



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

OULU BUSINESS SCHOOL

Panu Alaluusua

RAHOITUSMALLIIN KYTKETYN YLIOPISTOKOULUTUKSEN SIMULOINTI

Pro gradu -tutkielma

Rahoitus

Kesäkuu 2020

Yksikkö Rahoituksen yksikkö			
Tekijä Alaluusua Panu		Työn valvoja Koivuranta Matti, Tutkijatohtori Silvén Olli, Professori	
Työn nimi Rahoitusmalliin kytketyn yliopistokoulutuksen simulointi			
Oppiaine Rahoitus	Työn laji Pro gradu	Aika Kesäkuu 2020	Sivumäärä 61 + 3
Tiivistelmä Tutkielman päätavoitteena on luoda simulaatiomalli rahoitussopimukseen kytketystä tutkintojärjestelmästä, jolla voidaan toteuttaa entä jos -skenaarioanalyysiä. Toissijaisena tavoitteena on luoda skenaarioanalyysiin pohjautuvia toimintaehdotuksia tutkintoprosessin tehostamiseksi ja optimoimiseksi. Simulaatiomallinnus-työkalun tarkoituksena on luoda näkemystä koulutusprosessin toiminnasta sekä auttaa organisaatiota asettamaan koulutuksellisia tavoitteita ja löytämään tavat, joilla tavoitteet saavutetaan. Tutkielmassa hyödynnetään systeemidynamiikka -mallintamismetodia, jonka käyttötarkoitus on dynaamisten systeemien ymmärtäminen ja toiminnan parantaminen. Tutkielmassa mallintaminen on jaettu kahteen osa-alueeseen. Ensimmäisessä tarkkaillaan mallinnettavaa järjestelmää. Toisessa osa-alueessa muodostetaan parametrisoitu dynaaminen simulointimalli. Tutkielmassa käytetään Vipunen, Vipunen Extra ja Vipunen API -aineistolähteiden tarjoamia aineistoja yliopistokoulutuksesta. Tutkielman tuloksena saadaan Oulun yliopiston tutkintojärjestelmää kuvaava simulaatiomalli, joka on kytketty yliopistojen perusrahoituksen tutkinto-osuuteen. Mallin ajallinen horisontti on vuosien 2010-2030 aikaväli. Tutkielmassa saavutetaan päätavoite. Tämän johdosta, mallinnuksella voidaan tarkkailla tutkintojärjestelmän rakennetta ja opiskelijoiden läpivirtausta järjestelmässä. Toissijaista tavoitetta ei saavuteta mallin epätarkkuuden vuoksi. Simulaatiomalli toimii viestinnän välineenä. Entä jos -skenaarioanalyysillä voidaan viestiä tutkintojärjestelmän toiminnasta eri sidosryhmille ja esitellä kuinka tutkintojärjestelmä on yhteydessä yliopistojen rahoitussopimukseen. Simulaatiomalli on yleistettävissä kaikkiin Suomen yliopistoihin ja kalibroinnin avulla myös ammattikorkeakouluihin.			
Asiasanat Simulaatio, systeemidynamiikka, rahoitussopimus, tutkintojärjestelmä			
Muita tietoja			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIELMAN LÄHTÖKOHDAT	8
2.1	Aikaisempaa tutkimusta	8
2.2	Yliopistojen perusrahoitus	12
2.3	Tutkintojärjestelmä	15
3	TILASTOLLISET MENETELMÄT	17
3.1	Aineisto	17
3.2	Systemidynamiikka	18
3.2.1	Historia.....	19
3.2.2	Systemiajattelu	20
3.2.3	Kausaalidiagrammi	22
3.2.4	Simulointi.....	24
4	EMPIIRINEN ANALYYSI	27
4.1	Ongelman määrittely	27
4.1.1	Alustavat mallimuuttujat.....	28
4.1.2	Graafinen tarkastelu	29
4.2	Dynaaminen hypoteesi	33
4.2.1	Kausaalimalli	34
4.2.2	Mallin rajaaminen	37
4.3	Simulaatio	39
4.3.1	Simulaatiomalli	39
4.3.2	Muuttujien määrittely.....	43
4.4	Mallin arviointi	47
4.4.1	Rakenne ja toiminta	48
4.4.2	Laajuus	54

4.4.3 Toistettavuus	55
5 POHDINTA	57
LÄHTEET	59
LIITTEET	
Liite 1. Simulaatiomallinnuksen laskentakaavat	62
KUVIOT	
Kuvio 1. Tapahtumakeskeinen maailmankuva	21
Kuvio 2. Takaisinkytkentäkaavio	22
Kuvio 3. Takaisinkytketty vahvistava silmukka sekä kausaalinuoli.....	23
Kuvio 4. Tasapainottava silmukka	24
Kuvio 5. Viive järjestelmässä	24
Kuvio 6. Virtaus	25
Kuvio 7. Varanto-virtaus-malli.....	26
Kuvio 8. Oulun yliopiston kandidaattiopiskelijat vuosina 2010-2019.....	30
Kuvio 9. Oulun yliopiston FTE kandidaattiopiskelijat vuosina 2010-2019..	30
Kuvio 10. Oulun yliopiston kandidaattitutkinnot suoritusajoin vuosina 2015-2019	31
Kuvio 11. Oulun yliopiston maisteriopiskelija määrät vuosina 2010-2019 ..	32
Kuvio 12. Oulun yliopiston ylemmät korkeakoulututkinnot vuosina 2015-2019.....	32
Kuvio 13. Oulun yliopiston perustutkinto-opiskelijoiden tutkinnot yhteensä ja perusrahoituksen tutkintorahoitus	33
Kuvio 14. Luonnos tutkintojärjestelmän kausaalimallista	34
Kuvio 15. Luonnos tutkintorahoituksen kausaalimallista	36
Kuvio 16. Luonnos opintomenestyksen tekijöistä.....	37
Kuvio 17. Simulaatiomalli	40
Kuvio 18. Simulaatiomallin kandidaattiopiskelija rakenne.....	41

Kuvio 19. Simulaatiomallin opintomenestyksen tekijät	41
Kuvio 20. Simulaatiomallin maisteriopiskelija -rakenne	42
Kuvio 21. Simulaatiomallin tutkintorahoitus –rakenne	43
Kuvio 22. Estimaatti kandidaattiopiskelijämäärästä vs. todellinen aineisto	51
Kuvio 23. Estimaatti maisteriopiskelijämäärästä vs. todellinen aineisto.....	52
Kuvio 24. Estimaatti alemmista korkeakoulututkinnoista vs. todellinen aineisto.....	52
Kuvio 25. Estimaatti ylemmistä korkeakoulututkinnoista vs. todellinen aineisto.....	53
Kuvio 26. Estimaatti tutkintopisteistä vs. todellinen aineisto	53
Kuvio 27. Estimaatti tutkintorahoituksesta vs. todellinen aineisto	54

TAULUKOT

Taulukko 1. Sopimusjakson 2021-2024 rahoitusmallin koulutuksen osatekijät	13
Taulukko 2. Sopimusjakson 2021-2024 rahoitusmallin tutkintokertoimet ..	14
Taulukko 3. Oulun yliopisto ehdottamat tutkintotavoitteet 2021-2024 sopimuskaudella	15
Taulukko 4. Alustavat mallimuuttujat.....	28
Taulukko 5. Mallimuuttujien rajausta	38
Taulukko 6. Muuttujien määrittely.....	44
Taulukko 7. Opintomenestyksen tekijöiden lineaarisen mallintamisen tulokset	46
Taulukko 8. Tutkintopisteiden lineaarisen mallintamisen tulokset	47
Taulukko 9. Simulaatiomallin vakioarvot	50
Taulukko 10. Osittaisherkkyyksianalyysi	50

1 JOHDANTO

Tutkielman päätavoitteena on luoda simulaatiomalli rahoitussopimukseen kytketystä tutkintojärjestelmästä, jolla voidaan toteuttaa entä jos -skenaarioanalyysiä. Päätavoitteen tutkimuskysymykset ovat: 1. Mitkä ovat tutkintojärjestelmää ohjaavat päämuuttujat? 2. Minkälainen yhteys päämuuttujilla on toisiinsa? Toissijaisena tavoitteena on luoda skenaarioanalyysiin pohjautuvia toimintaehdotuksia tutkintoprosessin tehostamiseksi ja optimoimiseksi. Toissijaisen tavoitteen tutkimuskysymykset: 3. Miten opiskelijoiden opintosuoriutumista voidaan parantaa? 4. Mitkä ovat tutkintojärjestelmän kannattavimmat investointikohteet?

Simulaatiomallinnus-työkalun tarkoituksena on luoda näkemystä koulutusprosessin toiminnasta sekä auttaa organisaatiota asettamaan koulutuksellisia tavoitteita ja löytämään tavat, joilla tavoitteet saavutetaan. OECD (2019 s. 192-196) raportoinnissa Suomen korkeakoululaitosten erityispiirteenä on opiskelijavalinnan selektiivisyys. Kaksi kolmasosaa hakijoista jää vuosittain ilman korkeakoulupaikkaa ja uusista korkeakouluopiskelijoista, vain viidennes on samana vuonna valmistunut toisen asteen koulutuksesta. Opintojen myöhästymisen seurauksena, uusien korkeakouluopiskelijoiden keski-ikä Suomessa on 24 vuotta, kun OECD maiden keskiarvo on 22-vuotta. Opetus- ja kulttuuriministeriö (2018) määrittelee 2020-luvun uudistustarpeina korkeakoulutettujen osuuden kasvattamisen, nuorten ikäluokkien työelämään siirtymisen ja perustutkinto-opiskelijoiden opintojen läpimenon nopeuttamisen. Vuonna 2018 41% 25-34-vuotiaista on suorittanut korkeakoulututkinnon, vaikka samasta ikäluokasta noin 60% on kuitenkin aloittanut korkeakouluopinnot. Vuoden 2030 tavoite on, että vähintään 50% 25-34-vuotiaista suorittaa korkeakoulututkinnon. Tarkoituksena on nostaa kansallista koulutustasoa, purkaa korkeakoulujen hakijapainetta ja etsiä ratkaisuja alojen sekä alueiden osajapulaan. Keinoina päämäärän saavuttamiseksi valtioneuvosto esittää korkeakoulutukseen pääsyn helpottamista. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018.)

Tämän tutkielma toteutetaan osana Opetus- ja kulttuuriministeriön 2018-2020 rahoittamaa AnalytiikkaÄly –hanketta. Hanke on seitsemän yliopiston yhteishanke,

jonka tavoitteina on oppimisanalytiikan hyödyntäminen opiskelussa, ohjauksessa ja johtamisen tukena yliopistoissa. Tutkielmassa vastataan tavoitteeseen tunnistaa tapoja käyttää analytiikkatietoa yliopiston johdon päätöksenteossa.

Tutkielmassa hyödynnetään systeemidynamiikka -mallintamismetodia, jonka käyttötarkoitus on dynaamisten systeemien ymmärtäminen ja toiminnan parantaminen. Tutkielmassa mallintaminen on jaettu kahteen osa-alueeseen. Ensimmäisessä tarkkaillaan mallinnettavaa järjestelmää. Toisessa osa-alueessa muodostetaan parametrisoitu dynaaminen simulointimalli. Tutkielmassa käytetään Vipunen, Vipunen Extra ja Vipunen API -aineistolähteiden tarjoamia aineistoja yliopistokoulutuksesta. Vipunen on opetushallinnon tilastopalvelu, joka sisältää tilastokeskuksen, opetus- ja kulttuuriministeriön ja opetushallituksen keräämiä tietoja ja rekistereitä. Tilastopalvelu sisältää tilasto- ja indikaattoritietoa eri sektoreiden koulutuksesta, tilastotietoa korkeakoulutuksen opiskelijamääristä ja tutkintojen suoritusnopeuksista sekä yliopistojen taloustietoja.

Tutkielman tuloksena saadaan Oulun yliopiston tutkintojärjestelmää kuvaava simulaatiomalli, joka on kytketty yliopistojen perusrahoituksen tutkinto-osuuteen. Mallin ajallinen horisontti on vuosien 2010-2030 aikaväli. Simulaatiomallin pääsyötteinä toimivat uusien opiskelijoiden lukumäärä, sekä opintomenestyksen tekijät –muuttuja, joka kuvaa tutkinnon suoritusnopeuteen yhteydessä olevia tekijöitä. Malli tuottaa ulostulona vuosittaisen estimaatin tutkintopisteistä ja tutkintorahoituksesta.

Tutkielma aloitetaan lähtökohtien kartoittamisella, jossa määritellään tutkielman tutkimustausta, yliopistojen perusrahoitus ja tutkintojärjestelmä. Seuraavaksi esitellään tutkielmassa käytettävä aineisto sekä aineistoon sovellettava mallinnusmenetelmä. Tutkielman empiirinen analyysi on jaettu ongelman määrittelyyn, dynaamiseen hypoteesiin, simulaatioon ja mallin arviointiin. Viimeisessä osiossa kerrataan tutkielman keskeisimmät tulokset ja johtopäätökset.

2 TUTKIELMAN LÄHTÖKOHDAT

Tässä osiossa selvitetään tutkielman lähtökohtia. Ensimmäisenä kohdassa selvitetään tutkimustaustaa systeemidynaamisen simulaatiomallintamisen soveltamisesta korkeakoulutukseen. Selvityksen tarkoituksena on etsiä parhaita käytäntöjä simulaatiomallinnukseen, systeemidynamiikan käyttöön sekä tutkintorakenteen muodostamiseen. Tutkimuksissa luoduista simulaatiomalleista selvitetään muun muassa, mihin käyttötarkoitukseen malli on rakennettu, kuinka mallit toimivat ja mitkä ovat mallinnusten tulokset. Tutkimuksien läpikäyntiä jatketaan opintomenestykseen yhteydessä olevien tekijöiden kartoituksella. Läpikäynnin tarkoituksena on löytää todennettavissa olevia opintomenestyksen tekijöitä, joita voidaan käyttää osana simulaatiomallinnusta ja osana tutkintomäärien muodostumisessa.

Simulaatiomallintamisen ulostulona käytetään yliopistojen perusrahoituksen tutkinto-osakokonaisuutta. Tätä perusrahoitusta ja rahoitussopimusta tarkastellaan Yliopistojen perusrahoitus –osiossa. Valtion perusrahoitus muodostaa suuren osan yliopistojen tulovirrasta ja tätä perusrahoitusta tarkastellaan seuraavassa kohdassa. Yliopistojen perusrahoitus -osiossa selvitetään, mikä on valtion perusrahoitus, minkä vuoksi sitä jaetaan yliopistoille ja millä perustein rahoitus jakaantuu eri yliopistoille. Osiossa tutkielman tavoitetta mukaillen keskitytään erityisesti perusrahoituksen tutkintorahoitus osuuteen ja rahoituksen määräytymiseen. Viimeisessä osiossa esitellään Suomessa käytössä oleva kaksiportainen tutkintorakenne ja määritellään koulutukseen liittyviä termejä ja käsitteitä.

2.1 Aikaisempaa tutkimusta

Jay Forresterin vuonna 1958 julkaistua ensimmäisen artikkelinsa systeemidynamiikka -menetelmästä (lyh. SD), menetelmää on sovellettu yhä moninaisempiin tarkoituksiin ja eri aloille. Alkujaan Forrester kehitti menetelmän teollisuuden toimitusketjujen tarkasteluun (Forrester 1997.), mutta nopeasti käyttökohteet laajentuivat ympäristön, kaupunkisuunnittelun, talouden, terveydenhoidon ja energiatuotannon käytäntöjen tarkasteluun (Sterman 2002.) Kennedy (2000) jakaa korkeakoulutukseen sovelletun systeemidynaamisen mallintamisen kuuteen aihealueeseen: omistajanvalvontaan,

suunnitteluun, resursointiin ja budjetointiin, opetusmenetelmiin, mikromaaailmoihin ja opiskelijoiden sisäänottoon.

Barlas ja Diker (1996, 2000) pohtivat SD:n keinoin korkeakoulutuksen suunnittelun tehokkuutta. Heidän simulaatiomallinsa ottaa kantaa useisiin yliopiston akateemisiin ongelmiin ja mahdollisiin toimintamalleihin niiden ratkaisemiseksi. Simulaatiomallin pohjalta he kehittävät 'UNIGMAE' –simulaatiopelin, jossa ohjataan yliopiston toimintaa yliopiston suorituskykyä mittaavien tunnuslukujen perusteella. Tunnuslukuja muodostetaan opetuksesta, tutkimuksesta ja asiantuntijaprojekteista. Peli auttaa sidosryhmiä ymmärtämään yliopistoa järjestelmänä, jossa päätöksillä on pitkän aikavälin, sekä jopa epäintuitiivisia seurauksia. Ongelmat, joita pelissä pyritään ratkaisemaan ovat: kasvava oppilas-henkilökunta-suhdeluku, heikko opetuksen laatu sekä matala tutkimuksen tuottavuus.

Frances, Alstynne, Ashton ja Hochstettler (1994) soveltavat systeemidynamiikkaa korkeakoulutuksen suunnittelussa sekä budjetoinnissa Houstonin ja Arizonan alueilla. Arizonan alueelle Frances ym. rakentavat opiskelijoiden sisäänottoa säätelevän simulaatiomallin ja havaitsivat, että kysyntä korkeakouluopetukselle tulee todennäköisesti kasvamaan. Kysynnän kasvuun vastatakseen Arizonan alue saa valtionrahoitusta uuden korkeakoulun perustamiselle sekä uudistetun koulutusohjelmamallin toimeenpanolle. Frances ym. mainitsevat, että simulaatiomallinnus auttaa erityisesti yhteiskunnan osaamistarpeiden viestinnässä poliittisille sidosryhmille.

Houstonin yliopistojärjestelmää varten rakennettiin mallinnus korkeakoulutuksen kysynnän kasvun ennustamiselle eri alueilla. Frances ym. yllättyvät mallintamisen tuloksesta, sillä korkeakoulutuksen kysyntä mallintamishetkestä seuraavan kahdenkymmenen vuoden aikana, ei todennäköisesti tule kasvamaan. Tulosta Frances ym. perustelevat sillä, että Houstonin alueella kasvoi varsinkin latinalaisamerikkalainen väestöosuus, jonka historiallinen korkeakoulutukseen hakeutuminen oli erityisen matala. Toisaalta Houstonin alueella valkoisten, korkeakouluikäisten väestöosuus oli laskussa. Tämä väestöosuus historiallisesti hakeutui usein korkeakoulutukseen. Alkuperäisessä mallissa tarkasteltiin korkeakouluttautumista ikäluokittain eri etnografisissa ryhmissä. Yllättävän

löydöksen perusteella, mallinnuksen painopiste muutettiin kapasiteettisuunnitteluun, jossa pyritään ratkaisemaan, kuinka korkeakoulutuksen kysyntää saadaan kasvatettua Houstonin alueen latinalaisamerikkalaisten ja afroamerikkalaisten keskuudessa. Aikaisempaan ymmärrykseen verrattuna Houstonin mallinnuksella saavutettiin laajempi ja realistisempi tilannekuva mahdollisuuksista.

Zaini, Pavlov, Saeed, Radzicki, Hoffman ja Tichener (2013, 2017) raportoivat systeemidynamiikan soveltamisesta yliopiston päätöksenteossa. Tutkittava yliopisto kohtaa taloudellisia ongelmia ja vastauksena tähän, yliopiston hallinnon esittää uusien opiskelijoiden määrän nostamista. Yliopiston talous on riippuvainen uusista opiskelijoista, sillä lukukausimaksut muodostavat huomattavan tulovirran. Ehdotus kohtaa vastarintaa, sillä yksi tiedekunnista kokee opetuksen laadun laskeneen jo aikaisemmin. He kokevat kasvavan opiskelijamäärän entisestään heikentävän opetuksen laatua. Samanaikaisesti ongelmaksi muodostuu opetustilojen riittävyys. Mallintamisen tuloksena Zaini ym. luovat simulaatiomallin kuvaamaan henkilöstön, opiskelijoiden ja opetustilojen muodostamaa järjestelmää. He raportoivat, että systeemidynamiikka mallinnustapana auttaa sidosryhmien sitouttamisessa mallintamiseen, mutta selkeää toimintaehdotusta ongelmaan he eivät pysty tuottamaan mallinnuksella.

1970-luvun Yhdysvalloissa uusien opiskelijoiden riittävydestä syntyy ongelma. Tämän seurauksena tutkimukseen korkeakoulutuksessa menestymisestä ja opintojen läpimenosta kerää laajempaa huomiota. Opiskelijat ovat aikaisempaa niukempi resurssi sekä vaikeammin korvattavissa. Tämän vuoksi oppilaitokset kiinnittävät entistä suurempaa huomiota oppilaidensa menestymiseen opinnoissa. 1980-luvulla yliopistoikäiset ikäluokat jatkavat kutistumistaan ja tämän seurauksena tutkimus opintomenestyksen tekijöistä kiihtyy ja uusia teorioita muodostetaan. Suuri osa tutkintosaannon tutkimuskirjallisuudesta on peräisin tältä ajanjaksolta. (Seidman, 2005 s. 61.) Yleinen tapa mitata opintomenestystä on opintojen läpimenon (eng. retention rate) avulla. Hagedorn (2005) määrittelee opintojen läpimenoasteen Yhdysvaltojen korkeakoulujärjestelmässä, tarkoittavan osuutta uusista opiskelijoista, jotka suorittavat alemman korkeakoulututkinnon kuuden lukuvuoden aikana alkuperäisestä kirjautumispäivämäärästä. Seedman (2005, s. 120) jakaa

opintomenestykseen vaikuttavat tekijät eri ryhmiin. Ryhmiä ovat opiskelijan ominaisuudet, oppilaitoksen tekijät ja ominaisuudet sekä ympäristön tekijät

Opiskelijan ominaisuuksista Kiser ja Price (2008) havaitsivat, että ensimmäisenä lukuvuotena opintoihin käytetty kumulatiivinen tuntimäärä on merkitsevä ennustetekijä opinnoissa pysymisestä. Seidman (2005, s. 120) luettelee tutkimuskirjallisuudessa käytettyjä ennustemuuttujia: lukion arvosanataso, sukupuoli, etninen tausta, vanhempien tulotaso, opiskelijan ikä ja standardoidut kokeet. Muuttujien ennustevoima sekä tilastollinen merkitsevyys vaihtelee tutkimuksien välillä, mutta tasaisimmin merkitseviä muuttujia ovat standardoidut testitulokset ja lukion arvosanataso (Adelman, 2006; Astin, 1997, Astin & Osequera, 2005.) Adelman (1999) havaitsee, että korkein lukiossa suoritettu matematiikan opintojen taso ennakoii korkeakoulututkinnon suorittamista. Samankaltaisia tuloksia saa Davis, Hardin, Bohannon ja Oglesby (2007). He tarkastelevat Alabaman yliopiston uusia opiskelijoita vuosien 1999-2001 välillä. He toteavat englannin kielen, sekä matematiikan kurssien ennakoivan läpimenoastetta.

Oppilaitoksen tekijöistä Adelman (2006) mukaan laitoksen pieni koko sekä selektiivisyys ovat yhteydessä tutkinnon suorittamiseen. Astin (1997) huomasi, että yliopiston opiskelijapalveluihin kohdistetuilla resursseilla on positiivinen vaikutus tutkintojen suoritukseen. Adelman tapaan hän havaitsee, että yliopiston koolla on negatiivinen vaikutus tutkinnon suorittamiseen.

Ympäristötekijöistä Tinton (1975, 1987) Interactionist-teoria korostaa opiskelijan sosiaalista ja akateemista integroitumista yliopistoyhteisöön sekä yhteisön tärkeyttä opinnoissa menestymisessä. Tinton teorian mukaan, mitä integroituneempi opiskelija on yliopistoyhteisöön, sitä todennäköisemmin hän suorittaa onnistuneesti korkeakoulututkinnon. Astin (1997) havaitsee vaihtelua tutkintosuorittamisesta opiskelijan asuinjärjestelystä riippuen. Eroavaisuus on selvin opiskelijan asuessa korkeakoulun kampusalueella verrattuna kampusalueen ulkopuolelle.

Tulokset kampusalueella asumisesta verrattuna yksityisasuntoihin ovat ristiriitaisia. Seidman (2005) havaitsee kampusalueella asumisen auttavan uusia opiskelijoita suorittamaan tutkinnon. Seidman myös painottaa kieliopintojen tärkeyttä, sillä 40%

opiskelijoista, jotka suorittivat lisäopintoja englannin kielestä ensimmäisenä lukuvuotena, suorittivat tutkinnon kuudessa lukuvuodessa. Davis, Hardin, Bohannon ja Oglesby (2007, s. 131) löytävät myös, että etäisyys opiskelijan kotipaikkakunnalle on tärkeä indikaattori opiskelijan opintojen läpäisyyn. Tiedekuntien välillä on myös eroavaisuuksia. Varsinkin luonnontieteen sekä tekniikan opiskelijoilla on vaikeuksia suorittaa alempi korkeakoulututkinto neljässä lukuvuodessa. Nopeitten alempi korkeakoulututkinto suoritetaan sosiaalitieteissä (Astin 1997, Osequera 2006.) Työskentelyllä on myös vaikutusta valmistumiseen, sillä täysipäiväinen työskentely hidastuttaa tutkinnon suorittamista. Osa-aikaisella työskentelyllä ei ole selvää vaikutusta, ja kampuksella työskentely voi vaikuttaa positiivisesti tutkinnon suorittamiseen (Astin ja Osequera, 2003, 2005; Osequera, 2006.)

2.2 Yliopistojen perusrahoitus

Lakiin perustuen yliopistojen tehtävänä on tutkia, kouluttaa ja toimia yhdessä yhteiskunnan kanssa niin, että tutkimustulokset ja taiteellinen toiminta edistävät yhteiskunnallista vaikuttavuutta (Yliopistolaki 1: 2 §.) Suuri osa tehtävien rahoituksesta muodostuu valtion perusrahoituksesta. Valtion perusrahoitus on rahasumma, jonka valtio kohdentaa vuosittain korkeakouluille. Eduskunta päättää perusrahoituksen määrästä vuosittain talousarvion yhteydessä. 1980-luvulta lähtien perusrahoitus on jaettu yliopistoille tulosohjauksella, mikä merkitsee, että rahoituksen suuruus määräytyy tuloksellisuuteen perustuvien indikaattoreiden avulla. Perusrahoitus on tavanomaisesti sitoutettu tuotettujen tutkintojen ja tutkimuksen määrään, sekä tutkimuksen laatuun. Indikaattoreista sovitaan erikseen neljän vuoden sopimuskausissa rahoitussopimuksessa opetus- ja kulttuuriministeriön ja yliopistojen välillä. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018.)

Rahoitussopimusten tarkoituksena on tukea valtakunnallisia korkeakoulu- ja tiedepoliittisia tavoitteita, joista perinteisimpiä ovat olleet opintoaikojen lyhentäminen sekä keskeytyksien vähentäminen. Näistä tavoitteista muodostetaan rahoituskriteerit, jotka määritellään selkeästi ja läpinäkyvästi rahoitussopimukseen. Selkeys ja

läpinäkyvyys ovat tärkeitä, jotta yksittäiset yliopistot pystyvät ennakoimaan tulevia resurssejaan. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018.)

Suomessa yliopistojen rahoitus perustuu tuloksellisuuteen. Tuotosperusteisuuden perusteluina on, että sillä sen avulla voidaan luoda kannusteita yliopistojen uudistumiselle sekä palkita yliopistojen niiden lakisääteisten tehtävien hoidosta, eli koulutuksesta ja tutkimuksesta. Talouspolitiikan arviointineuvoston (2017) mukaan rahoitussopimuksen indikaattoreiden käytöllä on positiivinen vaikutus yliopistojen tuottavuuteen.

Vuosina 2021-2024 voimassa olevan rahoitusmallin kolme pääosiota muodostavat koulutus, tutkimus ja muut koulutus- ja tiedepolitiikkaa tukevat rahoituskriteerit. Rahoitusmallin koulutusosion painoarvo indikaattoreissa on yhteensä 42%, jonka pääosat muodostavat alemmat korkeakoulututkinnot 11 prosenttiyksiköllä ja ylemmät korkeakoulututkinnot 19 prosenttiyksiköllä. Rahoitusmallin koulutuksen rahoitustekijät on esitelty taulukossa 1. Koulutuspoliittisten tavoitteiden muutos sopimuskausien välillä ilmenee indikaattoreiden painoarvojen muutoksena. Sopimuskaudella 2017-2020 alempien ja ylempiin korkeakoulututkintojen yhteenlaskettu painoarvo oli 19 prosenttia perusrahoituksesta. Sopimuskaudella 2021-2024 vastaavien tekijöiden painoarvo on 42 prosenttia. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018.)

Taulukko 1. Sopimusjakson 2021-2024 rahoitusmallin koulutuksen osatekijät

Rahoitusmallin koulutusrahoitus	Painoarvo rahoitusmallissa (%)
Koulutus	42
Suoritetut alemmat korkeakoulututkinnot	11
Suoritetut ylemmät korkeakoulututkinnot	19
Jatkuva oppiminen	5
Työllistyminen ja työllistymisen laatu	4
Opiskelijapalaute	3

Lähde: Opetus- ja kulttuuriministeriön asetus yliopistojen perusrahoituksen laskentakriteereistä 119/2019

2021-2024 sopimuskauden rahoitussopimuksessa yliopistoja kannustetaan opintojen nopeaan läpimenoaikaan tutkintojen suoritusnopeuksiin perustuvilla rahoituskertoimilla. Yliopistoja palkitaan enemmän opiskelijasta, joka suorittaa tutkintonsa tavoiteajassa kuin opiskelijasta, jonka tutkinnon suorittaminen myöhästyy. Rahoituskertoimet on esitelty taulukossa 2. Sopimuskaudella 2017-2020 rahoitussopimuksessa käytetystä yli 55 opintopisteen suorittaneiden opiskelijoiden määrään perustuvasta palkitsemisesta luovutaan 2021-2024 sopimuksessa.

Taulukko 2. Sopimusjakson 2021-2024 rahoitusmallin tutkintokertoimet

Rahoitusperuste	Kerroin
Suoritettu tavoiteajassa	1,5
Tutkinto suoritettu enintään 12 kuukautta tavoiteajan jälkeen	1,3
Tutkinto suoritettu yli 12kk tavoiteajan jälkeen	1
Toinen saman tasoinen tutkinto	0.5
Alakohtainen ryhmä 1	1
Alakohtainen ryhmä 2	1,75
Alakohtainen ryhmä 3	3

Lähde: Opetus- ja kulttuuriministeriön asetus yliopistojen perusrahoituksen laskentakriteereistä 119/2019

Alakohtaisilla ryhmillä huomioidaan tieteenalojen eriäviä koulutuskustannuksia. Pääosa tutkinnoista kuuluu ryhmään yksi, ryhmässä kaksi on pääosa tekniikan alan koulutuksista ja ryhmässä kolme lääketieteen koulutusohjelmia. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018.)

Opetus- ja kulttuuriministeriö asettaa yliopistoille tutkintotavoitteita. Tavoitteiden asettamisella ohjataan koulutusjärjestelmän kokonaisuutta ja varmistetaan, että koulutus kohdentuu työvoimatarpeen kannalta keskeisille aloille. Tavoitteet asetetaan ylemmille korkeakoulututkinnoille tutkintoalakohtaisesti. Alempien korkeakoulu- ja tohtoritutkintojen osalta tutkintotavoitteet asetetaan vuosittaisena keskilukuna, jota ei ole kohdistettu erikseen eri tieteenaloille.

Tutkintotavoitteet toimivat rajoitteina tutkintojen määrien suhteen, sillä rahoitussopimuksen mukaisesti yliopistoja ei kompensoida tutkintorajan ylittävistä tutkinnoista. Taulukossa 3. esitetään Oulun yliopiston OKM:lle ehdottamat tutkintotavoitteet sopimuskaudelle 2021-2024. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018.)

Taulukko 3. Oulun yliopisto ehdottamat tutkintotavoitteet 2021-2024 sopimuskaudella

Tavoitteet	Vuosina 2021 – 2024 keskimäärin
Ylemmät korkeakoulututkinnot yhteensä	1767
Tietojenkäsittely ja tietoliikenne sekä tekniikan alat	540
Kasvatusalat	285
Luonnontieteet	210
Liiketalous, hallinto ja oikeustieteet	220
Lääketiede ja hammaslääketiede	220
Terveys- ja hyvinvointialat sekä palvelualat	57
Yhteiskuntatieteet ja humanistiset alat	235
Tohtorin tutkinnot	200
Alemmat korkeakoulututkinnot yhteensä	1600

Lähde: Yliopistojen tutkintotavoite-esitykset vuosille 2021-2024 Opetus- ja kulttuuriministeriö (2019) tiedote

2.3 Tutkintojärjestelmä

Vuonna 2005 Suomen yliopistoissa otettiin käyttöön uusi, pääsääntöisesti kaksiportainen, tutkintorakenne. Perustutkinto-opiskelijan yliopistokoulutus alkaa, kun hänet on hyväksytty opiskelemaan. Yliopistojen autonomiaan perustuen yliopistot voivat valita opiskelijansa. Tätä autonomiaa yliopistot ovat hyödyntäneet määrittelemällä perusteet, joilla opiskelijat valitaan koulutukseen ja valitsemalla uusien opiskelijoiden lukumäärän. Kaksiportaisessa tutkintojärjestelmässä perustutkinto-opiskelijat, eli opiskelijat, jotka suorittavat joko ylempää tai alempaa korkeakoulututkintoa, suorittavat ensin laajuudeltaan 180 opintopistettä käsittävän alemman korkeakoulututkinnon, kandidaatintutkinnon. Yliopistot ovat velvoitettuja järjestämään kandidaatintutkinnon niin, että se voidaan suorittaa päätoimisesti opiskellen kolmessa lukuvuodessa. Usein kolmea lukuvuotta pidetään myös tutkinnon

tavoiteaikana. Kandidaatintutkinnon jälkeen perustutkinto-opiskelijalla on mahdollisuus suorittaa ylempi korkeakoulututkinto, maisterintutkinto, jonka laajuus on yleensä 120 opintopistettä. Yliopistot ovat velvoitettuja järjestämään maisterikoulutuksen suoritettavaksi kahdessa lukuvuodessa. (Valtioneuvoston asetus yliopistojen tutkinnoista 794/2004.)

Opiskelijoiden opintojen etenemistä mitataan opintopisteillä. Opintopisteet mittaavat opintoihin käytettyä työmäärää, niin että yksi opintopiste vastaa noin 27 opintoihin käytettyä työtuntia. Yhden lukukauden tavoitepistemäärän ollessa 60 opintopistettä, opiskelijalta odotetaan yhteensä 1600 työtunnin panostusta lukukausittain. (Valtioneuvoston asetus yliopistojen tutkinnoista 794/2004.)

Vuonna 2005 toteutettu tutkintorakenteen uudistus on yhteydessä Bolognan prosessiin, jonka tarkoituksena on yhdenmukaistaa eurooppalaista korkeakoulualuetta. Prosessin tavoitteina ovat yhtenäisen kaksiportaisen tutkintorakenteen, ymmärrettävien ja vertailtavien tutkintojen sekä yhtenäisen opintomitoitusjärjestelmän (ECTS) luominen koko eurooppalaiseen korkeakoulualueeseen. ECTS:ää kutsutaan tutummin opintopisteiksi. Suomessa uudistustarpeisiin oli kuitenkin reagoitu jo aikaisemmin. Vuonna 1994 Suomessa siirryttiin kaksiportaiseen tutkintorakenteeseen teknillistä ja lääketieteellistä tiedekuntaa lukuun ottamatta. Samanaikaisesti uudet tutkinnot mitoitettiin niin, että alempi korkeakoulututkinto voitiin suorittaa kahdessa lukuvuodessa ja ylempi tutkinto kolmessa. (Niemelä 2010, s. 22-23.) Bologna prosessin uudistusten lisäksi tutkintorakenteen uudistukselle asetettiin kansallisia tavoitteita. Näitä kansallisia tavoitteita olivat pitkien opintoaikojen lyhentäminen ja keskeytyksien vähentäminen sekä pitkien ylimitoitettujen tutkintojen uudelleen järjestely (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2002.)

3 TILASTOLLISET MENETELMÄT

Tässä osiossa kuvataan tutkielmassa käytettävät tutkimusaineistot, sekä esitellään tutkielmassa käytettävä tutkimusmenetelmä.

3.1 Aineisto

Tutkielmassa käytetään Vipunen, Vipunen Extra ja Vipunen API -aineistolähteiden tarjoamia aineistoja yliopistokoulutuksesta.

Vipunen on opetushallinnon tilastopalvelu, joka sisältää tilastokeskuksen, opetus- ja kulttuuriministeriön ja opetushallituksen keräämiä tietoja ja rekistereitä. Tilastopalvelu sisältää tilasto- ja indikaattoritietoa eri sektoreiden koulutuksesta, tilastotietoa korkeakoulutuksen opiskelijamääristä ja tutkintojen suoritusnopeuksista sekä yliopistojen taloustietoja. Vipunen Extra –palvelu on korkeakoulujen henkilökunnan ja opiskelijoiden käyttöön rajoitettu tilastopalvelu. Vipunen API on JSON/REST –rajapinta, josta Vipusen aineistot voidaan lukea suoraan päätelaitteelle ja käyttää osana sovelluskehitystä tai analysointityökalua.

Vipunen –tilastopalvelusta käytetään yliopistojen uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot, yliopistokoulutuksen aloittaneiden läpäisy sekä tavoiteajassa tutkinnon suorittaneet (luonnos) -aineistoja. Aineistot pääasiallisesti suodatettiin sisältämään vain Oulun yliopiston dataa.

Tutkielmassa keskeinen aineiston käsite on FTE-laskennan mukaiset opiskelijamäärät. FTE-laskennassa läsnä olevat opiskelijat, jotka ovat suorittaneet aikaisempaan lukuvuotena alle 30 opintopisteitä, saavat laskenta-arvoksi 0.5. Opiskelijat, jotka ovat suorittaneet aikaisempaan lukuvuotena 30 opintopistettä tai enemmän lasketaan arvolla 1. FTE-opiskelijoiksi lasketaan myös kyseisen lukuvuoden uudet opiskelijat. Tutkielmassa FTE-opiskelijamääriä käytetään kuvaamaan aktiivisten ja passiivisten opiskelijoiden osuutta opiskelijoiden kokonaismäärässä.

Opintomenestyksen tekijöiden estimoimisessa käytetty Oulun yliopiston opiskelijoiden tutkintoaineisto saadaan Oulun yliopiston LUMA-keskuksesta. Aineisto sisältää vuosina 2013-2015 valmistuneiden ylioppilaiden ylioppilaskokeiden arvosanat ja aineet. Vuosina 2006-2016 hyväksytyjen ja opiskelupaikan vastaanottaneiden opiskelijoiden kirjoittamat ylioppilasaineet ja arvosanat. Vuosina 2006-2015 Oulun yliopistoon hyväksytyjen ja opiskelupaikan vastaanottaneiden opiskelijoiden ylioppilaskokeiden arvosanat ja aineet. Aineistoa käytetään osana simulaatiomallintamista, sekä opintomenestyksen tekijöiden estimoimisessa.

Tutkielmassa hyödynnetään maanmittauslaitoksen nimistö –aineistolähdettä, joka on nimettyjen paikkojen, paikannimien ja karttanimistöjen valtakunnallinen tietovaranto. Nimistö –aineisto on osa maanmittauslaitoksen avointa rajapintaa ja sisältää noin 800 000 paikkaa ja paikannimeä. Tutkielmassa aineistoa käytettiin etäisyyden laskemiseen opiskelijan kotipaikkakunnan ja Oulun yliopiston välillä. Välimatka laskettiin euklidisena etäisyytenä paikannimien UTM-koordinaateista. Etäisyyttä kokeiltiin opintomenestyksen ennustetekijänä.

3.2 Systemidynamiikka

Systemidynamiikka (eng. System Dynamics, lyh. SD) on mallintamismetodi, jonka avulla tarkoituksena on erilaisten dynaamisten systeemien ymmärtäminen ja toiminnan parantaminen. Kauffman (1980, s. 2) määrittelee systeemin kielikuvan avulla. Hänen mukaansa, jos maitolasista kaadetaan maitoa toiseen maitolasiin, saadaan kaksi pienempää maitolasillista. Toisaalta, jos lehmä jaetaan kahtia, ei saada kahta pientä lehmää vaan menetetään eläin, joka ruohoa syömällä tuottaa maitoa. Systemi on hänen mukaansa kokoelma osia, jotka kanssakäymisellään muodostavat yhden kokonaisuuden. Kauffman painottaa varsinkin osien kanssakäymisen merkitystä systeemin perustana. Barlas (2007) määrittelee dynaamisen käyttäytymisen asioilla ja esineillä, jotka ovat liikkeessä tai muuttuvat ajassa. Yhdessä dynaaminen systemi muodostaa ajassa muuttuvan, tai liikkeessä olevan, ainutlaatuisen järjestelmän, jota systemidynamiikkamallintamisella pyritään ymmärtämään.

Systeemidynaaminen mallintaminen jakaantuu kolmeen osa-alueeseen. Ensimmäinen osa-alue hyödyntää systeemiajattelua, joka on kvalitatiivinen lähestymistapa järjestelmän ymmärtämiseksi. Systeemiajattelun tarkoituksena on ymmärtää, kuinka järjestelmä toimii: mitkä ovat järjestelmän päämuuttujat, miten ne ovat yhteydessä toisiinsa sekä kuinka järjestelmä olisi syytä rajata. Systeemiajattelussa tämä tieto koostetaan kausaalidiagrammeihin, joita analysoimalla opitaan järjestelmästä.

Toinen osa-alue on mallintaminen. Se on kvantitatiivinen prosessi, jossa kausaalidiagrammin pohjalta muodostetaan parametrisoitu dynaaminen simulointimalli. Mallintamisessa järjestelmän toiminta muutetaan yhtälöiksi, jotka kuvailevat päämuuttujien toimintaa ja keskinäisiä suhteita. Lopuksi mallin toimintaa testataan, esimerkiksi vertailemalla mallin tuloksia siihen, miten mallin kuvailema järjestelmä toimii oikeassa maailmassa. Kolmas osa-alue on mallin käyttäminen päätöksenteon tukena. Mallilla pyritään vertailemaan eri päätösten vaikutuksia järjestelmään, muodostamaan strategioita ja hahmottamaan parhaat toimitavat. (Sterman 2002, s. 86.)

3.2.1 Historia

Vuonna 1956 Jay Forrester aloitti professorina Sloan School of Management Massachusettsin teknillisessä korkeakoulussa, jossa hän johti System Dynamics – ohjelmaa aina vuoteen 1989 saakka. Professuurinsa aikana hän kehitti uutta mallintamistapaa. Hänen menetelmässään ympäröivä maailma hahmotetaan järjestelmäksi, ja järjestelmästä oppimalla voidaan löytää ongelmakohdat ja toimia niiden korjaamiseksi. Yksi hänen menetelmänsä keskeisimmistä toiminnallisuuksista on tietokoneella tehdyt simulaatiomallit. Vuonna 1958 Forrester julkaisi ensimmäisen artikkelinsa menetelmästä ja nimesi menetelmän teollisuuden dynamiikaksi (eng. industrial dynamics). (Forrester, 1997.) Myöhemmin hän ymmärsi menetelmänsä potentiaalin ja sovellusmahdollisuudet myös teollisuuden ulkopuolelle. Tästä syystä hän uudelleen nimesi menetelmän systeemidynamiikaksi.

Forrester (1968) havaitsi, että 1950-luvun operaatiotutkimus keskittyi yksittäisiin päätöksiin, joiden seurauksia pidettiin irrallisina päätöksentekoon vaikuttavista tekijöistä. Tätä ajatusmallia hän kutsuu avoimeksi silmukaksi (eng. open loop) jolla Forresterin mukaan pystytään yksinkertaistamaan ongelmia, mutta samanaikaisesti ajatusmallilla sopii vain yksinkertaisiin, lineaarisiin tilanteisiin. Forresterin mukaan päätöksiä tulisi käsitellä niin, että tehdyt päätökset vaikuttavat seuraavaan päätöksentekotilanteeseen. Tehdyt päätökset muuttavat järjestelmää. Hän painottaa, että takaisinkytkettyjä systeemejä sovellettiin jo teknillisten laitteiden suunnittelussa, biologian käsitteissä ja taloustieteen kirjallisuudessa. Alkeellisia takaisinkytkentöjä oli esiintynyt Forresterin mukaan jo vuosisadan ajan. Tästä huolimatta takaisinkytkentöjen sovelluskohteita ja seurauksia alettiin hänen mukaansa vasta ymmärtää ja sosiaaliset systeemit vaikuttivat erityisen lupaavalta sovelluskohteelta.

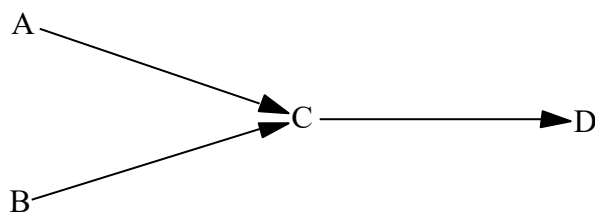
3.2.2 Systeemiajattelu

Systeemiajattelun tarkoituksena on oppia järjestelmän rakenteesta. Systeemiajattelussa pyritään tunnistamaan järjestelmän monimutkaiset syy-seuraussuhteet ja muodostamaan näistä rakenteista mentaalimalli. Lopuksi rakenne havainnollistetaan ymmärrettävään muotoon.

Systeemiajattelussa on kyse ajattelun avartamisesta. Ihmisillä on jo ennestään useita mentaalimalleja, jotka opastavat toimintaa. Sengen (1990, s. 8) mukaan mentaalimallit ovat syvälle juurtuneita olettamuksia ja yleistyksiä, jotka vaikuttavat siihen, miten toimimme ympäröivässä maailmassa ja miten ymmärrämme sen. Sengelle systeemidynamiikka tarkoittaa näiden juurtuneiden mentaalimallien uudelleenorganisointia, niin että niillä voidaan selittää moninaisempia sosiaalisia systeemejä. Uudelleenorganisoinnin tarvetta tähdentää Forrester (1970), kun hän kuvailee epäintuitiivisia sosiaalisia järjestelmiä. Hän kuvailee järjestelmää, jossa odottamattomat dynaamiset rakenteet aiheuttavat vasteeseen viivettä ja vaste heikkenee tai jopa katoaa järjestelmään.

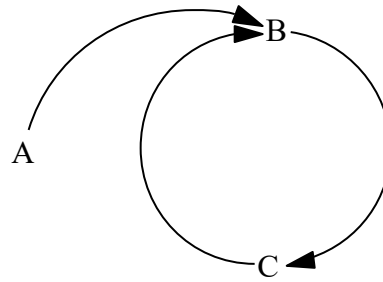
Yksi päätöksentekoon vaikuttavista mentaalimalleista on tapahtumakeskeinen maailmankuva. Sterman (2006) mukaan ihmisillä on tapana kokea asiat tapahtumien jatkumoina. Hänen mukaansa ihmisille opetetaan jo pienestä, että jokaisella tapahtumalla on syynsä ja tapahtuma on seurausta aikaisemmasta tapahtumasta. Moreocraft (2015, s. 33-34) kuvailee tämänkaltaista ajatteluketjua lineaariseksi, ongelmasta ratkaisuun -ajatteluksi. Hänen mukaansa sen avulla voidaan toimia nopeasti, mutta ajatusmallilla on rajoitteensa.

Kuvio 1. kuvaa tapahtumakeskeistä ajattelua. Kuviossa tapahtuma C on seurausta syistä A ja B. Tapahtuma C on syy tapahtumaan D. Stermanin (2006) mukaan tämänkaltainen ajattelu voi johtaa odottamattomiin seurauksiin, joita yleisesti kutsutaan sivuvaikutuksiksi. Hänen mukaansa sivuvaikutuksia ei ole olemassa. Jos sivuvaikutukset huomioitaisiin mallissa, olisivat ne vain vaikutuksia. Täten sivuvaikutuksien esiintyminen on merkki vajavaisesta järjestelmän ymmärtämisestä.



Kuvio 1. Tapahtumakeskeinen maailmankuva

Kuvio 2. esittää takaisinkytkettyä järjestelmää. Sen etuna on, että sillä voidaan kuvailla Forresterin (1968) esittelemää ajatusmallia, jossa päätöksiä käsitellään niin, että ne vaikuttavat seuraavaan päätöksentekotilanteeseen. Järjestelmässä aikaisemmin tehdyt päätökset muuttavat järjestelmää.



Kuvio 2. Takaisinkytkentäkaavio

Kuvion 2. järjestelmää voidaan myös laajentaa käsittämään useamman tekijän ja niiden keskinäisen kanssavaikutuksen. Stermanin (2006) mukaan näin voidaan kuvata järjestelmiä, joissa syyt ja seuraukset voivat olla ajallisesti etäällä toisistaan. Hänen mielestään järjestelmien monimutkaisuus ei usein ole järjestelmän osatekijöiden aiheuttamaa, vaan monimutkaisuus muodostuu tekijöiden keskinäisestä kanssakäymisestä. Morecraft (2015, s. 37) huomauttaa, että kuviossa 1. esiteltyyn tapahtumakeskeiseen ajatteluun verrattuna, kuvion 2. takaisinkytketyssä järjestelmässä ongelmat eivät ilmaannu tyhjästä ja vaadi välitöntä korjausta. Sen sijaan takaisinkytketty järjestelmä esittää ilmenevät ongelmat aikaisempien tapahtumien ja päätösten kumulatiivisina summia.

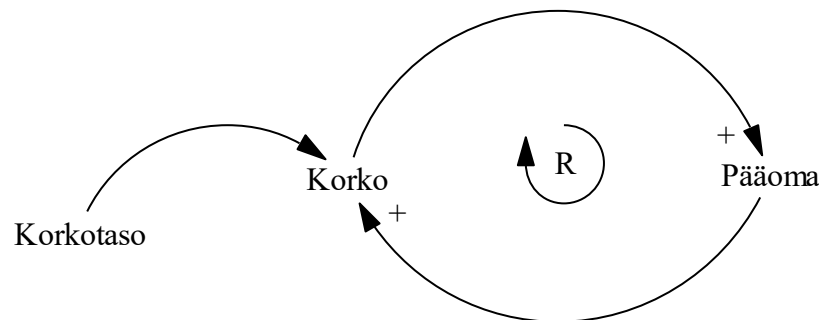
3.2.3 Kausaalidiagrammi

Systeemiajattelun tarkoituksena on syventää ymmärrystä tutkittavasta järjestelmästä. Järjestelmästä opitaan tutkimalla järjestelmän päämuuttujia ja näiden muuttujien keskinäisiä yhteyksiä. Oleellista on myös järjestelmän rajaaminen. Lopuksi opittu tieto koostetaan kausaalidiagrammiin.

Kausaalidiagrammissa muuttujien välistä kausaliteettia kuvataan nuolien avulla. Diagrammissa nuolen juuressa sijaitsevassa muuttujassa tapahtuva muutos, aiheuttaa muutoksen nuolen toisessa päässä sijaitsevaan muuttujaan. Positiivista kausaalisuhdetta kuvataan plus-merkillä ja negatiivista kausaalisuhdetta, miinus-

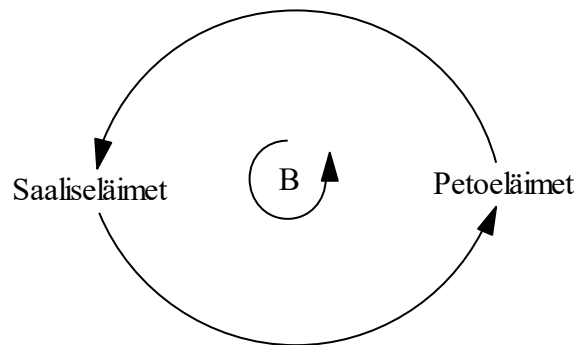
merkillä. Positiivisessa kausaalisuhteessa muutos ensimmäisessä muuttujassa aiheuttaa saman suuntaisen muutoksen vastekappaleena olevaan muuttujaan. Negatiivisessa kausaalisuhteessa ensimmäisessä muuttujassa tapahtuva muutos aiheuttaa käänteisen vaikutuksen vastekappaleena olevaan muuttujaan. Muuttujia, joilla on toisiinsa nähden voimistava vaikutus, kuvataan takaisinkytketyillä silmukoilla. Silmukoita on kahdenlaisia: positiivisia ja negatiivisia. (Morecroft 2015, s. 49, Sterman 2002, s. 138.)

Kuviossa 3. kuvataan korkoa korolle –efektiä, jossa kasvanut pääoma aiheuttaa korkotulojen kasvamisen. Korkotulojen kasvaminen taas kasvattaa pääomaa entisestään. Tästä syntyy itseään vahvistava silmukka, jota merkitään kirjaimella R (eng. Reinforcing). Kuviossa korkotasoa on oletettu annetuksi, ja on merkitty kausaalinuolella kuvion vasemmassa laidassa.



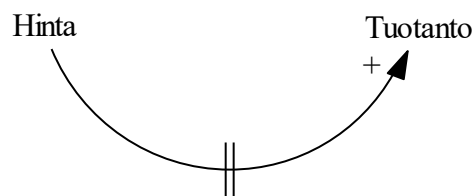
Kuvio 3. Takaisinkytketty vahvistava silmukka sekä kausaalinuoli

Kuviossa 4. on tasapainottava (eng. balancing) silmukka, jossa saaliseläimien kasvu tarjoaa petoeläimille enemmän ruokaa ja paremmat lisääntymisedellytykset, jolloin petoeläinten kanta kasvaa. Lisääntynyt petoeläinkanta taas pienentää saaliseläimien määrää. Tasapainottavien silmukoiden tehtävä on korjata järjestelmää kohti tasapainoa. (Sterman 2002, s. 13.)



Kuvio 4. Tasapainottava silmukka

Viiveillä kuvataan systeemin hitautta. Tämän kaltaisessa järjestelmässä tapahtumat eivät välittömästi johda seuraavaan tapahtumaan, vaan järjestelmässä on hitautta, joka aiheuttaa viiveen tapahtumien välillä. Viiveiden kuvaaminen kausaalidiagrammissa on tärkeää, koska päätösten seuraukset voivat olla erilaisia eri aikaväleillä. Kausaalidiagrammissa viivettä merkitään kahdella poikkiviivalla kuten kuviossa 5. on esitetty. Kuviossa 5. kuvataan järjestelmään, jossa tuotteen markkinahinnan nousu vaikuttaa viiveellä tuotantoon. (Sterman 2006, s. 150.)



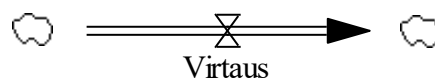
Kuvio 5. Viive järjestelmässä

3.2.4 Simulointi

Mallintaminen on kvantitatiivinen prosessi, jossa kausaalidiagrammin pohjalta muodostetaan parametrisoitu dynaaminen simulointimalli. Mallintamisessa järjestelmän toiminta muutetaan yhtälöiksi, jotka kuvailevat päämuuttujien toimintaa

ja keskinäisiä suhteita. Lopuksi mallin toimintaa testataan esimerkiksi vertailemalla mallin tuloksia siihen, miten mallin kuvailema järjestelmä toimii oikeassa maailmassa.

Keskeinen käsite systeemidynaamisessa simulaatiomallintamisessa on virtaukset. Virtaukset kuvaavat järjestelmässä tapahtuvaa vaihtelua esimerkiksi pankkitilin saldon vähenemistä. Virtauksien voimakkuutta säätelee virtausventtiili, jota kuvataan tiimalasi -symbolilla. Pilvikuviot kuvaavat virtauksien lähdettä (eng. source) tai nielua (eng. sink). (Sterman 2006, s. 192.)

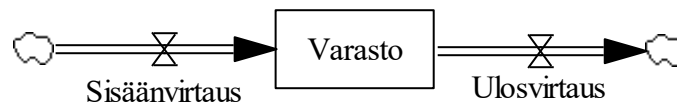


Kuvio 6. Virtaus

Matemaattisesti järjestelmässä tapahtuva muutos toteutetaan derivaatalla ja virtauksen tiimalasi -symboli kuvaa derivaatan arvoa eli järjestelmänosan muutosnopeutta.

$$\text{Virtaus} = \frac{dy}{dx} = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{\text{Varasto}(x) - \text{Varasto}(x_0)}{\text{Ajanhetki } x - \text{Ajanhetki } x_0} \quad (1)$$

Kuvio 7. esittää yksinkertaista varasto-virtaus-mallia. Varastot ovat systeemin kertymiä, esimerkiksi pankkitilin saldo. Varastot antavat systeemeille muistin varastoimalla sisään- ja ulosvirtauksen erotuksen. Sisäänvirtauksessa nuoli osoittaa varastoon ja ulosvirtauksessa pois varastosta. (Sterman, s. 197.)



Kuvio 7. Varasto-virtaus-malli

Matemaattisesti varaston arvoa kuvataan integraalin avulla. Kaavassa varaston arvo ajankohtana t , määräytyy sisäänvirtauksen ja ulosvirtauksen integraalina ajankohdasta t_0 ajankohtaan t lisättynä varaston alkuperäisellä arvolla.

$$Varasto(t) = \int_{t_0}^t [Sisäänvirtaus(x) - Ulosvirtaus(x)] dx + Varasto(t_0) \quad (2)$$

Simulaatiomallintamisessa pyritään ratkaisemaan todellisen maailman ongelmia tilanteessa, jossa ongelman testaaminen on kallista tai jopa mahdotonta. Mallintaminen alkaa ongelman sääntöjen kuvailulla. Sääntöjä ovat ne tekijät, jotka määrittelevät systeemin käyttäytymisen. Säännöt määrittelevät, minkälaisia muutoksia systeemissä voi tapahtua, ottaen huomioon sen nykyisen tilan eli mitä syy-seuraussuhteita järjestelmä sisältää. Näistä säännöistä muodostetaan mentaalimalli, joka on todellisen ongelman yksinkertaistus. Sääntöjä noudattamalla simulaatiossa seurataan järjestelmän muutoksia ajan kuluessa ja saadaan tietoa eri ratkaisumallien vaikutuksesta järjestelmään. (Borshchev ja Filippov, 2004.) Dooley (2002) mainitsee, että simuloinnin avulla ei tarvitse tyytyä vain menneisyyden tapahtuman tarkasteluun, jossa voidaan selvittää miksi, miten tai mitä on tapahtunut. Tämän sijaan voidaan myös esittää 'entä jos' tyyppisiä kysymyksiä ja simuloida tapahtumaa, jos asiat olisivat menneet toisin.

4 EMPIIRINEN ANALYYSI

Tutkielmassa analyysi on jaettu neljään osaan. Ongelman määrittelyssä kuvaillaan ratkaistavaa ongelmaa ja tehdään alustava hahmotelma ongelmaan vaikuttavista tekijöistä. Vaikuttavien tekijöiden käyttäytymistä kuvaillaan graafeilla sekä muilla havainnollistavilla menetelmillä. Havainnoinnin tarkoituksena on ilmaista, miten tekijöiden arvot muuttuvat ajan kuluessa ja saada ensimmäinen käsitys järjestelmän sisäisestä dynamiikasta. Ongelman määrittelyyn sisältyy aikahorisontin valitseminen. (Sterman 2002, s. 90-91.)

Dynaamisella hypoteesi tarkoitetaan ensimmäistä teoriaa selvitettävän ongelman alkuperästä. Teoria muodostetaan hahmottelemalla ongelman dynaaminen rakenne ja tarkoituksena on löytää ongelmalle sisäsyntyinen selitys. Tutkielmassa rakenne kuvataan kausaalidiagrammin avulla. Kausaalidiagrammin tarkoituksena on esitellä tutkintorahoitukseen kytkeytyvän järjestelmän kausaalirakenne sekä viestiä malliin sisällytettävät muuttujat. Mallin rajausta havainnollistetaan taulukoinnilla. Taulukointiin määritellään mallin sisäiset muuttujat, mallin ulkopuolelta annetut muuttujat ja muuttujat, jotka vaikuttavat järjestelmään, mutta jotka on jätetty mallin ulkopuolelle.

Simulaatiomallin rakenne ja sen toimintaa kuvataan osiossa 4.3. Simulaatiomallinnuksen esittely on jaettu kahteen osaan. Ensin esitellään mallinnus kokonaisuutena ja sen rakenne, jonka jälkeen esittelyä jatketaan pienempiin osakokonaisuuksiin keskittyen. Osio 4.3.2 keskittyy päämuuttujien esittelyyn, muuttujien keskinäisten suhteiden raportointiin ja muuttujien määrittelyperusteiden avaamiseen. Viimeisessä osiossa arvioidaan mallin toimintaa. Ensin tarkastellaan mallin rakennetta ja toimintaa, josta siirrytään laajuuden ja toistettavuuden tarkkailuun.

4.1 Ongelman määrittely

Ongelman määrittely sisältää ensimmäisen hahmotelman rahoitus- ja tutkintojärjestelmän muodostavista muuttujista ja kuvailua ratkaistavasta ongelmasta.

Graafisella tarkastelulla tutkitaan saatavilla olevaa aineistoa ja tarkkaillaan aineiston käyttäytymistä eri aikahorisonteilla.

4.1.1 Alustavat mallimuuttujat

Korkeakoulujärjestelmän tehostamisella pyritään parantamaan prosessia, jossa toisen asteen koulutuksen suorittanut henkilö valitaan korkeakouluun opiskelemaan ja hänellä on mahdollisuus suorittaa alemman tai ylemmän korkeakoulututkinnon. Suoritetut tutkinnot ja tutkinnon suoritus aika ovat taas kytketty yliopistojen perusrahoitukseen, jota säätelee rahoitussopimus. Tämän järjestelmän muuttujia on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Alustavat mallimuuttujat

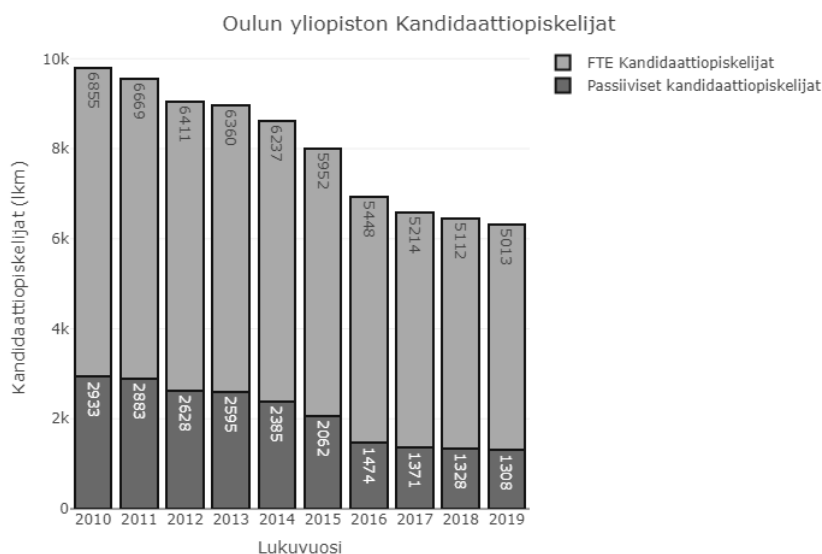
Muuttujat	Yksikkö
Päämuuttujat	
Uudet kandidaattiopiskelijat	Opiskelija/lukuvuosi
Kandidaattiopiskelijat	Opiskelija/lukuvuosi
Kandidaattiopintojen suoritusnopeus	opintopistettä/lukuvuosi
Alemp. korkeakoulututkinto	lkm/lukuvuosi
Maisteriopintojen suoritusnopeus	opintopistettä/lukuvuosi
Ylemp. korkeakoulututkinto	lkm/vuosi
Rahoitus tutkinnoista	Euroa
Tutkintojen ominaisuudet	
Tavoiteajassa	Lukuvuotta
Viivästynyt < 12kk tavoiteajasta	Lukuvuotta
Viivästynyt > 12kk tavoiteajasta	Lukuvuotta
2. Samanarvoinen tutkinto	Tutkintoa

Tässä taulukossa on koostettu simulaatiomallinnuksen alustavat mallimuuttujat

4.1.2 Graafinen tarkastelu

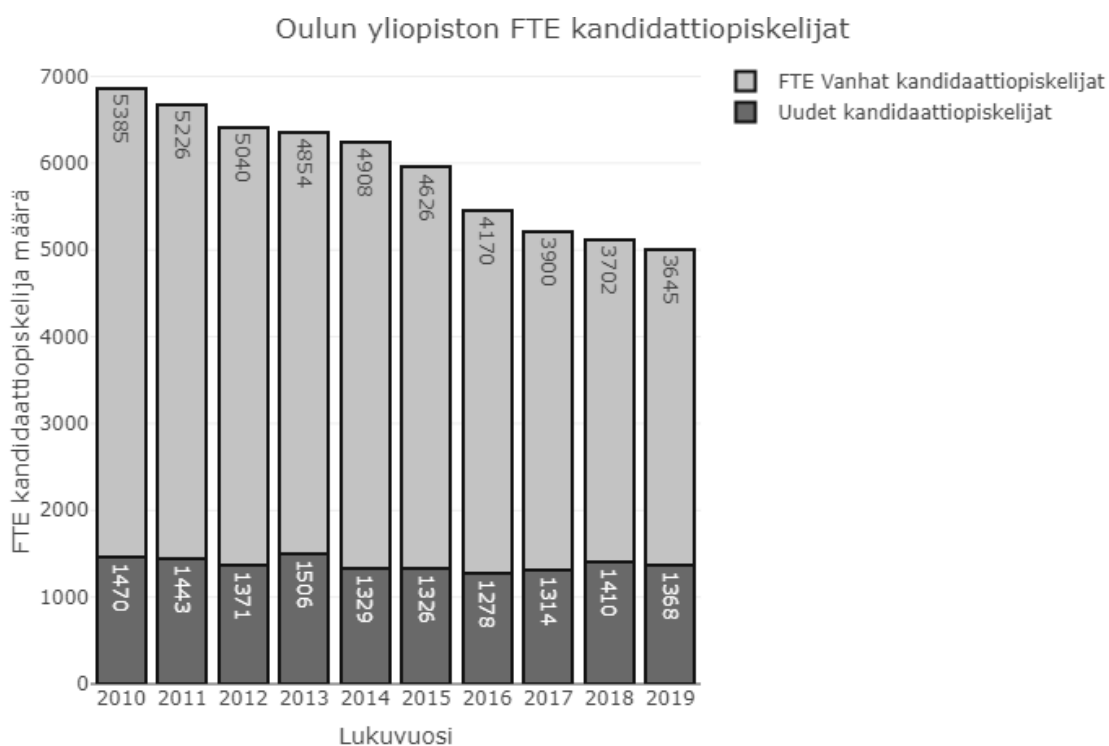
Graafisessa tarkastelussa pyritään ymmärtämään alustavien mallimuuttujien toimintaa ajan kuluessa. Aineisto graafien laatimiseen on Vipunen-verkkoportaalista. Vipunen on opetushallinnon tilastopalvelu, joka sisältää tilastokeskuksen, opetus- ja kulttuuriministeriön ja opetushallituksen keräämiä tietoja ja rekistereitä. Tarkemmin aineisto on kuvattu Aineisto –osiossa. Kuvaajien ajallinen havaintojakso on valittu aineiston saatavuuden perusteella, niin että tarkasteluun on valittu mahdollisimman pitkä ajanjakso. Tämä johtaa siihen, että kuvaajien havaintojaksot eivät ole yhteneviä.

Kuviossa 8. Seurataan Oulun yliopiston kandidaattiopiskelijamäärien kehitystä ajanjaksolla 2010-2019. Pylväskuvion kokonaiskorkeus ilmaisee vuosittaista kandidaattiopiskelijoiden määrää. Pylväs on jaettu kahteen osaan, jossa tummanharmaa ilmaisee passiivisten kandidaattiopiskelijoiden määrää ja vaaleanharmaa osuus FTE-laskennan mukaista kandidaattiopiskelijamäärää. Osuuksien opiskelijamäärät on ilmaistu osuuden sisällä numeroina. Kuviosta nähdään, että 2010-2019 aikavälillä kandidaattiopiskelijoiden kokonaismäärä on laskenut vuoden 2010 lähes 10 tuhannesta opiskelijasta vuoden 2019 6300 opiskelijaan. Samalla ajanjaksolla passiivisten opiskelijoiden määrä on supistunut voimakkaasti.



Kuvio 8. Oulun yliopiston kandidaattiopiskelijat vuosina 2010-2019

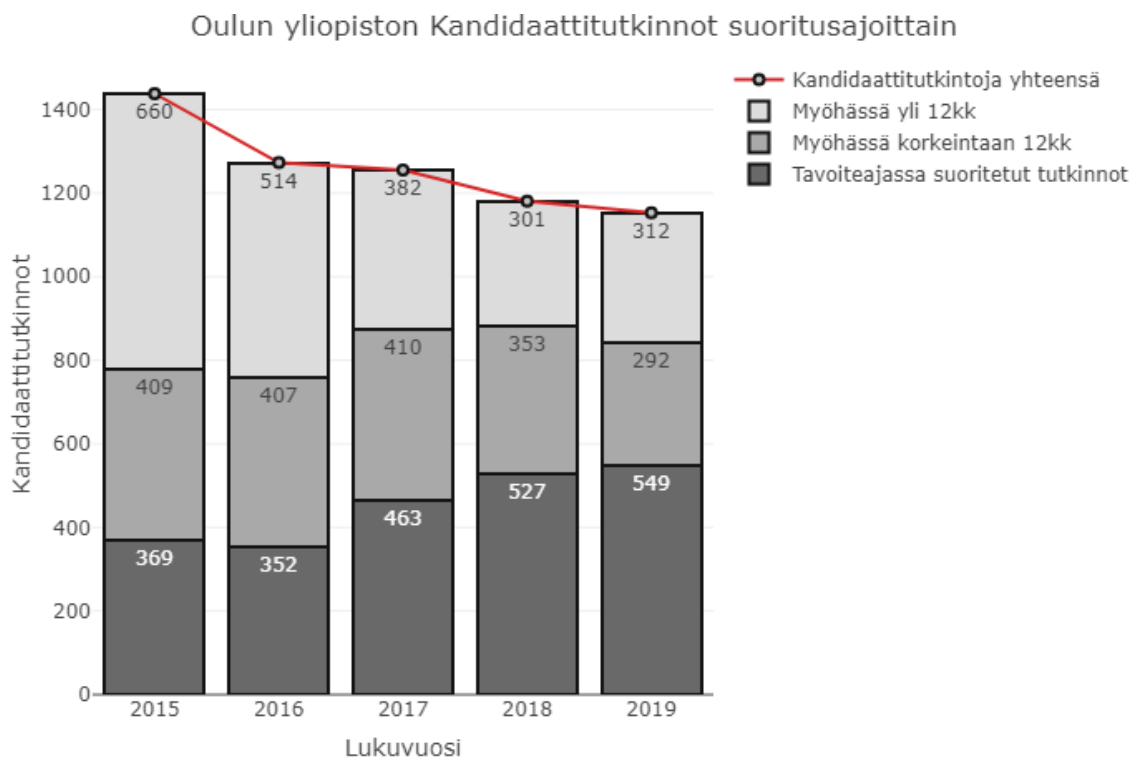
Kuviossa 9. on kuvattu tarkemmin Oulun yliopiston FTE-laskennan mukaisia opiskelijamääriä. Pylväskuviossa vuosittain valittavat uudet kandidaattiopiskelijat ilmaistaan tummanharmaalla pylväällä. Vaaleanharmaalla on kuvattu jo ennestään kandidaatinopintoja suorittavien kandidaattiopiskelijoiden FTE-määrä. Pylvään kokonaiskorkeus kuvaa kandidaattiopiskelijoiden FTE-yhteismäärää vastaavana lukuvuonna. Pylväskuviosta huomataan kuinka 2010-2019 ajanjaksolla kandidaattiopiskelijoiden FTE-määrä on laskenut voimakkaasti. Laskua ei pystytä selittämään uusien opiskelupaikkojen rajoittamisella, sillä tarkastelujaksolla uusien opiskelijoiden määrä on pysynyt verrattain vakaana.



Kuvio 9. Oulun yliopiston FTE kandidaattiopiskelijat vuosina 2010-2019

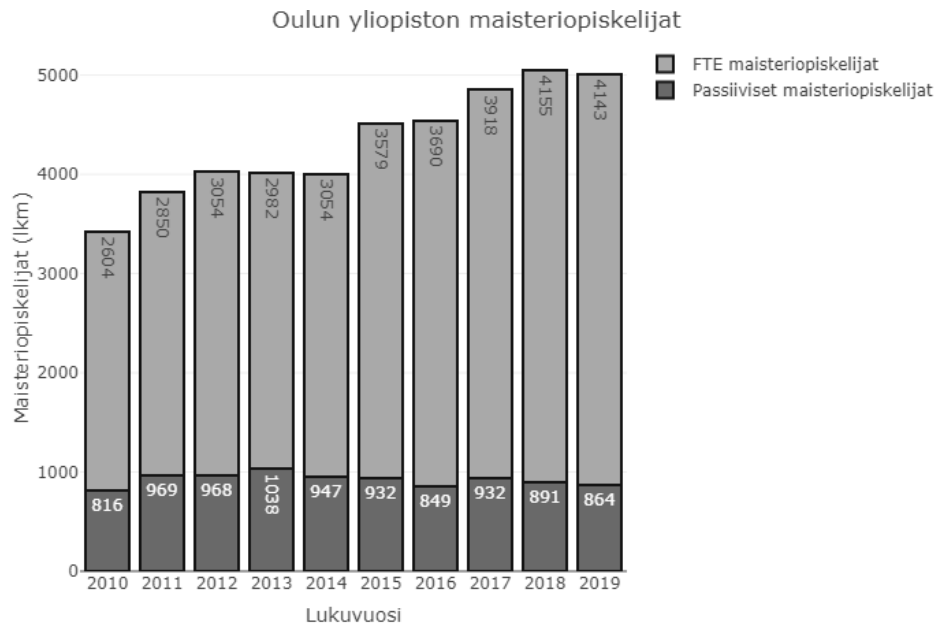
Kuviossa 10. havainnollistetaan Oulun yliopistossa suoritettujen kandidaattitutkintojen määrää. Tutkinnon suoritusnopeutta ilmaistaan värikoodatuilla osuuksilla tutkintojen kokonaismäärästä. Pylväskuviossa tavoiteajassa suoritettulla tutkinnolla viitataan yliopistolaissa määritettyihin tutkintojen tavoiteaikoihin

(Yliopistolaki 5: 40 §.) Vuosien 2015-2019 ajanjaksolla kandidaattitutkintojen määrä on laskenut vuonna 2015 suoritetusta 1438 tutkinnosta vuoden 2019 1153 tutkintoon. Tutkintojen keskimääräinen suoritus aika on laskenut, sillä vuonna 2015 suoritetuista tutkinnoista vain 26% oli tavoiteajassa suoritettuja, kun vuonna 2019 osuus on 48%. Oulun yliopistossa vuonna 2019 kandidaattitutkintoja suoritettiin, vuoteen 2015 verrattuna, aikaisempaa vähemmän, mutta tutkinnot suoritetaan entistä nopeammin.



Kuvio 10. Oulun yliopiston kandidaattitutkinnot suoritusajoittain vuosina 2015-2019

Kuviossa 11. esitellään Oulun yliopiston maisteriopiskelijämäärien kehitystä vuosien 2010-2019 ajanjaksolla. Pylväskuvion kokonaiskorkeus ilmaisee vuosittaista maisteriopiskelijoiden määrää. Pylväs on jaettua kahteen osaan, jossa tumman harmaa osuus ilmaisee passiivisten maisteriopiskelijoiden määrää ja vaalean harmaa osuus ilmaisee FTE –laskennan mukaista maisteriopiskelijä määrää. FTE maisteriopiskelijoiden määrä on noussut vuoden 2010 2604 opiskelijasta, vuoden 2019 4143 opiskelijaan. Samanaikaisesti passiivisten maisteriopiskelijoiden määrä on pysynyt vuoden 2010 tasolla.



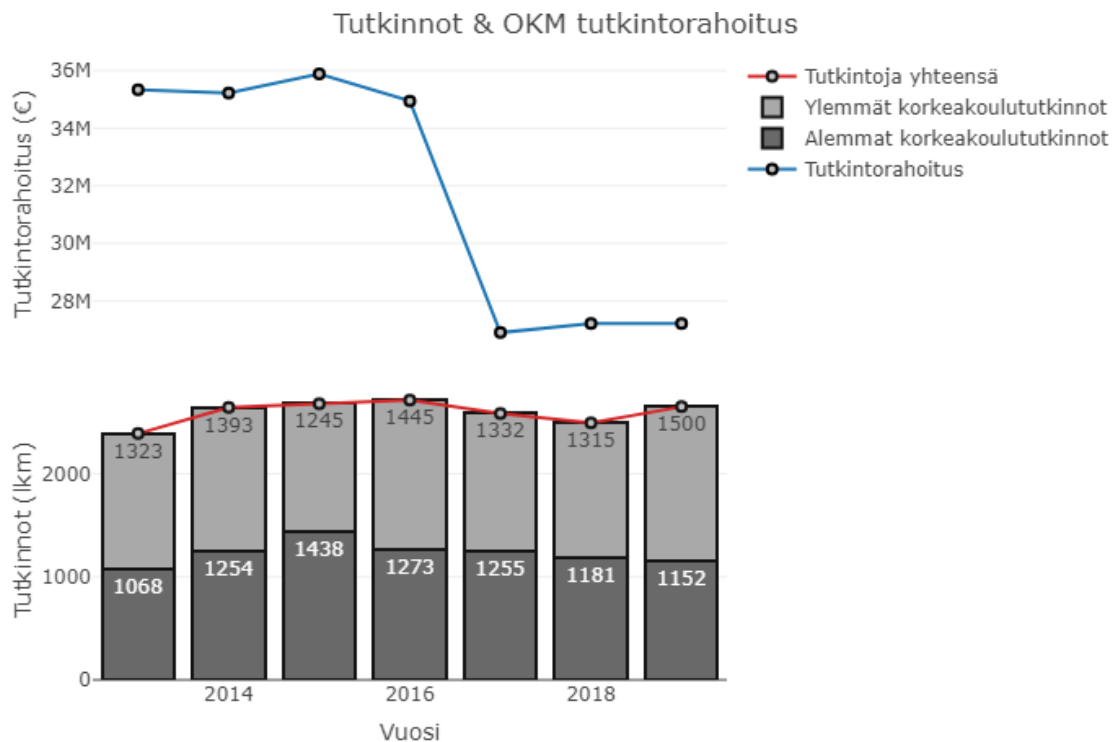
Kuvio 11. Oulun yliopiston maisteriopiskelija määrät vuosina 2010-2019

Kuviossa 12. havainnollistetaan Oulun yliopistossa suoritettujen maisteritutkintojen määrää 2015-2019 ajanjaksolla. Tutkinnon suoritusnopeutta ilmaistaan värikoodatuilla osuuksilla tutkintojen kokonaismäärästä. Maisteritutkintojen määrien kehityksessä ei havaita selkeää trendiä eikä suoritusnopeuksien osuudet ole juurikaan muuttuneet vuodesta 2010. Vuosi 2019 erottautuu muista vuosista kasvaneella tutkintomäärällä.



Kuvio 12. Oulun yliopiston ylempät korkeakoulututkinnot vuosina 2015-2019

Kuviossa 13. esitetään alemmat- ja ylemmät korkeakoulututkintomäärät yhdessä perusrahoituksen tutkintorahoituksen osuuden kanssa. Tutkintorahoitusta kuvaava viivakuvio havainnollistaa hyvin vuonna 2017 tapahtunutta rahoitussopimuskauden päättymistä ja uuteen rahoitussopimukseen siirtymistä, jossa tutkintorahoituksen osuus rahoituksesta on selkeästi aikaisempaa sopimusta matalampi.



Kuvio 13. Oulun yliopiston perustutkinto-opiskelijoiden tutkinnot yhteensä ja perusrahoituksen tutkintorahoitus

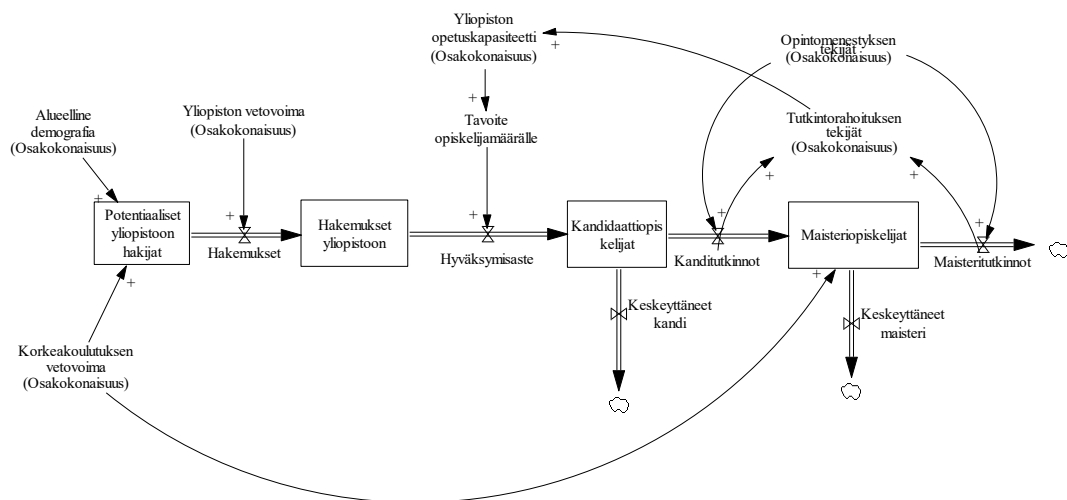
4.2 Dynaaminen hypoteesi

Tässä osiossa muodostetaan ensimmäinen kausaalidiagrammi simuloitavasta järjestelmästä. Ensimmäisessä osiossa esitellään luodut kausaalimallit. Tutkintojärjestelmän kausaalidiagrammin tarkoituksena on esitellä oletettua kausaalirakennetta sekä osakokonaisuuksia, jotka ovat yhteydessä tutkintojärjestelmään. Osiossa esitellään myös kausaalimallit tutkintorahoituksen määräytymisestä ja tutkinnon suoritusnopeuteen vaikuttavista tekijöistä.

Mallin rajaamista havainnollistetaan taulukoinnilla, joka sisältää malliin vaikuttavat ulkoset tekijät, mallin sisäiset muuttujat ja muuttujat, jotka päätetään jättää mallinnuksen ulkopuolelle.

4.2.1 Kausaalimalli

Kausaalimallintamisessa luodaan luonnos tutkintojärjestelmästä, joka koostuu varastoista, virtauksista ja kausaalinuolista. Järjestelmään vaikuttavia osakokonaisuuksia kuvataan kausaalinuolilla yhdistetyillä varastoilla. Kausaalidiagrammi on esitetty kuviossa 14. Tutkielmassa käytetään nimitystä osakokonaisuus laajoista kokonaisuuksista, jotka vaikuttavat tutkintojärjestelmään, mutta niiden tarkempi kuvailu ja mallintaminen on, tutkintorahoituksen tekijöitä ja opintomenestyksen tekijöitä lukuun ottamatta, rajattu tutkielman ulkopuolelle.



Kuvio 14. Luonnos tutkintojärjestelmän kausaalimallista

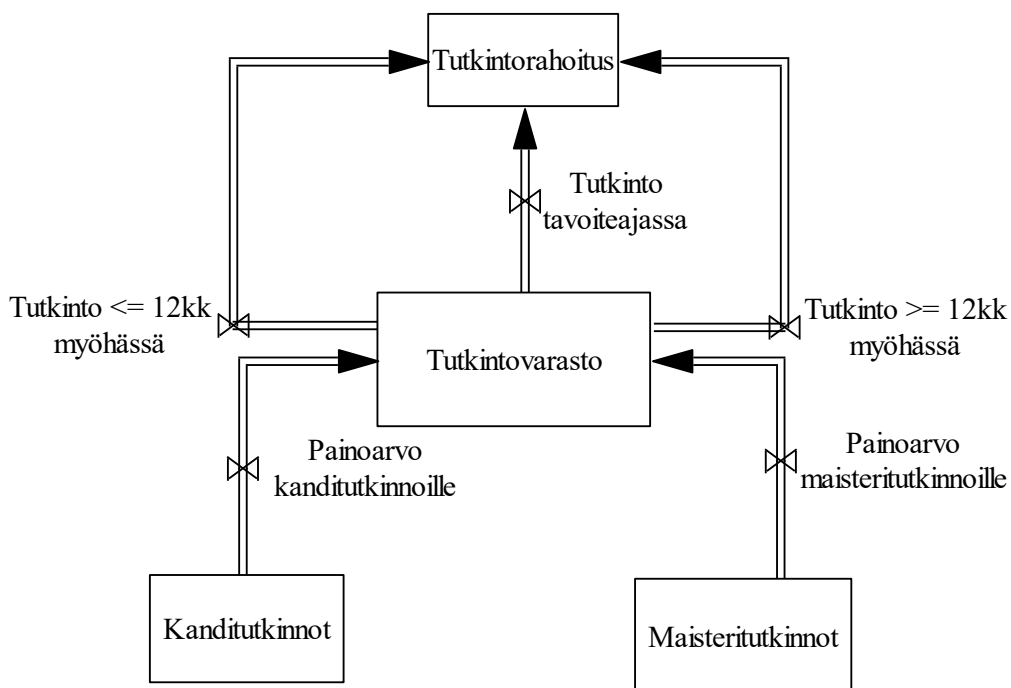
Potentiaaliset yliopistoon hakijat –varasto kuvaa ihmisjoukkoa, jotka historiallisesti muodostavat yliopistojen opiskelijaväestön. Tähän varastoon uskotaan vaikuttavan alueellisen demografian ja korkeakoulutuksen vetovoiman. Alueellisella demografialla tarkoitetaan yliopiston vaikutusalueen väestön ominaisuuksia kuten

ikäjakaumaa. Korkeakoulutuksen vetovoima sisältää tekijöitä, jotka saavat ihmiset hakeutumaan korkeakoulutukseen. Tekijöitä voivat olla muun muassa koulutuksen tuoma hyvinvointilisä. Hyvinvointilisä voi muodostua muun muassa työmahdollisuuksien monipuolistumisesta, korkeammasta keskimääräisestä palkkatasosta ja yhteiskunnan arvostuksesta.

Mallissa yliopistoihin virtaa hakemuksia, joiden määrään vaikuttavat kyseisen yliopiston yksilölliset vetovoimatekijät. Tekijöitä voivat olla onnistunut markkinointi tai suositut opintoalat. Hakemuksista osa hyväksytään ja hyväksytyt hakijat siirtyvät kandidaattiopiskelijoiksi. Hyväksymisasteeseen vaikuttavat yliopiston asettamat tavoitteet opiskelijamäärille sekä tavoitteeseen mihin vaikuttaa yliopiston opetuskapasiteetti.

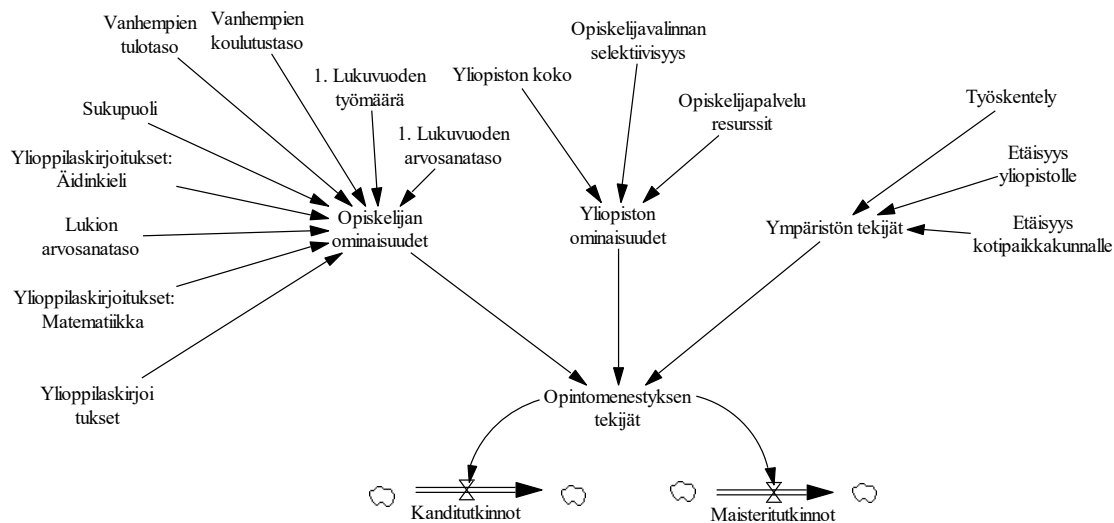
Osa kandidaattiopiskelijoista keskeyttää opintonsa, osa suorittaa kandidaatintutkinnon onnistuneesti ja siirtyy maisteriopiskelijoiksi. Kandidaatin- ja maisterintutkintoihin vaikuttavat opintomenestyksen tekijät. Opintomenestyksen tekijät ovat tutkinnon suorittamisen todennäköisyyteen tai nopeuteen vaikuttavia tekijöitä. Näitä tekijöitä on kuvattu myöhemmin kuviossa 16. Kandidaatin- ja maisterintutkinnot puolestaan vaikuttavat tutkintorahoitukseen.

Kuviossa 15. esitetty tutkintorahoituksen kausaalidiagrammi on muodostettu sopimuskauden 2021-2024 rahoitussopimuksen mukaisesti kuvaamaan tutkintorahoituksen muodostumista tutkintolajin ja suoritusnopeuden mukaisesti. Diagrammissa alemmat- ja ylemmät korkeakoulututkinnot virtaavat omista varastoistaan, jolloin virtauksille voidaan antaa omat painokertoimet kuvaamana tutkintojen eriäviä arvoja tutkintorahoituksessa. Suoritusnopeuksia on kuvattu omilla virtauksillaan.



Kuvio 15. Luonnos tutkintorahoituksen kausaalimallista

Tutkielmassa päätetään yrittää yhdistää opintomenestykseen vaikuttavia tekijöitä tutkintojen suorittamismääriin ja läpäisyasteeseen. Tätä päämäärää varten opintomenestykseen vaikuttavia ennustetekijöitä kartoitettiin osiossa 2.2 tutkimuskirjallisuuteen perehtymisen avulla. Seedman (2005, s. 120) jakaa opintomenestyksen tekijät kolmeen kategoriaan: opiskelijan ominaisuudet, yliopiston ominaisuudet sekä ympäristötekijöihin. Kuvion 16. diagrammissa seurataan Seedmanin jaottelua. Opiskelijan ominaisuuksia ovat muun muassa aikaisempi opintomenestys ja vanhempien tausta. Yliopiston ominaisuuksiin kuuluvat oppilaitoksen koko, opiskelijapalveluihin kohdistetut resurssit ja opiskelijavalinnan selektiivisyys. Ympäristötekijöitä ovat työllisyystekijät, asumispaikan etäisyys yliopistolle ja yliopiston etäisyys opiskelijan kotipaikkakunnalle.



Kuvio 16. Luonnos opintomenestyksen tekijöistä

4.2.2 Mallin rajaaminen

Kausaalimallintamisessa tunnistetaan useita tekijöitä ja osakokonaisuuksia, jotka vaikuttavat tutkintoprosessiin. Tutkielma päätetään kuitenkin rajoittaa tutkintoprosessiin, opintomenestyksen tekijöihin ja tutkintorahoituksen määrääytymiseen. Rajoittaminen tehdään, koska valitulla kokonaisuudella uskotaan pääsevän tutkielman tavoitteisiin ja rajoittamisella estetään mallinnuksen liiallinen laajeneminen. Taulukossa 5. esitellään mallimuuttujien rajausta.

Taulukko 5. Mallimuuttujien rajaus

Muuttujat		
Endogeeniset	Eksogeeniset	Ei sisällytetty
Hyväksytyt (virtaus)	Yliopistoon hakijat	Korkeakoulutuksen vetovoimatekijät
Kandidaattiopiskelijat	Tutkintorahoitus: kandidaattitutkinto (virtaus)	Alueellinen demografia
Keskeyttäneet kandi (virtaus)	Tutkintorahoitus: maisteritutkinto (virtaus)	Tavoite opiskelijamäärälle
Kandidatutkinnot (virtaus)	Tutkinnot yhteensä	Yliopiston kapasiteetti
Maisteriopiskelijat	Tutkinto suoritusnopeus 1.	Lukio kurssiarvosanataso
Keskeyttäneet maisteri (virtaus)	Tutkinto suoritusnopeus 2.	Vanhempien tulotaso
Maisteritutkinnot	Tutkinto suoritusnopeus 3.	Vanhempien koulutustaso
Tutkintorahoitus	Ylioppilaskirjoitukset keskiarvo	Yliopiston koko
Tutkintovarasto	Ylioppilaskirjoitukset: Matematiikka	Opiskelijavalinnan selektiivisyys
	Ylioppilaskirjoitukset: Äidinkieli	Etäisyys asunnosta yliopistolle
	Sukupuoli	Palkkatyö työskentely
	1.Lukuvuoden suoritustaso	
	Opiskelijapalveluiden resurssit	
	Etäisyys kotipaikkakunnalle	

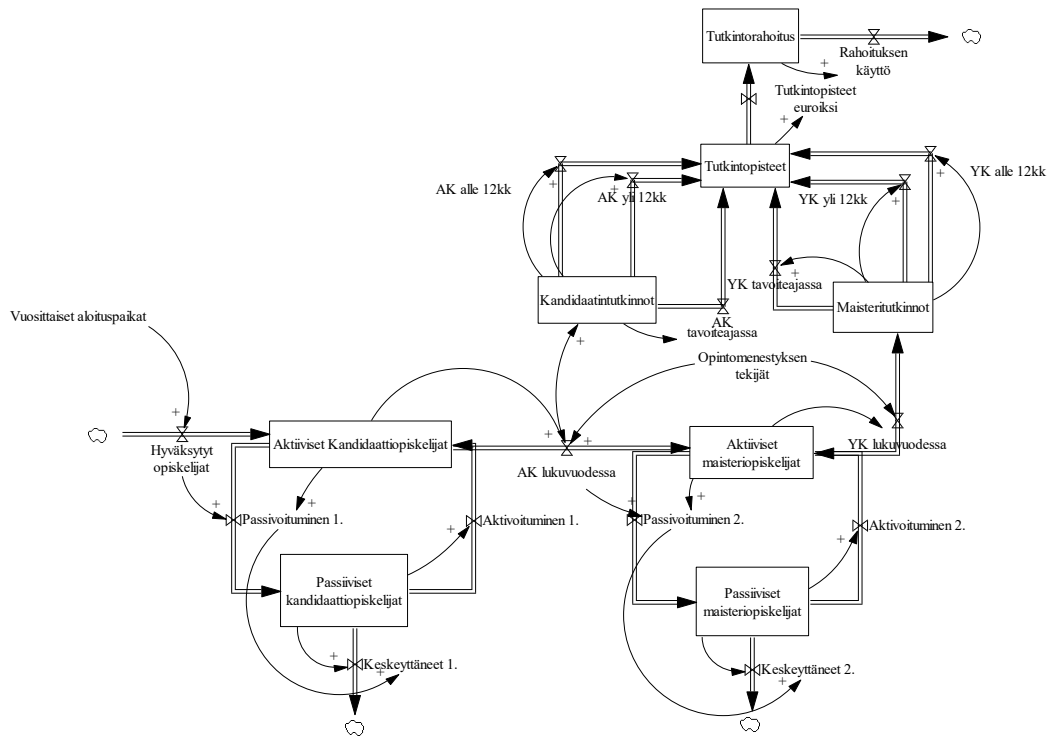
4.3 Simulaatio

Tässä osiossa toteutetaan aikaisemmissa luvuissa suunniteltu simulaatiomalli. Mallinnukseen joudutaan tekemään muutoksia käytännön toimivuuden vuoksi. Ensimmäisessä alakappaleessa käsitellään mallinnusta kokonaisuutena, jonka jälkeen mallia esitellään pienempinä osina. Muuttujien määrittely –osiossa kerrotaan, kuinka mallimuuttujat on määritelty ja mitä vakioarvoja mallissa käytetään.

4.3.1 Simulaatiomalli

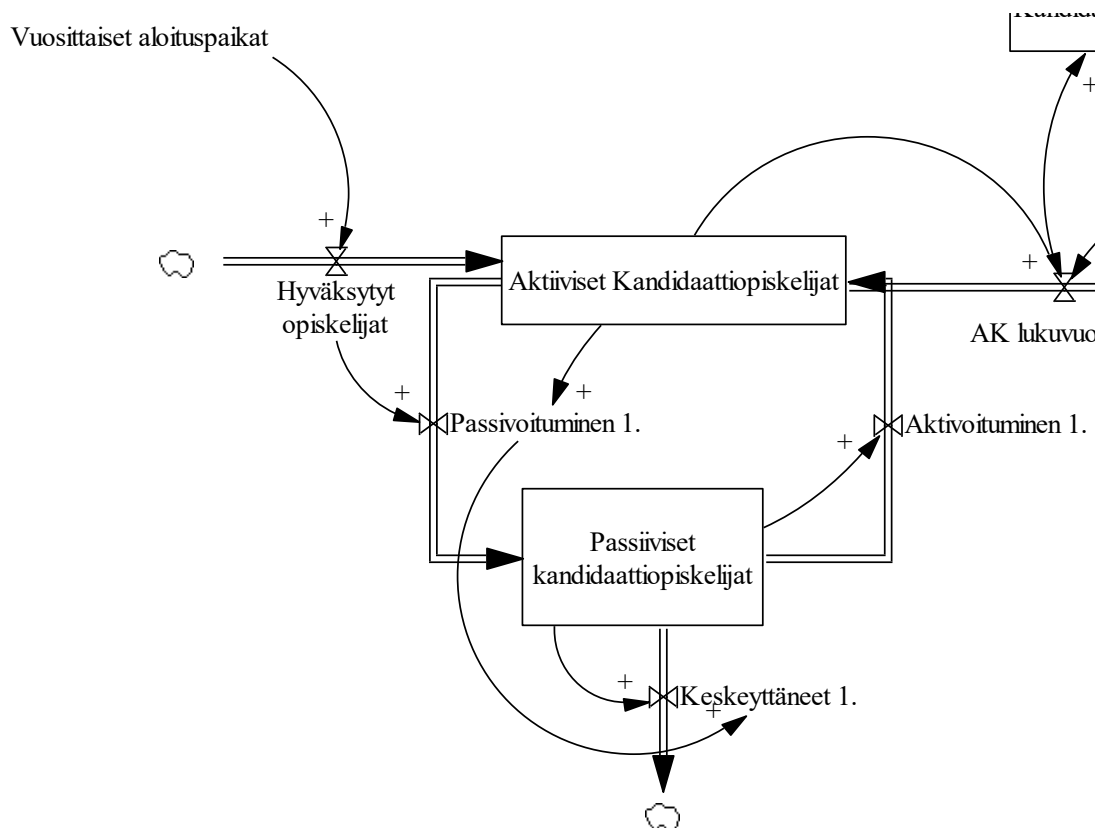
Simulaatiomallintamisen tuloksena saadaan Oulun yliopiston tutkintojärjestelmää kuvaava simulaatiomalli, joka on kytketty yliopistojen perusrahoituksen tutkinto-osuuteen. Mallin ajallinen horisontti on 2010-2030 aikaväli. Kuvion 17. simulaatiomallissa pääsyötteinä toimivat uusien opiskelijoiden lukumäärä, sekä opintomenestyksen tekijät -muuttuja, joka kuvaa tutkinnon suoritusnopeuteen yhteydessä olevia tekijöitä. Ulostulona saadaan estimaatti tutkintopisteistä ja korkeakoulujen rahoitussopimukseen perustuva euromääräinen tutkintorahoitus.

Kausaalimalli –osiossa muodostettiin ensimmäinen luonnos tutkintojärjestelmästä ja rahoitussopimuksen mallirakenteesta. Suunnitellusta rakenteesta joudutaan kuitenkin poiketa mallin toiminallisuuden parantamiseksi. Yhden kandidaatti- ja maisteriopiskelijat -varaston sijaan, opiskelijoille luodaan kaksinkertainen rakenne, jolla mallissa voidaan esittää opiskelijoiden aktiivisuuden ero. Tutkintorahoituksen muodostumisen rakenne tehdään myös kaksiportaiseksi, jossa tutkinnoista muodostetaan tutkintopisteitä ja tutkintopisteistä tutkintorahoitus.



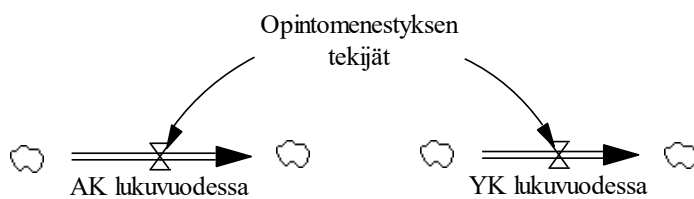
Kuvio 17. Simulaatiomalli

Simulaatiomallissa vuosittaiset aloituspaikat–muuttuja ja hyväksytyt opiskelijat–virtaus kuvaavat vuosittain Oulun yliopistoon saapuvia uusia opiskelijoita. Uusi opiskelija on kyseisenä tilastovuotena ensimmäistä kertaa kirjoittautunut yliopistotutkintoon johtavaan koulutukseen läsnä- tai poissaoleviksi. Mallissa vuosittaiset hyväksytyt opiskelijat on kytketty Passivoituminen 1.–virtaukseen. Tämä kytkentä tehdään, koska mallinnuksessa opintonsa keskeyttäneiden määrä on yhteydessä vuosikurssin suuruuteen. Vuosittain pieni osa aktiivisista kandidaattiopiskelijoista ohjataan myös passivoitumaan. Aktiiviset ja passiiviset kandidaattiopiskelijat on erotettu omiksi varastoikseen kuvaamaan aktiivisten FTE-opiskelijoiden ja kaikkien kirjoilla olevien opiskelijoiden erotusta. Rakenne on kuvattu kuviossa 18. Oletuksena mallissa on, että passiivisten opiskelijoiden varastosta osa lopettaa opintonsa ja osa palaa takaisin aktiiviseksi suorittamaan opintojaan. Aktiiviset kandidaattiopiskelijat –varastosta suoritetaan alempia korkeakoulututkintoja.



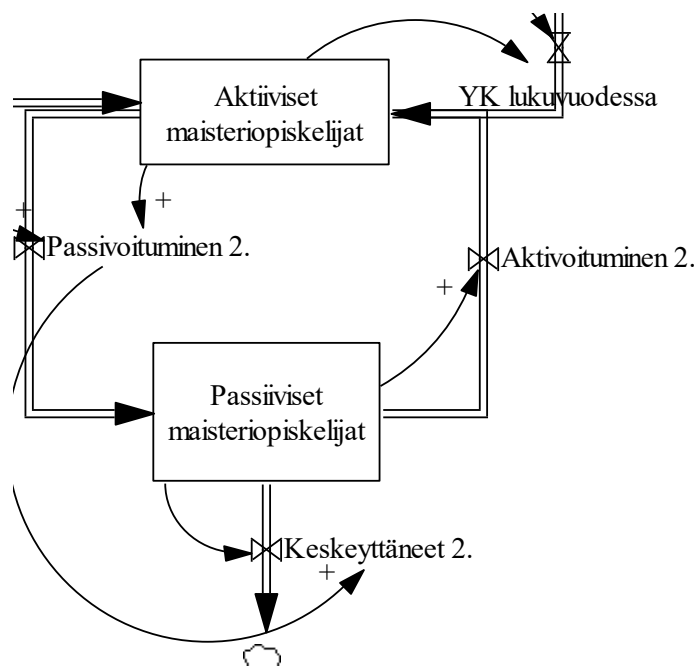
Kuvio 18. Simulaatiomallin kandidaattiopiskelija rakenne

Alempien ja ylempien korkeakoulututkintojen (lyh. AK ja YK) määrään on yhteydessä Opintomenestyksen tekijät –vakio muuttuja. Muuttujalla kuvataan korkeakoulututkinnon suorittamiseen yhteydessä olevia ennustetekijöitä kuten ensimmäisen lukuvuoden opintopistemäärä, ylioppilastutkinnon matematiikan ja äidinkielen arvosanoja ja muita aikaisemmin kohdassa 4.2.1 kuviossa 16. esitettyjä ennustemuuttujia.



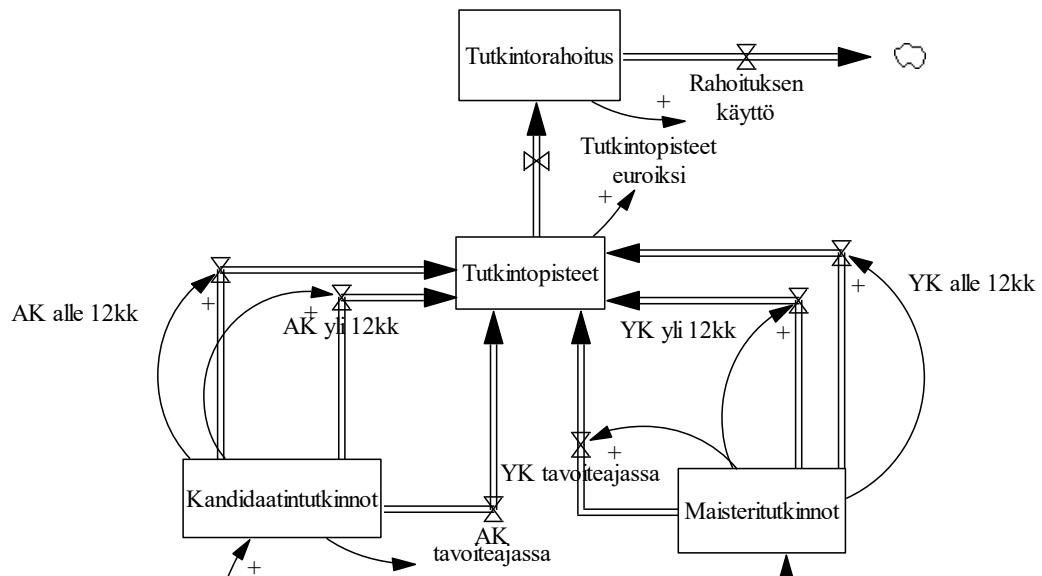
Kuvio 19. Simulaatiomallin opintomenestyksen tekijät

Maisterivaiheen opiskelijoille toistetaan kandiopiskelijoiden kuvailussa käytetty passiivinen-aktiivinen varastojen erottelu. Rakenne on esitelty kuviossa 20.



Kuvio 20. Simulaatiomallin maisteriopiskelija -rakenne

Yliopistojen 2021-2024 perusrahoitussopimusta kuvataan varasto-virtaus-mallilla, jossa vuosittain suoritettavat alemmat ja ylemmät korkeakoulututkinnot sekä tutkintopisteet ja tutkintorahoitus muodostavat järjestelmän varastot. Virtauksilla kuvataan eri tutkintojen suoritusnopeuksia. Rakenne on kuviossa 21. Rahoitussopimuksen mukaisesti tutkinnoista palkitaan yliopistoja tutkinnon suoritusasteen ja suoritusnopeuden mukaisesti. Tätä järjestelmää kuvataan virtauksilla, jossa kandidaatti- ja maisteritutkinto -varastoista lähtee kolme virtausta suoritusnopeuksien mukaisesti.



Kuvio 21. Simulaatiomallin tutkintorahoitus –rakenne

Tutkinnoista muodostetaan tutkintopisteitä, jotka määräytyvät tutkinnon suoritustason ja suoritusnopeuden perusteella. Simulaatiomallin viimeisessä vaiheessa kuvataan prosessi, jossa estimoidut tutkintopisteet muutetaan sopimuskauden 2021-2024 rahoitussopimusta mukaillen perusrahoituksen tutkintorahoitusosuudeksi. Mallissa rahoituksen käyttö –virtaus tyhjentää vuosittain tutkintorahoitus varaston.

4.3.2 Muuttujien määrittely

Tässä kappaleessa määritellään simulaatiomallinnuksessa käytettyjen muuttujien laskentaperusteita ja kerrotaan, mitä aineistoja muuttujien sovittamisessa on käytetty. Ensimmäisenä esitellään taulukko, johon on koostettu keskeisimmät mallimuuttujat, käytetyt aineistot ja muuttuja-arvot. Taulukkoa 6. seuraa sanallinen muuttujien käsittely.

Taulukko 6. Muuttujien määrittely

Muuttuja	Käytetty aineisto	Arvo
Vuosittaiset aloituspaikat	Vipunen: Yliopistojen uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot	1500 (opiskelijaa)
Aktiiviset kandidaattiopiskelijat	Vipunen: Yliopistojen uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot	6855 (opiskelijaa)
Passivoituminen 1.	Vipunen: Yliopistokoulutuksen aloittaneiden läpäisy	Hyväksytyt opiskelijat * 0.2 + Aktiiviset Kandidaattiopiskelijat * 0.025
Aktiiviset maisteriopiskelijat	Vipunen: Yliopistokoulutuksen aloittaneiden läpäisy	2600 (opiskelijaa)
Passivoituminen 2.	Vipunen: Yliopistokoulutuksen aloittaneiden läpäisy	AK lukuvuodessa * 0.17 + Aktiiviset maisteriopiskelijat * 0.025
Opintomenestyksen tekijät	Oulu yliopisto LUMA opiskelijatietoaineisto	1
Alempia korkeakoulututkintoja lukuvuodessa	Vipunen: Yliopistojen uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot	Aktiiviset Kandidaattiopiskelijat * 0.23 * Opintomenestyksen tekijät
Ylempiä korkeakoulututkintoja lukuvuodessa	Vipunen: Yliopistojen uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot	Aktiiviset maisteriopiskelijat * 0.339969 * Opintomenestyksen tekijät
Alemman korkeakoulututkinnon suoritusnopeus muuttajat	Vipunen Extra: tavoiteajassa tutkinnon suorittaneet (luonnos) Vipunen API: tavoiteajassa_tutkinnon_suorittaneet	AK alle 12kk: Kandidaatintutkinnot * 0.3112 AK yli 12kk: Kandidaatintutkinnot * 0.2905 AK tavoiteajassa: Kandidaatintutkinnot * 0.3673
Ylemmän korkeakoulututkinnon suoritusnopeus muuttajat	Vipunen Extra: tavoiteajassa tutkinnon suorittaneet (luonnos) Vipunen API: tavoiteajassa_tutkinnon_suorittaneet	YK alle 12kk: Maisteritutkinnot * 0.3015 YK yli 12kk: Maisteritutkinnot * 0.3311 YK tavoiteajassa: Maisteritutkinnot * 0.3673
Tutkintorahoitus	Vipunen API: yo_talous Vipunen API: tavoiteajassa_tutkinnon_suorittaneet	Tutkintopisteet euroiksi * 10635

Kandidaattiopinnoissa passivoitumista kuvataan 'Passivoituminen 1.' -virtauksella. Virtauksen päätarkoituksena on opintonsa keskeyttäneiden opiskelijoiden kuvailu. Vipusen Yliopistokoulutuksen aloittaneiden läpäisy -aineiston mukaan vuosikurssista 2009/2010 kansallisesti 89,2% suorittaa alemman korkeakoulututkinnon alkuperäisessä tutkintolajissa 8,5 vuoden aikana. Simulaatiomallissa luodaan rakenne, jossa noin 10% vuosikurssista luopuu kandidaatinopinnoista. Maisteriopintojen 'Passivoituminen 2.' -virtaus kuvaa ylemmän korkeakoulutuksen vastaavaa aineistoa, jossa lukukaudella 2009/2010 aloittaneista 61.8% suorittaa ylemmän korkeakoulututkinnon 8,5 vuoden aikana.

Aktiiviset ja passiiviset kandidaattiopiskelijat on erotettu omiksi varastoikseen kuvaamaan aktiivisten FTE-opiskelijoiden ja kaikkien kirjoilla olevien opiskelijoiden erotusta. Alustavassa graafisessa tarkastelussa kuviossa 7. havaitaan, että Oulun yliopistossa kandidaatinopintoja suorittavien FTE-opiskelijoiden määrässä on laskeva trendi. Tämän lisäksi Vipusen Yliopistojen uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot -aineistosta huomataan, että Oulun yliopistossa FTE-opiskelijoiden osuus kaikista opiskelijoista on kasvanut 2010-2019 aikavälillä lähes 10% -prosenttiyksikköä. Vuonna 2019 FTE-kandidaattiopiskelijoiden osuus kaikista kandidaattiopiskelijoista on 79%. Tätä kehitystä kuvataan simulaatiomallin aktiiviset kandidaattiopiskelijat ja passiiviset kandidaattiopiskelijat -rakenteella. Aktiiviset opiskelijat kuvaavat FTE-laskennan mukaista opiskelijamäärää. Passiiviset opiskelijat ovat FTE-laskennan ja kokonaisopiskelijamäärän erotus. Vuonna 2010 FTE-laskennan ulkopuolisia opiskelijoita Oulun yliopistossa oli lähes 3000. Mallinnus mukailee historiallista aineistoa ja ohjaa passiiviset opiskelijat joko keskeyttäneet-virtaukseen tai aktivoituminen 1. -virtaukseen.

Mallissa aktiiviset kandidaattiopiskelijat suorittavat alempia korkeakoulututkintoja. Alemmat korkeakoulututkinnot -virtaukseen arvioidaan vakiosuure, joka kuvaa suoritettujen kandidaatintutkintojen osuutta aktiivisten kandidaattiopiskelijoiden määrästä. Vipunen - tutkinnot, uudet opiskelijat ja tutkinnot -aineistossa kyseinen osuus Oulun yliopistossa on vuonna 2010 15,5% ja vuonna 2019 23,0%, vaihteluväli on [15,5;24,1]. Simulaatiomallissa käytetään 23% osuutta, joka on vuosien 2014-2019 osuuksien keskiluku. Vastaava rakenne toistetaan maisteriopiskelijat -varaston ja ylemmät korkeakoulututkinnot -virtauksen välillä. Aineistossa suoritettujen

maisteritutkintojen osuus aktiivisten maisteriopiskelijoiden määrästä Oulun yliopistossa vuonna 2010 on 55,8% ja vuonna 2019 36%. Vaihteluväli on [55,8; 31,6]. Simulaatiomallissa käytetään 36,9% osuutta, joka on vuosien 2014-2019 osuuksien keskiluku.

Mallintamisessa käytetään lineaarista mallintamista opintomenestyksen tekijöiden etsimisessä. Linearisessa mallintamisessa löydetään tilastollisesti merkitseviä tekijöitä opintomenestyksen kuvaamiseen. Kuitenkin mallien selittävyysasteet jäävät varsin mataliksi ja tämän johdosta simulaatiomallinnuksessa päätetään käyttää suuripiirteistä 'opintomenestyksen tekijät' -varastoa kuvaamaan kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat opintojen sujuvuuteen. Mallissa tekijä saa vakioarvoksi 1.

Taulukko 7. Opintomenestyksen tekijöiden lineaarisen mallintamisen tulokset

Selittävä muuttuja	Vakio-termini	Etäisyys	YTL Äidinkieli	YTL Pitkämatematiikka	YTL Lyhytmatematiikka	YTL Keski-arvo	YO 1.lv op.ker tymä	
Selitettävänä muuttujana 1.lv opintopistekertymä 2006-2018								R^2
1.LV opintopistekertymä	23.945** (1.141)	0.008* (0.001)	1.099*** (0.207)	-0.357*** (0.108)	0.117 (0.117)	4.0554* (0.339)	-	0.0 55
Selitettävänä muuttujana alemman korkeakoulututkinnon suoritus aika 2009-2015								
Kesto tutkintoon	AK 6.094*** (0.134)	-0.001 (0.000)	-0.063*** (0.023)	0.0273** (0.010)	-0.007 (0.011)	0.005 (0.034)	- (0.001)	0.1 67

Keskihajonnat esitetty suluissa, t-arvot esitetään symboleilla * = 5 %:n merkitsevyydestä, ** = 1 %:n merkitsevyydestä ja *** = 0,1% merkitsevyydestä. YTL = ylioppilastutkintolautakunta, YO = Yliopisto

Tutkinnoista muodostetaan tutkintopisteitä, jotka määräytyvät tutkinnon suoritustason ja suoritusnopeuden perusteella. Simulaatiomallissa jätettiin opintoalojen ja tutkintokattojen vaikutus tutkintorahoitukseen mallinnuksen ulkopuolelle.

Tutkintopisteiden määräytyminen estimoitiin lineaarisella regressiomallilla ja muuttujien piste-estimaatteja käytetään simulaatiomallinnuksen tutkintokertoimina. Aineistona estimointiin käytetään Vipunen API: yo_talous, yhdessä aineiston Vipunen API: tavoiteajassa_tutkinnon_suorittaneet kanssa. Aineistot suodatettiin sisältämään vain Oulun yliopiston tietoja.

Taulukko 8. Tutkintopisteiden lineaarisen mallintamisen tulokset

Selittävä muuttuja	Vakiotermi	Tavoiteajassa	Enintään12kk	Yli 12 kk	
	Selitettävänä muuttujana tutkintopisteet vuosilta 2017-2019				R^2
Alempi korkeakoulututkinto	16.1287 (46.6562)	1.8109 ** (0.1520)	1.6837* (0.3743)	1.4054 * (0.1835)	0.9989
Ylempi korkeakoulututkinto	28,1329 (20.1332)	2.2816 ** (0.1633)	1.3462 . (0.3173)	1.2910 ** (0.1294)	0.9998

Keskihajonnat esitetty suluissa, t-arvot esitetty seuraavasti: * = 5 %:n merkitsevyystaso, ** = 1 %:n merkitsevyystaso ja *** = 0,1%:n merkitsevyystaso

Simulaatiomallissa tutkintopisteistä muodostetaan yliopistojen ja Opetus- ja kulttuuriministeriön välisen rahoitussopimuksen mukaisesti tutkintorahoitus. Tutkintorahoituksen arvioimisessa tutkintopisteisiin pohjautuen käytetään Vipunen API: rajapinnan yo_talous -aineistoa. Simulaatiomallissa käytetään arvoa 10635€ per tutkintopiste. Arvo on estimoitu erottamalla 2021-2024 voimassa olevan rahoitussopimuksen mukainen 30% tutkintorahoitusosuus OKM perusrahoituksesta vuosilta 2015-2019. Tutkintorahoitusosuus on vuositasolla jaettu kyseisen vuoden tutkintopistekertymällä ja tuloksena saadaan tutkintorahoituksenosuus per tutkintopiste vuosi. Simulaatiomallissa käytetty arvo, 10635€ per tutkintopiste, on vuosien 2015-2019 keskiluku.

4.4 Mallin arviointi

George Box (1976) totesi, että kaikki mallit ovat väärässä, joskin jotkin ovat hyödyllisiä. Mallin arvioinnissa Sterman (2002, s. 103) painottaa samankaltaista

ajattelutapaa, sillä hänen mukaansa mallin ennustetarkkuuden lisäksi on tärkeää tarkastella, kuinka mallinnus vastaa alkuperäiseen tarpeeseen ja todellisen järjestelmän rakenteita.

Tässä kappaleessa arvioidaan tuotetun simulaatiomallinnuksen hyvyttä eri mittareilla sekä sen käyttökelpoisuutta käyttötarkoituksessaan. Mallin hyvyttä tarkastellaan 4.4.1 -osiossa graafisesti viivakuviona, joissa on kuvattu todellisen aineiston tuottama trendilinja ja simulaatiomallinnuksen vastaava arvio. Taulukossa 9. on esitelty simulaatiossa käytetyt muuttujien oletusarvot. Mallin toimintaa tarkastellaan numeerisesti osittaisherkkyysanalyysin muodossa, jossa selvitetään kuinka 10% muutos päämuuttujiin vaikuttaa tutkintorahoituksen määrään.

Laajuus –osiossa pohditaan mallin laajuuden riittävyttä ja tekijöitä, jotka jouduttiin jättämään mallinnuksen ulkopuolelle. Toistettavuus osiossa tarkastellaan mallinnuksen toistettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ja mahdollisia rajoituksia.

4.4.1 Rakenne ja toiminta

Tässä kappaleessa ensin arvioidaan simulaatiomallinnuksen rakenteen vastaavuutta todellisuuden kanssa ja sen mahdollisia puutteita sekä eroavaisuuksia. Mallin toiminnallisuutta tarkastellaan osittaisherkkyysanalyysin avulla, jossa valittuja muuttuja-arvoja muutetaan 10%-yksikköä ja tarkkaillaan kuinka muutos vaikuttaa estimoituun tutkintorahoitukseen. Osittaisherkkyysanalyysi on esitetty taulukossa 10. Tämän jälkeen verrataan simulaatiomallin tuottamia ennusteita todelliseen aineistoon graafisen tarkastelun avulla. Mallinnuksen päämuuttujien oletusarvoina käytettiin Oulun yliopiston vuoden 2010 todellisia opiskelija-aineiston arvoja. Arvot ovat esitelty taulukossa 9.

Simulaatiomallintamisen tuloksena saadaan Oulun yliopiston tutkintojärjestelmää kuvaava simulaatiomalli, joka on kytketty yliopistojen perusrahoituksen tutkinto-osuuteen. Mallin ajallinen horisontti on 2010-2030 aikaväli. Simulaatiomallin pääsyytteinä toimivat uusien opiskelijoiden lukumäärä sekä opintomenestyksen tekijät

–muuttuja, joka kuvaa tutkinnon suoritusnopeuteen yhteydessä olevia tekijöitä. Ulostulona saadaan estimaatti tutkintopisteistä ja korkeakoulujen rahoitussopimukseen perustuva euromääräinen tutkintorahoitus.

Simulaatiomalli kuvaa todenmukaisesti, joskin pelkistetysti, tutkintojärjestelmän rakennetta. Tutkintoprosessi on vahvasti aggregoitu, jolloin yksittäisen opiskelijan opintopolun sijaan käytetään vuosittaisia tutkintomääriä ja koko Oulun yliopistoa kuvaavia opiskelijamassoja. Luodulla simulaatiomallilla onnistutaan kuvailemaan tutkintojärjestelmän rakenteita ja malli toimii viestinnän välineenä.

Mallinnuksen tarkkuus, verrattuna todelliseen aineistoon, jättää kuitenkin toivomisen varaa. Mallin rakenteessa on laajuudellisia puutteita. Luotu simulaatiomallinnus ei huomioi uusia opiskelijoita, jotka saapuvat suorittamaan uusina opiskelijoina suoraan ylempää korkeakoulututkintoa. Vipusen Uudet opiskelijat, opiskelijat ja tutkinnot – aineiston mukaan tämän kaltaisia uusia opiskelijoita on Oulun yliopistossa vuonna 2019 459 kappaletta. Vuodesta 2010 trendi on ollut nouseva. Tämä eroavaisuus vaikuttaa simulaatiomallin ylempää korkeakoulututkintoa suorittavien opiskelijoiden määrään sekä tutkintopisteiden ja tutkintorahoituksen määrään verrattuna todelliseen historialliseen aineistoon.

Osittaisherkkyysanalyysissä muutetaan yhtä muuttuja-arvoa kerrallaan säilyttäen muut muuttujat vakioarvossaan, ja tarkastellaan, kuinka tehty muutos vaikuttaa estimoituun perusrahoituksen tutkintorahoitukseen verrattuna simulaatioon ilman muutosta. Osittaisherkkyysanalyysi suoritetaan simulaatiolla aikavälille 2010-2018. Vertailuarvona käytetään vuotta 2018.

Taulukko 9. Simulaatiomallin vakioarvot

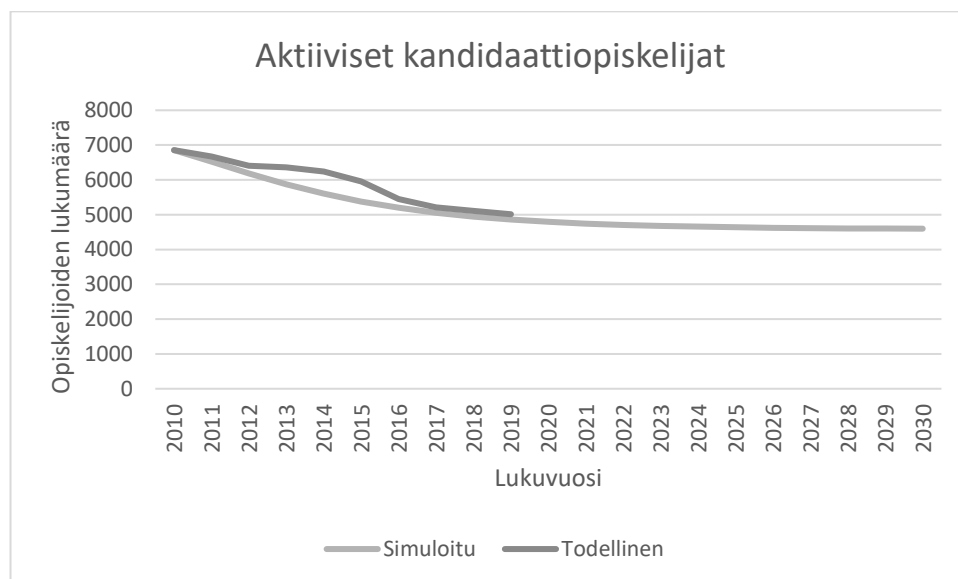
Muuttujat	Arvo
Aktiiviset kandidaattiopiskelijat	6855 (opiskelijaa)
Aktiiviset maisteriopiskelijat	2600 (opiskelijaa)
Passiiviset kandidaattiopiskelijat	3000 (opiskelijaa)
Passiiviset maisteriopiskelijat	800 (opiskelijaa)
Vuosittaiset aloituspaikat	1500 (opiskelijaa)
Alempia korkeakoulututkintoja lukuvuodessa	Aktiiviset kandidaattiopiskelijat * 0.23
Ylempiä korkeakoulututkintoja lukuvuodessa	Aktiiviset maisteriopiskelijat * 0.34

Taulukko 10. Osittaisherkkyysanalyysi

Muuttuja	Muutos perusarvossa (% -yksikköä)	Vaikutus tutkintorahoitukseen (%)
Vuosittaiset aloituspaikat	+ 10 %	4,9 %
	- 10 %	-4,9 %
Kandidaatti passivoituminen	+ 10 %	-5,6 %
	- 10 %	5,6 %
Kandidaatti aktivoituminen	+ 10 %	4,3%
	- 10 %	-6,4 %
Maisteri passivoituminen	+ 10 %	-2,7 %
	- 10 %	2,7 %
Maisteri aktivoituminen	+ 10 %	0,6 %
	- 10 %	-1,2%
Opintomenestyksen tekijät	+ 10 %	3,6%
	- 10 %	-4,5%

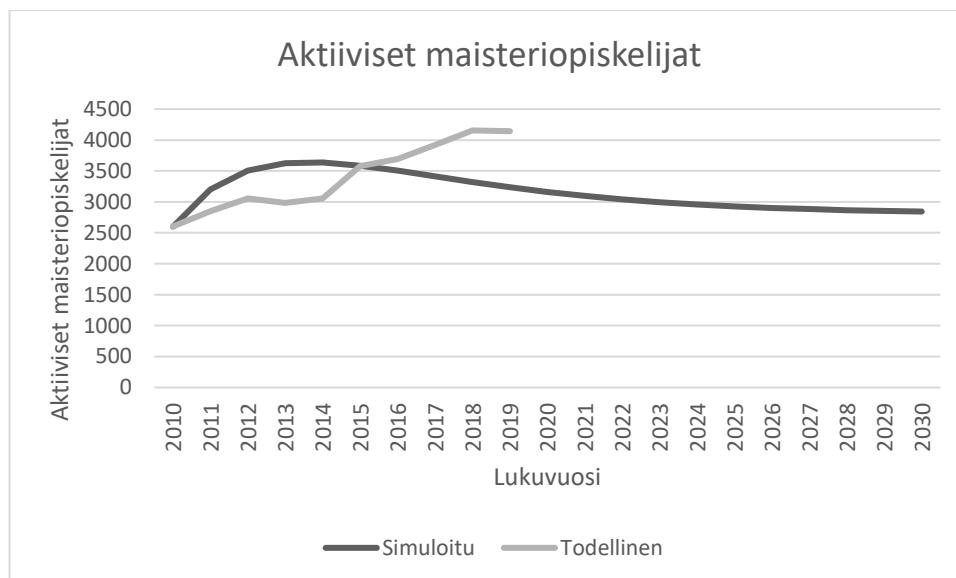
Osittaisherkkyysanalyysi paljastaa, että simulaatiomallissa suurimman positiivisen muutoksen tutkintorahoitukseen aiheuttaa kandidaattiopiskelijoiden passivoitumisen vähentäminen. Toiseksi suurin positiivinen vaikutus on aloituspaikkojen lisäämisellä. Mallissa suurimmat negatiiviset vaikutukset tutkintorahoitukseen aiheuttaa kandidaattiopiskelijoiden passivoitumisen lisääntyminen ja aloituspaikkojen vähäneminen.

Seuraavaksi tarkastellaan graafisesti simulaation tuottamia ennusteita verrattuna todelliseen Oulun yliopiston aineistoon. Kuviossa 22. kuvataan mallin tuottamaa estimaattia aktiivisten kandidaattiopiskelijoiden määrästä verrattuna todelliseen aktiivisten kandidaattiopiskelijoiden historialliseen määrään.



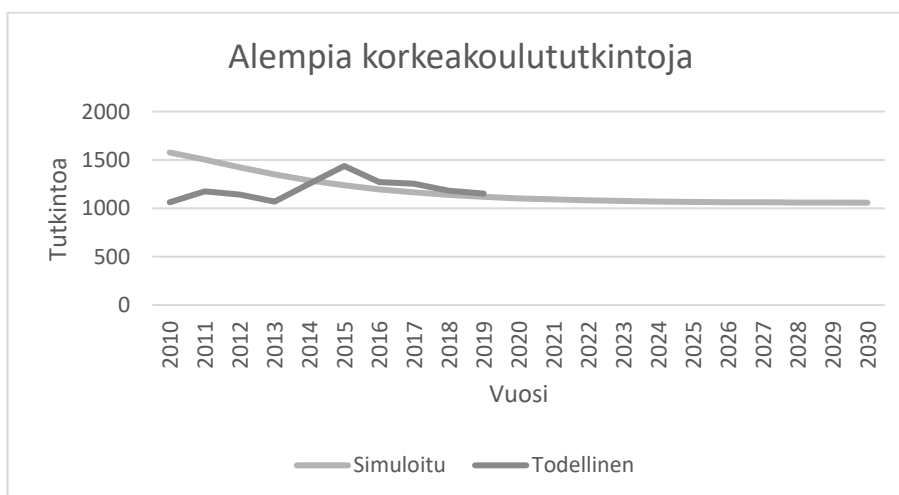
Kuvio 22. Estimaatti kandidaattiopiskelijamäärästä vs. todellinen aineisto

Kuviossa 23. toistetaan edellisen vertailun kaltainen tarkastelu myös maisteriopiskelijoille. Mallinnus ennustaa aktiivisten maisteriopiskelijoiden määrän kasvavan vuoteen 2014 saakka, jonka jälkeen opiskelijoiden estimoitu opiskelijamäärä laskee. Todellisuudessa Oulun yliopistossa maisterivaiheen opiskelijoiden määrä on aineistossa kasvanut aina vuodesta 2010 lähtien. Simuloidut arvot ja todellinen historiallinen aineisto eroavat huomattavasti toisistaan. Mallinnus ei ota huomioon suoraan ylempää korkeakoulututkintoa suorittamaan siirtyviä opiskelijoita, mikä selittää osan eroavaisuudesta.



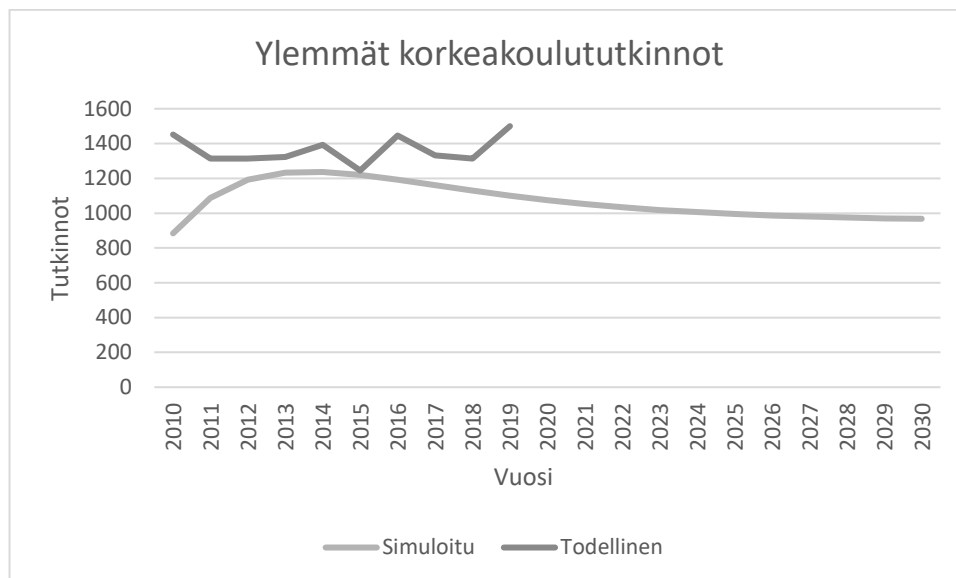
Kuvio 23. Estimaatti maisteriopiskelijämäärästä vs. todellinen aineisto

Kuvio 24. esittelee mallin tuottamaa estimaattia alempien korkeakoulututkintojen määrästä verrattuna Oulun yliopiston todelliseen tutkintomäärään samana ajanjaksona. Vuodesta 2017 lähtien mallinnus on lähellä todellisia tutkintoarvoja. Kuitenkin vuotta 2017 aikaisemmin mallinnuksen ja todellisen aineiston arvot eroavat selvästi toisistaan.



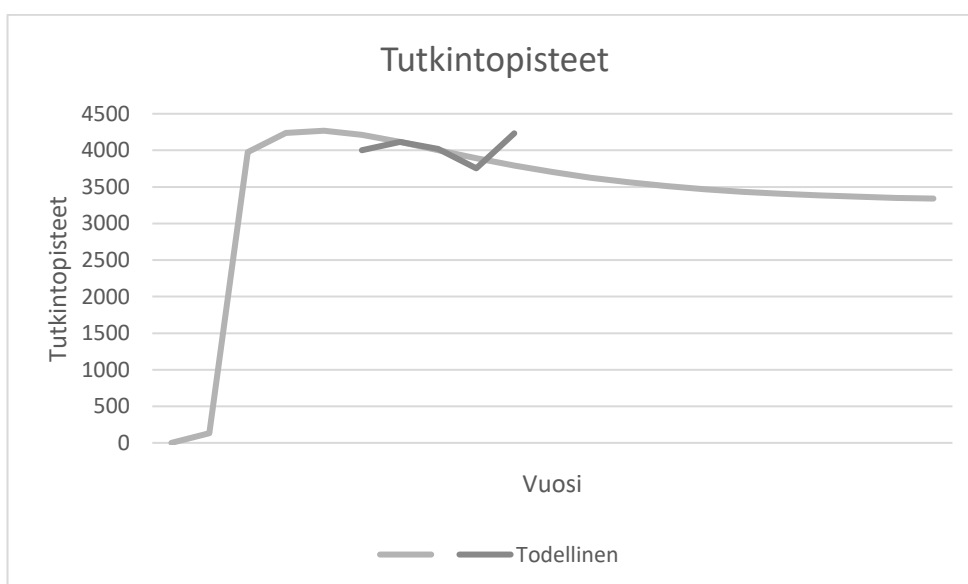
Kuvio 24. Estimaatti alemmista korkeakoulututkinnoista vs. todellinen aineisto

Kuvio 25. esittää mallin simuloimaa ylempien korkeakoulututkintojen määrää verrattuna todelliseen historialliseen aineistoon. Simuloidut arvot ovat huomattavasti todellisia matalampia.



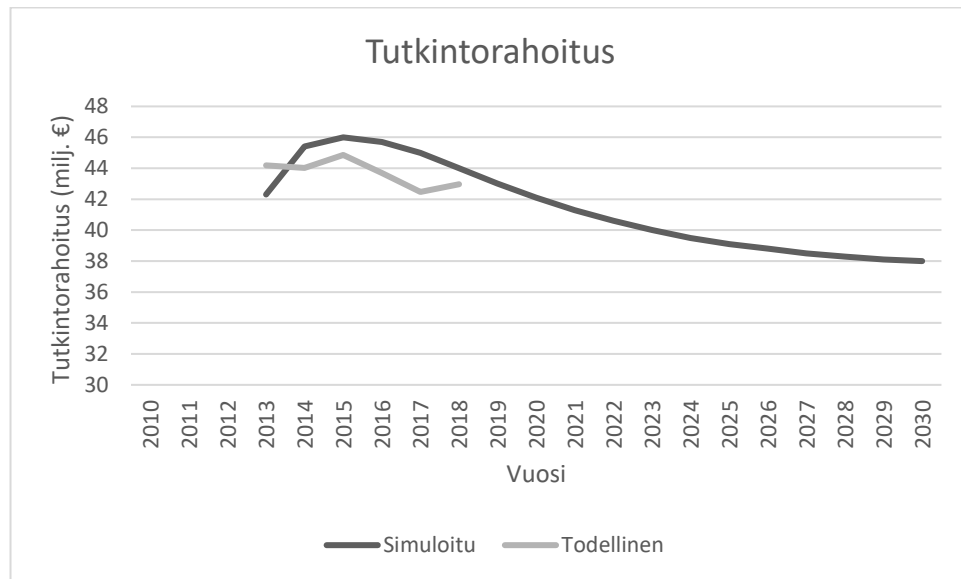
Kuvio 25. Estimaatti ylempistä korkeakoulututkinnoista vs. todellinen aineisto

Tutkintopisteistä historiallista aineistoa on saatavilla vain vuosilta 2015-2019 ja malli pystyy melko hyvin selittämään tutkintopisteiden kehityksen. Vuonna 2019 tutkintopisteissä on tapahtunut voimakasta kasvua, jota mallinnus ei pysty selittämään.



Kuvio 26. Estimaatti tutkintopisteistä vs. todellinen aineisto

Kuviossa 26. todellisena aineistona on esitetty sopimuskauden 2021-2024 rahoituksensopimuksen mukainen tutkintorahoituksen osuus estimoituna edeltäville vuosille. Oulun yliopiston perusrahoituksesta on aineistoa vuosille 2013-2018. Simulaatiomallin estimoima tutkintorahoitus on vuodesta 2014 lähtien korkeampi kuin todellinen rahoitus. Tutkintorahoituksen estimoidussa määrässä huomataan samankaltainen laskeva trendi kuin opiskelijamäärissä ja tutkinnoissa.



Kuvio 27. Estimaatti tutkintorahoituksesta vs. todellinen aineisto

4.4.2 Laajuus

Tässä kohdassa tarkastellaan simulaatiomallinnuksen laajuutta, arvioidaan sen riittävyyttä ja pohditaan osakokonaisuuksia, jotka jouduttiin jättämään mallinnuksen ulkopuolelle.

Tutkielman päätavoitteena oli luoda simulaatiomalli, jolla pystytään entä jos - skenaarioanalyysiin. Tutkielmassa saavutetaan päätavoite. Tutkielman tekovaiheessa mallinnuksen laajuutta jouduttiin hallitsemaan jättämällä mallin ulkopuolelle osakokonaisuuksia ja toiminnallisuuksia. Tämä lopulta vaikuttaa siihen, että tutkielman toissijaista tavoitetta ei saavuteta.

Dynaaminen hypoteesi -osiossa luodaan luonnos tutkintojärjestelmästä ja siihen mahdollisesti vaikuttavista osakokonaisuuksista. Näitä osakokonaisuuksia, jotka eivät päätyneet lopulliseen mallinnukseen, olivat muun muassa hakijoiden määrään ja akateemiseen suoritustaustaan mahdollisesti vaikuttavat korkeakoulutuksen vetovoima, alueellinen demografia ja yksittäisen yliopiston vetovoima. Lopullisesta mallinnuksesta puuttuvat myös tutkintojärjestelmää rajoittavat kokonaisuudet, kuten yliopiston opetuskapasiteetti, sekä kustannusrakenne tutkintojen tuottamiselle.

Simulaatiomallinnuksessa tutkintorahoituksen muodostuminen on pelkistetty tutkinnon suoritusnopeuteen ja tutkinnon tasoon. Opetus- ja kulttuuriministeriön ja yliopistojen sopimuskauden 2021-2024 rahoitussopimuksen mukaan tuotetuista tutkinnoista määräytyvä tutkintorahoitus perustuu tutkinnon suoritusnopeuteen, alakohtaisiin ryhmiin ja siihen, onko opiskelija suorittanut tutkintotason ensimmäistä kertaa.

Rahoitussopimuksen perusteella myönnettävä tutkintorahoitus määräytyy kolmen viimeisen vuoden keskiarvona. Simulaatiomallissa rahoitus määräytyy vuosittaisten tutkintopisteiden perusteella. Simulaatiomallista puuttuvat myös tutkintotavoitteet, jotka rahoitussopimuksessa rajoittavat ja ohjaavat tutkintojen tuottamista. Rahoitussopimuksen mukaan tutkintotavoitteen ylittävistä tutkinnoista ei kompensoida yliopistoja. Simulaatiomallissa ei ole tämänkaltaista rajoitetta.

4.4.3 Toistettavuus

Tässä osiossa arvioidaan simulaatiomallinnuksen läpinäkyvyyttä ja sen toistettavuutta.

Tutkielmassa rakennettu simulaatiomallinnus on toistettavissa käyttäen, 29.5.2020 ajanhetkellä, ilmaisia ja vapaasti saatavissa olevia aineistoja ja ohjelmistoja. Simulaatio luodaan Vensim PLE 8.0.7 –ohjelmistolla, joka on henkilökohtaiseen opiskeluun tarkoitettu ilmainen ohjelmistoversio. Tutkielmassa käytetään R 3.6.1 –ohjelmistoa aineistojen käsittelyssä, kuvaajien tuottamisessa ja lineaarisessa mallintamisessa. R on ilmainen sovellusympäristö.

Tutkielmassa käytetyn simulaatiomallintamismenetelmän toiminta esitellään tutkielman osiossa 3. Luvun tarkoituksena on tarjota yleiskuva systeemidynamiikka – simulaatiomenetelmän toiminnasta ja tärkeimmistä rakenteista. Tutkielmassa käytetään Vipunen, Vipunen Extra ja Vipunen API -aineistolähteiden tarjoamia aineistoja yliopistokoulutuksesta. Aineistojen käyttö on ilmoitettu asiayhteydessä. Vipunen –verkkopalvelu on Opetushallinnon tilastopalvelu, joka on kaikille avoin. Verkkopalvelun aineisto sisältää koulutusaineistoa. Vipunen Extra –palvelun käyttö on rajoitettu korkeakoulujen henkilökunnan ja opiskelijoiden käyttöön. Tutkielmassa käytettiin extra-palvelun luonnosversiota suoritetuista korkeakoulututkinnoista jaoteltuna suoritusnopeuksien mukaisesti. Tutkielman tekohetkellä aineisto on myös saatavissa ilman käyttäjärajoituksia Vipunen API –rajapinnasta. Tarkempaa tietoa aineistojen käytöstä löytyy tutkielman 3.1 osiosta.

Opintomenestyksen tekijöitä estimoitiin Oulun yliopiston opiskelijatietoaineistolla, jonka käsittelyyn vaaditaan tutkimuslupa. Löydettyjä tekijöitä ei kuitenkaan käytetty mallinnuksessa, joten toistettavuuden kannalta aineisto ei ole tarpeellinen. Kaikki simulaatiomallissa käytetyt kaavat löytyvät liitteestä 1. ja simulaatiomallin rakenne ja muuttujat on määritelty osiossa 4.3. Simulaation tulokset ovat toistettavissa käyttäen tutkielman tietoja.

5 POHDINTA

Tutkielman tuloksena saadaan Oulun yliopiston tutkintojärjestelmää kuvaava simulaatiomalli, joka on kytketty yliopistojen perusrahoituksen tutkinto-osuuteen. Mallin ajallinen horisontti on vuosien 2010-2030 aikaväli. Simulaatiomallin pääsyötteinä toimivat uusien opiskelijoiden lukumäärä, sekä opintomenestyksen tekijät –muuttuja, joka kuvaa tutkinnon suoritusnopeuteen yhteydessä olevia tekijöitä. Malli tuottaa ulostulona vuosittaisen estimaatin tutkintopisteistä ja tutkintorahoituksesta.

Tutkielman päätavoitteena oli luoda simulaatiomalli rahoitussopimukseen kytketystä tutkintojärjestelmästä, jolla pystytään entä jos -skenaarioanalyysiin. Tutkimuskysymyksinä toimivat 1. Mitkä ovat tutkintojärjestelmää ohjaavat päämuuttujat? 2. Minkälainen yhteys päämuuttujilla on toisiinsa? Tutkielmassa saavutetaan päätavoite. Tämän johdosta, mallinnuksella voidaan tarkkailla tutkintojärjestelmän rakennetta ja opiskelijoiden läpivirtausta järjestelmässä. Tutkielmassa onnistuttiin liittämään tutkintojärjestelmä rahoitussopimuksen tutkintorahoitukseen ja entä jos-skenaarioanalyysissä saadaan euromääräinen vaste. Simulaatiomalli ei kuitenkaan tarjoa sellaista tarkkuutta, jolla voitaisi tehdä optimointipäätöksiä. Tämän vuoksi toissijainen tavoite toimintaehdotusten luomisesta skenaarioanalyysin perusteella jää tutkielmassa saavuttamatta. Toissijaisen tavoitteen tutkimuskysymykset olivat 3. Miten opiskelijoiden opintosuoritumista voidaan parantaa? 4. Mitkä ovat tutkintojärjestelmän kannattavimmat investointikohteet?

Simulaatiomalli toimii hyvin viestinnän välineenä. Entä jos -skenaarioanalyysillä voidaan viestiä tutkintojärjestelmän toiminnasta eri sidosryhmille ja esitellä kuinka tutkintojärjestelmä on yhteydessä yliopistojen rahoitussopimukseen. Simulaatiomallinnus on rakennettu ilmaisella Vensim PLE –ohjelmistolla, toimii graafisella käyttöliittymällä ja sen rakenne on kaikille näkyvillä. Tämä tekee mallista helposti lähestyttävän ja mahdollistaa matalalla kynnyksellä kanssakäymisen mallinnuksen kanssa. Simulaatiomalli on yleistettävissä kaikkiin Suomen yliopistoihin ja kalibroinnilla myös ammattikorkeakouluihin.

Simulaatiomallin tuottamat tulokset ovat luotettavia, mutta mallinnuksen rakenteessa on puutteita. Selkeimpänä laajuuden puutteena on suoraan ylempää korkeakoulututkintoa suorittamaan saapuvien opiskelijoiden kuvailuun tarvittavan rakenteen puuttuminen. Tämä aiheuttaa ristiriitaisuutta historiallisen aineiston kanssa. Luotu simulaatiomalli toimii kuitenkin itsenäisenä kokonaisuutena ja luo hyvän pohjan jatkokehitykselle.

Jatkotutkimuksena simulaatiomallinnuksen rakennetta tulisi kehittää, jotta toissijainen tavoite toimintaehdotusten luomisesta skenaarioanalyysin perusteella voitaisi saavuttaa. Rakenteen kehittämisessä tulee huomioida suoraan ylempää korkeakoulututkintoa suorittamaan saapuvien opiskelijoiden kuvailu. Tämän lisäksi lisäarvoa mallintamiseen saadaan kehittämällä tutkintojärjestelmää rajoittavia kokonaisuuksia kuten yliopiston opetuskapasiteettia, sekä kustannusrakenteen tuottamiselle.

LÄHTEET

- Adelman, C. (1999). Answers in the tool box. academic intensity, attendance patterns, and bachelor's degree attainment.
- Adelman, C. (2006). The toolbox revisited: Paths to degree completion from high school through college. *US Department of Education*,
- Astin, A. W. (1997). *What matters in college?* JB.
- Astin, A. W., Berger, J. B., Bibo, E. W., Burkum, K. R., Cabrera, A. F., Crisp, G., . . . Lyons, S. (2012). *College student retention: Formula for student success* Rowman & Littlefield Publishers.
- Astin, A. W., & Oseguera, L. (2005). Pre-college and institutional influences on degree attainment. *College Student Retention: Formula for Student Success*, , 245-276.
- Barlas, Y. (2007). System dynamics: Systemic feedback modeling for policy analysis. *System*, 1(59)
- Barlas, Y., & Diker, V. G. (1996). Decision support for strategic university management: A dynamic interactive game. Paper presented at the *Proceedings of the 14th System Dynamics Conference*,
- Barlas, Y., & Diker, V. G. (2000). A dynamic simulation game (UNIGAME) for strategic university management. *Simulation & Gaming*, 31(3), 331-358.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: Reasons, techniques, tools. Paper presented at the *Proceedings of the 22nd International Conference of the System Dynamics Society*, , 22
- Box, G. E. P. (1976). Science and statistics. *Journal of the American Statistical Association*, 71(356), 791-799. doi:10.1080/01621459.1976.10480949
- Davis, C. M., Hardin, J. M., Bohannon, T., & Oglesby, J. (2007). Data Mining Applications in Higher Education. *Teoksessa Data Mining Methods and Applications*, (s. 123-147).
- Dooley, K. (2002). Simulation research methods. *Companion to Organizations*, , 829-848.
- Forrester, J. W. (1968). Industrial dynamics—after the first decade. *Management Science*, 14(7), 398-415.
- Forrester, J. W. (1997). Industrial dynamics. *Journal of the Operational Research Society*, 48(10), 1037-1041.
- Frances, C., Van Alstyne, M., Ashton, A., & Hochstettler, T. (1994). Using system dynamics technology to improve planning and budgeting for higher education: Results in arizona and houston, texas. *Proceedings of the 12th System Dynamics*,
- Hagedorn, L. S. (2005). How to define retention. *College Student Retention Formula for Student Success*, , 90-105.

- Kauffman, D. L. (1980). *Systems one: An introduction to systems thinking* Future Systems Minneapolis.
- Kennedy, M. (2000). Towards a taxonomy of system dynamics models of higher education. Paper presented at the *Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society (2000) 6-10 August 2000 Bergen, Norway*,
- Korkeakoulujen tutkintotavoite esitykset*
- Kiser, A. I., & Price, L. (2008). The persistence of college students from their freshman to sophomore year. *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, 9(4), 421-436
- Luovuutta, dynamiikkaa ja toimintamahdollisuuksia : Ehdotus ammattikorkeakoulujen ja yliopistojen rahoitusmalleiksi vuodesta 2021 alkaen opetus- ja kulttuuriministeriö. Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-600-3>
- Morecroft, J. D. (2015). *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach* John Wiley & Sons.
- Niemelä, J., Ahola, S., Blomqvist, C., Juusola, H., Karjalainen, M., Pekka, J., . . . Mattila, J. (2010). Tutkinonuudistuksen arviointi. *Korkeakoulujen Arviointineuvoston Julkaisuja*, 17, 2010.
- Oseguera, L., Hurtado, S., Denson, N., Cerna, O., & Saenz, V. (2006). The characteristics and experiences of minority freshmen committed to biomedical and behavioral science research careers. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 12(2-3)
- OECD (2019), *Education at a Glance 2019: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, Haettu osoitteesta <https://doi.org/10.1787/f8d7880d-en>.
- Peter, S. (1990). The fifth discipline. *The Art & Practice of Learning Organization*. Doubleday Currence, New York,
- Sterman, J. (2002). System dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world.
- Sterman, J. D. (2006). Learning from evidence in a complex world. *American Journal of Public Health*, 96(3), 505-514.
- Sweeney, L. B., & Sterman, J. D. (2000). Bathtub dynamics: Initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 16(4), 249-286.
- Talouspolitiikan arviointineuvoston, raportti, & 2017. *Talouspolitiikan arviointineuvoston raportti 2017*. Haettu osoitteesta <https://www.talouspolitiikanarviointineuvosto.fi/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/Raportti2017.pdf>
- Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research*, 45(1), 89-125.

- Tinto, V. (1987). *Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition*. ERIC.
- Yliopistojen kaksipuolisen tutkintorakenteen toimeenpano opetus- ja kulttuuriministeriö. Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:952-442-163-1>
- Yliopistolaki 558/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090558>
- Valtioneuvoston asetus yliopistojen tutkinnoista 794/2004. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2004/20040794>
- Zaini, R. M., Pavlov, O. V., Saeed, K., Radzicki, M. J., Hoffman, A. H., & Tichenor, K. R. (2017). Let's talk change in a university: A simple model for addressing a complex agenda. *Systems Research and Behavioral Science*, 34(3), 250-266.
- Zaini, R., Allen Hoffman, K. S., Tichenor, K., Radzicki, M., & Pavlov, O. (2013). Strategies for university growth A system dynamics analysis of organizational change. Paper presented at the *The 31st International System Dynamics Conference*,

Liite 1 (1/3)**Liite 1. Simulaatiomallinnuksen laskentakaavat**

Yhtälö: AK alle 12kk = Kandidaatintutkinnot * 0.3112

Yksikkö: Tutkintoa

Yhtälö: AK lukuvuodessa = Aktiiviset Kandidaattiopiskelijat * 0.23 * Opintomenestyksen tekijät

Yksikkö: Opiskelijaa/lukuvuodessa

Yhtälö: AK tavoiteajassa = Kandidaatintutkinnot * 0.2905

Yksikkö: Tutkintoa

Yhtälö: AK yli 12kk = Kandidaatintutkinnot * 0.2905

Yksikkö: Tutkintoa

Yhtälö: Aktiiviset Kandidaattiopiskelijat = INTEG(

Aktivoituminen 1. + Hyväksytyt opiskelijat – AK lukuvuodessa – Passivoituminen 1.

Oletusarvo: 6855

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Aktiiviset maisteriopiskelijat = INTEG(

Aktivoituminen 2. + AK lukuvuodessa – Passivoituminen 2. – YK lukuvuodessa

Oletusarvo: 2600

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Aktivoituminen 1. = Passiiviset kandidaattiopiskelijat * 0.1

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Aktivoituminen 2. = Passiiviset maisteriopiskelijat * 0.2

Yksikkö: Opiskelijaa

FINAL TIME = 2030

Yksikkö: Year

LIITE 1 (2/3)

the final time for the simulation

Yhtälö: Kandidaatintutkinnot = INTEG(AK lukuvuodessa – AK alle 12kk- AK yli 12kk – AK tavoiteajassa

Oletusarvo: 0

Yksikkö: Tutkintoa

Yhtälö: Maisteritutkinnot = INTEG(YK lukuvuodessa – YK alle 12kk- YK yli 12kk – YK tavoiteajassa

Oletusarvo: 0

Yksikkö: Tutkintoa

Yhtälö: Keskeyttäneet 1. = Passiiviset kandidaattiopiskelijat * 0.3 + Passivoituminen 1. * 0.5

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Keskeyttäneet 2. = Passiiviset maisteriopiskelijat * 0.3 + Passivoituminen 1. * 0

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Opintomenestyksen tekijät = 1

Yksikkö: kerroin

Yhtälö: Passiiviset kandidaattiopiskelijat = INTEG(Passivoituminen 1. –Aktivoituminen 1. – Keskeyttäneet 1.

Oletusarvo: 3000

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Passiiviset maisteriopiskelijat = INTEG(Passivoituminen 2. –Aktivoituminen 2. – Keskeyttäneet 2.

Oletusarvo: 800

Yksikkö: Opiskelijaa

Yhtälö: Passivoituminen 1. = Hyväksytyt opiskelijat * 0.2 + Aktiiviset Kandidaattiopiskelijat * 0.025

Yksikkö: Opiskelijaa/lukukaudessa

LIITE 1 (3/3)

Yhtälö: Passivoituminen 2. = AK lukuvuodessa * 0.17 + Aktiiviset maisteriopiskelijat * 0.025

Yksikkö: Opiskelijaa/lukukaudessa

Yhtälö: Rahoituksen käyttö = Tutkintorahoitus

Yksikkö: euroa

TIME STEP = 1

Yksikkö = Vuotta

time step for the simulation

Yhtälö: Tutkintopisteet = INTEG(

16.1287 + (AK alle 12kk * 1.6837)+

16.1287 + (AK tavoiteajassa * 1.8109)+

16.1287 + (AK yli 12kk * 1.4054)+

28.1329 + (YK tavoiteajassa * 1.8109)+

28.1329 + (YK alle 12kk * 1.3462)+

28.1329 + (YK yli 12kk * 1.291)

- tutkintopisteet euroiksi

Oletusarvo: 0

Yksikkö: Tutkintopistettä