Spot-hintaa varten täytyy valita jokin

### Muita asetuksia

Tärkeitä asetuksia ovat esim. elinkaarilaskentaan liittyvät lukemat: laskenta-aika vuosina, reaalikorko prosentteina, energianhinnan vuotuinen nousu inflaation yli prosentteina sekä ylläpitokulujen osuus prosentteina investointikuluista.

A close-up of a text

Description automatically generated

Järjestelmien hinnat ilmoitetaan taulukkomuotoisena, jossa Capacity-rivillä esitetään järjestelmän kapasiteetti (teho, pinta-ala) ja Cost-rivillä vastaavan kokoisen järjestelmän suhteellinen investointikulu. Kapasiteettien väleihin asettuvat hinnat lasketaan lineaarisovituksena. Alarajaa pienemmät järjestelmät käyttävät alarajan hintaa ja ylärajaa suuremmat järjestelmät käyttävät ylärajan hintaa.

A screenshot of a computer code

Description automatically generated

### Simuloinnin ajaminen

Kun järjestelmäasetukset on valittu, täytyy uudet asetukset aktivoida Play-nappulasta tuttuun tapaan.

Read input files -otsikon alla luetaan kulutusprofiilit ja muut tiedostot. Tämän ajaminen voi kestää jonkin aikaa. Sen jälkeen Run the simulation -otsikon alla voidaan suorittaa varsinainen järjestelmälaskenta.

A screenshot of a computer program

Description automatically generated

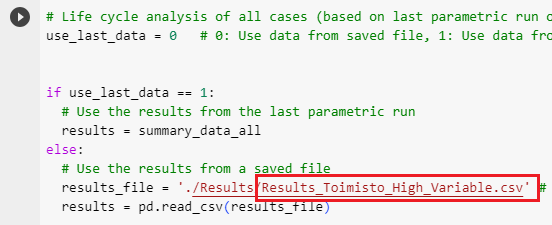
Yhteenvetona näytetään vuotuiset energiataseet ja järjestelmien huipputehot. Jos tutkittavia järjestelmiä on paljon, simulaation eteneminen näkyy tapausten numeroina ja prosentteina. Lopuksi nähdään yhteenveto elinkaari/vuositason lukemista jokaiselle simuloidulle tapaukselle. Ohjelma myös tallentaa elinkaarilaskennan tulokset yhteen tiedostoon ja viimeisen simuloidun tapauksen tuntitiedot toiseen tiedostoon. Jos haluat tallentaa jonkin tietyn tapauksen tuntitiedot, valitse pelkästään kyseisen tapauksen asetukset User-defined settings -alueella.

Jos nyt halutaan muuttaa simuloitavia järjestelmiä, mutta sähkön hintaskenaariot ja kulutusprofiilit pidetään samana, riittää muokata User-defined settings -osiot, aktivoida se ja ajaa uudestaan Run the simulation.

### Tulosten visualisointi

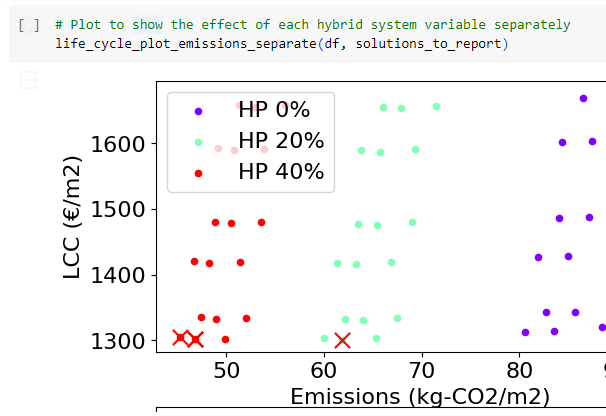
Kun simulaatio on ajettu, tuloksia voi tarkastella graafisesti. Tuntikohtainen ja kuukausikohtainen visualisointi onnistuu viimeiselle ajetulle tapaukselle, aktivoimalla kyseiset osiot Play-napista. Jos haluat tutkia jotain tiettyä tapausta parametriajosta, laita ainoastaan sen asetukset User defined settings -osioon.

Life cycle analysis of parametric run -osioita käytetään, jos on suoritettu parametriajo usealle eri järjestelmälle. Oletusarvoisesti niissä käytetään viimeisen laskelman tuloksia. On kuitenkin mahdollista tarkastella myös aiemmin tallennettuja tuloksia. Tällöin täytyy merkitä ”use\_last\_data = 0” ja kirjoittaa käytettävä tiedostonimi alla olevaan kohtaan.



Muista palauttaa asetus ”use\_last\_data = 1”, jos haluat tarkastella uusien simulaatioiden tuloksia.

Elinkaarianalyysissä nähdään kaikki ratkaisut päästöt/primääenergia ja elinkaarikustannus -akseleilla. Rukseilla eritellään vielä viisi kiinnostavaa ratkaisua koko joukosta: elinkaarikustannuksiltaan halvin ratkaisu, vähäpäästöisin ratkaisu ja mahdollisesti kolme ratkaisua näiden välistä. Tämän jälkeen voidaan myös tutkia yksittäisten ratkaisujen vaikutusta tuloksiin ajamalla myös toinen osa visualisointiosiosta.



# Ohjelman muokkaaminen

Ohjelmaa saa jakaa vapaasti ja koodia voi muokata omien tarpeiden mukaan. Parannusehdotuksia voi lähettää osoitteeseen [janne.hirvonen@tuni.fi](mailto:janne.hirvonen@tuni.fi).