



**Euroopan unionin
osarahoittama**

SEAMK
Seinäjoen ammattikorkeakoulu
Seinäjoki University of Applied Sciences



Suunnittelun automatisointi ja optimointi simulaation tukena

OPLITE-Casebook

Hannu Hakalahti & Toni Luomanmäki

4.9.2025

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Sisällysluettelo

1	Johdanto	3
2	Suunnittelun automatisointi ja optimointi.....	3
2.1	Automatisoinnin tarve	3
2.2	Automatisoinnin edut	4
3	Siemens HEEDS MDO	4
3.1	Yleiskuvaus.....	4
3.2	Plant Simulation -integrointi	5
4	Simulaatiomallin optimointi	10
5	Yhteenveto	12

1 Johdanto

Optimaalista lisäarvoa teknologiasta (OPLITE) -hankkeen päätavoitteena on tuottaa Etelä-Pohjanmaan alueiden yrityksille mahdollisuuksia kehittää ja optimoida omia toimintojaan, tuotteitaan, sekä prosessejaan simulointi- ja datapohjaisilla menetelmillä ja työkaluilla.

Tässä raportissa esitellään miten Plant Simulation -simulointiohjelmalla tehtyä simulaatiomallia voidaan optimoida suunnittelun automatisointiin ja optimointiin tarkoitetun Siemens HEEDS MDO -ohjelman avulla. Raportti antaa tarvittavat ohjeet siihen, kuinka simulaatiomalli voidaan tuoda osaksi HEEDS-projektia, ja siihen miten HEEDS-projekti konfiguroidaan simulaatiomallin optimointia varten.

2 Suunnittelun automatisointi ja optimointi

2.1 Automatisoinnin tarve

Otetaan esimerkiksi tilanne, jossa tuotantoprosessi mallinnetaan simulaatiomallissa siten, että prosessiin liittyvien lähtöparametrien arvot riippuvat joistakin syöttöparametreista. Perinteinen tapa edetä prosessin suunnittelussa on antaa syöttöparametreille käsin jokin arvo, ajaa sen jälkeen simulaatio, ja havainnoida annettujen parametrien arvojen vaikutus lähtöparametreihin. Tällä menetelmällä simulaatiomallin käyttäjä hakee syöttöparametrien arvojen optimaalisia arvoja yrityksen ja erehdyksen avulla. Yksinkertaisessa simulaatiomallissa tämä ei ole ongelma, mutta työ vaikeutuu kun simulaatiomallin kompleksisuus lisääntyy.

Plant Simulation -ohjelmassa on sisäänrakennettuna ExperimentManager-työkalu, jonka avulla käyttäjä voi määrittää simulaation syöttö- ja lähtöparametrit, ja suunnitelmat (engl. experiment), joissa käytetään syöttöparametrien arvojen eri kombinaatioita. Tämä helpottaa simulaatiomallin optimointia jonkin verran, mutta ongelmana on edelleen manuaalisen työn määrä, sillä kukin suunnitelma täytyy lisätä erikseen ExperimentManager-työkaluun. Jos eri tutkimuksia ei ole monta, työ määrä ei ole kohtuuton. Tutkimusten lukumäärän kasvaessa kymmeniin tai satoihin, käyttäjä jää kuitenkin kaipaamaan jotain helpompaa tapaa määrittää tutkimukset.

2.2 Automatisoinnin edut

Suunnittelun automatisointiohjelma toimii siten, että käyttäjä määrittää syöttöparametrien ala- ja ylärajat, sekä sen halutaanko lähtöparametreja minimoida vai maksimoida. Ohjelma käy sitten läpi syöttöparametrien arvojen eri kombinaatioita ja pyrkii löytämään sen kombinaation, joka tarjoaa optimaalisimman ratkaisun halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.

Suunnittelun automatisointiohjelma sisältää jonkin sisäänrakennetun algoritmin, jonka avulla se päättää miten paljon syöttöparametrien arvoja tulisi lisätä vai vähentää kullakin optimointiprosessin eri askeleella.

Sen lisäksi että suunnittelun automatisointi tarjoaa helpomman tien suorittaa syöttöparametrien ja suunnittelun määrittely, itse optimointiprosessi on yleensä huomattavasti nopeampi, koska eri välituloksia ei tarvitse tarkastella manuaalisesti. Esimerkiksi yksinkertaisen simulaatiomallin tapauksessa simulaation optimointiprosessi voi kestää parhaimmillaan vain muutamia minuutteja.

Eräs tällainen suunnittelun automatisointiohjelma on Siemens HEEDS MDO, jota esitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

3 Siemens HEEDS MDO

3.1 Yleiskuvaus

Siemens HEEDS MDO (Multi-Disciplinary Design Optimization) on suunnittelun automatisointi- ja optimointiohjelma, joka voidaan yhdistää muun muassa NX CAD-, Solid Edge-, Matlab- ja Plant Simulation -ohjelmistoihin.

HEEDS käyttää parametrioiminnissa SHERPA-algoritmia. Optimoinnin tulosten tarkastelu onnistuu sisäänrakennettujen visualisointien avulla.

Seuraavassa kappaleessa kuvataan tarkemmin, miten Plant Simulation -simulaatio-ohjelmalla tehtyä simulaatiomallia voidaan optimoida HEEDS:n avulla.

3.2 Plant Simulation -integrointi

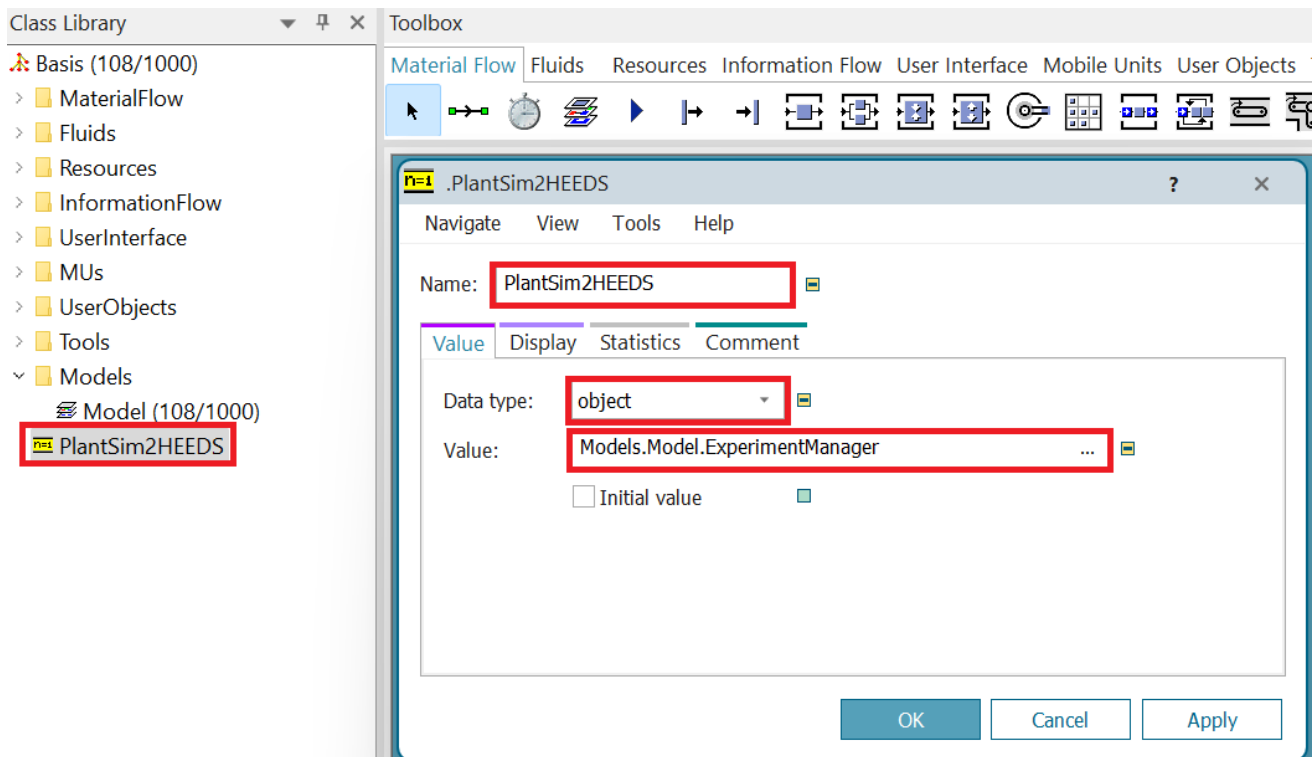
Kuvassa 1 on esitetty eri vaiheet siitä, miten Plant Simulation -ohjelmalla tehtyä simulaatiomallia voidaan optimoida HEEDS-ohjelmalla.



Kuva 1. Plant Simulation- ja HEEDS-ohjelmien välinen työnkierto.

Ensimmäinen toimenpide on lisätä simulaatiomalliin ExperimentManager-työkalu, jota käytetään simulaatiomallin sisällä tapahtuvaan suunnitteluun. Työkalussa määritetään syöttöparametrit ja optimoitavat lähtöparametrit, sekä täsmälleen yksi tutkimus, jossa syöttöparametreille annetaan jokin lähtöarvo. HEEDS-ohjelma muuttaa jatkossa tätä tutkimusta antamalla syöttöparametreille eri arvoja kullakin optimointiprosessin askeleella. Kun tarvittavat määrittäykset on tehty, simulaatio resetoidaan ja ajetaan kertaalleen ExperimentManager-työkalun avulla.

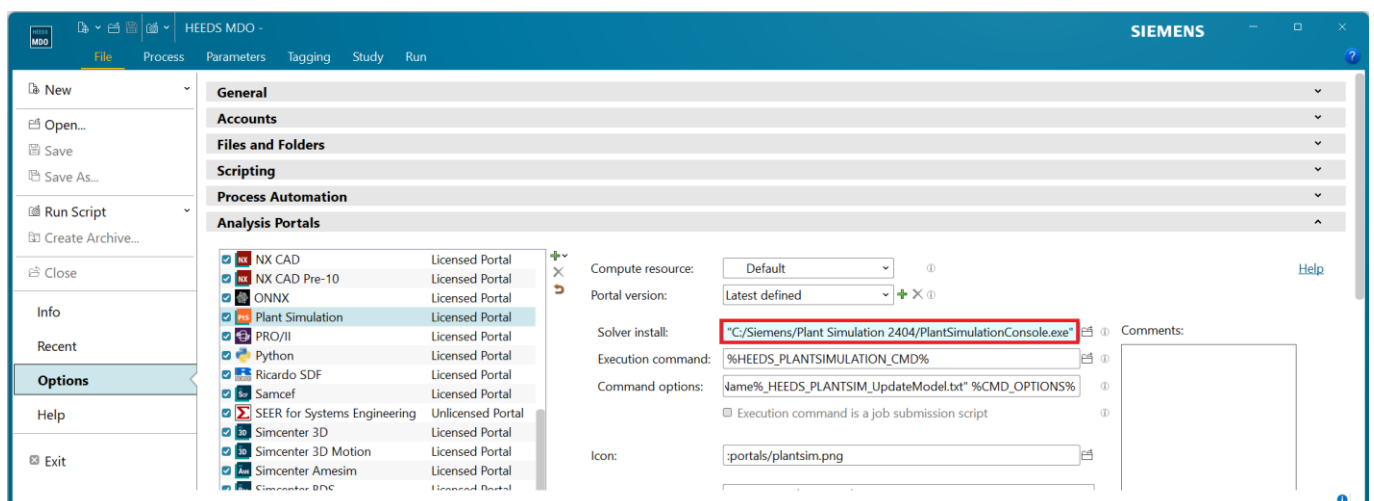
Toinen vaihe simulaatiomallin puolella on lisätä **Class Library** -hakemistopuun juureen **Variable**-muuttuja, jonka nimessä tulee olla teksti **PlantSim2HEEDS**. Muuttujan datatyyppiä asetetaan pudotusvalikosta **object** ja arvoksi absoluuttinen polku simulaatiomallissa olevaan ExperimentManager-työkaluun: **Models.Model.ExperimentManager**. Tämä muuttuja on tarpeen, jotta HEEDS-ohjelma osaa lukea ExperimentManager-työkalussa tehdyt määrittäykset (Kuva 2).



Kuva 2. PlantSim2HEEDS-muuttujan määrittäminen Plant Simulation -ohjelmassa.

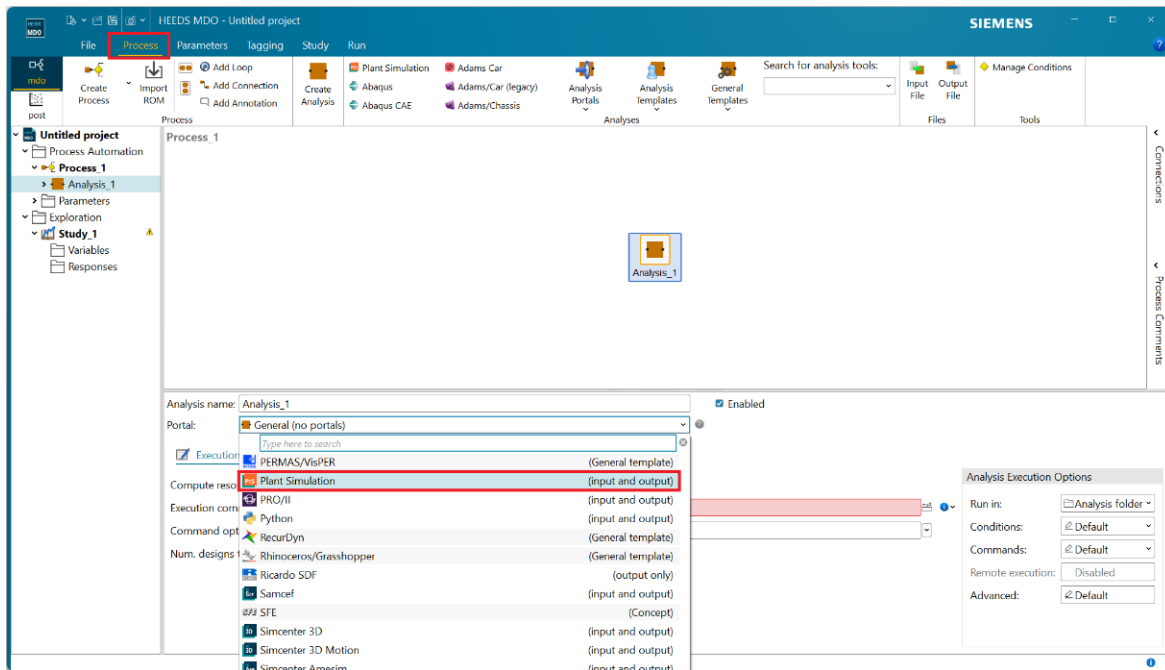
Simulaatiomalli voidaan nyt tallentaa ja sulkea.

HEEDS:in puolella ensimmäinen toimenpide on määrittää Plant Simulation -ohjelman exe-tiedoston tiedostopolku (Kuva 3). Tämä vaihe pitää tehdä vain kerran, sillä HEEDS muistaa asetukset, vaikka ohjelma suljetaan.



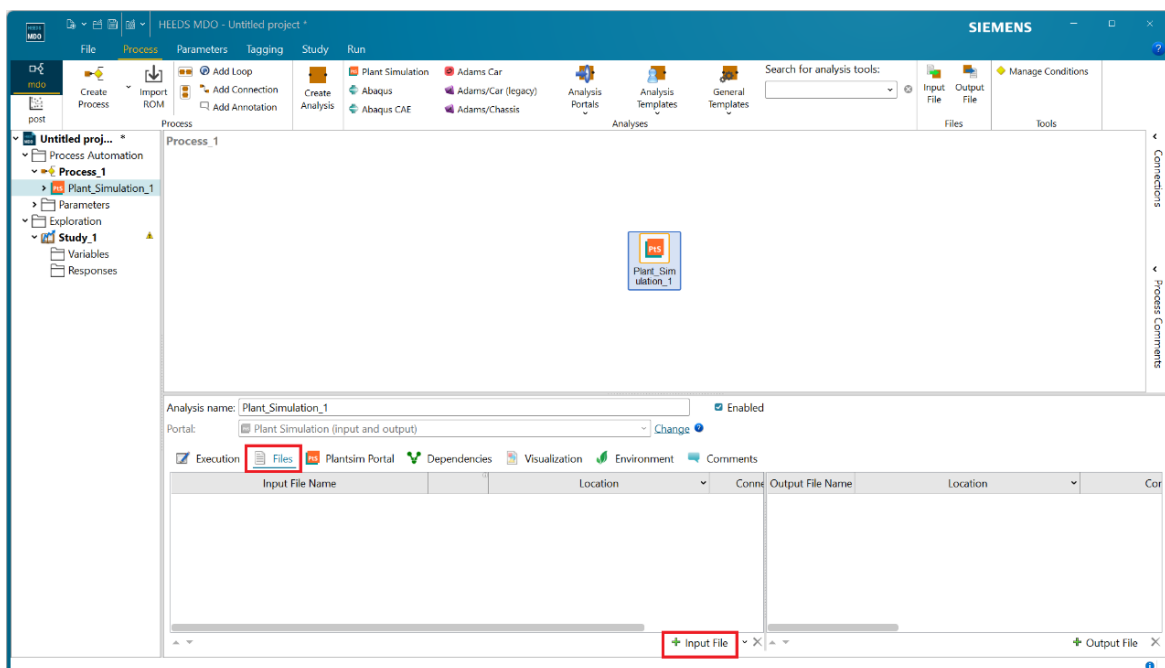
Kuva 3. Asetukset HEEDS-ohjelmassa.

Process-välilehdellä valitaan **Portal**-pudotusvalikosta Plant Simulation -ohjelma (Kuva 4).



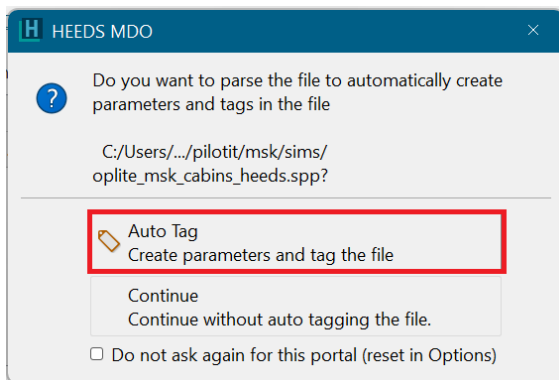
Kuva 4. Plant Simulation -ohjelman valinta HEEDS:issä.

Simulaatiomalli tuodaan osaksi HEEDS-projektia **Files**-välilehdellä klikkaamalla **Input File** -painiketta (Kuva 5).



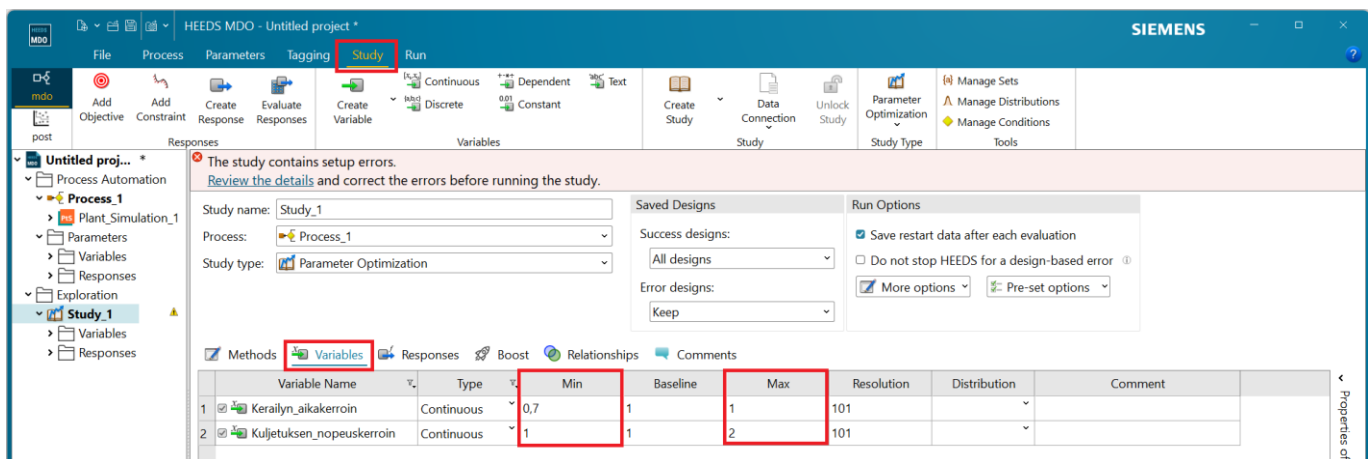
Kuva 5. Simulaatiomallin tuonti HEEDS-projektiin.

HEEDS-ohjelman **Auto Tag** -toiminnon avulla simulaatiomalli voidaan parsia automaattisesti, minkä jälkeen käyttäjä voi valita mitkä simulaatiomallissa määritetyt parametrit tuodaan osaksi optimointia HEEDS:issä (Kuva 6).



Kuva 6. Auto Tag -toiminto HEEDS-ohjelmassa.

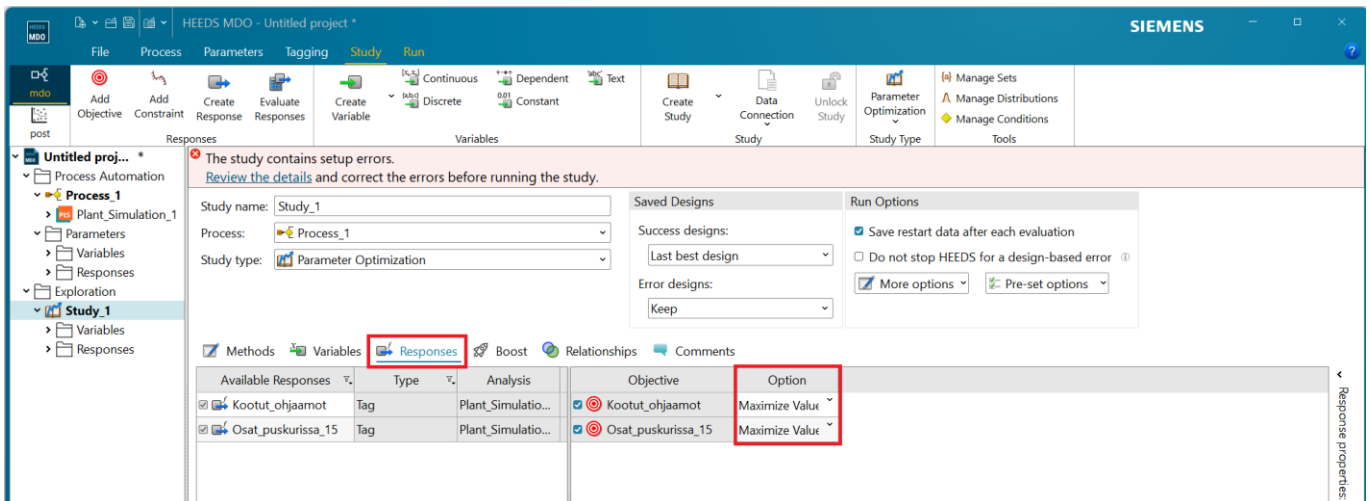
Seuraavaksi siirrytään **Study**-välilehdelle, jossa määritetään optimoinnissa käytettävät syöttö- ja lähtöparametrit. Tutkimukselle määritetään **Variables**-välilehdellä valittujen syöttöparametrien sallitut ala- ja ylärajat **Min**- ja **Max**-sarakkeissa (Kuva 7).



Kuva 7. Syöttöparametrien rajojen määrittäminen HEEDS-ohjelmassa.

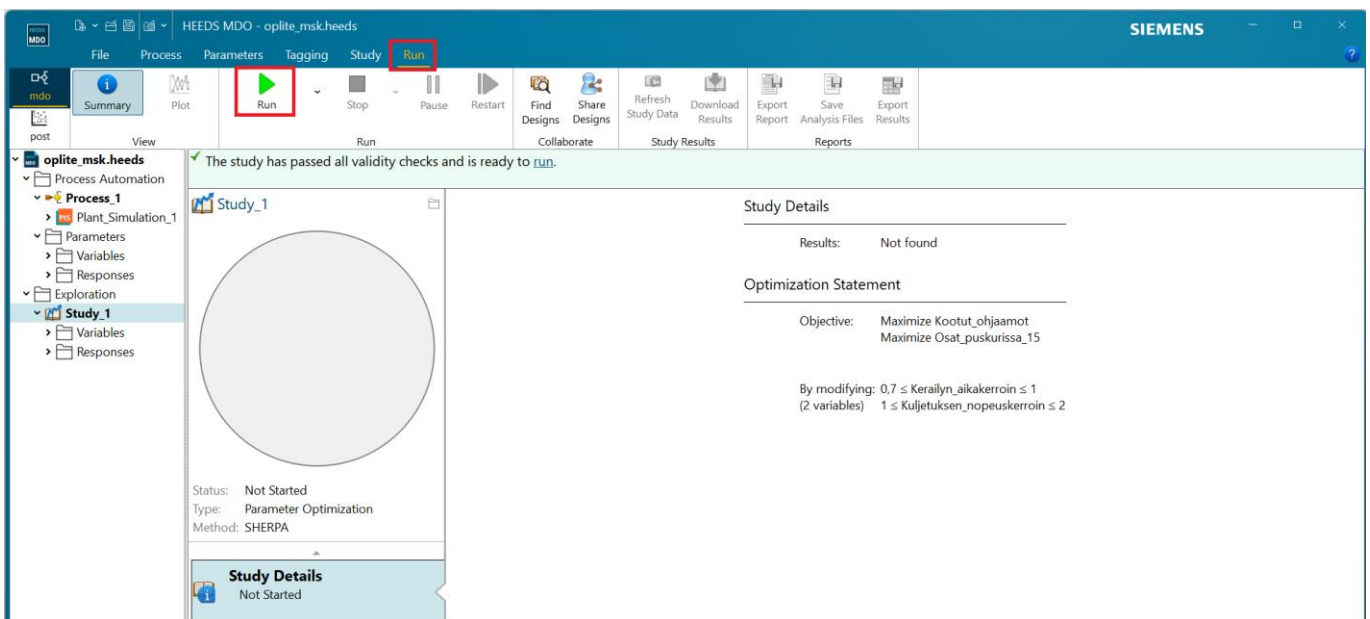
Jos simulaatiomalli sisältää diskreettejä parametreja, niiden sallittujen arvojen joukko voidaan määrittää klikkaamalla ylävalikosta **Manage Sets** -painiketta. Kun sallittu arvojoukko on määritetty, **Type**-sarakkeessa syöttöparametrin tyypiksi asetetaan ensin **Discrete** ja sitten **Set**-sarakkeessa luodun arvojoukon nimi. Huomautus: **Set**-sarake tulee näkyviin vasta, kun jokin parametreista on asetettu diskreetiksi.

Responses-välilehdellä määritetään tutkimuksen lähtöparametrit. Ne raahataan ja pudotetaan oikealla olevaan kenttään, minkä jälkeen **Option**-sarakkeen pudotusvalikosta valitaan, halutaanko lähtöparametria minimoida vai maksimoida (Kuva 8).



Kuva 8. Lähtöparametrien määrittäminen HEEDS-ohjelmassa.

Lopuksi HEEDS-projekti tallennetaan, jonka jälkeen tutkimus on valmis ajettavaksi. Se tapahtuu **Run**-välilehdellä. Käyttäjän on mahdollista määrittää, montako askelta tutkimuksessa on. Oletus on 150 askelta. Tutkimus ajetaan klikkaamalla **Run**-painiketta (Kuva 9).



Kuva 9. Tutkimuksen ajaminen HEEDS-ohjelmassa.

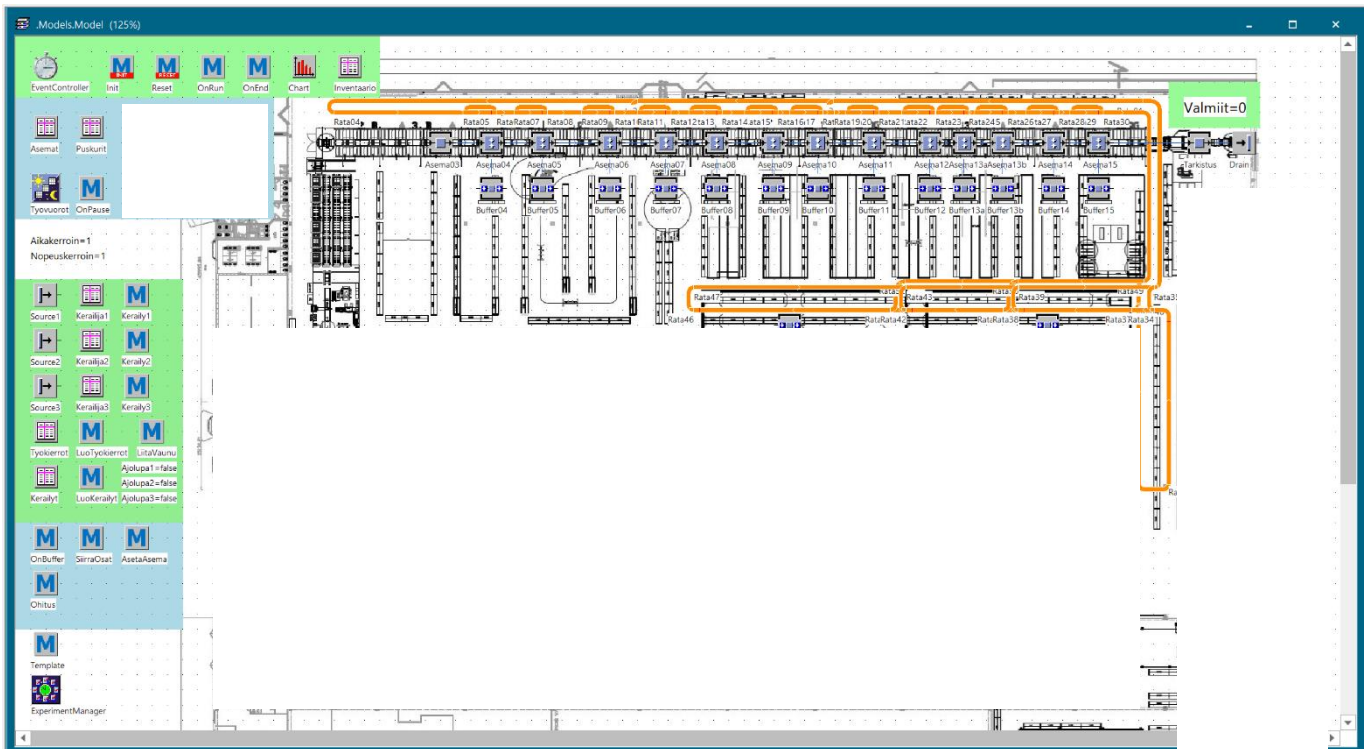
Valmiin tutkimuksen tulokset tallentuvat HEEDS-projektin hakemistopuun **Plots**-kansioon, jossa syöttöparametrien vaikutus lähtöparametreihin esitetään taulukon ja kuvaajan avulla.

4 Simulaatiomallin optimointi

Yhtenä OPLITE-hankkeen pilottikohteena oli MSK Cabins Oy, joka valmistaa Ylihärmässä työkoneiden ohjaamoja. Ohjaamojen kokoonpano toimii siten, että keräilijät kuljettavat ohjaamojen osat keräilyalueiden varastoista kokoonpanolinjan työasemien puskuripaikoille. Osien kuljetus tapahtuu vaunuissa, joista kukin sisältää kaksi rullakkoa.

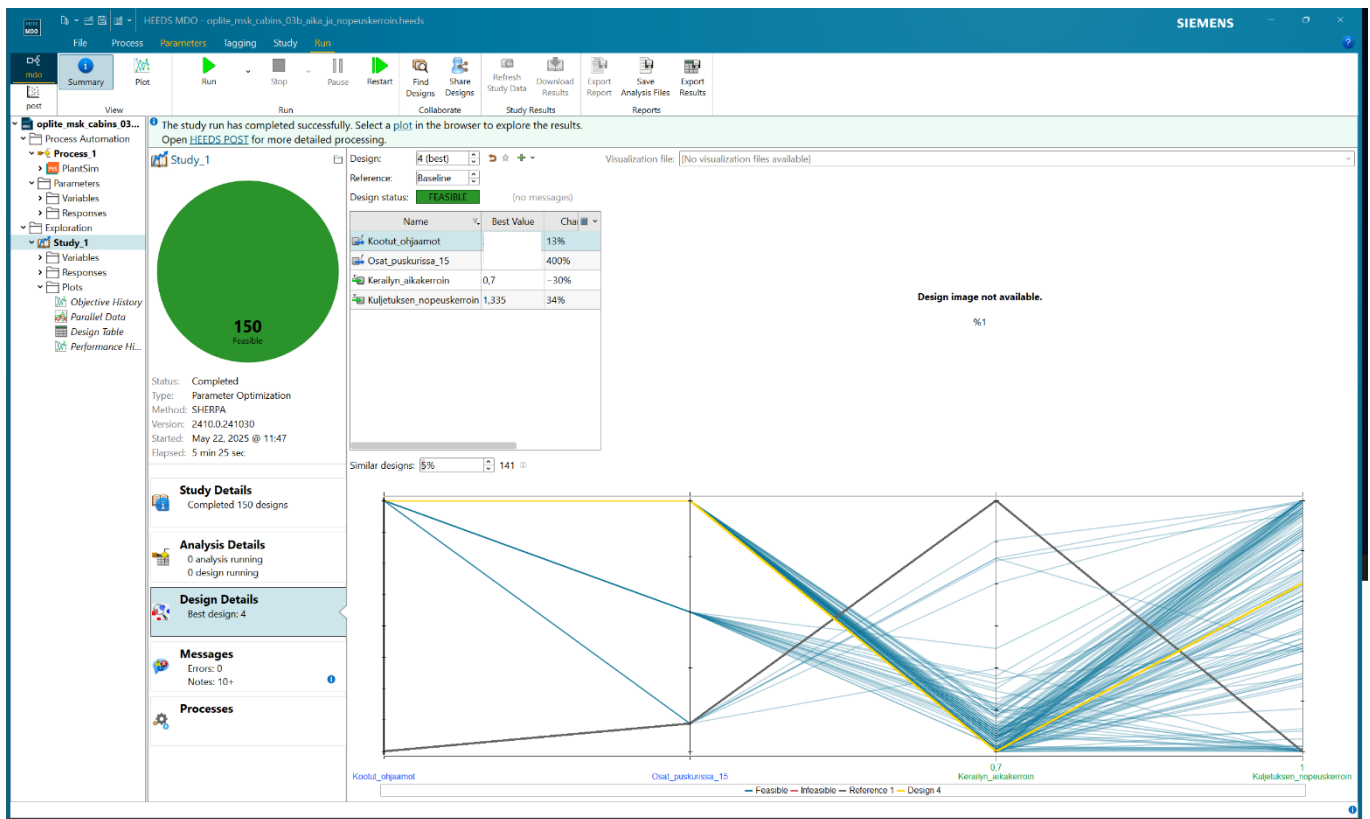
Kokoonpanolinjan simulaatiomalli (Kuva 9) rakennettiin siten, että mallissa voidaan muuttaa keräilijöiden ja vaunujen (rullakoiden) lukumäärää, sekä kokoonpanolinjan työasemien kohdistuksia eli sitä, mikä keräilijöistä vie ohjaamon osia kullekin työasemalle. Keräilyaikaa ja kuljetusnopeutta varten luotiin omat globaalit muuttajat. Optimointia varten simulaatiomalliin lisättiin globaalit muuttajat Aikakerroin ja Nopeuskerroin, joiden arvoja HEEDS-ohjelma pystyi muuttamaan.

Simulaation tavoitteena oli selvittää HEEDS-ohjelmaa hyödyntäen, kuinka monta ohjaamoa keräillä yhden työpäivän aikana tietyllä henkilömäärällä. Optimoinnin syöttöparametreina olivat keräilyn aikakerroin ja keräilijöiden kuljetusnopeuden nopeuskerroin, kun taas lähtöparametreina olivat koottujen ohjaamojen lukumäärä ja osien määrä tuotantolinjan viimeisen työaseman puskuripaikalla.



Kuva 9. Tuotannon simulointimalli Plant Simulation -ohjelmistossa.

Simulointimalli toimii HEEEDS-ohjelmiston vastinparina, joka simuloi yksittäiset ratkaisuehdotukset ja palauttaen seurattavien parametrien arvon. Näin testaus voidaan automatisoida, mutta ennen kaikkea nähdä, mitä HEEEDS-ohjelmiston optimointialgoritmit löytävät suunnitteluavaruudesta. Kuvassa 10 on esitetty 150 simulaatioajan tuloksia. HEEEDS-ohjelmista tarjoaa mahdollisuuden rakentaa erilaisia kuvaajia datan esittämiseen ymmärrettävästi. Vaikka ohjelmisto mahdollistaa hyvinkin tarkkojen ratkaisujen löytämisen, on se kuitenkin erinomainen työkalu nimenomaan koko suunnitteluavaruuden tutkimiseen ja erilaisten ratkaisusuuntien löytämiseen ja kartoittamiseen.



Kuva 10. Optimointiajon tuloksia visualisoituna.

5 Yhteenveto

Suunnittelun automatisointi ja optimointi nopeuttaa suunnitteluprosessia merkittävästi, sillä se vähentää manuaalisen työn tarvetta. HEEDS-ohjelman käyttö on suoraviivaista ja integrointi osaksi simulaatiomallia on suhteellisen yksinkertainen prosessi.

MSK:n simulaatiomallin kohdalla HEEDS suoritti tutkimukset yleensä noin 3–5 minuutissa riippuen valittujen parametrien lukumäärästä. Optimointitapaus on verrattain suoraviivainen, mutta sopiva aloittaa ohjelmistoihin ja niiden ominaisuuksiin perehtyminen oikeassa ympäristössä. Yleisesti voidaan todeta, että HEEDS-simulointiohjelmisto tarjoaa uudenlaisen mahdollisuuden monimutkaisten ilmiöiden tutkimiseen ja tehokkaiden ratkaisujen löytämiseen.