

**This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.**

**Author(s):** Savolainen, Jussi; Vihola, Jaakko; Kostainen, Emma; Lundström, Anette

**Title:** Kuntien omistamien peruskoulujen tilankäytön toteutumattomat skaalaedut

**Year:** 2022

**Version:** Published version

**Copyright:** © Taloustieteellinen yhdistys, 2022

**Rights:** In Copyright

**Rights url:** <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

**Please cite the original version:**

Savolainen, J., Vihola, J., Kostainen, E., & Lundström, A. (2022). Kuntien omistamien peruskoulujen tilankäytön toteutumattomat skaalaedut. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 118(1), 42-61. [https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/02/31871983\\_KAK\\_1\\_2022\\_Taloustieteellinen\\_Yhdistys\\_WEB-44-63.pdf](https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/02/31871983_KAK_1_2022_Taloustieteellinen_Yhdistys_WEB-44-63.pdf)

# Kuntien omistamien peruskoulujen tilankäytön toteutumattomat skaalaedut

Jussi Savolainen, Jaakko Vihola, Emma Kostiainen ja Anette Lundström

*Julkisen koulurakentamisen vallitseva trendi on tehdä suuria, satojen oppilaiden yhtenäiskouluja. Tavoitteena on tuottaa oppimista tukevia tiloja ja mahdollistaa oppilaille eheä oppipolku koko peruskoulun ajaksi. Keskustelussa esiintyy usein myös oletettavia suurempien yksiköiden teknistaloudellisista skaalaeduista. Tässä tutkimuksessa analysoitiin yli 350 peruskouluyksikön otoksella, liittykö koulukoon kasvattamiseen skaalaetuja tilankäytön näkökulmasta. Tutkimuksen tulokset kyseenalaistavat käsityksen, että suurten koulujen oppilaskob-  
taiset tilakustannukset olisivat pääsääntöisesti pieniä kouluja edullisempia.*

Tässä artikkelissa käsitellään kuntien kouluinvestointeihin liittyvien päätösten rationaalisuutta valittuja koulukokoja tarkastelemalla. Kouluinvestoinneilla tarkoitetaan tässä yhteydessä koulujen uudisrakennus-, peruskorjaus- ja laajennushankkeita. Nämä ovat kuntatalouden kannalta merkittäviä. Uuteen koulurakennukseen sitoutuu käytännössä aina miljoonia euroja, joten kouluinvestointeihin liittyvät päätökset tulisi tehdä huolellisten valmistelujen perusteella. Investointien huolellisella valmistelulla tarkoitetaan erilaisten kvantifioitujen lähtötietojen perustella tehtäviä laskelmia eri investointipää-  
tösvaihtoehtojen vaikutuksista. Tämä tutkimus esittää havaintoja, joiden perusteella voidaan päätellä, onko tällainen huolellinen harkinta tyypillistä kouluinvestointeja tehtäessä.

Suomen kuntien ja kuntakonsernien omistuksessa on rakennuskanta, joka koostuu lähes 60 500 rakennuksesta, joiden yhteenlaskettu kerrosala on noin 50,5 miljoonaa neliometriä. Opetusrakennuksia<sup>1</sup> on Suomessa lähes 9 000, joista kuntien omistamia peruskouluja ja lukioita on yhteensä noin 4 200 kappaletta. Kuntien omistamien peruskoulujen ja lukioiden yhteenlaskettu kerrosala on noin 9,3 miljoonaa kerrosneliometriä (Korhonen ym. 2018). Kerrosalassa

---

<sup>1</sup> Tässä artikkelissa opetusrakennus-termiä käytetään kuvaamaan rakennuksia, jotka luokitellaan Tilastokeskuksen Rakennusluokitus 2018 -järjestelmässä opetusrakennukset-ryhmään. Tähän ryhmään sisällytetään kaikki rakennukset, jotka on tarkoitettu varhaiskasvatukseen, opetukseen, koulutukseen tai tieteelliseen tutkimukseen. (<https://www.stat.fi/meta/luokitukset/rakennus/001-2018-07-12/index.html>)

TkT Jussi Savolainen (jussi.m.savolainen@tuni.fi) on Tampereen ammattikorkeakoulun yliopettaja. DI Jaakko Vihola (jaakko.vihola@parmaco.fi) on Parmaco Oy:n kehitysjohtaja. FT Emma Kostiainen (emma.kostiainen@jyu.fi) on Jyväskylän yliopiston opettajankoulutuslaitoksen yliopistonlehtori ja KM Anette Lundström (anellund@gmail.com) tohtoriopiskelija Jyväskylän yliopistossa. Kirjoittajat kiittävät kahta anonyymiiä vertaisarvioitsijaa ja Kansantaloudellisen aikakauskirjan päätoimittajaa saamistaan kommentteista.

mitattuna noin 85 prosenttia koulurakennuskannasta on rakennettu ennen 1990-luvun alkua. Tämä koulurakennuskannan osa on laskennallisessa peruskorjausiässä. Osa kannasta on jo korjattu vuosien saatossa, mutta perusteellisten peruskorjausten läpivieminen lyhyiden lomajaksojen puitteissa on haasteellista.

Kunnallispolitiikassa on käyty kiivasta keskustelua siitä, miten kouluverkkoja tulisi kehittää tulevaisuudessa. Tilastokeskuksen mukaan (SVT 2018) suurten yhtenäiskoulujen (oppilaitos, joka sisältää luokat 1–9) määrä on ollut voimakkaassa 56 prosentin kasvussa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Samalla aikavälillä alakoulujen määrä (vain luokat 1–6) on vähentynyt 31 prosentilla. MDI:n (2019) väestöennusteen mukaan Suomessa on vuonna 2040 vain kolme kasvavaa kaupunkiseutua (pääkaupunki-seutu sekä Tampereen ja Turun seutukunnat). Jos ennusteen mukainen väestökehitys toteutuu, johtaa se suurten kouluyksiköiden vajaakäyttöön kasvualueiden ulkopuolisissa kunnissa.

Koulurakentamisen normiohjauksen nykytilaa kuvataan kattavasti FCG:n (2020) Opetushallituksen toimeksiannosta laatiman raportin yhteydessä. Raportin mukaan tilojen suunnittelua yleisesti käsittelevät Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) sekä Suomen rakentamismääräyskokoelma eivät sisällä nimenomaisesti oppimisympäristöihin liittyvää säätelyä. Oppilaitosten tilojen mitoittamiseen liittyviä ohjeita on löydettävissä vuonna 2019 julkaistuista RT-korteista (RT 103080). Näissä tilamitoittamiseen liittyvät ohjeavrot ovat kuitenkin esitetty melko karkealla tasolla, ja oppilaitoskokonaisuuden mitoittaminen niiden perusteella on haasteellista. Ennen korttien julkaisua käytössä oli Opetushallituksen vuonna 2012 julkaisema asiakirja esi- ja perusopetuksen tilantarpeen tunnusluvuista. Tässä dokumentissa oli kuvattu

erikokoisten koulujen tilajakaumia ja neliömääriä hyvin konkreettisella tasolla. Dokumentti olettaa oppilaskohtaisen tilankäytön tehostuvan koulun koon kasvaessa. FCG:n (2020) tekemän raportin haastatteluista on tulkittavissa, kuinka kuntasektorilla kaivataan yksityiskohtaisia ohjeita kouluhankkeiden suunnitteluun. Toisaalta osa haastatteluista kokee tällaiset ohjeet myös luovuutta rajoittavina.

Tämän tutkimuksen kohteena ovat kuntien omistamat peruskoulut (ala-, ylä- ja yhtenäiskoulut) Suomessa. Kouluverkkoon tehtävät muutokset ovat kunnalle taloudellisesti merkittäviä päätöksiä, ja tästä syystä veronmaksajilla on lupa olettaa, että ne tehdään huolellisten valmistelujen perusteella. Merkittävyyden vuoksi on ymmärrettävää, että opetushallitus on tarjonnut kunnille normiohjausta tukemaan päätöksentekoa. Tämän hetkinen tilanne kuitenkin on, että opetushallitus on poistanut vanhan konkreettisen ohjeen ilman, että siihen liittyvistä virheellisistä oletuksista olisi käyty riittävän laaja julkinen keskustelu. Tällaista tilannetta voisi kutsua ohjaus-tyhjiöksi valtiotason toimijan ja kuntatason toimijan välillä, joka voi haitata rationaalista päätöksentekoa. Tutkimuskysymyksemme on, tehdäänkö koulujen kokoon liittyvät päätökset enemmänkin intuitiivisiksi tunnistettavilla mekanismeilla, vai onko päätösten taustalta tunnistettavissa rationaalinen arviointi?

Tutkimuskysymykseen etsitään ratkaisua tarkastelemalla, millaisiin tilatehokkuuksiin tehdyt koulupäätökset ovat johtaneet, ja ovatko tehdyt päätökset tilatehokkuusanalyysin näkökulmasta rationaalisia.

Seuraavassa luvussa käydään läpi koulujen tilankäyttöä käsitteleviä aikaisempia tutkimuksia. Kolmannessa luvussa esitetään analysoitavan kouluotoksen muodostaminen. Neljännessä kappaleessa käydään läpi aineiston pohjalta teh-

ty tilastoanalyysi sekä sen tulokset. Artikkelin viimeisessä luvussa esitetään tulosten pohjalta johtopäätökset sekä käydään läpi jatkotutkimustarpeita.

## 1. Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin

Kirjallisuuskatsaus on jaettu kahteen osaan: Ensimmäinen osa liittyy koulurakennusten skaalaetuihin liittyviin ilmiöihin. Tässä käsitellään koulun koon vaikutusta tilankäytön tehokkuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmasta. Kokonaisvaltaisen kuvan muodostamiseksi toinen osa kirjallisuuskatsauksesta tarkastelee kouluyksikön koon yhteyttä oppimistuloksiin sekä oppilaiden ja opetushenkilökunnan hyvinvointiin.

### 1.1 Koulurakennuksen koon ja tehokkuuden välinen yhteys

Skaalaeduilla tarkoitetaan tilannetta, jossa tuotannon määrän lisääminen johtaa yksikkökustannusten alenemiseen. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että samoilla hallinnon ja johdon resursseilla voidaan huolehtia suuremmasta tuotannosta (kiinteät kustannukset), työntekijöiden mahdollisuudesta erikoistua jonkin tehtävän hoitamiseen (työvoiman tuottavuuden kasvu) tai mahdollisuudesta investoida tehokkaampaan tuotantolaitteistoon suurta tuotantomäärää varten (pääoman tuottavuuden kasvu). Yksikkökustannusten lasku tuotannon kasvaessa ei kuitenkaan ole itsestään selvää, vaan tilanteesta riippuen yksikkökustannukset voivat pysyä vakiona tai jopa nousta, jolloin puhutaan skaalahaitoista. Koulujen tilatehokkuuden kontekstissa puhuttaessa oletus koulujen tilate-

hokkuuden paranemisesta koulukoon kasvaessa rinnastuu oletukseen pääoman tuottavuuden kasvusta tuotantomäärän kasvaessa.

Koulupalveluiden järjestämisen skaalaetuihin liittyvät tarkastelut ovat kiinnostaneet tutkijoita jo 1950-luvun lopulta lähtien, jolloin Werner Hirsch (1959) esitti kaupunkialueen kasvua ja tiivistymistä käsittelevässä tutkimuksessaan, että koulutuskustannuksilla ja koulupiirin koolla ei ole tilastollisesti merkittävää yhteyttä. Vaikka koulupiiritason tarkastelua koulutason sijaan on kritisoitu (Riew 1966; Bowles ja Bosworth 2002), myös koulutasolla tehdyt empiiriset analyysit viittaavat siihen, ettei koulutuksen yksikkökustannuksiin vaikuttavien skaalaetujen saavuttaminen koulukoon kasvattamisella ole itsestäänselvyys (Riew 1966; Cohn 1968; Slate ja Jones 2005; Colegrave ja Giles 2008).

Yhdysvalloissa Wisconsinissa sijaitsevia 430 julkisen hallinnon ylläpitämää koulua koskeva tutkimus on esimerkki tästä (Riew, 1966). Aineiston koulujen oppilasmäärät vaihtelivat 143 oppilaan koulusta 2 400 oppilaan kouluun. Analyysi osoitti, että ylläpito- ja toimintakustannukset alenivat tasolta 531 dollaria/oppilas tasolle 374 dollaria/oppilas koulun oppilasmäärän kasvaessa alle 200:sta kokoluokkaan 700–900 oppilasta. Oppilasmäärän kasvaessa tasolle 901–1100 oppilasta, oppilaskohtaiset kustannukset nousivat tasolle 433 dollaria/oppilas. Kasvua selitti muun muassa yliopistotutkiminnon omaavien opettajien määrän voimakas kasvu suuremmissa kouluissa, jolloin myös palkkakustannukset kyseisissä kouluissa nousivat voimakkaasti. Tarkasteltaessa yli 1100 oppilaan kouluja kustannukset kääntyivät taas laskuun asettuen tasolle 407 dollaria/oppilas, jonka jälkeen kustannukset pysyivät vakiona oppilasmäärää kasvatettaessa. Esimerkki osoittaa, että kustannuksiin vaikuttavat tekijät voivat käyttäytyä epäline-

aarisesti suhteessa koulun kokoon, ja että skaaletujen lisäksi koulun koon kasvaessa voi esiintyä myös skaalahaittoja.

Tarkastelemme seuraavassa vielä tutkimustuloksia koulun koon yhteydestä oppilaiden hyvinvointiin, osallisuuteen ja sosiaaliseen koheesioon sekä oppimiseen ja akateemiseen suoriutumiseen. Tämän näkökulman esittelyllä pyrimme selittämään, mitä muita seikkoja päätöksentekijät todennäköisesti ottavat huomioon kuin taloustieteen kvantitatiivisen lähestymistavan.

Kansainvälisessä tutkimuksessa pienten koulujen on osoitettu olevan yhteydessä suurempaan osallisuuteen, vuorovaikutukseen ja koulukiinnittymiseen sekä parempaan sosiaaliseen käyttäytymiseen (Cotton 1996; Leithwood ja Jantzi 2009, 475; Newman ym. 2006). Suurilla kouluilla on puolestaan osoitettu olevan yhteyttä aggressiiviseen käyttäytymiseen ja kouluampumisiin (Baird ym. 2017; Cotton 1996). Suurissa kouluissa myös oppilaiden osallistuminen sekä koulun järjestämään että sen ulkopuoliseen toimintaan vähenee samalla, kun poissaolot lisääntyvät (Cotton 1996; Leithwood ja Jantzi 2009, 478). Leithwoodin ja Jantzin (2009, 478) mukaan koulupudokkaiden määrä on suurin hyvin pienissä ja hyvin suurissa kouluissa. Suomalaisessa tutkimuksessa puolestaan havaittiin, että mitä pienempi koulu on, sitä suurempi on koulun oppilaiden syrjäytymisriski, tosin koulun koon osuus selittäjänä ei ole tutkimuksen mukaan kovin suuri (Alatupa 2007, 17). Sen sijaan Leithwoodin ja Jantzin (2009) mukaan koulun pienestä koosta suurimman hyödyn saavat ne oppilaat, joilla perinteisesti on ollut vaikeuksia koulussa. Koulujen koolla näyttääkin olevan vaikutusta ainakin oppilaiden turvallisuuteen, hyvinvointiin ja osallisuuteen sekä sosiaaliseen koheesioon (Scheerens ym. 2014).

Koulukoon ja akateemisen suoriutumisen yhteyttä koskevat kansainväliset ja suomalaiset tutkimukset ovat ristiriitaisia eivätkä anna yksiselitteistä kuvaa koulun koon merkityksestä suhteessa koulumenestykseen. Kansainvälisissä tutkimuksissa on saatu näyttöä siitä, että pienet koulut edistävät oppilaiden akateemista suoriutuskykyä (Leithwood ja Jantzi 2009, 468–470), kun taas koulun koon kasvamisen on osoitettu heikentävän oppilaiden suoritustasoa matematiikassa ja lukemisessa, erityisesti ylemmillä luokka-asteilla (Egalite ja Kisida 2016). Sen sijaan kotimaisen, Sitran toteuttaman koulun koon ja koulumenestyksen yhteyttä tarkastelevan tutkimuksen tulokset osoittavat, että koulun koon kasvaessa oppilaiden arvosanojen keskiarvot nousevat käyttäytymistä lukuun ottamatta, kuitenkin vain 600 oppilaan koulukokoon saakka, alkaen sitten laskea (Alatupa 2007, 91). Myös kansainvälisessä tutkimuksessa on näyttöä sekä siitä, että yli 600 oppilaan kouluisa koulumenestys on heikompaa (Foreman-Peck ja Foreman-Peck 2006) ja siitä, että koulun koolla ei ole ollut yhteyttä oppimistuloksiin (Young 1998). Niin ikään Suomessa peruskoulun äidinkielen ja kirjallisuuden osaamista tarkastelevissa kansallisissa arviointitutkimuksissa koulun tai luokan koolla ei ole todettu olevan yhteyttä oppilaiden äidinkielen osaamiseen (Lappalainen 2000; 2004).

Kirjallisuutta kokonaisuutena tarkasteltaessa huomio kiinnittyy tutkimuksen maantieteelliseen keskittymiseen Yhdysvaltoihin sekä hyvin ristiriitaisiin tuloksiin johtuen erilaisista aineistoista, tarkasteltavista muuttujista sekä analysointimetodien kattavasta kirjosta. Tutkimustuloksia hyödynnettäessä on syytä muistaa, että Suomen peruskoulutusjärjestelmä on hyvin erilainen Yhdysvaltoihin verrattuna.

## 1.2 Koulutuksen tuotantofunktio

Tämän tutkimuksen käyttämää tuotantofunktiota muodostettaessa pidämme tuotoksena (O) koulurakennusta käyttävää ”oppivaa oppilasta”. Perusteena tälle valinnalle toimii ennen kaikkea se, että koulun pääasiallinen tarkoitus on kouluttaa ja kasvattaa sen huolehdittavaksi annettuja oppilaita. Lisäksi oletamme, että jokainen koulua käyvä oppilas hyötyy koulunkäynnistä arvosanoista riippumatta, jos vertailukohtana pidetään tilannetta, jossa hän ei voisi käydä koulua. Tämän valinnan avulla voidaan tarkastella, tekevätkö kuntien päätöstentekijät johdonmukaista optimointia minimoimalla tilakustannuksia.

Oletuksemme koulun tuotoksesta poikkeaa esimerkiksi Kirjavaisen (2007) oletuksesta, joka perustuu ajatukseen, että koulun tuotos on tuotetut koulutuspalvelut. Tätä eroa voisi verrata eroon opetuslähtöisen ja oppimislähtöisen pedagogisen käsityksen eroon, eli tarkastellaanko opettajien ja muun henkilökunnan tekemisiä vai positiivisia vaikutuksia oppilaiden elämään. Myös Aaltonen ym. (2007) tunnistavat koulutuksen tuotokseen liittyvän ongelman kvantitatiivisten tuotosten (kuten suoritettut kurssit tai opintopisteet) ja vaikuttavuuden kvalitatiivisen luonteen välillä. Heidän valintansa on käyttää esimerkiksi perusopetuksen standardisoituna oppimisen mittarina oppilasmääriä, peruskoulun päättäneiden määriä, kevään yhteishaussa jatko-opiskelupaikan saaneiden määriä sekä päättötodistusten arvosanojen keskiarvoa kerrottuna päättötodistusten lukumäärällä, vaikka he toteavatkin todellisen vaikuttavuuden olevan välitöntä koulutusprosessin lopputulosta laajempi asia.

Yhtenäiskoulu-uudistuksessa käytetyt perustelut tukevat osaltaan näkemystä siitä, että

oppilaan koulussa olo ja opetukseen osallistuminen toimii mielekkäänä vaikuttavuuden mittarina. Yhtenäiskouluun siirtymisessä oli pohjimmitaan kyse pedagogisesta muutoksesta, jonka tavoitteena on eheä koulupolku oppilaalle ja kokonaisvaltainen kasvatus- ja opetustyö opettajille (Pyhältö ym. 2007, 16), yhtenäinen opetussuunnitelma, oppimisympäristö, yhteistyöhön perustuva koulun toimintakulttuuri sekä yhtenäisyyttä edistävä rehtorius (Halinen ja Pietilä 2007, 7). Tämän vertikaalisen koherenssin lisäksi pedagogisesti yhtenäinen perusopetus edellyttää myös horisontaalista koherenssia, eli koulun sisäisen arjen ja toimintaympäristön johdonmukaisuutta (Huusko ym. 2007, 56–58). Lisäksi perusopetuksen yhtenäisyyden ajatellaan myös merkitsevän kokonaisvaltaista huolenpitoa oppilaiden oppimisesta ja hyvinvoinnista (Halinen ja Pietilä 2007, 12).

Yhtenäiskoulun syntymisen mahdollisti vuonna 1999 annettu perusopetuslaki, joka poisti hallinnollisen rajan ala- ja yläasteen väliltä. Tämän myötä Suomessa oli ensimmäistä kertaa mahdollista toteuttaa pedagogisesti yhtenäinen koulu, jossa kaikki peruskoulun vuosiluokat työskentelevät samassa koulurakennuksessa, jolla on yhteinen hallinto ja opettajakunta ja jonka suunnitteleminen ja rakentaminen on toteutettu pedagogisiin lähtökohtiin perustuen (Halinen ja Pietilä 2007; Sahlstedt 2015, 10). Tämän seurauksena perusopetusta järjestävien koulujen lukumäärä väheni huomattavasti samalla kun niiden yksikkökohtainen oppilasmäärä kasvoi (Sahlstedt 2015, 9-10, 42).

Tässä tutkimuksessa panokset on summattu yhteen muuttujaan, sillä tämän tutkimuksen analyysissä huomio kiinnittyy koulurakennuksen kokoon sidoksissa olevien panosten käsitteilyyn. Seuraavassa kappaleessa käymme läpi, miksi olemme valinneet analyysimme kohteeksi

tilojen tuottavuuden (oppilasta per 100 koulurakennuksen kerrosneliometriä), ja miksi pidämme tätä tunnuslukua sopivana indikaattorina rationaaliselle päätöksenteolle, ja miksi tästä poikkeavaa optimointia on hyvin vaikeaa tehdä koulurakennuksia suunniteltaessa. Kuntapäätäjien rationaaliseen päätöksentekoon kytkeytyvää tunnuslukua valitessa on syytä muistaa, että vaaleilla valitulla päättäjällä ei tarvitse välttämättä tarvitse olla kovin korkean tason taloustieteellistä osaamis pohjaa. Tästä syystä tarkasteltavan tunnusluvun tulee olla sen verran yksinkertainen, että on kohtuullista olettaa suurimman osan kuntapäätäjistä, niin politikoista kuin virkamiehistäkin, ymmärtävän sen merkityksen.

### **1.3 Koulurakennusten optimointi**

Vaikka koulujen skaalaetuja on tutkittu suhteellisen paljon, kohdistuu tutkimus tyypillisesti optimaalisen koulukoon löytämiseen hyötyjen ja kustannusten näkökulmista. Tämä koskee niin empiirisiä tutkimuksia (esim. Riew 1966; Cohn 1968; Barnett ym. 2002) kuin kirjallisuuskatsauksiakin (esim. Leithwood ja Jantzi 2009; Colegrave ja Giles 2008; Slate ja Jones 2005; Bowles ja Bosworth 2002). Sen sijaan tutkimuksia, joissa olisi selvitetty, miten kustannuksiin vaikuttavat tekijät muodostavat skaalautumisen sääntöjä, on huomattavasti vaikeampaa löytää.

Tällaisina sääntöinä voitaisiin ajatella esimerkiksi, tekeekö jokin rakennustekninen seikka suurista koulurakennuksista halvempia kuin pienistä joko investoinnin- tai ylläpidon yksikkökustannuksiltaan. Rakennusalalla käytetyt investointipäätöksiä varten tehtävien kustannusarvioiden laadintatavat ja urakkatarjouksia varten tehtävät kustannuslaskentatavat eivät tue näkemystä tällaisesta skaalaedusta (Mittaviiva

2018). Investointipäätöksiä varten laaditaan tyypillisesti tilakustannusarvio, johon on laskettu rakennukseen tarvittavat tilat, niiden koot sekä arvioidut kustannukset per neliometri tilatyypittäin. Käytetyssä arviointimenetelmässä tilakoon kasvu johtaa tyypillisesti hieman alempaan keskimääräiseen kustannukseen per neliometri, mutta koska tilojen keskikoko on tilatyypittäin likimain vakio, esimerkiksi luokkahuoneen tai WC:n koko on likimain sama riippumatta kuinka suuressa rakennuksessa ne sijaitsevat, ei tästä synny merkittävää skaalaetua. Vastaavasti urakkatarjouksia varten tehtävässä kustannuslaskennassa kustannukset kasvavat likimain lineaarisesti erilaisten rakennusosien määrän funktiona.

Koulujen ylläpidon näkökulmasta suurimmat kustannuserät ovat lämpöenergia, sähköenergia, vesihuolto, siivous, jätehuolto ja ulkoalueiden kunnossapito. Näistä lämmityksen, sähkön ja siivouksen kustannukset kasvavat likimain lineaarisesti hyötypinta-alan funktiona. Sen sijaan vedenkulutuksen ja jätehuollon voidaan ajatella kasvavan likimain lineaarisesti oppilasmäärän funktiona, joten tätä voidaan pitää vakiona, jos tarkastellaan tilakustannuksia oppilasmäärän pysyessä vakiona. Mikäli budjetoinnissa oppilaiden ja tilamäärän välistä suhdetukua pidetään vakiona, myös tämä termi kasvaa lineaarisesti tilamäärän funktiona. Hoidettavien ulkoalueiden koko mitoitetaan usein kouluun arvioidun maksimioppilasmäärän mukaan, jolloin myös ulkoalueiden hoidon kustannusten ajatellaan kasvavan lineaarisesti koulurakennuksen koon funktiona.

Vaikka rakennukset itsessään eivät muutu halvemmiksi niiden koon kasvaessa, mikäli niiden sisältämät tilatyytit pysyvät samoina, voidaan silti tarkastella, voidaanko suurissa kouluissa käyttää tiloja tehokkaammin hyödyksi

kuin pienissä kouluissa. Tällainen tehokkaampi hyödyntäminen voi tarkoittaa joko sitä, että koulutiloissa on onnistuttu minimoimaan tuotoksen eli oppimisen näkökulmasta tarpeettomat tilat kuten käytävät tai sitä, että oppimistilojen käyttöaika on onnistuttu maksimoimaan. Jos näitä logiikoita tarkastellaan valitsemamme tunnusluvun (oppilaita per rakennuksen pinta-ala) näkökulmasta, tehokkuuden paraneminen näkyisi siten, että koulussa voisi olla enemmän oppilaita rakennuksen pinta-alayksikköä kohden.

Oppimisen näkökulmasta epärelevanttien tilojen minimoinnissa oletettaisiin oppilasmäärä ja oppimistilojen pinta-ala vakioiksi, jolloin epärelevanttien tilojen määrän vähetessä, myös koulurakennuksen tulisi olla oppilasmäärän ja oppimistiloihin suhteutettuna pienempi kuin verrokikoulu.

Tätä tarkastelua voidaan laajentaa ajattelemalla, että suurissa kouluissa voi olla sellaisia erikoisluokkia, joita pieniin kouluihin ei kannata rakentaa. Tällöin tarkastelu siirtyy laajuuden ekonomian (*economies of scope*) näkökulmaan. Sen mukaan tuotannossa voidaan saavuttaa kustannushyötyä valitsemalla useiden tuotteiden paketti, joka pystyy hyötymään samoista tuotannontekijöistä hukkaa vähentäen. Esimerkiksi jos tehdas tekee huonekaluja, se voi hyödyntää isojen puun kappaleiden leikkaamisesta ylijäävät kappaleet pienempien esineiden valmistuksessa, ja ne kappaleet, jotka ovat liian pieniä tavaroiden tuottamiseen, voidaan hyödyntää lämmöntuotannossa polttamalla. Laajuuden ekonomiaa voi siis esiintyä vain sellaisissa tapauksissa, joissa voidaan tunnistaa yhteiskäyttöisiä tuotannontekijöitä, ja että ylijäämiä ei voida myydä tehokkaasti toimivilla markkinoilla (Panzar ja Willig 1981).

Jos olettaisimme oppimistilat tuotoksiksi, ja oppimisen välttämättä tarvitsemat käytävä-, WC- ym. aputilat tuotannon tekijöiksi, laajuusedun olemassaolo tarkoittaisi, että oppimistilan pinta-alayksikköä kohti tarvitsisi tuottaa vähemmän aputiloja, jos laajuus kasvaa.

Jos taas pidämme oppimista tuotoksena ja erilaisia oppimistiloja jaettuina tuotannontekijöinä, käsittelemme käytännössä erilaisten oppimistilojen käyttöajan maksimointia. Erityisesti taito- ja taideaineissa, liikunnassa ja jossain määrin myös luonnontieteissä voidaan ajatella, että opetusta ei voida järjestää kunnolla, mikäli ei ole saatavilla erityisesti niihin tarkoitettuja luokkatiloja, ja että koulun pitää olla riittävän suuri, jotta niiden käyttöaste olisi korkea. Käyttöasteen nostaminen tarkoittaa käytännössä sitä, että useampi ryhmä käyttää samaa tilaa eri aikaan, jolloin tilaa käyttävien opiskelijoiden määrä kasvaa. Myös tällä tavalla tarkasteltuna oppilasmäärän pitäisi kasvaa pinta-alayksikköä kohden.

Koulurakennusten suunnitteluun ei ole olemassa sellaista suunnitteluohjetta, joka selittäisi, miten laaditaan optimaalisen kokoinen koulu. Tästä johtuen ei ole todennäköistä, että koulurakennuksia ja kouluverkkoa suunniteltaessa olisi pystytty optimoimaan tilakustannuksia. Toisaalta soveltuvaa mallia tällaisten monimutkaisten kokonaisuuksien skaalautumisen käsittelyyn ei ole ollut käytettävissä ennen kuin Geoffrey West (2017) julkaisi kolmeen pääsääntöön perustuvan mallinsa.

Westin (2017) ensimmäisen säännön mukaan objektia tulee tarkastella verkostona, joka pyrkii täyttämään tilan. Esimerkiksi ihmisen verenkiertojärjestelmä pyrkii kattamaan koko ruumiin tilavuuden, sillä sen pitää pystyä huoltamaan koko ruumiin kaikki solut. Vastaavasti



suurkaupungin sähköverkon pitää kattaa koko kaupungin kaikki asunnot.

Toisen säännön mukaan verkoston pääteyksiköt ovat kutakuinkin samanlaisia järjestelmän koosta riippumatta. Verisuonien tapauksessa tämä tarkoittaa hiussuoniston päässä olevia kapillaareja, jotka ovat kaikilla nisäkkäillä koosta riippumatta karkeasti samaa suuruusluokkaa riippumatta siitä, onko kyseessä muutamamgramman painoinen päästäinen vai liki 10 tonnia painava elefantti. Sähköverkkoesimerkissä tämä tarkoittaa, että pistorasiat ovat suunnilleen samanlaisia ja samankokoisia riippumatta siitä, onko kyseessä pientalo vai monikymmenkerroksinen tornitalo. Pistorasiat eivät siis kasva monikymmenkertaiseksi.

Kolmannen säännön mukaan luonnonvalinta pyrkii optimoimaan edellä mainittujen verkostojen tehokkuuteen liittyviä tekijöitä. Eli esimerkiksi verenkiertojärjestelmät eri eliöillä ovat kehittyneet niin, että elämän ylläpitämiseen ja arkisten tehtävien hoitoon tarvittava energia minimoituu. Tämä verkostojen häviöiden minimointi on Westin (2017) mukaan avain skaalaetujen syntyymiseen.

Koulujen ja kouluverkkojen skaalaetuihin liittyvissä analyyseissa erotellaan tyypillisesti hyödyt ja kustannukset toisistaan, mutta näitä ei tarkastella verkostoina, jonka häviöitä olisi mahdollisuutta arvioida ja optimoida. Sen sijaan koulutiloja koskevia kustannus- ja verkostonäkökulmaa erikseen käsitteleviä tutkimuksia on löydettävissä. Esimerkiksi Carroll McGuffey ja Carvin Brown (1978) erottavat koulun operatiiviseen toimintaan liittyvät kustannukset huolto- ja ylläpitokustannuksista, mutta vaikka tutkimus kertoo korrelaation koulun käyttöasteen ja näiden kustannusten välillä, se ei tarjoa tietoa, mitä eroa on pienen koulun huoltamisessa verrattuna esimerkiksi kaksi tai neljä kertaa suu-

rempaan. Vastaavasti koulurakennuksen muodostamaa tilojen verkkoa on tutkittu *space syntax* -menetelmällä (Kishimoto ja Taguchi 2014; Heitor ja Pinto 2012; De Jong 1996), mutta tämä tutkimus keskittyy koulurakennusten tyyppitellyyn ja eri rakennustyyppien vaikutukseen käyttäjien toimintaan ja tyytyväisyyteen kustannusten optimoinnin sijaan.

Nämä tiedon puutteet heijastuvat väistämättä myös koulujen kokoon liittyvään viranomaisohjaukseen kuin kuntien päätöksentekoonkin. Esimerkiksi Suomessa Opetushallituksen (2012) ohje erikokoisten koulujen tilamitoitukseen liittyen olettaa, että oppilaat tarvitsevat keskimäärin vähemmän tilaa suurissa kouluissa kuin pienissä kouluissa, vaikka useat tutkimukset pitävät tällaisia tilakustannuksiin liittyviä skaalaetuja epävarmoina (Colegrave ja Giles 2008; Bowles ja Bosworth 2002), eikä koulujen skaalaetuihin liittyviä kausaalisia malleja (vrt. Westin 2017 pääsäännöt) ole esitetty.

Kouluverkon kehittymistä rakennusrakennukselta tarkasteltaessa Westin (2017) kolmas sääntö on erityisen mielenkiintoinen: Liittyykö kouluverkon kehittymiseen luonnonvalintaa muistuttava optimointimekanismi, joka suosii pienempiä yksikkökustannuksia? Kouluverkon kehittämisestä päätetään kuntademokratian keskeisissä toimitelmissä, mutta koulut lopulta suunnitellaan ja toteutetaan rakennushankkeina. Rakennushankkeeseen ryhtyvä, esimerkiksi kunta, voi kyllä asettaa yksikkökustannuksille tavoitteita, mutta lopputulokseen vaikuttavat tavoitteen lisäksi myös projektihenkilöstön osaaminen ja heidän omat tavoitteensa (Savolainen ym. 2018; Lundström ym. 2016). Esimerkiksi suunnittelijat ja urakoitsijat voivat suosia ja suosittaa tuttuja ratkaisuja riskejä välttääkseen tai suoraviivaisia ratkaisuja omaa tehtävänsä helpottaakseen riippumatta siitä,

miten ne vaikuttavat koulun investointi- tai ylläpitokustannuksiin.

Tämän lisäksi on otettava huomioon, että rakennusten suunnittelua koskeva päätöksenteko on luonteeltaan hyvin erilaista verrattuna luonnonvalintaan. Luonnonvalinta toimii todellisen tehokkuuden perusteella, kun taas rakennushankkeen keskeiset suunnittelupäätökset tehdään ennen rakennuksen valmistumista erilaisen arvioiden, laskelmien ja muiden epävarmojen tietojen perusteella (esim. Kankainen ja Junnonen 2017). Luonnonvalinnasta poikkea myös se, että valmistunutta rakennusta pidetään yllä riippumatta siitä, saavuttaako se tehokkuustavoitteensa vai ei. Tästä näkökulmasta skaaletujen syntymistä koulurakennuksissa voisi pitää jopa yllättävänä.

## 2 Tutkimusaineisto

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kuntien omistamien peruskoulujen kokoon liittyviä skaalaehtoja tilankäytön näkökulmasta. Kuntien kouluverkoissa ja väestörakenteissa on kuitenkin eroja, jotka vaikuttavat koulujen tilankäytön tunnuslukuihin. Tästä syystä tutkimusaineisto muodostettiin käyttäen harkinnanvaraista otantaa (Given 2008, 697) sisällyttäen mukaan eri kehitysvaiheissa olevia kuntia, joiden koulurakennuskannat olivat kuitenkin tarpeeksi kattavia tilastollisen tarkastelun mahdollistamiseksi. Kuntaotanta toteutettiin noudattaen seuraavia kriteereitä:

- *Tarpeeksi suuri otoskoko.* Jos kunnassa oli tarkasteluajanhetkellä alle 15 koulua, se jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tämä kriteeri rajasi mahdollisten tarkastelukuntien lukumäärän 36:een alkuperäisestä 311 kun-

nasta. Tämän kriteerin tarkoituksena on rajoittaa yksittäisen havainnon vaikutusta analyysin kuntakohtaisen otoksen osalta.

- *Taajama-aste yli 85 prosenttia.* Tilastokeskuksen mukaan taajama-asteella tarkoitetaan taajamissa asuvien suhteellista osuutta siitä väestöstä, jonka asuinpaikka on koordinaatein määritettävissä. Taajamiksi luetaan vähintään 200 asukkaan rakennusryhmit, joissa rakennusten välinen etäisyys ei yleensä ole yli 200 metriä. Jos taajama-aste on hyvin matala, kunta saattaa olla pakotettu ylläpitämään kouluyksiköitä, joiden tilatehokkuus jää hyvin matalaksi.
- *Maantieteellisesti kattava otos.* Suomen väestö on keskittynyt hyvin voimakkaasti maan eteläiseen osaan. Otokseen valittiin myös Keski- ja Pohjois-Suomessa sijaitsevia kuntia.
- *Validia tilastotietoa helposti saatavilla.* Suuri osa Suomen 311 kunnasta on kooltaan hyvin pieniä. Tällä saattaa olla vaikutusta siihen, kuinka hyvin paikkatietopohjaista rakennuksiin liittyvää tietoa on saatavilla. Otoksen valintaa ohjasi siis myös tiedon saatavuus.

Muodostettu aineisto pitää sisällään yhteensä 373 kuntien omistamaa peruskoulua yhdeksästä eri kunnasta. Nämä koulut koostuvat 610 erillisestä rakennuksesta<sup>2</sup>. Kouluissa oli vuonna 2015 yhteensä yli 135 000 oppilasta. Aineiston

<sup>2</sup> Jos kouluyksikkö koostui useammasta rakennuksesta, yhdistettiin näiden rakennusten rakennusrekisteritiedot yhteen datapisteeseen. Kouluyksikön kerrosala saatiin summaamalla eri rakennusten kerrosalat yhteen ja koko yksikön valmistumisvuosi määritettiin perustuen kooltaan suurimman rakennuksen valmistumisvuoden perusteella. Valmistusvuotta ei tämän takia otettu muuttujaksi tilastoanalyysiin.

yhteenlaskettu kerrosala on lähes kaksi miljoonaa neliometriä, joka vastaa noin 16 prosenttia kaikista kuntien omistamista peruskoulukiinteistöistä.

Kuntakohtaiset peruskouluaineistot muodostettiin yhdistämällä toisiinsa eri tietolähteitä paikkatietopohjaisesti. Paikkatietoanalyysissä hyödynnettiin QGIS-paikkatieto-ohjelmistoa (QGIS Development Team 2018). Ensimmäisessä vaiheessa luotiin datapisteet hyödyntäen Tilastokeskuksen aineisto koulurakennusten sijainnista Suomessa (SVT 2015) sekä Opetushallituksen tilastopalvelu Vipusen tietoja kouluyksiköiden oppilasmääristä vuonna 2015 (Opetushallitus 2016). Aineistot yhdistävänä tekijänä käytettiin kouluyksikön nimeä.

Toisessa vaiheessa datapisteisiin lisättiin tietoa tarkastelukuntien rakennus- ja huoneistorekistereistä (RHR) sekä Suomen ympäristökeskuksen kehittämän yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän ruututietoaineistosta (© YKR/SYKE ja TK). Rakennusrekistereistä saatiin informaatiota rakennusten teknisistä ominaisuuksista, kuten jokaisen rakennuksen kerrosalasta. Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän hyödyntäminen tarjosi mahdollisuuden tarkastella kouluyksikön lähiympäristössä asuvien peruskouluikäisten lasten määrän mahdollista yhteyttä tilankäyttöön.

Analyysia varten haluttiin, että jokaista kouluyksikköä kuvataan vain yhdellä datapisteellä. Osa kouluista koostuu kuitenkin useammasta eri rakennuksesta, jotka on usein rakennettu eri aikoina esimerkiksi laajennustarpeen johdosta. Kaikkien samaan kouluyksikköön kuuluvien rakennusten laajuustiedot summattiin pisteeseen, joka oli kooltaan (kerrosalalla mitattuna) suurin. Tietolähteiden yhdistämisen jälkeen tarkastettiin paikkatietopohjaisesti, että datapisteet sijaitsevat tarkastelukuntien rajojen sisällä.

Paikkatietoanalyysin yhteydessä varmistettiin myös satelliittikuvasta, kouluyksikön muodostavat rakennukset sijaitsevat toistensa välittömässä läheisyydessä.

Tietojen yhdistämisen jälkeen kaikki yli 7 000 kerrosneliömetrin kouluyksiköt käytiin yksitellen läpi. Jos tarkastuksessa ilmeni, että tiloja käytetään koulutoiminnan lisäksi muuhun palveluntuotantoon (rakennuksessa koulun lisäksi esimerkiksi kirjasto tai neuvola), niin kohde poistettiin analyysistä. Koska tilatehokkuutta kuvaavana suurena käytettiin oppilasta/100 kerrosneliometriä, tällaiset koulut eivät ole vertailukelpoisia yksiköiden kanssa, joissa tilaa käytetään ainoastaan koulun toimintojen järjestämiseen.

Toinen hylkäysperuste oli, jos havaittiin, että yli 7 000 kerrosneliömetrin kokonaisuus muodostuu tiloista, jotka eivät sijaitse samassa pihapiirissä, vaan toimipisteet sijaitsevat eri osoitteissa huomattavan kaukana toisistaan. Oppilasmääriä koskeva tieto raportoidaan koulun nimen perusteella. Tällaisessa tapauksessa eri puolilla kaupunkia sijaitsevien rakennusten tilatehokkuudesta ei saa muodostettua luotettavaa kuvaa.

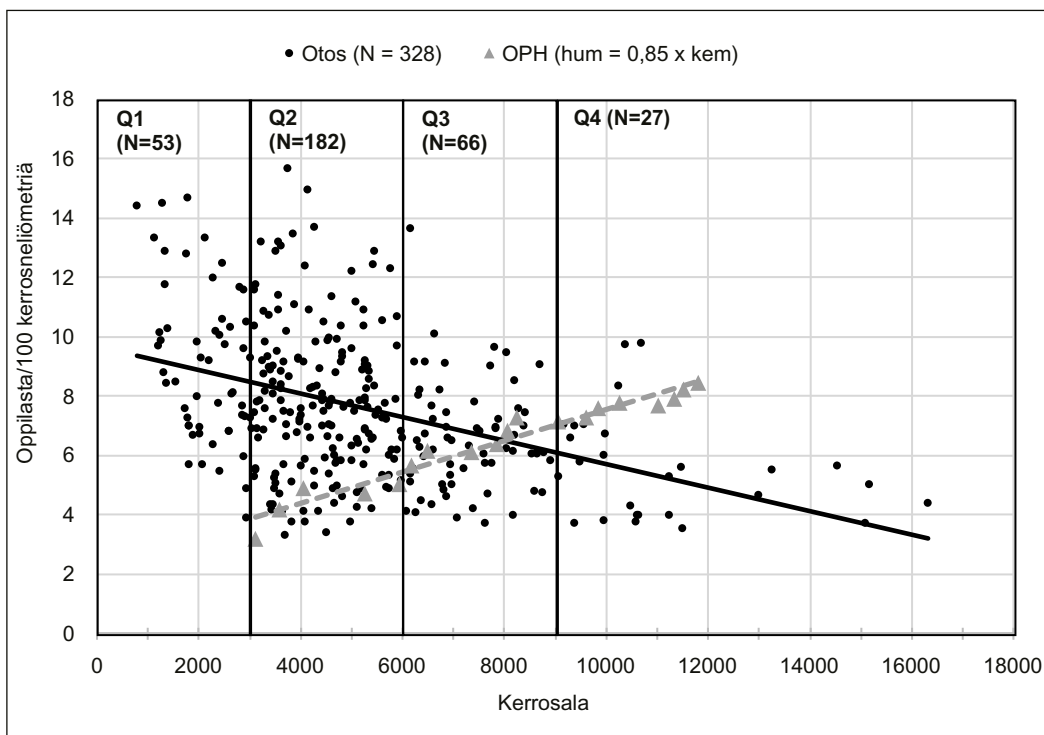
Ennen analyysia aineiston lopullinen rajaus tehtiin ottamalla mukaan vain kaikki yli 100 oppilaan koulut. Tämän lisäksi analysoitavasta otoksesta rajattiin pois kaikki koulut, joissa tilaa käytettiin yli 30 tai alle 6 kerrosneliometriä oppilasta kohti. Rajauksen ulkopuolelle jääneitä havaintoja voidaan pitää poikkeavina. Näiden toimenpiteiden jälkeen analysointivaiheeseen jäi alkuperäisestä 373 kouluyksikön aineistosta otos kooltaan 328 koulua.

### 3 Koulujen tilankäyttöön liittyvät skaalaedut

Erikokoisten koulujen tilankäytön ohjearvot ovat olennainen osa kouluhankkeen suunnitteluprosessia. Jos tarveselvitysvaiheen tuloksena havaitaan, että opetustoiminnan käyttöön tarvitaan lisää tiloja, laaditaan kouluhankkeen tilaohjelma. Tilaohjelma on hyvin olennainen osa suunnitteluprosessia, koska sen pohjalta hankkeelle laaditaan tavoitehinta (Kankainen ja

Junnonen 2017). Valitettavasti luotettavia lähteitä ei juurikaan ole saatavilla tilaohjelman laadinnan tueksi. Rakennustiedon julkaisemista RT-korteista perusopetuksen tilasuunnittelua käsittelee kortti RT 103080 (2019), jossa eri tilatyypin mitoituksen vaihteluvälit ovat hyvin suuria ja koulun kokoon liittyviä tekijöitä ei huomioida osana tilamitoitusta. Ainoa löydetty virallinen dokumentti, joka antaa konkreettisia ohjeita liittyen opetustilojen mitoitukseen oli Opetushallituksen (2012) julkaisema ohje.

*Kuvio 1. Koulurakennusten tilankäyttöä kuvaava tunnusluku oppilasta/100kerrosneliötä kouluyksikön koon funktiona. Pisteet kuvaavat kouluyksiköitä, jotka koostavat tutkimuksessa analysoitavan otoksen. Pienet kolmiot edustavat opetushallituksen peruskoulumitoitusta käsittelevän dokumentin mukaisia ohjearvoja olettaen, että koulurakennuksissa on huonealaa 85 prosenttia rakennus- ja huoneistorekisterissä ilmoitetusta kerrosalasta.*



Dokumentissa esitetään oppilasmäärältään erikokoisten peruskoulurakennusten ja päiväkotien tilajakaumia sekä annetaan tilankäytön ohjearvoja tavoiteltavan oppilasmäärän perusteella. Tämän tutkimuksen analyysiosiossa vertaamme toisiinsa Opetushallituksen dokumentin sisältämiä tilamitoituksen ohjearvoja ja kootun kouluaineiston perusteella laskettuja tilankäytön tunnuslukuja.

Opetushallituksen tilamitoituksen tunnusluvut ilmaistaan yksikössä huoneliöitä ( $\text{hum}^2$ ) per oppilas, mutta rakennusrekistereissä, joista käyttämämme data on koottu, koulujen pinta-alatiedot on annettu kerrosneliömetreinä ( $\text{kem}^2$ ). Rakennuksen kerrosala määritetään Maankäyttö- ja rakennuslain (1999) pykälässä 115. Rakennuksen kerrosalaan luetaan mukaan kaikkien kerrosten alat ulkoseinien ulkopintojen mukaan laskettuna. Huoneala ( $\text{hum}^2$ ) poikkeaa kerrosalasta siten, että siihen ei lasketa mukaan runkorakennusosien tai muiden ei-kantavien rakennusosien, kuten hormien vaakaprojektoiden rakennusosa-aloja (RT 12-11055 2011). Huoneala on siis kerrosalaa pienempi. Pinta-alojen keskinäiseen suhteeseen vaikuttaa arkkitehtoniset ja rakennetekniset ratkaisut kuten kerrosten lukumäärä, pohjaratkaisun muoto sekä esimerkiksi seinärakenteiden paksuus. Vertailun mahdollistamiseksi tässä tutkimuksessa käytettiin kiinteää kerrointa kuvaamaan eri lähteissä käytettyjen pinta-alakäsitteiden välistä suhdetta. Kouluyksiköiden huonealat laskettiin kerrosalasta käyttäen suhdelukua  $\text{hum}^2 = 0,85 \times \text{kem}^2$ . Toisin sanoen oletettiin, että huonealaa on 85 prosenttia kerrosalasta. Luku liikkuu yleisesti 80 ja 90 prosentin välillä riippuen koulun pohjaratkaisusta ja kerroslukumäärästä.

Koulukohtaista tilojen käytön tehokkuutta kuvaamaan laskettiin otokseen perustuen yksikkökohtainen tunnusluku, joka kertoo, kuin-

ka monta oppilasta kyseisessä koulussa on 100 kerrosneliömetriä kohti. Mitä suurempi kyseinen tunnusluku on, sitä tehokkaammin koulussa hyödynnetään tiloja. Otoksen peruskoulujen ( $N = 328$ ) tilankäyttöä on visualisoitu alla (Kuvio 1). Kuviossa jokaista koulua kuvaa yksi datapiste. Kuvion vaaka-akselilta on luettavissa koulun kerrosala ja pystyakselilta koulun tilatehokkuutta kuvaava tunnusluku. Kuva osoittaa, että tilatehokkuudella ja kouluyksikön koolla on selkeä yhteys. Mielenkiintoista on, että tilatehokkuus ei kasva koulukoon kasvaessa, kuten Opetushallituksen tilantarpeen tunnuslukuja käsittelevä ohje olettaa (Opetushallituksen ohjearvojen muodostama ura on merkitty kuvioon katkoviivalla). Aineistossamme pienemmät koulut ovat tilankäytön näkökulmasta keskimäärin selkeästi tehokkaampia kuin suuret. Tilankäytön tehokkuuden hajonta on kuitenkin suurempaa pienten koulujen osalta.

Otoksen pienimmissä kouluissa (ryhmä Q1), joiden kerrosala on välillä  $0\text{--}3000 \text{ m}^2$ , on keskimäärin 9,2 oppilasta 100 kerrosneliömetriä kohti. Ryhmässä Q2 (kerrosala  $3000\text{--}6000 \text{ m}^2$ ) vastaava luku on 7,8; ryhmässä Q3 (kerrosala  $6000\text{--}9000 \text{ m}^2$ ) 6,6 ja kerrosalaltaan suurimmissa kouluissa (ryhmä Q4 kerrosala  $>9000 \text{ m}^2$ ) tilatehokkuuden keskiarvo on 5,6. Kuviossa 1 nouseva trendiviiva (katkoviiva) kuvaa opetushallituksen ohjeen olettamia tilankäytön kehittymisestä koulun kerrosalan kasvaessa. Suorasta on havaittavissa olettamus tilankäytön skaalaeduista. Jos datapiste jää opetushallituksen ohjeen olettamaa kuvaavan trendiviivan alle, voidaan tulkita, että se ei pääse tilatehokkuudessa ohjeen olettamalle tasolle. Aineiston perusteella voidaan todeta, että yli 8000 kerrosneliömetrin kouluilla on suuria vaikeuksia ylittää ohjeen mukaisiin tilatehokkuuden viitearvoihin.

Johtuen aineistossa näkyvästä voimakkaasta hajonnasta, kerrosalan ja tunnusluvun ”oppilasta/100 kerrosneliometriä” välistä yhteyttä haluttiin tarkastella tilastollisesti. Tavoitteena oli saada selville, onko kuviossakin näkyvä koulukoon kasvaessa tapahtuva tilatehokkuuden heikkeneminen tilastollisesti merkitsevä. Tilastoanalyysi suoritettiin muodostamalla reg-

ressiomalli, jota estimoititiin pienimmän neliösumman menetelmällä (OLS).

Sovelletun mallin tausta-ajatuksena on, että koulun tilatehokkuuteen vaikuttavat: koulun kerrosala, lasten lukumäärä alueella, lähialueella sijaitsevien muiden koulujen lukumäärä sekä kunnan väestörakenne ja kehityssuunta.

Tilastollinen testaus suoritettiin käyttämällä seuraavaa mallispesifikaatiota:

$$\begin{aligned} & \ln(\text{oppilasta}/100\text{kerrosneliometriä}) \\ &= \beta_0 + \beta_1 \cdot I\{\text{kerrosala}_{Q1}\} + \beta_2 \cdot I\{\text{kerrosala}_{Q3}\} + \beta_3 \cdot I\{\text{kerrosala}_{Q4}\} + \beta_4 \cdot I\{\text{kunta2}\} \\ &+ \beta_5 \cdot I\{\text{kunta3}\} + \beta_6 \cdot I\{\text{kunta4}\} + \beta_7 \cdot I\{\text{kunta5}\} + \beta_8 \cdot I\{\text{kunta6}\} + \beta_9 \cdot I\{\text{kunta7}\} \\ &+ \beta_{10} \cdot I\{\text{kunta8}\} + \beta_{11} \cdot I\{\text{kunta9}\} + \beta_{12} \cdot \text{koulujen lkm.} + \beta_{13} \\ &\cdot \text{kouluikäisten lasten lkm.} + \beta_{14} \cdot (\text{koulujen lkm.} \cdot \text{kouluikäisten lasten lkm.}) + \varepsilon \quad (1) \end{aligned}$$

Mallissa selitettävänä muuttujana on kouluyksikön oppilasmäärän ja pinta-alan suhteen luonnollinen logaritmi. Selitettävän muuttujan ollessa logaritminen, mallin kerroinestimaatit kuvaavat muuttujan *oppilasta/100 kerrosneliometriä* suhteellista muutosta selittävän muuttujan kasvaessa yhdellä yksiköllä. Kerrosalasta muodostettiin regressioanalyysiä varten neljään ryhmään (ryhmät Q1–4) jaettu indikaattorimuuttuja, joista otoskooltaan suurinta ryhmää  $I\{\text{kerrosala}_{Q2}\}$  käytetään estimoinnissa vertailutasona.

Aineisto mahdollisti myös mahdollisten kuntakohtaisen erojen vakioimisen tarkastelukunnissa. Mahdollisia kuntien välisiä eroja kuvaamaan muodostettiin kuntakohtainen indikaattorimuuttuja. Otoskooltaan suurin ryhmä  $I\{\text{Kunta1}\}$  toimii mallissa vertailuryhmänä, johon kaikkia muita kuntia vertaillaan. Yhden kuntaryhmän sisällä on vain tietyn kunnan rajojen sisällä sijaitsevia kouluyksiköitä. Kuntaryhmän kerroinestimaatti kuvaa, kuinka tehokkaita kyseisen

kunnan kouluyksiköt ovat keskimäärin vertailuryhmään  $I\{\text{Kunta1}\}$  verrattuna (muuttekijät vakioiden).

Paikkatietopohjaisen aineiston avulla pystyttiin vertailemaan kouluverkon tiheyttä kuvaavan muuttujan *koulujen lkm.* (kouluja kilometrin säteellä tarkasteltavasta yksiköstä) sekä kouluikäisten lasten määrää kilometrin säteellä kouluyksiköstä kuvaavan muuttujan *kouluikäisten lasten lkm.* sisällyttämisen osaksi mallia. Näiden muuttujien välillä uskottiin olevan yhteys. Jos kouluverkko on tiheä, on lähialueella todennäköisesti myös paljon lapsia. Tätä muuttujien mahdollista yhteisvaikutusta mallissa kuvaa *koulujen lkm: kouluikäisten lasten lkm.* -interaktiomuuttuja.

Skaalaetujen näkökulmasta kiinnostavin selittäjä, kerrosalamuuttuja, jaettiin neljään ryhmään 3000 kerrosneliometrin välein. Otoskooltaan suurin ryhmä Q2, jonka kouluyksiköt ovat kooltaan välillä 3000–6000 kerrosneliometriä, toimi vertailuryhmänä, johon muiden

kokoluokkaryhmien tilatehokkuutta (oppilasta/100 kerrosneliometriä) vertailtiin.

Tilastoanalyysin tulokset (Liite 2) osoittavat, että kuviotarkastelussa näkyvät tehokkuuserot ovat tilastollisesti merkitseviä. Nähdään, että koulut, jotka ovat kooltaan alle 3000 kerrosneliometriä (ryhmä Q1), ovat tilatehokkuuden näkökulmasta keskimäärin 23 prosenttia tehokkaampia kuin ryhmän Q2 koulut. Ryhmän Q3 kouluissa (koulut kooltaan 6000–9000 kerrosneliometriä), tilatehokkuus on keskimäärin 14 prosenttia heikompia verrokkiryhmään Q2 verrattuna. Suurimmat koulut sisältävän ryhmän Q4 (koko yli 9000 kerrosneliometriä) yksiköissä tilatehokkuus laskee keskimäärin 30 prosenttia ryhmään Q2 kuuluviin kouluyksiköihin verrattuna.

Näin ollen tulokset osoittavat, että tilankäytön näkökulmasta koulukoon kasvattamiseen ei liity skaalaetuja. Koulukoon kasvaessa tilatehokkuus päinvastoin keskimäärin heikkenee, vieläpä tilastollisesti merkitsevästi.

Muiden muuttujien vaikutuksista havaitaan, että suuri lasten lukumäärä koulun lähialueella keskimäärin lisää merkitsevästi koulun tilatehokkuutta.

Regressioanalyysin yksi perusolettamista on virhetermin  $\epsilon$  homoskedastisuus. Tämä tarkoittaa, että virhetermin varianssi on vakio. Jos ehto ei toteudu, mallissa esiintyy heteroskedastisuutta (esim. Breusch ja Pagan 1979). Tämä voi johtaa virheellisiin tulkintoihin kerroinestimaattien tilastollisesta merkitsevyydestä. Analysoitavan mallin homoskedastisuutta testattiin Breusch-Pagan -testillä ja siinä havaittiin merkkejä heteroskedastisuudesta. Heteroskedastisuus voidaan huomioida regressioanalyysissä käyttämällä regression antamien keskivirheiden sijaan robusteja (Davidson ja MacKinnon 1993) keskivirheitä. Liitteessä 2 esitetyssä regressioanalyysin tulostaulukossa on esitetty sekä alku-

peräiset keskivirheet että robustit keskivirheet. Osoittautuu, että tilastolliset merkitsevyytasot säilyvät käytännössä ennallaan hetroskedastisuuskorjauksen jälkeenkin.

Suorittamamme tarkastelut osoittivat, että aineiston suurimpaan ja keskimäärin tehottomimpaan ryhmään (Q4) kuuluvat koulut eivät ole keskittyneet pelkästään kasvaville kaupunkiseuduille. Tämä saattaa johtaa jopa heikompaan tilatehokkuuteen tulevina vuosina muutoliikkeen ja syntyvyyden laskun keskimääräisenä seurauksena.

#### **4 Johtopäätökset**

Tilastokeskuksen mukaan (SVT 2018) viimeisen kymmenen vuoden aikana alakoulujen määrä on vähentynyt 30 prosenttia, kun samaan aikaan luokat 1–9 sisältävien yhtenäiskoulujen määrä on noussut 49 prosenttia. Tämä on johtanut kouluyksiköiden koon kasvuun. Muutoksen taustalla saattaa vaikuttaa yhtenäisen koulupolun tarjoamisen lisäksi uskomus yksikkökustannusten alenemisesta yksikkökoon kasvaessa.

Tässä artikkelissa käsiteltiin tilastollisin menetelmin yhdeksästä eri kunnasta koottua peruskouluaineistoa. Alkuperäinen aineisto pitää sisällään yli 370 kouluyksikköä, jotka koostuvat yli 500 rakennuksesta. Tilastoanalyysiin lopulta valikoitu otos koostuu 328 kouluyksiköstä. Tilastoanalyysin tulokset kyseenalaistavat skaalaetujen saavuttamisen tilatehokkuuden osalta suurissa yksiköissä. Keskimäärin tilaa käytetään pienissä kouluissa huomattavasti vähemmän oppilasta kohti kuin isoissa kouluissa.

Kunnallinen päätöksenteko yhdistettynä rakennushankkeen hallinnan käytäntöihin eivät näytä automaattisesti johtavan parhaisiin skaalaetuihin. Koulurakennuksen koon kasvattami-

nen johtaa tyypillisesti sekä suurempiin investointi- että ylläpitokustannuksiin. Jos oppilaskohtaista tilakustannusta halutaan alentaa, sen tulisi näkyä tilatehokkuuden parantamisena. Tilatehokkuuden parantaminen ei tarkoita sitä, että koulusta tehdään välttämättä ahtaampi, vaan käyttäjien kannalta parempia käytäntöjä olisivat käyttöaikojen optimointi ja oppimisen kannalta toisarvoisten tilojen vähentäminen suunnittelussa.

Käyttöaikojen optimoinnilla tarkoitetaan, että lukujärjestykset suunnitellaan siten, että tilat ovat käyttämättöminä mahdollisimman vähän aikaa. Tämä tarkoittaisi käytännössä, että useampi ryhmä hyödyntäisi samoja tiloja koulupäivän aikana. Yksi tilatehokkuuden eroja selittävä tekijä voikin olla, että koulun koko vaikuttaa lukujärjestyksen ja tilojen käyttöaikojen suunnittelun helpouteen. Heikompa tilatehokkuutta suurissa kouluissa saattaa selittää, että suunnittelutehtävä muuttuu monimutkaisemmaksi ryhmien ja tilojen määrän kasvaessa.

Aputiloilla puolestaan tarkoitetaan esimerkiksi käytäviä ja aulatiloja. Näitä on uusimpien koulujen suunnittelussa pyritty hyödyntämään oppimisympäristöinä, mutta tämän onnistumista tulisi tarkastella myös kriittisesti. Tällainen toimintojen yhdistely johtaisi parempaan tehokkuuteen, jos se mahdollistaisi muiden opetuksen tarkoitettujen tilojen yhteenlaskettujen pinta-alojen pienentämisen. Jos esimerkiksi koulun kirjaston toiminnot sijoitetaan käytävätiloihin, niin käytävätila itse asiassa kasvaa kirjahyllyjen viedessä tilaa. Tämän kasvun tulisi kuitenkin olla pienempää verrattuna erillisen kirjastohuoneen rakentamiseen, jotta toimintojen yhdistäminen olisi tilatehokkuuden näkökulmasta mielekästä.

Tilatehokkuuden rakenteellista ongelmaa voidaan lähestyä myös yleisemmän matemaatti-

sen teorian kautta. Westin (2017) skaalautumisteorian näkökulmasta skaalaetu tarkoittaa, että välityskyky pääteyksikössä paranee. Koulurakennuksen suunnittelun näkökulmasta tämä tarkoittaisi, että pääteyksikön eli luokkahuoneen tulisi pystyä välittämään enemmän oppilaita samassa aikayksikössä. Arkikielen esimerkkinä tämä tarkoittaisi, että tilatehokkuus voisi parantua vain, jos ryhmäkoot kasvaisivat nopeammin kuin luokkahuoneiden pinta-ala. Jos ryhmäkoot ja luokkakoot pysyvät likimain vakiona koulukoosta riippumatta, niin koulun koon kasvattaminen ei näyttäyty todennäköisenä skaalaetujen lähteenä.

Tilastokeskuksen oppilaitosrekisteri käyttää kategorisointia peruskoulut ja lukiot, joten tutkimusaineisto ei mahdollistanut ala-, ylä- ja yhtenäiskoulujen erottelua toisistaan. Näiden erityyppisten koulujen tyypikohtaista tilatehokkuutta olisi syytä selvittää lisää, jotta löydettäisiin taloudellisesti mielekkäitä suunnitteluratkaisuja. Peruskoulutyypien väliset erot tilavaatimuksissa eivät kuitenkaan vaikuta todennäköiseltä selitykseltä sille, että kaikkein suurimmat koulut ovat keskimäärin heikompi tilatehokkuudeltaan. Näin ollen päätöstä suuren koulun perustamisesta ei pitäisi argumentoida siten, että säästetään tilakustannuksista, jotta voidaan panostaa opetukseen.

Kaikista eri koulujen kokoryhmistä löytyi havaintoja väliltä 4–10 oppilasta per 100 neliömetriä. Tämän perusteella voi olettaa, että yksikkökohtainen vaihtelu tilakustannusten osalta on hyvin voimakasta. Tilakustannusten alentamisessa näyttäisi siis olevan hyödyntämätöntä potentiaalia. Yhtenä mahdollisena selityksenä näin suurelle hajonnalle on koulurakennuksia suunniteltaessa arvioitu oppilasmäärän kasvu. Jos oppilasmäärän oletetaan kasvavan esimerkiksi 30 prosenttia seuraavan 20 vuoden aikana,



niin tilatehokkuus on heikko lähtötilanteessa verrattuna mitoituskapasiteettiin. Jos kasvun oletetaan tapahtuvan lineaarisesti, tarkoittaa se, että koulussa on 20 vuoden aikana keskimäärin 15 prosenttia liikaa tilaa. Jos investointilaskennassa on käytetty 20 vuoden aikajännettä, tämä tarkoittaa 15 prosenttia suurempia investointi- ja ylläpitokustannuksia.

Tällaisen ylikapasiteetin rakentaminen omaan taseeseen ei välttämättä ole mielekästä, jos tehokkaasti toimivilta markkinoilta on saatavissa joustavasti vastaavia tilaresursseja. Lisäksi pitkän aikavälin väestöennusteet ovat tunnetusti epävarmoja, joten lyhyen aikavälin reagoinnin mahdollistavat ratkaisut voivat johtaa oleellisesti parempaan kustannustehokkuuteen. Koulun tilojen elinkaari on mahdollista suunnitella siten, että koulua perustettaessa tiloja rakennetaan vain sen hetkisen oppilasmäärän mukaisesti ja tiloja lisätään todellisen tarpeen mukaisesti oppilasmäärän kasvaessa. Päätöksentekijät eivät välttämättä tiedä, että tämä on rakennusteknisesti mahdollista. Koulun laajuuden eläminen elinkaaren aikana mahdollistaisi taloudellisen optimoinnin.

Jos ylikapasiteetin rakentamisen perusteena käytetään mahdollisuutta vuokrata ylimääräistä tilaa muille toimijoille, tulisi saatavia vuokratuottoja verrata säästöihin investointi- ja ylläpitokustannuksista vähennettynä tarpeen mukaan hankittujen tilojen kustannuksilla. Tutkimuksen tulosten perusteella olisi kannustettavaa, että toteutusvaihtoehtoja tarkasteltaisiin laajalla skaalalla taloudellisiin laskelmiin perustuen. □

## Kirjallisuus

- Aaltonen, J., Kirjavainen, T., Moisio A. ja Ollikainen, V. (2007), *Perusopetuksen Lukioiden ja ammatillisen peruskoulutuksen tuottavuus ja tehokkuus*, VATT-tutkimuksia 135, Helsinki.
- Alatupa, S., Karppinen, K., Keltingas-Järvinen, L. ja Savioja, H. (2007), *Koulu, syrjäytyminen ja sosiaalinen pääoma – Löytyykö huono-osaisuuden syy koulusta vai oppilaasta?* Sitran raportteja 75, Helsinki.
- Baird, A., Roellke, E. ja Zeifman, D. (2017), "Alone and adrift: the association between mass school shootings, school size, and student support", *The Social Science Journal* 54: 261–270.
- Barnett, R., Glass, C., Snowdon, R. ja Stringer, K. (2002), "Size, Performance and Effectiveness: Cost-Constrained Measures of Best-Practice Performance and Secondary-School Size", *Education Economics* 10: 291–311.
- Bowles, T. ja Bosworth, R. (2002), "Scale economies in public education: Evidence from school level data", *Journal of Education Finance* 28: 285–300.
- Breusch, T. ja Pagan, A. (1979), "A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation", *Econometrica* 47: 1287–1294.
- Cohn, E. (1968), "Economies of scale in Iowa high school operations", *Journal of Human Resources* 3: 422–434.
- Colegrave, A. ja Giles, M. (2008), "School cost functions: A meta-regression analysis", *Economics of Education Review* 27: 688–696.
- Cotton, K. (1996), *School size, school climate, and student performance*, School Improvement Research Series (SIRS). <http://www.nwrel.org/scpd/sirs/10/c020.html>
- Davidson, R. ja MacKinnon, J. G. (1993), *Estimation and inference in econometrics*, Oxford University Press, Oxford.
- De Jong, M. (1996), "Spatial structure and use of school buildings", teoksessa *Evolving Environmental Ideals—Changing Way of Life, Values and Design Practices: IAPS 14 Conference Proceeding*; Royal Institute of Technology, Stockholm.

- Egalite, A. ja Kisida, B. (2016), "School size and student achievement: a longitudinal analysis", *School Effectiveness and School Improvement* 27: 406-417
- FCG (2020), *Terveet tilat 2028: Yleissivistävien oppilaitosrakennusten nykytila*, Opetushallitus, Helsinki.
- Foreman-Peck, J. ja Foreman-Peck, L. (2006), "Should schools be smaller? The size-performance relationship for Welsh schools", *Economics of Education Review* 25: 157-171.
- Given, L. (2008), *The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods - Volumes 1 & 2*, SAGE Publications Inc.
- Halinen, I. ja Pietilä, A. (2007), "Perusopetuksen yhtenäisyyden eri vaiheet", Teoksessa Pietilä, A. ja Vitikka, E. (toim.), *Tarinoita yhtenäisestä perusopetuksesta*, Edita Prima Oy, Helsinki.
- Heitor, T. ja Pinto, R. M. (2012), "Thinking critically towards excellence in school buildings using space syntax as a catalyst for change", teoksessa Greene, M., Reyes J. ja Castro A. (toim.): *Proceedings of the 8th International Space Syntax Symposium*. Santiago de Chile.
- Hirsch, W. Z. (1959), "Expenditure Implications of Metropolitan Growth and Consolidation", *The Review of Economics and Statistics* 41: 232-241.
- Huusko, J., Pietarinen, J., Pyhältö, K. ja Soini, T. (2007), *Yhtenäisyyttä rakentava peruskoulu: yhtenäisen perusopetuksen ehdot ja mahdollisuudet*, Suomen kasvatustieteellinen seura, Turku.
- Kankainen, J. ja Junnonen, J.-M. (2017), *Rakennuttaminen* (5. Painos), Rakennustieto.
- Kirjavainen, T. (2007), *Nuorten lukiokoulutuksen tehokkuus*, VATT-tutkimuksia 131, Helsinki.
- Kishimoto, T. ja Taguchi, M. (2014), "Spatial configuration of Japanese elementary schools: Analyses by the space syntax and evaluation by school teachers", *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 13: 373-380.
- Korhonen, E., Niemi, J., Ekuri, R., Oksanen, R., Miettinen, H., Parviainen, J., Haapanen, A. ja Patanen, T. (2018), *Kuntien rakennuskannan kehitys- ja säästöpotentiaali*, Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 5/2018.
- Lappalainen, H.-P. (2000), *Peruskoulun äidinkielen oppimistulosten kansallinen arviointi 9. vuosiluokalla 1999*, Opetushallitus, Helsinki.
- Lappalainen, H.-P. (2004), *Kerroin kaiken tietämäni. Perusopetuksen äidinkielen ja kirjallisuuden oppimistulosten arviointi 9. vuosiluokalla 2003*, Opetushallitus, Helsinki.
- Leithwood, K. ja Jantzi, D. (2009), "A review of empirical evidence about school size effects: A policy perspective", *Review of Educational Research* 79: 464-490.
- Lundström, A., Savolainen, J., Kostiainen, E. (2016), "Case study: developing campus spaces through co-creation", *Architectural Engineering and Design Management* 12: 409-426.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki. (1999), 115 §, *Kerrosala*. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>, (viitattu 6.2.2019).
- McGuffey, C. ja Brown, C. (1978), "The relationship of school size and rate of school plant utilization to cost variations of maintenance and operation", *American Educational Research Journal* 15: 373-378.
- MDI (2019), *Maakuntakeskusten väestöennuste 2040 - C23-maakuntien keskuksat, työssäkäyntialueet ja muu maakunta*, Aluekehittämisen konsulttitoimisto MDI. [https://www.mdi.fi/content/uploads/2019/05/C23\\_vaestoennuste.pdf](https://www.mdi.fi/content/uploads/2019/05/C23_vaestoennuste.pdf).
- Mittaviiva Oy. (2018), *Rakennushankkeen kustannusballinta*, Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Newman, M., Garrett, Z., Elbourne, D., Bradley, S., Noden, P., Taylor, J. ja West, A. (2006) "Does secondary school size make a difference? A systematic review", *Educational Research Review* 1: 41-60.

- Opetushallitus (2012), *Perus- ja esiopetuksen tilatarpeiden tunnusluvut*, Opetushallitus, Helsinki. [http://www.oph.fi/download/139700\\_esi\\_ja\\_perusopetuksen\\_tunnusluvut.pdf](http://www.oph.fi/download/139700_esi_ja_perusopetuksen_tunnusluvut.pdf) (viitattu 6.2.2019).
- Opetushallitus. (2016), *Opetushallinnon tilastopalvelu Vipunen: Esi- ja perusopetuksen oppilaat ja perusopetuksen päättäneet*, Opetushallitus, Helsinki. <https://vipunen.fi/fi-fi/perus/Sivut/Oppilaat-ja-perusopetuksen-p%C3%A4%C3%A4tt%C3%A4neet.aspx> (viitattu 6.2.2019).
- Panzar, J. C. ja Willig, R. D. (1981), "Economies of scope", *The American Economic Review*, 71: 268-272
- Pyhältö, K., Soini, T., Huusko, J. ja Pietarinen, J. (2007), *Mistä yhtenäisessä perusopetuksessa on kyse? Peruskoulun toimijoiden käsitykset yhtenäisen perusopetuksen rakentamisen lähtökohdista*, Opetushallituksen monisteita11/2007.
- QGIS Development Team (2018), *QGIS Geographic Information System*, Open Source Geospatial Foundation.
- Riew, J. (1966), "Economies of Scale in High School Operation", *The Review of Economics and Statistics* 48: 280–287.
- RT 103080. (2019), *Perusopetuksen tilat – Suunnittelun lähtökohdat*, RT-ohjekortti, Rakennustieto.
- RT 12-11055. (2011), *Rakennuksen pinta-alat*, RT-ohjekortti, Rakennustieto.
- Sahlstedt, H. (2015), *Pedagogisesti yhtenäinen peruskoulu. Tapaustutkimus opettajien, oppilaiden ja huoltajien näkemyksistä*, Tutkimuksia 364, Opettajankoulutuslaitos, Helsingin yliopisto, Käytännötieteellinen tiedekunta.
- Scheerens, J., Hendriks, M. ja Luyten, J. (2014), *School size effects revisited: a qualitative and quantitative review of the research evidence in primary and secondary education*, Springer Briefs in education, Dordrecht.
- Savolainen, J., Saari, A., Männistö, A. ja Kähkönen, K. (2018), "Indicators of collaborative design management in construction projects", *Journal of Engineering, Design and Technology* 16: 674–691.
- Slate, J. R. ja Jones, C. H. (2005), "Effects of school size: A review of the literature with recommendations", *Essays in Education* 13: 1–24.
- SVT (2015), *Avoimet paikkatietoaineistot/oppilaitokset*, <http://www.stat.fi/org/avoindata/paikkatietoaineistot/oppilaitokset.html> (viitattu 6.2.2019).
- SVT (2018), *Koulutuksen järjestäjät ja oppilaitokset 2018*, Helsinki: Tilastokeskus, [https://www.stat.fi/til/kjarj/2017/kjarj\\_2017\\_2018-02-13\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/kjarj/2017/kjarj_2017_2018-02-13_tie_001_fi.html) (viitattu 6.2.2019).
- West, G. (2017), *Skaala, elämän ja kuoleman universaalit lait eliöissä, suurkaupungeissa ja yhtiöissä*, Terra Cognita, Helsinki.
- Young, D. (1998), "Rural and urban differences in student achievement in science and mathematics: a multilevel analysis", *School Effectiveness & School Improvement* 9: 386–418.

**LIITE 1.**

Peruskouluaineiston sekä tilastoanalyysissä käytetyn otoksen tilastollinen yhteenvedo. Taulukosta on luettavissa myös mallin (2) kerrosalaryhmäkohtaiset tilastoyhteenvedot. Otoskooltaan suurin ryhmä kerrosala\_Q2 toimi tilastoanalyysin vertailuryhmänä.

Koko aineisto (N=356)			”Tilastoanalyysin otos (N = 328)”		kerrosala_Q1 (N=53)		kerrosala_Q2 (N=182)		kerrosala_Q3 (N=66)		kerrosala_Q4 (N=27)	
kerrosala: 757-16328			kerrosala: 775-16328		775-2997		kerrosala: 3000-5991		kerrosala: 6080-8914		kerrosala: 9070-16328	
Muuttuja	ka	s	ka	s	ka	s	ka	s	ka	s	ka	s
valmistumisvuosi*	1971	26,0	1971	25,6	1964	25,3	1969	25,9	1979	23,5	1980	22,7
kerrosala	4998	2607,0	5172	2579,1	2117	602,3	4402	845,9	7297	842,1	11170	2043,7
oppilaslukumäärä	351	174,1	367	167,4	188	65,2	342	119,5	479	136,1	614	183,3
7-14 vuotiaiden lasten lkm (r=500m)	295	222,6	303	220,1	162	150,4	322	214,9	356	252,0	326	181,7
7-14 vuotiaiden lasten lkm (r=1000m)	714	484,5	736	479,0	429	399,5	776	459,1	826	546,6	843	340,2
Koulujen lukumäärä (r=1000m)	2,0	1,3	2,0	1,3	1,6	1,0	2,0	1,2	2,4	1,4	2,2	1,5
kem/oppilas	15,4	6,5	14,6	4,9	11,9	3,7	14,1	4,7	16,3	4,3	19,5	5,4
oppilasta/100kem	7,6	3,1	7,6	2,5	9,2	2,6	7,8	2,5	6,6	1,8	5,6	1,8

## LIITE 2.

Tilastoanalyysin tulokset ja robustien keskivirheiden vaikutus estimaattien tilastolliseen merkitsevyyteen. Estimaattien keskivirheet ovat luettavissa sarakkeesta ”keskivirhe”. Heteroskedastisuuden huomioivat robustit keskivirheet ja niitä vastaavat merkitsevyytasot on esitetty sarakkeessa ”Robustit keskivirheet”.

Selitettävä muuttuja: ln(oppilasta/100 kem)	OLS		Robustit keskivirheet	
	Malli1		keskivirhe	t-arvo
	kerroin (keskivirhe)	t-arvo		
I{Kerrosala_Q1}	0.211*** (0.049)	t = 4.274	(0.049)***	t = 4.263
I{Kerrosala_Q3}	-0.150*** (0.043)	t = -3.483	(0.040)***	t = -3.776
I{Kerrosala_Q4}	-0.363*** (0.062)	t = -5.902	(0.051)***	t = -7.080
I{kunta2}	0.031 (0.049)	t = 0.628	(0.047)	t = 0.659
I{kunta3}	0.107 (0.094)	t = 1.144	(0.088)	t = 1.213
I{kunta4}	0.166** (0.077)	t = 2.159	(0.073)**	t = 2.266
I{kunta5}	0.122 (0.081)	t = 1.510	(0.090)	t = 1.357
I{kunta6}	0.230*** (0.067)	t = 3.429	(0.060)***	t = 3.820
I{kunta7}	-0.071 (0.090)	t = -0.787	(0.108)	t = -0.657
I{kunta8}	0.238*** (0.069)	t = 3.436	(0.060)***	t = 3.942
I{kunta9}	0.036 (0.077)	t = 0.521	(0.075)	t = 0.476
Koulujen lkm (r=1km)	0.012 (0.029)	t = 0.406	(0.029)	t = 0.402
7-14 vuotiaiden lasten lkm (r=1km)	0.0002*** (0.0001)	t = 2.752	(0.0001)**	t = 2.587
Koulujen lkm : 7-14v lasten lkm (r=1km)	-0.00004* (0.00002)	t = -1.934	(0.00002)*	t = -1.686
vakiotermi	1.804*** (0.088)	t = 20.516	(0.089)***	t = 20.323
Havaintojen lukumäärä	328			
Korjattu selitysaste (adjusted R2)	0.210			

\* = merkisevyytaso 10 %; \*\* =merkitsevyytaso 5 %; \*\*\*=merkitsevyytaso = 1 %