

Artikkeli

Pelit, systeemidynamiikka ja oppiminen

J. TUOMAS HARVIAINEN

jiituomas@gmail.com

Tampereen yliopisto

TIMO LAINEMA

timo.lainema@utu.fi

Turun yliopiston
kauppakorkeakoulu

Tiivistelmä

Artikkelissa tarkastellaan systeemidynamiikkaa ja pelien pelaajien mentaalimalleihin vaikuttamista. Simulaatioita, pelejä ja simulaatio/pelejä on käytetty esimerkiksi kauppatieteissä jo pitkään opettamaan ratkaisujen laajempia seurauksia ja systeemistä ajattelutapaa lineaarisen reagoimisen sijaan. Tässä artikkelissa laajenamme näkemystä kattamaan systeemidynamiikasta ajattelua myös muun tyyppisissä peleissä.

Avainsanat: järjestelmäajattelu, mentaalimallit, oppivat organisaatiot, pelillinen oppiminen, systeemidynamiikka

Abstract

Changes and real consequences: games as teachers of systems dynamics

This article examines system dynamics, the changing of mental models, and the ability of games to teach them. Simulations, games and simulation/games have, in for example business sciences, been for a long time used to teach the wider consequences of executive decisions and a systems-oriented viewpoint instead of linear reactions. In this article, we expand the viewpoint to encompass systemic thinking in also other kinds of games.

Keywords: game-based learning, learning organizations, mental models, system dynamics, systemic thinking

Johdanto

Pelitutkimuksessa – jopa pelillistämistä opettavassa tai oppimislelejä tutkivassa – on helppoa unohtaa mitä *kaikkea* pelit tutkitusti opettavat. Provokatiivinen väitteemme on, että harva viihdepelitutkija on törmännyt *systeemidynamiikan* (SD) käsitteeseen. Katsomme, että pelit kyllä mielletään järjestelmiksi, mutta niiden dynamiikkaa ei analysoida tai opita niin hyvin kuin olisi mahdollista. Tässä artikkelissa esittelemme systeemidynamiikan taustaa, keskeisiä käsitteitä

ja sen vahvaa yhteyttä peleihin, jotka poikkeuksellisen hyvin soveltuvat systeemidynamiikan ilmiöiden havainnollistamiseen. Käsittelyn kautta haluamme erityisesti kiinnittää pelitutkijoiden ja -suunnittelijoiden huomiota siihen, miten järjestelmien mallintuminen peleissä auttaa niiden pelaajia hahmottamaan muutakin kuin välittömiä syy-seuraussuhteita ja siten edesauttaa systeemidynamiikan vaikutussuhteiden oppimista sekä yksilö- että yhteisötasolla.

Artikkelin aluksi käymme läpi, mitä systeemidynamiikalla tarkoitetaan ja mitkä ovat siihen liittyvät peruskäsitteet ja ajattelumallit. Tämän jälkeen

esittelemme pelien ja systeemidynamiikan opetuksen suhdetta käyttämällä esimerkkeinä lähinnä suosittuja, mutta jo hieman vanhempia pelisarjoja, jotka lukija todennäköisemmin tuntee.¹ Lopuksi palaamme uudelleen järjestelmä-rakenteeseen ja siihen, miten pelaajat sen hahmottavat. Uskomme, että tämän prosessin kautta voimme osoittaa, miten systeemidynamiikan taju on hyödyksi peleillä tapahtuvassa opetuksessa ja samalla usein oleellinen osa myös nautinnollista pelikokemusta: kun pelaaja oppii lukemaan pelin järjestelmää, hän hahmottaa uusia toimintamahdollisuuksia sen sisällä ja löytää siten aivan uusia tapoja viihtyä pelin äärellä (Bogost 2007; Myers 2010).

Keskeisimpänä tutkimuskysymyksenämme tässä artikkelissa on, mikä on pelien systeemidynamiikan hahmottamisen merkitys niistä oppimiselle.

Systemidynaaminen ajattelu

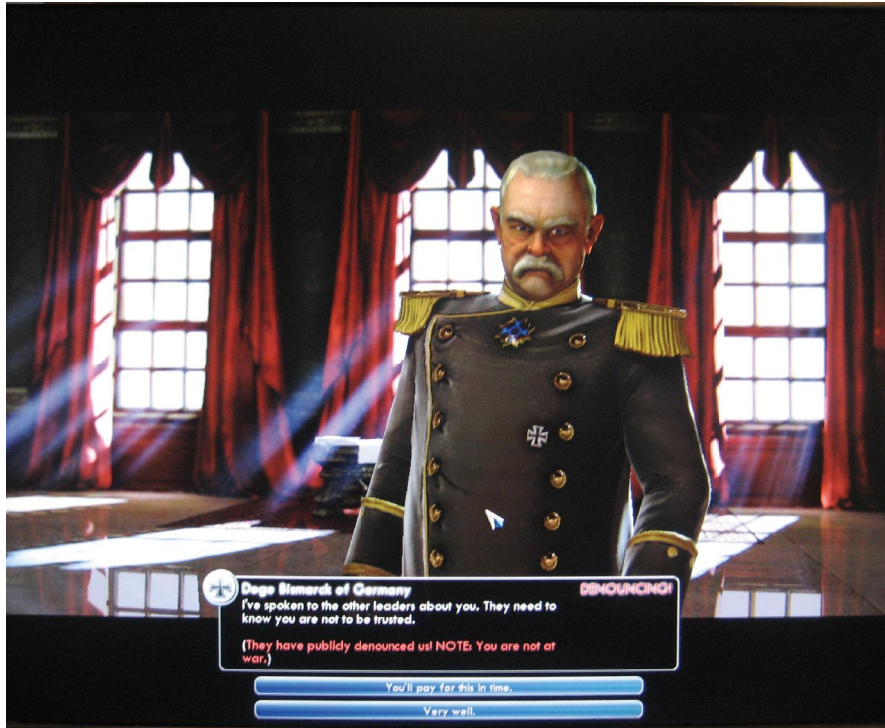
Systeemidynamiikka (System Dynamics, SD) on mallintamisfilosofia, jonka avulla pyritään erilaisten dynaamisten järjestelmien ymmärtämiseen ja tehostamiseen. SD:n taustalla on ajatus sosiaalisten järjestelmien suunnittelusta ja mallintamisesta ei-linearisina ja kokonaisvaltaisina (Klabbers 2009). Se on lähtöisin Jay W. Forresterin (1961) yritysten toimialojen käyttäytymistä kuvaavasta ”teollisuusdynamiikasta” (*industrial dynamics*), jossa toimintaympäristön riippuvuussuhteita mallinnetaan SD-mallilla.² Mallin toimintaa analysoimalla päätöksentekijät näkevät eri päätösten vaikutukset ja sitä kautta pystyvät valitsemaan parhaimman toimintatavan. SD-malli ei kuitenkaan ole matematiikkaan pohjautuva simulaatiomalli, jolla haetaan ongelman optimiratkaisua, vaan oppimisen väline, jolla päätöksentekijä kykenee havaitsemaan tiettyjen päätösten mahdolliset seuraukset. Ollakseen vakaa ja luotettava, SD-mallin tulee ottaa huomioon kuvatun järjestelmän sekä rakenne ja käytännöt että kasvu- ja vakaustekijät (Klabbers 2009, luku 8). SD on suunnittelutiedettä, mutta kuten

1 Luettavuuden vuoksi viittaamme esimerkisarjoihin niiden ensimmäisten osien nimillä.
2 Kirjan ilmestyessä markkinoilla oli ollut tietokoneella ajettuja yrityspelejä jo noin viitisen vuotta (ks. Andlinger 1958). Forrester kuitenkin sivuaa niitä teoksessaan vain marginaalisesti.

Yaman Barlas (1996) toteaa, mallien dynaamisten riippuvuussuhteiden havaitseminen on pikemminkin keskustelun ja pohdinnan kuin objektiivisen analyysin asia.

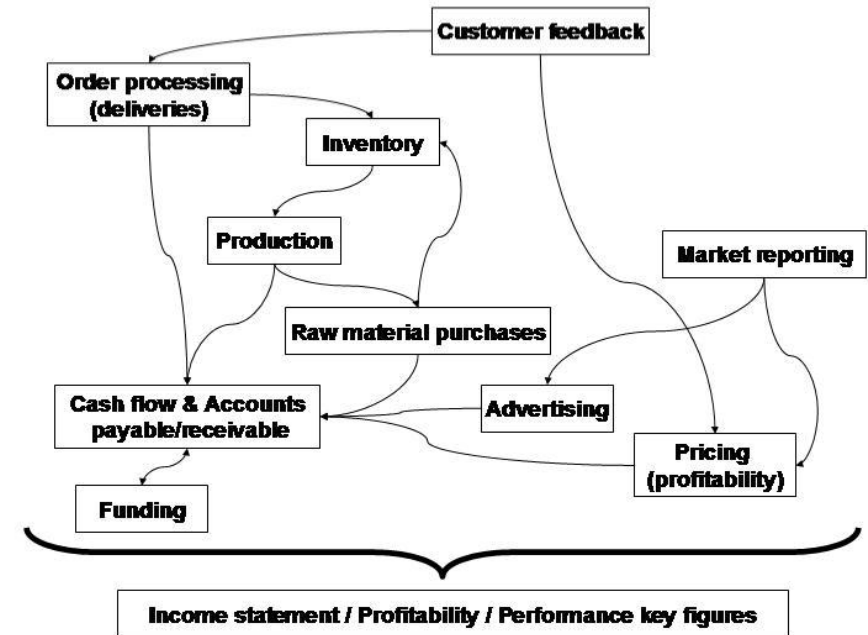
Pelit ovat aina järjestelmiä (Klabbers 2009; Sicart 2009). Tutkittaessa pelien – myös viihdepelien, joista useimpia ei ole ainakaan tietoisesti suunniteltu SD-lähtöisesti – systeemidynamiasta opetuskykyä, huomio kääntyy niiden mahdollisuuksiin osoittaa järjestelmien rakenteita. Ian Bogost (2007) kutsuu tätä proseduraalisen lukutaidon kehittymiseksi: pelaajalle kasvaa kyky analysoida pelattavaa järjestelmää ja pohtia sen yhtäläisyyksiä ja eroja reaali maailmaan. Kukin peli heijastaa reaali maailmaa tai sen ilmiöitä (Klabbers 2009), mutta niiden logiikka on aina omansa. Peli ei ole koskaan täysin identtinen todellisuuden (tai toisten pelien) kanssa, vaan ne ovat omia erilaisia kokonaisuuksiaan (Gee 2004). Peleissä on tyypillistä, että pelaaja aloittaa pelaamisen olettaen todenmukaisia vastaavuuksia pelin ja todellisuuden välillä, mutta peliin enemmän uppoutuessaan alkaa ymmärtää pelisysteemiä omana maailmanaan, jolla on oma logiikkansa ja lainalaisuutensa (ns. ”SimCity effect”; Wardrip-Fruin 2009). Proseduraalisella (eli riippuvuussuhteiden) lukutaidolla pelaaja tutkii käyttämäänsä järjestelmää ja parhaimmillaan siirtää siitä oppimaansa ainesta reaali maailmaan. Opittu aines ei siis jää riippuvaiseksi kontekstista, jossa se on hankittu (Bogost 2007; ks. myös Kim 1993). Käytettäessä oppimiseen tarkoitettuja simulaatio/pelejä siirtyminen varmistetaan vastuullisesti toimittaessa aina huolellisella reflektiivisellä debriefingillä eli oppimista luotaavalla jälkikeskustelulla, joka nostaa esiin pelaajien proseduraalisella lukutaidolla tuottamat havainnot (ks. Henriksen 2008). Viihdepeleissä tämä on harvinaisempaa. Viihdepeleissä pelin dynamiikan hahmottaminen jää siis pelaajan oman omaksumiskyvyn varaan. *SimCity* ja *Civilization* ohjaavat pelaajansa näkemään toimiansa vaikutukset selkeästi ja systeeminlaajuisesti, mutta monet muut viihdepelit eivät.

Peter M. Sengelle (1990, 2006) systeemin ajattelu edustaa organisatorisen oppimisen perustaa, kokonaisuuksien näkemistä ja ymmärtämistä, johon liittyy erillisten tekijöiden tunnistamisen sijasta vuorovaikutussuhteiden ymmärtäminen. Tärkeitä eivät ole hetkelliset tilannekuvat, vaan muutosten kaavan taju. Erityisen tärkeää on ymmärtää dynaamista kompleksisuutta (versus



Kuva 1. *Civilization V* – systeemidynaaminen valintatilanne.

yksityiskohtien runsaudesta seuraava monimutkaisuus), jossa syiden ja seurausten suhde on hienovarainen eikä välttämättä ajan kuluessa kovin ilmeinen. Dynaamista kompleksisuutta edustavat tilanteet, joissa tietyllä päätöksellä voi olla lyhyellä ja pitkällä aikavälillä dramaattisen erilainen vaikutus. Senge luettelee dynaamista kompleksisuutta sisältävinä esimerkkeinä yrityksen toiminnan tasapainottamisen markkinakysynnän kasvun mukaiseksi; tuotantokapasiteetin laajentamisen; kannattavan hinnan, laadun ja saatavuuden kombinaation löytämisen; sekä laadun parantamisen yhdessä kustannustehokkuuden ja asiakkaan tarpeiden tyydyttämisen kanssa. Ne kaikki ovat ilmiöitä, joita yleisesti havainnollistetaan yrityspeleillä.



Kuva 2. Esimerkki yrityspleien sisältämästä systeemidynaamisista riippuvuussuhteista (Lainema 2004).

Mentaalimalli

Systeemidynamiikan sanastossa keskeinen käsite on mentaalimalli. Oppimisplein rakentaja rakentaa pelinsä oman mentaalimallinsa perusteella – sen mallin perusteella, jonka mukaisesti hän uskoo pelillä kuvattavan reaali maailman ilmiön toimivan. Toisaalta pelaaja pelissä kokemansa kautta, tiedostaen tai tiedostamattaan, muokkaa omaa käsitystään – mentaalimalliaan – pelin kuvaamasta todellisuudesta: pelaaja siis oppii.

Kuten W. B. Rouse ja N. M. Morris (1985) toteavat, mentaalimallin käsitteelle löytyy hämmästyttävän harvoja määritelmiä. He väittävät, että monesti ”mental model” edustaa tietämyksen (*knowledge*) yksinkertaistusta. Heidän oma määritelmänsä mentaalimalleille on (s. 49): ”mental models are the mechanisms

whereby humans generate descriptions of system purpose and form, explanations of system functioning and observed system states, and predictions of future system states". Mentaalimallien tarkoitus on siis kuvata, selittää ja ennustaa. Ne ovat dynaamisia kokonaisuuksia, joilla voi olla monia muotoja, yksilöstä riippuen. Mentaalimalli on kuitenkin rajallinen, yksilön sisäinen konseptuaalinen käsitys ulkoisesta rakenteesta ja siksi ihmisillä voi olla keskenään hyvinkin erilaisia mentaalimalleja (Morecroft 1992). Mentaalimallin rakenne on analoginen eli yhtenevä *havaitun* systeemin rakenteen kanssa (Doyle & Ford 1998). Mentaalimallin sisältämä tietämys on mielekkäiden selitysten lähde (Kieras & Polson 1985). Lisäksi mentaalimallit vaikuttavat – tuottamansa ymmärryksen lisäksi – siihen, miten me toimimme (Senge 1990).

Mentaalimallit voidaan konkreettisesti kuvata faktojen ja käsitteiden verkostoina. Yksilö voi muuttaa mentaalimalliaan vastauksena uuteen informaatioon ja niitä voidaan "suorittaa" simuloinninomaisesti. Näin tuotetaan kuvitteellisia lopputuloksia tietyille toimenpiteille tai suunnitelmille (Bowlby 1982). Ne tarjoavat mekanismin huomion ohjaamiseen käsillä olevan tilanteen oleellisiin tekijöihin, systeemin tulevaisuuden tilojen projisoimiseen nykytilan perusteella sekä systeemin dynamiikan ymmärtämiseen (Endsley 2000, 2006). Mentaalimalleja voidaan käyttää myös uusissa tilanteissa vertaamalla käsillä olevan uuden tilanteen ominaispiirteitä olemassa olevaan prototyypimentaalimalliin. Jos yksilön mentaalimalli vastaa reaali maailmaa, tämä tutkitusti ennustaa yksilön suoriutumista erilaisissa päätöstilanteissa (Kraiger ym. 1995; Rowe & Cooke 1995; Mathieu ym. 2005). Kuten yritysten päätöksentekijät (ks. Capelo & Dias 2009), optimaalisessa oppimistilanteessa myös pelaajat rakentavat vuorovaikutuksessa pelimaailmassa kokemansa, tekemänsä ja ohjaamansa kautta uusia mentaalimalleja.

Miten systeemidynamiikka ja pelit liittyvät toisiinsa?

Sengen keskeinen viesti *The Fifth Discipline* -teoksessaan (1990, 2006) on, että organisaatiot toimivat niin kuin ne toimivat viime kädessä siksi, että päätöksentekijät ajattelevat ja toimivat tietyllä tavalla. Vain muuttamalla

päätöksentekijöiden ajattelutapaa on mahdollista saada aikaiseksi todellista muutosta syville juurtuneissa toimintatavoissa ja käytännöissä.

Sengen pyrkimys on luoda yhdessä luotua ja jaettua ymmärrystä, joka on radikaalimpaa organisatorista muutosta kuin esimerkiksi suuret organisaatioiden toimintatapa ja prosesseja muokkaavat muutosohjelmat. Sengelle mentaalimalli tarkoittaa yksilön ymmärrystä kompleksin kokonaisuuden – kuten yrityksen – toiminnasta. Sengen systeemidynamiikassa pyritään mentaalimallien uudelleenorganisointiin (*redesigning mental models*), joka on äärimmäisen haastavaa ja tarvitsee toteutuakseen oppijoiden yhteisön, jossa havaintoja jaetaan.

Sengen systeemiajattelun perusta on ihmisten toimintatapoja muokkavien, organisatoristen ongelmien systeemisten rakenteiden ymmärtäminen. Jos näiden rakenteiden toiminta aikaan sidottuna on ymmärretty väärin, todennäköisenä tuloksena on huonoja päätöksiä. Systeemiset rakenteet eivät tarkoita ihmisten välistä vuorovaikutusta, vaan esimerkiksi kysynnän muutoksia, viiveitä toimitusprosessin eri vaiheissa, rajallista informaation määrää ja päätöksiin vaikuttavia tavoitteita, kustannuksia, käsityksiä ja pelkoja. Yksittäiset ihmiset ovat näiden rakenteiden osia ja heillä on valta muuttaa rakenteita.

P. Panagiotidis ja J. S. Edwards (2001) toteavat, että tässä viitekehyksessä sosiaalinen maailma ei koostu 'kovista', objektiivisesti tunnistettavista systeemin osista, vaan osista ja ongelmista, jotka löytyvät systeemiä havainnoivan yksilön mielestä. Näihin mielen rakenteisiin on päästävä käsiksi, mikäli organisaatioissa halutaan saada aikaan todellista muutosta.

Senge (1990) uskoo, että ihmiset eivät yleensä näe rakenteiden toimintaa, vaan ennemmin tuntevat olevansa pakotettuja toimimaan tietyllä tavalla. Tässä lienee pelillisten oppimisvälineiden väkevin argumentti: peleissä pelaajat ovat osa laajempaa dynaamista kokonaisuutta, jossa on otettava huomioon koko systeemin toimintamalli, jotta voidaan toimia menestyksellisesti. Kuten Daniel H. Kim (1993) toteaa, mentaalimallien näkyväksi tekeminen vaatii kielen tai työkalun, jolla se voidaan näyttää. Kimin mukaan monet tähän pyrkivistä menetelmistä epäonnistuvat, koska ne tuottavat staattisia malleja. Pelit, jos mitkä, ovat dynaamisia malleja. Jotkut yritysjohtajat ovat pelien potentiaalia kehuesseen menneet niin pitkälle, että ovat provokatiivisesti väittäneet oppineensa

peleistä kaiken tarpeellisen yritystoiminnan toimintalogiikasta (esim. Orbanes 2002). Kuten Senge lukuisin erilaisin esimerkein (1990, 2006) toteaa, peleissä suhteet avautuvat helpompaan havainnointiin, ja niitä on mahdollista käsitellä ilman liiallista kriittisyyttä.

SD-järjestelmät voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: 1) suljettuihin simulaatioihin, joissa kaikki tarvittava tieto on syötettynä järjestelmään, ja 2) avoimiin, joissa tarkoituksellisesti otetaan mukaan epävarmuustekijöitä (inhimillinen elementti simulaation käyttäjien tai pelin pelaajien muodossa) ja jotka ovat riippuvaisia ulkopuolelta tulevista käytännöistä. Pelit edustavat jälkimmäistä päätyyppiä. (Klabbers 2009, 241–243.) Päätyypit eroavat myös käyttömahdollisuuksiensa osalta: suljettu järjestelmä on suunnittelijansa säätämä ja hänen hallinnassaan (ja raportoitavissaan), kun taas avoimissa järjestelmissä pelaajilla voi olla omassa hallinnassaan oleva pääsy järjestelmään (vaikkakaan ei sen luonnolakeihin, kooditasolla). Tällaisia järjestelmiä ovat monet pelit, massiivisista monen pelaajan verkkoroolipeleistä *RealGameen* (esim. systeemidynaamisen ajattelun erilaisista esiintymismuodoista *World of Warcraftissa*, ks. Rodríguez 2012).

Peleissä välitön järjestelmän sisäinen palaute yhdistyneenä pelimaailman rajalliseen elementtien määrään tuottaa pelaajille systeemidynaamisia havaintoja. Näin siksi, että peleissä kohdattavat haasteet vaativat uuden logiikan omaksumista. Parhaimmillaan pelit estävät systeemisokeutta, koska ”hyvässä” pelissä mielenkiinto pysyy yllä, kun pelisysteemi uusii tai ainakin organisoi itseään jatkuvasti uudelleen. Tästä johtuen pelaaja, varsinkin monimutkaisissa peleissä, arkea herkemmin turvautuu niin sanottuun kaksoisluuppiajatteluun (*double-loop learning*; Argyris & Schön 1996; Argyris 1991, 1995). Lineaarisen reaktion (*single-loop learning*) sijaan hän pohtii kunkin tilanteen ratkaisuja kyseenalaistamalla senhetkiset oletuksensa systeemin toimintalogiikasta. *Fallout*-sarja on tästä erinomainen esimerkki: pelaaja joutuu jatkuvasti miettimään tarjolla olevien liittoutumisten, tehtävävalintojen ja väkivallantekojensa kauaskantoisia seurauksia, koska jokainen ratkaisu saattaa avata uusia sisältövaihtoehtoja, mutta samalla sulkea toisia kokonaan. Monen pelaajan peleissä peliasetelman kasvaessa ja hajaantuessa on toisaalta myös vaarana, että pelitilanteen

liiallinen monimutkaistuminen tuottaa uutta systeemisokeutta, kun ei enää voida nähdä riittävän selkeästi muiden omassa joukkueessa/organisaatiossa toimivien yksilöiden ratkaisuja seurauksineen (Lainema & Saarinen 2009; Lisk ym. 2012). Tämä on realistinen tilanne monissa reaali maailman isoissa työyhteisöissä ja yritysverkostoissa, ja yritys peleillä nimenomaan pyritään rajaamaan monimutkaisuutta, jotta taustalla olevat systeemiset rakenteet tulisivat ymmärrettäviksi. Niin kuin edellä kirjoitetusta voi tulkita, monimutkaisuuden tarkoituksenmukaisen kuvaustarkkuuden päättäminen on vaikea tehtävä; pelimallin on oltava tarpeeksi haastava, jotta se opettaa jotain mielekästä systeemin toimintatavasta, mutta samalla peli ei saa olla kognitiivisesti liian kuormittava tai ahdistusta tuottava (Kiili ym. 2013).

Pelit, simulaatiot ja systeemidynamiikka

Pelit voivat opettaa lyhyessäkin käytössä systeemidynamiikkaa asioissa, joihin edes pidempi työelämässä toimiminen ei riitä. Syynä tähän ovat pelien järjestelmärakenteen tuottamat muutokset siihen, mitä osallistuja pitää tilanteen normaalina logiikkana ja moraalina. Kukin peli on oma sosiaalinen järjestelmänsä, joka noudattaa omia sääntöjään (Klabbers 2009). Tästä johtuen pelin suunnittelija voi säätää kyseisen logiikan vastaamaan opetettavaa asiaa, asettaa siihen halutun määrän sääntöjen ja järjestelmäpiirteiden läpinäkyvyyttä (Lainema 2003, 2009) ja räätälöidä haluttuja syy-seuraussuhteita osoittamaan prosessissa tapahtuvien muutosten vaikutusta muihin järjestelmän osa-alueisiin (Tsuchiya & Tsuchiya 1999). Pelit ovat myös nopeutettuja ympäristöjä: niillä voidaan tuoda näkyviksi syy-seuraussuhteita, joiden havaitseminen tosielämässä vaatii viikkojen tai kuukausienkin ajan. Proseduraalisen lukutaitonsa avulla pelaaja ikään kuin suunnittelee peliä käänteisesti: hän mielessään purkaen tutkii sen systeemistä toimintalogiikkaa voidakseen optimoida suoritustaan (*SimCityn* suunnittelija Will Wright, ks. Pearce 2002).

Pelit eivät kykene toimimaan kunnolla ilman, että niiden osallistujat tuovat pelin fiktion mukanaan informaatiota, käytäntöjä ja logiikkaa (Crookall ym. 1987; Sicart 2009). Joskus tämä voi olla suuri haaste pelin suunnittelijalle, mutta

systemidynamiikan opetuksen kohdalla kyseinen riippuvuus on selkeä etu. Juuri siksi, että pelaajat tuovat mentaalimallinsa mukanaan, niitä on mahdollista näyttää ja muuttaa! Simulaatioiden ja pelien keskeisiin etuihin kuuluu mahdollisuus epäonnistua turvallisesti (Tsuchiya & Tsuchiya 1999), mikä on yksi niiden tärkeimmistä funktioista opetusvälineinä. Lentosimulaattorissa voi kokeilla rauhassa, toistuvastikin, miten ja milloin moottori sakkaa, ja mitä siitä seuraa (Senge ym. 1994). *SimCityssä* voi kokeilla millä kaikilla tavoilla kaupunkisuunnittelu voi epäonnistua, ja samalla tutkia sitä, minkälaisen sosioekonomisten oletusten varaan peli on rakennettu – se nimittäin pohjautuu monelta osin Forresterin systemidynamiisiin ajatuksiin (Wardrip-Fruin 2009).

Samalla tavoin muissa peleissä – myös puhtaan kaupallisissa viihdepeleissä – yksi oleellinen osa rikasta pelikokemuksesta (ja niiden kautta uuden piilo-oppimista; Whittin 2009) on mahdollisuus pelata suunnittelijan oletaman logiikan vastaisesti ja katsoa mitä siitä seuraa (Myers 2010). Tämä pätee erityisesti niin sanottuihin sandbox-peleihin, joissa pelaajalle annetaan mahdollisimman paljon vapautta luoda omat toimintamallinsa. Pyrittäessä opettamaan asiiasältöä sandbox-pelaaminen on usein haitallista (Henriksen 2008), mutta systemidynamiikan kohdalla on hyvä, jos pelaaja tekee vapaita ratkaisuja ja joutuu kohtaamaan niiden seuraukset mahdollisimman dynaamisesti. Juuri pelien kyky tuottaa sekä välitöntä että viiveellistä palautetta antaa niille kyvyn opettaa tehokkaasti lineaaristen ja systeemisten seurausten välisiä eroja.

Mentaalimallien muokkaaminen pelaamalla

Edellä kerrotun perusteella voidaan todeta, että pelien tehokkuus järjestelmäajattelun oppimisvälineinä perustuu niiden kykyyn tuoda esiin systemidynamiisia riippuvuusuhteita. Pelit ovat kokemuspohjaisia, rajallisia järjestelmiä ja parhaimmillaan kuvaavat kohdettaan autenttisesti, mahdollistavat oppimisen ryhmissä ja ovat turvallinen tapa kokeilla eri päätösvaihtoehtoja. Myös opettajan rooli on peliympäristössä perinteisestä poikkeava; opettaja ei ole tiedon välittäjä, vaan fasilitoija (mahdollistaja), joka tukee oppijoiden omaehtoista oppimisprosessia (Lainema 2009).

Pelit oppimisvälineinä toteuttavat myös monia (sosiaalisen) konstruktivismiin oppimissuunnan periaatteita. Konstruktivismiin ajatusten mukaan (Duffy & Cunningham 1996) yksilön tietämys (*knowledge*) on syntynyt konstruointiprosessissa. Oppiminen tapahtuu tietämyksen kulttuurisessa ympäristössä (peleissä pelaajien muodostama yhteisössä), jonka jäsen oppija on. Jokaisella oppijalla on oma perspektiivinsä todellisuuteen ja kanssakäyminen toisten oppijoiden kanssa luo tietoisuutta muiden perspektiivien olemassaolosta. Oppimisympäristön on oltava relevantti oppimisteemojen ajattelun ja taitojen hankkimisen kannalta. Kaikki inhimillisen oppimisen muodot ovat konstruktioita, jotka tapahtuvat oppimista välittäviä keinoja, työkaluja ja/tai viittauksia sisältävässä kontekstissa. Oppiminen on luontaisesti sosiaalis-vuorovaikutteista toimintaa. Se ei ole yksilön yksinäistä toimintaa, vaan siirtymistä sosiaalisessa ympäristössä tarkkailijasta keskeiseksi toimijaksi.

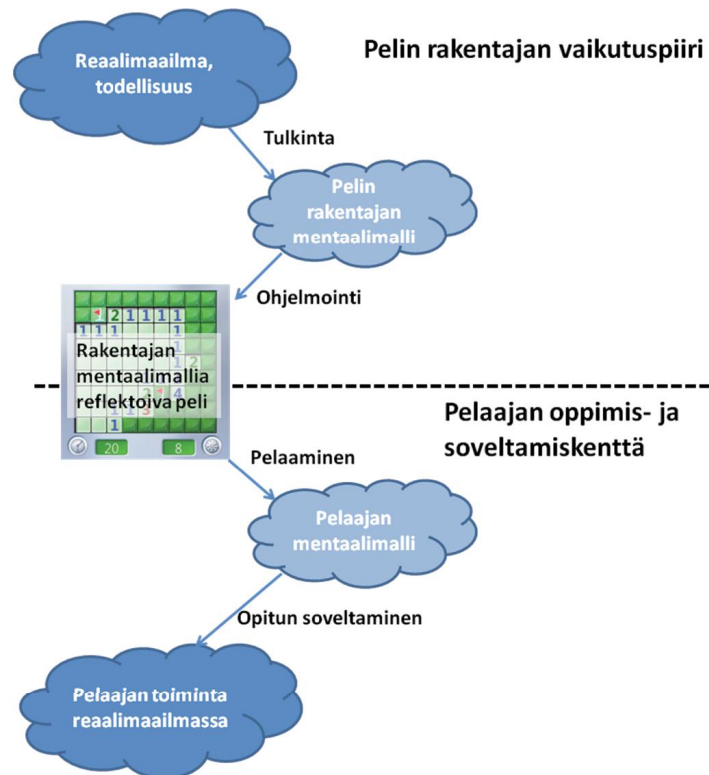
Edellä mainitut perusajatukset sopivat erityisen hyvin peliympäristöissä tapahtuvaan oppimiseen. Thomas M. Duffy ja Donald J. Cunningham (1996) ehdottavat, että oppimisteknologia tulisi nähdä elimellisenä osana kognitiivista aktiviteettia. Toiminnan fokuksen tulisi olla oppimisympäristössä tapahtuvassa aktiviteetissa, ei niinkään yksilössä itsessään: "Success [of learning] will increasingly depend on *exploring interrelationships in an information-rich environment* rather than on accepting the point of view of one author who pursued one set of relationships and presents conclusions reflecting his or her implicit biases" (Duffy & Cunningham 1996: 188; kursivointi tämän artikkelin kirjoittajien) Tätä periaatetta voi pitää pelioppimisen perusajatuksena: oppijat ottavat itse vastuun oppimisestaan ja rakentavat oppimisen peliympäristön tuottaman runsaan ja rikkaan materiaalin varaan. Kuten mentaalimallien käsittelyn yhteydessä kuvattiin, oppiminen pohjautuu syy-seuraussuhteiden havaitsemiseen ja tästä seuraavaan mentaalimallin muovaamiseen.

Jotta malleja voidaan muokata tehokkaasti ja hyödyllisesti, on pelissä yhdistettävä riittävä määrä tuttuja elementtejä uuteen, muokkaavaan ainekseen (Van der Heijden 2005). Ilman riittävää tuttuutta kokemus jää etäiseksi ja riippuvaiseksi pelin kehiksestä (ks. Kim 1993) eikä uutta muutosta synny. On tietenkin itsestään selvää, että oppimisen yhtenä keskeisenä vaatimuksena on, että pelin

ohjelmoitu logiikka vastaa tosielämää – että peliohjelma tuottaa tosielämää vastaavia seurauksia pelaajan tekemille päätöksille.

Edelliseen pohjautuen voimme rakentaa alla olevassa kuvassa esitetyn oppimispelin rakentamis- ja soveltamisprosessin.

Kuvatun prosessin onnistuminen ei ole itsestään selvää. Pelin rakentaja ei ehkä ole tulkinut todellisuuden toimintaa oikealla tavalla (rakentajan mentaalimalli on virheellinen); mentaalimallin ohjelmointiin liittyy virheiden ja väorien valintojen mahdollisuus; pelaajan kokemus saattaa poiketa rakentajan odottamasta tai rakentajan toivoma systeemidynaaminen vuorovaikutus ei käy pelistä ilmi. Nämä ongelmat liittyvät opetuspelien, erityisesti systeemidynaamisen yrityspelien, evaluointiin/verifointiin (pelin opetuskyvyn arviointiin) ja



Kuva 3. Systeemidynamiikkaa kuvaavan oppimispelin rakentamis- ja soveltamisprosessi.

validointiin (kuinka hyvin peli vastaa kuvaamaansa todellisuutta).³ Systeemidynamiikkaa opettavan pelin toteutusprosessi edellyttää koko kuvatun prosessin onnistunutta toteutusta ja tämä prosessi vaatii useamman tyyppistä osaamista: asiantuntemusta (systeemidynaamista mallia) kuvatusta reaalimaailman ilmiöstä, kykyä toteuttaa reaalimaailman ilmiö peliohjelman muotoon sekä käsitystä siitä, miten pelit kokemuksellisuuteen pohjautuvina oppimisympäristöinä voivat tukea oppimisprosessia. Huolimatta lähes puolivuosisataisesta yrityspelien oppimistutkimuksesta prosessin viimeinen vaihe – kuinka oppija toteuttaa peleissä oppimaansa tosielämässä – on yhä edelleen enimmäkseen tutkimatonta maastoa. Tämä ongelma on laajalti tiedostettu, emmekä tässä yritä kuvata kyseistä haastetta muutoin kuin mainitsemalla, että yrityspeleillä opitun tutkiminen vaatisi tutkijoiden jalkautumista seuraamaan pelaajien käyttäytymistä oikeassa työympäristössään.

Järjestelmärakenne, säännöt ja seuraukset

Pelejä voidaan tarkastella sekä järjestelminä että prosesseina. Formalistisesti ajatellen ne ovat systeemejä, jotka ovat pelaajistaan riippumattomia, ja pelaaja on vain käyttäjän asemassa (Sicart 2009; Myers 2010). Toisaalta ne ovat prosesseja, joissa järjestelmä tarjoaa toimintakehyksen ja rajoitteet, mutta merkitys syntyy pelaamalla (ks. Montola 2012). Systeemidynamiikan hahmottaminen pelin kautta syntyy kuitenkin juuri näiden kahden näkemyksen leikkauspisteessä. Pelatessaan osallistajat hahmottavat, miten alla oleva systeemi (pelin rakenne) toimii, miten he voivat sen puitteissa muokata toimintamallejaan, ja mitä kyseisistä muokkauksista seuraa (Bogost 2007).

Systeemidynamisesti ajatellen pelissä on siis kaksi järjestelmää: 1) pelin rakenteellinen järjestelmä ja 2) pelaamisen tuottama, muuttuva järjestelmä. Jos pelaajat keskittyvät analysoimaan ainoastaan ensimmäistä, he eivät todennäköisesti opi kaivattua sisältöä – oli kyseessä sitten käytännön oppisisältö tai pelin systeemidynamiikka – koska heidän huomionsa keskittyy pelin "voittamiseen"

³ Lainema (2003) keskusteleee näiden termien sisällöstä ja esittää erään yritys simulaatiopelin verifiointi- ja validointiprosessin.

hyödyntämällä sen rakenteellisia ominaisuuksia, silloinkin kun se ei olisi tarpeen (Harviainen ym. 2012). Tällöin kokemus järjestelmästä jää lineaarisesti pyrittäessä vain välittömään tuloksellisuuteen erilaisten vaihtoehtojen kokeilun sijasta. Jos taas pelaajat saadaan huomaamaan muuttuvan systeemin ominaisuudet, voidaan varmistaa, että pelaajat paitsi oppivat toimiansa potentiaalisia, systematisoivia seurauksiensa oppiminen siirtyy pelitilanteen ulkopuolelle (Bogost 2007; Senge 2006).

Avain systeemidynaamisen tietoisuuden tuottamiseen peleissä on niiden sääntörakenteessa. Katie Salen ja Eric Zimmerman (2004, 129–137) jakavat säännöt kolmeen tasoon: 1) operatiivisiin, 2) rakenteellisiin ja 3) implisiittisiin. Operatiiviset säännöt ovat niitä, jotka herkimmin miellämme pelien ”säännöiksi” ja jotka on kirjoitettu auki; miten nappula tai pelihahmo liikkuu, mitkä siirrot ovat sallittuja ja niin edelleen. Kahta muuta sääntötyyppiä ei yleensä vaivauduta selittämään ohjeissa. Rakenteellisiin sääntöihin kuuluvat esimerkiksi *Monopolin* taustalla olevat taloustieteelliset perusteet, mukaan lukien rahan käsite, tai painovoima. Implisiittiset säännöt ovat sosiaalisia konventioita, jotka tuodaan mukaan peliin, esimerkiksi ”älä katso toisen pelaajan näyttöä”.

Systeemidynamiikan kannalta tämä perspektiivi on kuitenkin liian kapea. Wittgensteinin (2002) tavoin on hahmotettava ero kahden eri sääntöluokan välillä: sääntöjen ja luonnonlakien. Sääntöjä on mahdollista rikkoa, luonnonlakeja ei, ilman että peli katkeaa. Digitaalisessa pelissä luonnonlakeja ovat ne koodatut elementit, jotka kiistämättömästi rajoittavat pelaajien toimintaa, esimerkiksi pelin sisäiset fysiikan lait, pelialue, tai hahmon estetyt toiminnot (Sicart 2009, joka tosin ei tee käsitteellistä eroa säännön ja luonnonlain välille). Osa palkitsevaa pelikokemusta saattaa olla juuri reaali maailmasta poikkeavien luonnonlakien opettelu – *Portalissa* hahmo ei vahingoitu, putosi kuinka korkealta tahansa, ja *Quake*-sarjassa raketin räjähdyksellä hyppiminen on osa strategiaa. Tästä syystä peliin voidaan sisällyttää palkitsevaa systeemidynamiikkaa erityisainesta, joka rikastuttaa pelikokemusta.

Peli muodostaa pelaajiensa mielissä tarinan, mutta takautuvasti, niin että koetut elementit liitetään tapahtumallisiksi jatkumoiksi (Harviainen 2012). Narratiivisuus onkin yksi tärkeimmistä systeemidynamiikan opetusvälineistä. Kun

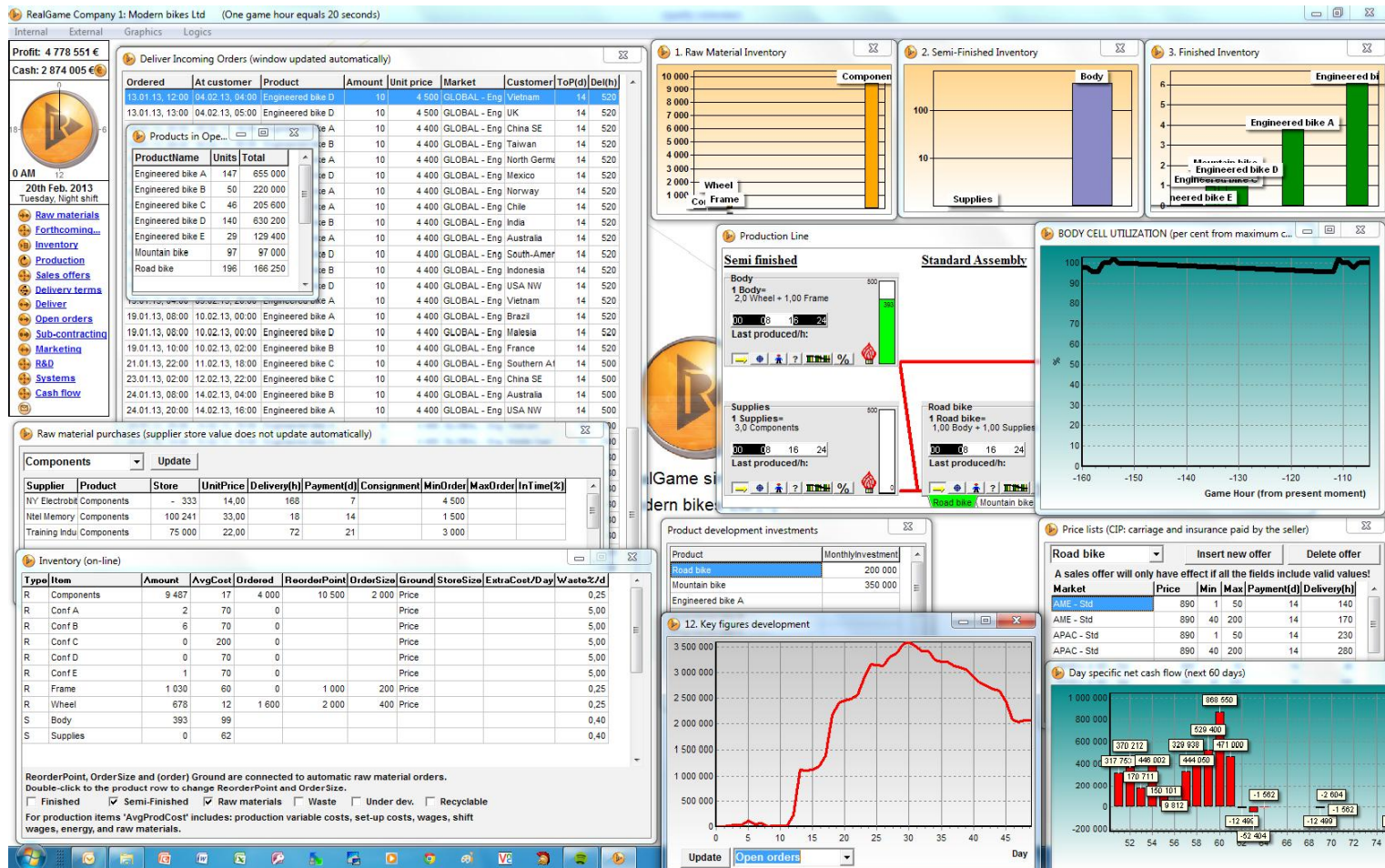
pelaajat havaitsevat toimiensa seuraukset sekä lineaarisella että systeemisellä tasolla, he kykenevät muodostamaan laajempia johtopäätöksiä toiminnallisten valintojensa seurauksista, ja oppivat soveltamaan samaa myös pelitilanteen ulkopuolella. Tästä syystä erityisesti pelin sisäisen kellonajan mukaan (joko täysin realistisesti tai muokatulla ajanmallinnuksella, ks. Lainema 2003 ja 2010) etenevät oppimispelit ovat erityisen hyviä systeemidynamiikan opetuksen välineitä – vuoropohjaisissa peleissä syy-seuraussuhteet jäävät helposti siirtojen välisen prosessoinnin (black box -vaiheen) takia näkymättömiin.

Sosiaalinen dynamiikkataso

Sicartin (2009) mukaan ei-abstraktit pelit ovat epäeettisiä, jos niiden kerroksellinen rakenne ei salli eettisten valintojen tekemistä ja valintojen seurausten havaitsemista. Sama pätee myös pelien ja systeemidynamiikan suhteeseen. Jos pelissä ei teoilla ole kuin lineaarisia seurauksia tai jos toimintavaihtoehtoja ei ole kunnolla tarjolla, dynamiikan havaitseminen ei ole mahdollista. Pelin rakenne voi puolestaan painottaa tietyytyypistä perspektiiviä: *Beer Gamen* siirtopohjaisen reaktiiviseen havaitseminen on hyvin erilaista kuin *RealGamen* opettamat hankinnan, tuotannon ja myynnin suhteet toisiinsa, tai *SimCityn* sisältämä pakko reagoida muutoksiin, joita pelissä tapahtuu koko ajan.

Osa peleistä perustuu systeemidynamiikan seurausten välttämiseksi. Jos jokaisen *World of Warcraftin* pelaajan on voitava voittaa sama päävastustaja kerta toisensa jälkeen, suuri osa pelaajien toimien systeemidynamiikasta vaikutuksista jää kunkin taisteluvaiheen sisäiseksi taktiikaksi. Tästä ei kuitenkaan seuraa, etteikö kyseinen peli voisi opettaa systeemien tajua. Verkkoroolipeli, jossa samat tapahtumat toistuvat, saattaa hyvinkin olla erittäin monimutkainen, mutta selkeästi havaittavan systeemidynamiikan kokonaisuus sosiaalisella tasollaan – pelaajien välisissä vuorovaikutussuhteissa (Rodríguez 2012).

Juuri sosiaalisella tasolla tullaankin systeemidynamiikan opetuksen haastavimpaan asiaan: inhimilliseen elementtiin. Peleissä on suhteellisen helppoa mallintaa ihmisiä, mutta ei inhimillisen käytöksen – päätöksenteko mukaan lukien – laajaa kirjoa tai sen eettisiä seurauksia (Sicart 2009). Suoritus pohjalta



Kuva 4. RealGame-yrityspelisimulaation pelaajan käyttöliittymä.

arvosteltavassa pelissä voi esimerkiksi myydä virtuaalisen yrityksensä digitaaliset työntekijät pois, jos oppitunnin loppu lähestyy ja vierustoverilla näkyy olevan enemmän pisteitä (Harviainen ym. 2012). Vapaus tutkiskelevampaan pelaamiseen, jopa suunnittelijan/opettajan toiveiden vastaiseen, saattaa sen sijaan monilla pelaajilla nostaa kykyä systeemidynaamisten seurausten hahmottamiseen,

ryhmän jäsenten kyky hahmottaa systeemisiä seurauksia hämärtyy. Toisaalta on mahdollista, että juuri sanelupolitiikan ja sen edessä koetun voimattomuuden tuloksena muualla kuin johtoasemassa oleva pelaaja havaitsee vaikutuksia, jotka eivät näy johtajille.

koska siinä pelaajan omat ajatusprosessit ja itse asetetut tavoitteet ohjaavat toimintaa ja siten tuotavat seurauksia, jotka on helppo assosoida omiin aiempiin toimiin (Myers 2010).

Ryhmässä pelaaminen toisaalta tarjoaa uusia perspektiivejä eri jäsentensä kautta, mutta ryhmäpaine myös saattaa ratkaisevasti rajoittaa pelaajien toimintaa ja kannustaa tukeutumaan perinteisiin, lineaarisempiin ajatusmalleihin (Kayes ym. 2005). Lisäksi suoritushenkisissä peliryhmissä korostuu herkästi transaktionaalinen johtajuus, jossa yksi tai useampi johtohahmo sanelee muille toimintamuodot (Prax 2010; Orre 2012). Tällöin

Johtopäätökset

Tässä artikkelissa olemme keskustelleet käsitteistä systeemidynamiikka ja mentaalimalli sekä siitä, miten ne liittyvät pelien maailmaan ja oppimiseen. Systeemidynamiikka on menetelmä, jolla voidaan hahmottaa ja havainnollistaa monimutkaisten järjestelmien rakenteellisia vaikutussuhteita. Koska pelit ovat paitsi systeemejä myös erityisesti sellaisia systeemejä, joissa järjestelmän sisäiset syy-seuraussuhteet ovat usein tavallista helpommin hahmotettavissa, ne soveltuvat erityisen hyvin systeemidynamiikan opetusvälineiksi.

Dynaamista kompleksisuutta, joka on päätöksentekijöille kaikkein haastavinta kompleksisuutta ja jossa järjestelmän riippuvuussuhteet tulevat esille vasta pitkän ajan kuluessa, esiintyy jopa yksinkertaisilta näyttävissä järjestelmissä. Pelit ovat tällaisissa tilanteissa potentiaalisesti erinomaisia oppimisympäristöjä, koska niillä on mahdollista todellisuutta nopeammin reagoivassa ympäristössä kehittää pelaajien kykyä ymmärtää ja hallita monimutkaisia riippuvuussuhteita. Dynaamista monimutkaisuutta sisältävien järjestelmien havainnollistamiseen pelit ovat mitä parhain oppimismuoto.

Pelit soveltuvat systeemidynamiikan opetukseen, koska niissä pelaaja joutuu analysoimaan käyttämäänsä järjestelmää saavuttaakseen haluamiaan lopputuloksia, olivat ne sitten optimaalisia suorituksia tai pelimaailman tutkistelua. Hän myös tuo pelitilanteeseen mukanaan omat mentaalimallinsa, jotka altistuvat pelissä testattaviksi. Peliprosessin edetessä pelaajan proseduraalinen lukutaito kehittyy, eli hän oppii paremmin lukemaan pelin järjestelmää ja vertaamaan sen eroavaisuuksia omaan käsitykseensä reaali maailmasta. Verratessaan pelaaja reflektoi, miten vastaavat ilmiöt ja ratkaisut toimisivat todellisuudessa.

Lähteet

Pelit

Beer Game. Peter M. Senge 1990.

Fallout. Tim Cain 1997.

Portal. Valve 2007.

Quake. id Software 1996.

RealGame. Timo Lainema 1997.

Sid Meier's Civilization. Sid Meier & Bruce Shelley 1991.

SimCity. Will Wright 1987.

World of Warcraft. Blizzard 2006.

Kirjallisuus

Andlinger, Gerhard R. (1958). Business Games: PLAY ONE! *Harvard Business Review* 36(2), 115–125.

Argyris, Chris (1991). Teaching Smart People How to Learn. *Harvard Business Review* 69(3), 99–109.

— (1995). Action Science and Organizational Learning. *Journal of Management Psychology* 10(6), 20–26.

Argyris, Chris & Donald Schön (1996). *Organizational Learning II: Theory, Method, and Practice*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley.

Barlas, Yaman (1996). Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamics Review* 12(3), 183–210.

Bogost, Ian (2007). *Persuasive Games: The Expressive Power of Videogames*. Cambridge: MIT Press.

Bowlby, John (1982). *Attachment and Loss*. Vol. I: *Attachment*. New York: Basic Books. (Original work published in 1969.)

Capelo, Carlos & João Ferreira Dias (2009). A System Dynamics-based Simulation Experiment for Testing Mental Model and Performance Effects of Using the Balanced Scorecard. *System Dynamics Review* 25(1), 1–34.

Crookall, David, Rebecca Oxford & Danny Saunders (1987). Towards a Reconceptualization of Simulation: From Representation to Reality. *Simulation/Games for Learning* 17(4), 147–171.

Doyle, James K. & David N. Ford (1998). Mental Models Concepts for System Dynamics Research. *System Dynamics Review* 14(1), 3–29.

— (1999). Mental Models Concepts Revisited: Some Clarifications to and a Reply to Lane. *System Dynamics Review* 15(4), 411–415.

Duffy, Thomas M. & Donald J. Cunningham (1996). Constructivism: Implications for the Design and Delivery of Instruction. Teoksessa David H. Jonassen (toim.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. New York: Macmillan Library Reference, 170–198.

Endsley, Mica R. (2000). Theoretical Underpinnings of Situational Awareness: A Critical Review. Teoksessa Mica R. Endsley & Daniel J. Garland (toim.), *Situational Awareness Analysis and Measurement*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 249–276.

— (2006). Expertise and Situational Awareness. Teoksessa K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (toim.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*. Cambridge: Cambridge University Press, 633–651.

Forrester, Jay W. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.

Gee, James Paul (2004). *What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Harviainen, J. Tuomas (2012). *Systemic Perspectives on Information in Physically Performed Role-Play*. Tampere: Tampereen yliopisto.

Harviainen, J. Tuomas, Timo Lainema & Eeli Saarinen (2012). Player-reported Impediments to Game-based Learning. Teoksessa *Proceedings of DiGRA Nordic 2012 Conference: Local and Global – Games in Culture and Society*. Verkkojulkaisuna osoitteessa < <http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/12168.02279.pdf>>.

Henriksen, Thomas Duus (2008). Extending Experiences of Learning Games: Or Why Learning Games Should be Neither Fun, Educational or Realistic. Teoksessa Olli Leino, Hanna Wirman & Amyris Fernandez (toim.), *Extending Experiences: Structure, Analysis and Design of Computer Game Player Experience*. Rovaniemi: University of Lapland, 140–162.

Kayes, Anna B., D. Christopher Kayes & David A. Kolb (2005). Experiential Learning in Teams. *Simulation & Gaming* 36(3), 330–354.

Kieras, David E. & Peter G. Polson (1985). An Approach to the Formal Analysis of User Complexity. *International Journal of Man-Machine Studies* 22, 365–394.

Kiili, Kristian, Timo Lainema, Sara de Freitas & Sylvester Arnab (2013). Flow Model for Designing Engaging and Effective Educational Games. Working paper.

Kim, Daniel H. (1993). The Link between Individual and Organizational Learning. *Sloan Management Review* 35(1), 37–50.

Klabbers, Jan H. G. (2009). *The Magic Circle: Principles of Gaming and Simulation*, third and revised edition. Rotterdam: Sense Publishers.

Kraiger, Kurt, Eduardo Salas & Janis A. Cannon-Bowers (1995). Measuring Knowledge Organization as a Method for Assessing Learning during Training. *Human Factors*, 37(4), 804–816.

Lainema, Timo (2003). *Enhancing Organizational Business Process Perception: Experiences from Constructing and Applying a Dynamic Business Simulation Game*. Turku: Turku School of Economics and Business Administration. Verkkojulkaisu osoitteessa <http://info.tse.fi/julkaisut/vk/Ae5_2003.pdf>.

— (2004). Redesigning the Traditional Business Gaming Process: Aiming to Capture Business Process Authenticity. *Journal of Information Technology Education* 3, 35–52. Verkkojulkaisu osoitteessa <<http://www.jite.org/documents/Vol3/v3p035-052-084.pdf>>.

— (2009). Perspective Making: Constructivism as a Meaning Structure for Simulation Gaming. *Simulation & Gaming* 40(1), 48–67.

— (2010). Theorizing on the Treatment of Time in Simulation Gaming. *Simulation & Gaming* 41(2), 170–186.

- Lainema, Timo & Eeli Saarinen (2009). Learning about Virtual Work and Communication: The Distributed Case. Teoksessa Judith Molka-Danielsen (toim.), *Proceedings of the 32nd Information Systems Research Seminar in Scandinavia, IRIS 32, Inclusive Design*. Molde University College, Molde, Norway, August 9–12, 2009.
- Lisk, Timothy C., Ugur T. Kaplancali & Ronald E. Riggio (2012). Leadership in Multiplayer Online Gaming Environments. *Simulation & Gaming* 43(1), 133–149.
- Mathieu J., G. Goodwin, T. Heffner, E. Salas & J. Cannon-Bowers (2005). Scaling the Quality of Teammates' Mental Models: Equifinality and Normative Comparisons. *Journal of Organizational Behavior* 26, 37–56.
- Montola, Markus (2012). *On the Edge of the Magic Circle: Understanding Pervasive Games and Role-playing*. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Morecroft, John D. W. (1992). Executive Knowledge, Models and Learning. *European Journal of Operational Research* 59(1), 9–27.
- Myers, David (2010). *Play Redux: The Form of Computer Games*. Ann Arbor: The University of Michigan Press and the University of Michigan Library.
- Orbanes, Phil (2002). Everything I Know About Business I Learned from MONOPOLY. *Harvard Business Review* 80(3), 51–57.
- Orre, Tomi (2012). *World of Warcraftin kiltatyypit ja johtaminen*. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto.
- Panagiotidis, Petros & Edwards, John S. (2001). Organizational Learning: A Critical Systems Thinking Discipline. *European Journal of Information Systems* 10, 135–146.
- Pearce, Celia (2002). Sims, Battlebots, Cellular Automata, God and Go: A Conversation with Will Wright. *Game Studies* 2(1).
- Prax, Patrick (2010). Leadership Style in World of Warcraft Raid Guilds. Teoksessa *Proceedings of DiGRA Nordic 2010: Experiencing Games – Games, Play, and Players*. Verkkojulkaisuna osoitteessa <<http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/10343.52340.pdf>>.
- Rodríguez, Gabriela (2012). Learning in Digital Games: A Case Study of a World of Warcraft Guild. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto.
- Rouse, William B. & Nancy M. Morris (1985). *On Looking into the Black Box: Prospects and Limits in the Search for Mental Models*. Center for Man-Machine Systems Research, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. Report no. 85:2.
- Rowe Anna L. & Nancy J. Cooke (1995). Measuring Mental Models: Choosing the Right Tools for the Job. *Human Resource Development Quarterly* 6, 243–255.
- Salen, Katie & Eric Zimmerman (2004). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. Cambridge: MIT Press.
- Senge, Peter M. (1990). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*. New York: Currency Doubleday.
- (2006). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*, revised and updated with 100 new pages. New York: Currency Doubleday.
- Senge, Peter M., Art Kleiner, Charlotte Roberts, Richard B. Ross & Bryan J. Smith (1994). *The Fifth Discipline Workbook: Strategies and Tools for Building a Learning Organization*. London: Nicholas Brealey.
- Sicart, Miguel (2009). *The Ethics of Computer Games*. Cambridge: MIT Press.
- Tsuchiya, Tomoaki & Shigehisa Tsuchiya (1999). The Unique Contribution of Gaming/Simulation: Towards Establishment of the Discipline. Teoksessa Danny Saunders & Jackie Severn (toim.), *The International Simulation & Gaming Research Yearbook: Simulations & Games for Strategy and Policy Planning*. London: Kogan Page, 46–57.
- Van der Heijden, Kees (2005). *Scenarios: The Art of Strategic Conversation*, second edition. Chichester: Wiley.
- Wardrip-Fruin, Noah (2009). *Expressive Processing: Digital Fictions, Computer Games, and Software Studies*. Cambridge: MIT Press.
- Whitton, Nicola (2009). *Learning with Digital Games: A Practical Guide to Engaging Students in Higher Education*. New York: Routledge.
- Wittgenstein, Ludwig (2002). *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell. (Ensimmäinen painos julkaistu 1953.)