

Aino Angervo

TYÖN TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN KADUNRAKENNUSTYÖMAILLA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Maaliskuu 2024

TIIVISTELMÄ

Aino Angervo: Työn tuottavuuden mittaaminen kadunrakennustyömailla
Measuring labour productivity in street construction
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Maaliskuu 2023

Tässä kandidaatintutkielmassa tutkitaan työn tuottavuuden mittaamista kadunrakennustyömailla. Tavoitteena on selvittää työn tuottavuuden mittaustapoja sekä tulosten hyödyntämismahdollisuuksia.

Työn tuottavuus on tärkeä suorituskykyä kuvaava käsite, jolla tarkoitetaan fyysisen työn tuotoksen ja työpanoksen suhdetta. Infrarakentamisen alalla työn tuottavuuden kehitys on ollut heikkoa, tilastot aiheesta ovat puutteellisia eikä alalla ole työkaluja työn tuottavuuden seuraamiseen. Nämä asiat johtuvat muun muassa alalle ominaisesta projektiluontoisuudesta, heterogeenisistä tuotoksista sekä rakennustoimintaan liittyvistä epävarmuuksista ja muuttujista. Kadunrakentamisen erityispiirteitä ovat muun muassa iso määrä katurakenteen ylä- ja alapuolisia varusteita, useat tilaajatahot sekä vähäinen tila, joka rakennustyölle jää. Tietoja työn tuottavuudesta voidaan hyödyntää monilla tarkastelutasoilla. Ylemmillä tasoilla tavoitteena on yleensä analysoida tuottavuusmuutoksia ja auttaa kannattavuusanalyysissä. Alemmillä tarkastelutasoilla tavoite voi olla löytää toiminnan pullonkauloja. Tässä työssä tarkastellaan kadunrakennushankkeita projekti- ja yksilötasolla.

Tämä työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja lähdemateriaalia hankittiin sekä rakennustekniikan että tuotantotalouden saralta. Työssä hyödynnettiin aineistoja, jotka käsitelivät tuottavuutta, infra- ja kadunrakentamista sekä työn tuottavuuden mittaamista talonrakennustyömailla.

Tutkimuksessa selvisi, että työn tuottavuutta voidaan mitata hyvin erilaisilla mittaluvuilla. Työn tuottavuutta voidaan mitata koko projektista tai yksittäisistä työvaiheista, ja kullakin mittaustavalla on omat käyttötarkoituksensa ja rajoituksensa. Koko projektin työn tuottavuutta mitattaessa tuotoksen yksikköä joudutaan yksinkertaistamaan ja tuotoksena voidaan käyttää esimerkiksi tyyppi- tai normaalituotosta. Tällöin mittaustuloksia pystytään hyödyntämään paikkakuntien tai yritysten työmaiden vertailuun, samankaltaisen rakennustuotannon kehityksen arviointiin tai työnjohdon pätevyyden arviointiin. Yksittäisten työvaiheiden työn tuottavuuden mittaaminen on helpompaa, mutta siitä saatavaa dataa ei voi käyttää isojen kokonaisuuksien hahmottamiseen, vaan ennemmin esimerkiksi äkillisten muutosten havaitsemiseen. Tärkeää työn tuottavuuden johtamisessa on valita tarkasti mitattavat asiat sen mukaan, mitä halutaan tietää ja parantaa. Mitattavista asioista tulee kerätä luotettavaa tietoa operatiiviselta tasolta, josta on hyvä luoda informatiivisia ja vertailukelpoisia mittalukuja. Tuloksien tulisi myös päätyä sellaisille tahoille, jotka vastaisivat mahdollisista muutoksista. Näin työn tuottavuuden mittaustulokset voisivat edesauttaa prosessin paranemista.

Avainsanat: työn tuottavuus, mittaaminen, kadunrakentaminen, infrarakentaminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

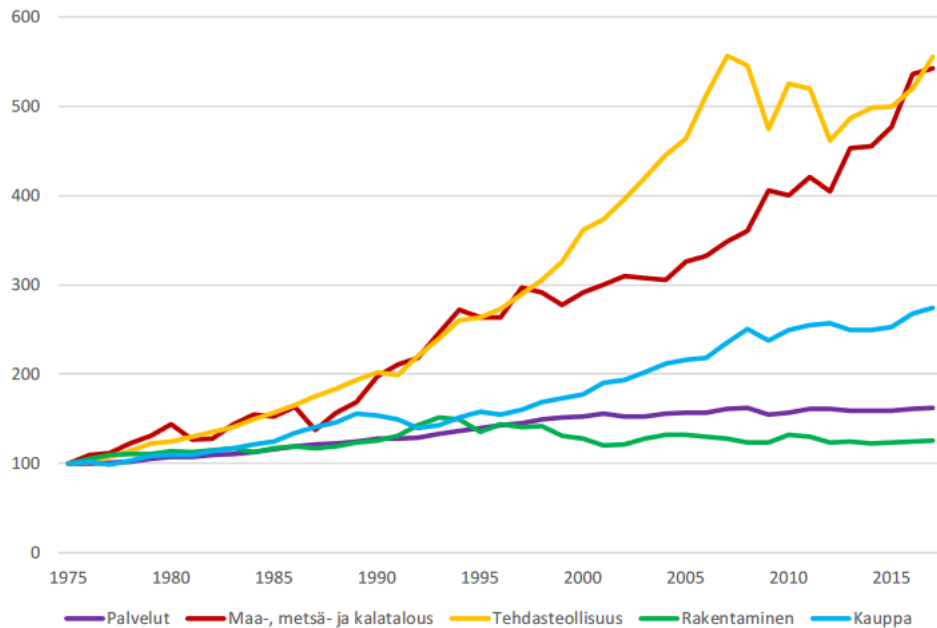
1. JOHDANTO	1
2. TYÖN TUOTTAVUUS.....	4
2.1 Tuottavuuden määritelmä	4
2.2 Työn tuottavuuden hyvät ja huonot puolet.....	7
2.3 Työn tuottavuuden mittaaminen	9
3. KADUNRAKENNUSTYÖMAAT	12
3.1 Kadunrakentamisen luonne.....	12
3.2 Kadunrakennustyömaiden ja muun rakentamisen erot.....	16
3.3 Kadunrakennustyömaiden ja teollisuuden ero	17
4. TYÖN TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN KADUNRAKENNUSTYÖMAILLA.....	19
4.1 Työn tuottavuus kadunrakennustyömailla tällä hetkellä	19
4.2 Kadunrakentamisen työn tuottavuuden nykytilaan vaikuttavat tekijät .	19
4.3 Työn tuottavuuden mittaamisen hyödyntämismahdollisuudet kadunrakentamisessa	21
5. YHTEENVETO.....	25
LÄHTEET	27

1. JOHDANTO

Tuottavuus on yksi suorituskyvyn eli tuloksellisuuden käsitteistä (Jääskeläinen et al. 2023, s. 3). Se voidaan ilmaista jakolaskuna, jonka osoittajana on tuotos ja nimittäjänä panos. (Uusi-Rauva 1997, s. 20) Tuottavuutta parantamalla pyritään muun muassa sujuviin prosesseihin tai mahdollisimman suuren tuotoksen aikaansaamiseen mahdollisimman pienillä panoksilla (Jääskeläinen et al. 2023, s. 5).

Tuotosten ja panosten mittaaminen tai määrittäminen ei ole varsinkaan infra-alalla yksinkertaista. Tämä johtuu siitä, että valmiit tuotteet ovat keskenään erilaisia: silta vilkkaassa ylityspaikassa, uudisrakennettu katu uudelle asuinalueelle sekä esimerkiksi päällysvaurioisen kadun korjaaminen ovat hankalasti verrattavissa. Rakentamisessa on myös paljon muuttujia verrattuna esimerkiksi suoraviivaisempaan tehdastuotantoon. Lisäksi laadun huomioiminen tuotoksessa on haastavaa.

Tuottavuutta pidetään tärkeänä lähes kaikilla toimialoilla. Vaismaa et al. (2020, s. 3) kuitenkin kertovat rakennusalan tuottavuuskehityksen olevan Suomessa heikko muihin toimialoihin verrattuna. Tuottavuuden kehitystä havainnollistetaan kuvassa 1. Heikkoa kehitystä saattaa selittää se, että rakentaminen ja infrarakentaminen ovat molemmat verkottuneita aloja, joissa tuottavuus syntyy monimutkaisessa arvonluonnin ketjussa. Lisäksi tuottavuuden mittaamiseen on infra-alalla vain vähän toimiva työkaluja (Jääskeläinen et al. 2023, s. 39). Infrarakennusala on kuitenkin suuri toimiala. Siinä liikkuu merkittäviä taloudellisia resursseja ja se on huomattava työllistäjä. Suomen väestön kasvaessa ja keskittyessä suurille kaupunkiseuduille tämä on tärkeä kehittämisen aihe tulevaisuudessa. (Nippala & Vainio 2013, s. 7)



Kuva 1. Eri toimialojen arvonlisäykseen perustuvia työn tuottavuuksia Suomessa (Vaismaa et al. 2020, s. 6. Alkuperäinen lähde Tilastokeskus 2020)

Tässä työssä tutkitaan työn tuottavuuden mittaamista kadunrakennustyömailla. Työn tavoite on selvittää, kuinka työn tuottavuutta kadunrakennustyömailla mitataan tai kuinka sitä voisi mitata. Vastausta tutkimuskysymykseen etsitään seuraavien alakysymysten avulla:

- Miten työn tuottavuus määritellään?
- Miten työn tuottavuutta mitataan?
- Millaisia kadunrakennustyömaat ovat?
- Miten tuottavuuden mittaaminen soveltuu kadunrakennustyömaille?

Tämän työn aihe on rajattu tutkimusympäristön osalta kadunrakentamiseen ja siinä yksittäisen työmaan toimintaan. Tuottavuuden tarkastelutaso on siis projekti- ja yksilötaso eli urakoitsijan näkökulma kadunrakentamisesta. Lisäksi tuottavuus rajataan työn tuottavuuteen, jolla tarkoitetaan fyysistä työn tuotosta työtuntia kohden. Nämä rajaukset on tehty, jotta aihetta pystytään tarkastelemaan mitattavilla määreillä.

Tämä kandidaatintyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsauksessa aineistona käytettiin suurelta osin joko työn tuottavuudesta tai kadunrakentamisesta kertovia lähdeaineistoja. Mahdollisuuksien mukaan hyödynnettiin aineistoja, jotka käsittelivät molempia, siis nimenomaan kadun- tai infrarakentamisen työn tuottavuutta. Koska aiheesta ei kuitenkaan ole paljoa tutkimusta, on kandidaatintyön luvussa 4 yhdistetty tietoja tuottavuuden ja kadunrakentamisen aineistoista sekä hyödynnetty aineistoa muun

rakentamisen työn tuottavuudesta. Lähdeaineistoja, jotka sivuavat aihetta hieman, on luettu varauksella, ja mukaan on poimittu vain työn aiheeseen soveltuvat kohdat. Kaikki lähdeaineistona käytetyt tekstit eivät ole olleet rakennusteknisiä julkaisuja, sillä tuottavuus kuuluu läheisemmin esimerkiksi tuotantotalouteen.

Kandidaatintyön luvussa 2 avataan paremmin termi työn tuottavuus. Tämä tehdään selvittämällä teoriaa tuottavuuden takana, vertaamalla työn tuottavuutta lähikäsitteisiin ja kertomalla termin hyvistä ja huonoista puolista. Luvussa 3 kuvataan kadunrakentamisen käytäntöjä sekä sitä, kuinka kadunrakentaminen eroaa tehdastuotannosta sekä muusta rakentamisesta. Erojen huomioiminen on oleellista, jotta pystytään hyödyntämään aineistoja, joiden näkökulma työn tuottavuuteen on tehdastuotannossa ja talonrakennusalalla. Luvussa 4 kerrotaan ensin taustaa infra-alan työn tuottavuuden seurantaan ja mitaamiseen. Tämän jälkeen kuvataan tapoja, joilla kadunrakentamisessa mitataan tai voitaisiin mitata työn tuottavuutta. Luvussa 5 tehdään yhteenveto katsauksesta, arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja pohditaan jatkotutkimustarpeita.

2. TYÖN TUOTTAVUUS

2.1 Tuottavuuden määritelmä

Tuottavuus voi kuulostaa käsitteeseen tutustumattomalle itsensä selittävältä termiltä, ja sitä saatetaan käyttää puhekielessä kuvaamaan vaihtelevasti sitä, kuinka hyvin jokin prosessi toimii. Tuottavuus on kuitenkin tarkasti määritelty. Uusi-Rauva (1997, s. 20) kertoo tuottavuuden tarkoittavan tarkasteltavan kohteen tuotosta jaettuna järjestelmään sijoitetuilla panoksilla kaavan (1) mukaisesti:

$$Tuottavuus = \frac{tuotos}{panos} \quad (1)$$

Tuottavuus on siis luku, jonka yksikkö vaihtelee laskettavan tuotos-panossuhteen mukaan. Yksikkö voi olla esimerkiksi kpl / työtunti tai valmistunut metrimäärä / työntekijä. Tuottavuus on parhaiten laskettavissa silloin, kun tuotos on yksikäsitteisesti mitattavissa ja tuotanto kuluttaa vain yhtä panoslajia (Immonen & Reiström 1987, s. 19).

Tuotokset ja panokset lasketaan tarkasteltavalta kohteelta usein tietyltä aikaväliltä. Panoksia ovat esimerkiksi käytetty pääoma, työaika, raaka-aine ja energia sekä vähemmän konkreettiset tekijät, kuten koulutus, kumulatiivinen kokemus, tekninen tietämys sekä organisaation tuoma etu. Tuotos taas merkitsee kaikkea sitä, mitä tarkasteltava kohde tuottaa tarkasteluajana. Perinteisesti tuotoksiin lukeutuvat kaikki valmistunut tuotanto ja puolivalmisteet, palvelut ja esimerkiksi asiantuntemus. (Uusi-Rauva 1997, s. 45)

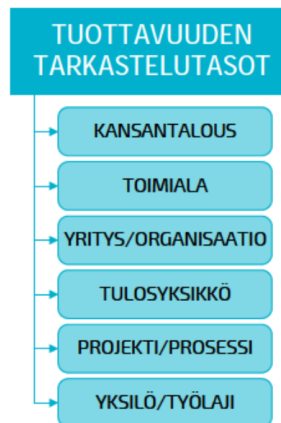
Kokonaistuottavuus tarkoittaa nimensä mukaisesti kaikkien tuotosten summaa jaettuna kaikkien panosten summalla. Kokonaistuottavuus on perusajatukseltaan yksinkertainen, mutta se on hankalasti laskettavissa, sillä useat tuotokset ja panokset ovat heterogeenisiä eli erilaisia. Tämä pätee erityisesti monituoteyrityksissä eli yrityksissä, jotka eivät tuota vain yhtä samanlaista hyödykettä liukuhihnalta. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi tietotaito, raha ja työaika tulisi arvottaa keskenään ja saada saman yksikön alle, jotta niillä laskeminen onnistuisi. Panosten ja tuotosten erilaisuuden lisäksi osa niistä on itsessään hankalasti mitattavissa. (Uusi-Rauva 1997, s. 44–45)

Kokonaistuottavuuden ongelmien vuoksi tuottavuuden laskemiseen käytetään usein erilaisia osatuottavuuksia. Osatuottavuuksilla voidaan kuvata esimerkiksi yhden tuotoksen ja yhden panoksen suhdetta. (Uusi-Rauva 1997, s. 49) Yksi tärkeä osatuottavuus on tässä työssä käsiteltävä työn tuottavuus. Sillä tarkoitetaan tässä yhteydessä jonkin fyysisen tuotososan suhdetta työpanokseen, kuten kaavassa (2) on ilmaistu.

$$\text{Työn tuottavuus} = \frac{\text{työn fyysinen tuotos}}{\text{työpanos}} \quad (2)$$

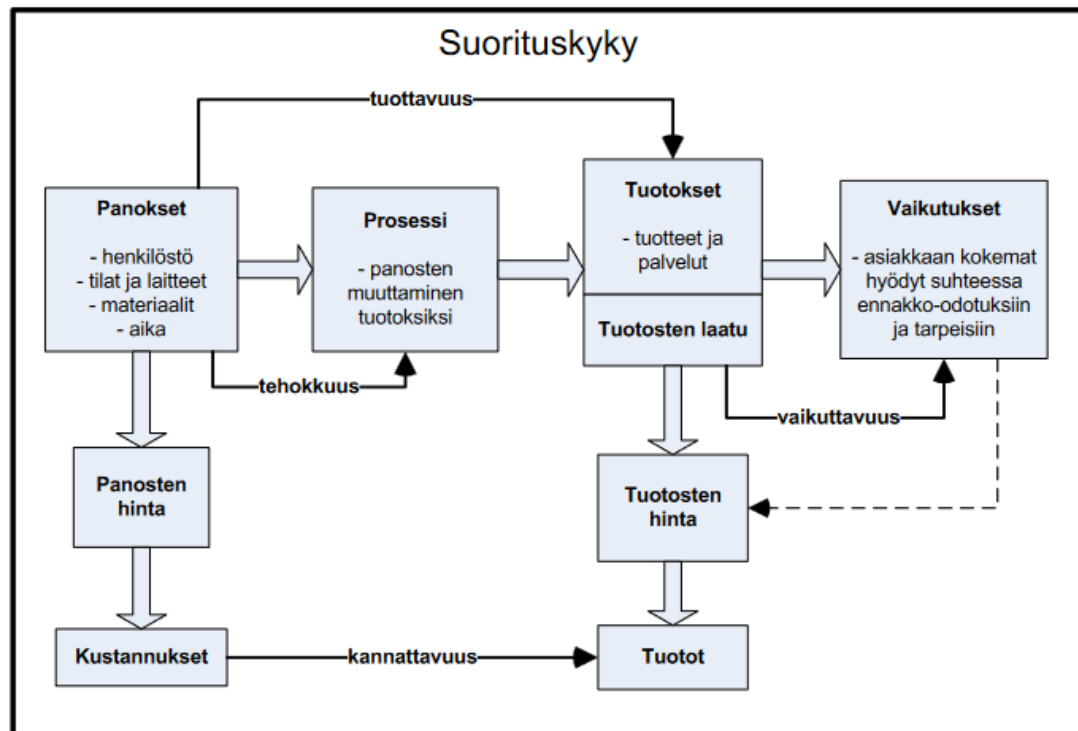
Tällaista fyysisen tuotoksen suhdetta työpanokseen hyödynnetään usein pienehköihin kohteisiin kuten koneisiin tai yksilöihin (Uusi-Rauva 1997, s. 55). Tällaisen osatuottavuuden yksikkö voi olla esimerkiksi louhitun tunnelin pituus tunnissa tai maalatun seinän pinta-ala päivässä.

Tuottavuutta ja sen versioita voidaan tarkastella eri tarkastelutasoilta. Näitä ovat Vaismaan et al. (2020, s. 12) mukaan kansantalous, toimiala, yritys tai organisaatio, tulosityksikkö, projekti tai prosessi ja yksilö tai työlaji. Tämä on visualisoitu kuvassa 2. Siirryttäessä tarkastelutasolta toiselle tuottavuuden tarkempi määritelmä sekä syyt tarkastella tuottavuutta saattavat muuttua. Ylemmillä tasoilla pyrkimys on usein analysoida tuottavuusmuutoksia, kun taas alemmilla pyritään tunnistamaan tuottavuuden parannuskohteita sekä pullonkauloja. (Jääskeläinen et al. 2023, s. 2) Tässä työssä tarkastellaan työn tuottavuutta projekti- ja yksilötasolla.



Kuva 2. Tuottavuuden tarkastelutasot (Vaismaa et al. 2020, s. 12).

Tuottavuudesta puhuttaessa on hyvä erottaa se termin lähikäsitteistä, kuten kannattavuudesta, tehokkuudesta ja vaikuttavuudesta. Suorituskyky eli tuloksellisuus on sateenvarjokäsite, joka sisältää tuottavuuden ja sen lähikäsitteet. Nämä kaikki on havainnollistettu kuvassa 3. (Jääskeläinen et al. 2023, s. 3) Kuvasta 3 voi myös huomata, että tuotos ei tarkoita samaa kuin rahamaailman termi tuotto. Tuotto eli tietyllä aikavälillä saatu rahamäärä on tuotoksen ja tuotosten hinnan kertolasku (Uusi-Rauva 1997, s. 26).



Kuva 3. Tuottavuuden lähikäsitteet (Jääskeläinen 2023, s. 3)

Sekä Uusi-Rauva (1997, s. 25) että Jääskeläinen et al. (2023, s. 2) painottavat tuottavuuden syntyvän reaali prosessin eli tuotantoprosessin puolella. Tuottavuudessa puhutaan siis fyysisestä maailmasta ja niistä käytännön toimista, joissa tuotannon tekijöistä tehdään suoritteita. Kannattavuus sen sijaan kuuluu rahaprosessin puolelle, eli kannattavuus kertoo ainoastaan rahan liikkumisesta, ei mitään itse työn suorituksesta. Kuva 3 havainnollistaa tuottavuuden ja kannattavuuden eroa. Kannattavuuteen vaikuttaa sekä reaali prosessin muutokset että markkinatilanne, eivätkä kannattavuus ja tuottavuus aina korreloi. Kannattavuus voidaan yksinkertaistaa tulojen ja menojen suhteena. Kun termit avataan hieman, huomataan, että kannattavuutta kuvaa myös tuottavuuden ja hintasuhteen tulo. Tämä näkyy kaavassa (3). (Uusi-Rauva 1997, s. 25–32)

$$\text{Kannattavuus} = \frac{\text{Tulot}}{\text{Menot}} = \text{Tuottavuus} * \text{Hintasuhte} \quad (3)$$

Tehokkuus taas liitetään usein resurssien käyttöön eli tuottavuuskaavan nimittäjään (Jääskeläinen et al. 2023, s. 3). Uusi-Rauvan (1997, s. 38) mukaan tehokkuutta laskeessa toteutunutta valmistusmäärää verrataan usein tavoitteeseen tai aikaansaataavissa olevaan määrään. Kuvassa 3 tehokkuutta on havainnollistettu nuolena panosten ja prosessin välillä.

Vaikuttavuus liittyy tuottavuuden osoittajaan ja arvonluomiseen asiakkaalle. Kun tuottavuustarkastelussa otetaan huomioon laatu, lähestytään vaikuttavuuden kysymyksiä. Vai-

kuttavuudessa keskitytään siihen, kuinka asiakas kokee hyötyä suhteessa ennako-odotuksiinsa ja tarpeisiinsa. Vaikuttavuuden tarkastelu on haastavaa, sillä siihen liittyy tekijöitä, joihin tuottajilla ei ole kontrollia. Sen lisäksi vaikuttavuuden mittaaminen vaatii usein pitkän aikavälin tarkastelua. (Jääskeläinen et al. 2023, s. 3) Vaikuttavuuden paikkaa prosessissa on myös havainnollistettu kuvassa 3.

On olemassa viisi periaatteellista tuotos-panossuhdetta, joihin tuottavuuden paraneminen voi perustua (Jääskeläinen et al. 2023, s. 2):

1. Tuotos kasvaa, panos pienenee.
2. Tuotos kasvaa, panos pysyy samana.
3. Tuotos pysyy samana, panos pienenee.
4. Tuotos kasvaa, panos kasvaa hitaammin kuin tuotos.
5. Tuotos pienenee, panos pienenee nopeammin kuin tuotos.

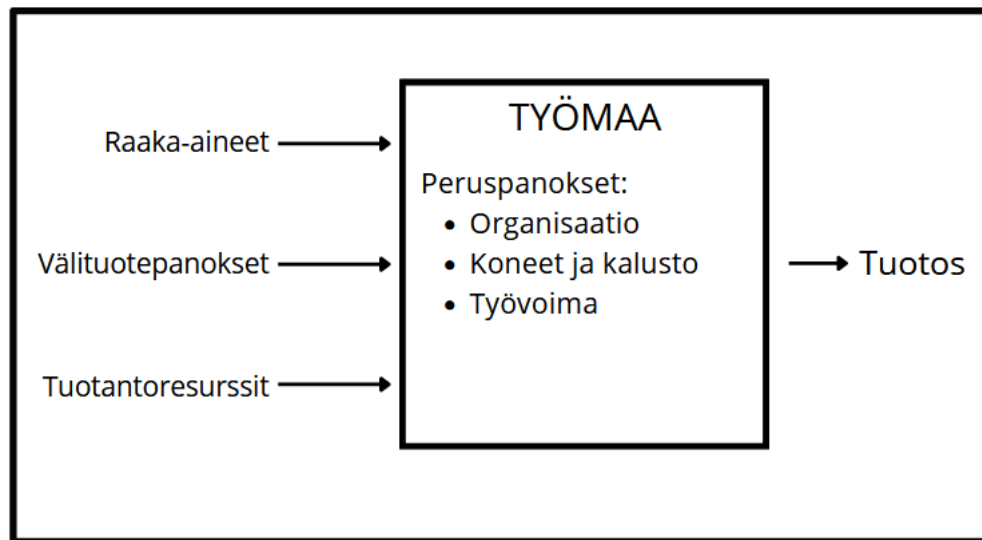
Yllä mainituista suotuisin tapa on ensimmäinen, jossa tuotos kasvaa samalla kun panos pienenee. Jokainen tapa kuitenkin parantaa tuottavuutta. (Jääskeläinen et al. 2023, s. 2) Tuottavuutta pohtiessa on hyvä muistaa myös laadun yhteys tuottavuuteen. Laatuun saatetaan ajatella tuottavuuden vastakohtana. Uusi-Rauvan (1997, s. 36–37) mukaan tuotantoa on kuitenkin mahdollista kehittää siten, että tuotosten ja panosten määrät pysyvät samana ja muutos näkyy laadun paranemisena. Tällöin yrityksen suorituskyky paranee. Tämä saatetaan kuitenkin unohtaa, jos tuotospuolella tuote kuin tuote nähdään samanarvoisena.

2.2 Työn tuottavuuden hyvät ja huonot puolet

Työn tuottavuus on Uusi-Rauvan (1997, s. 50) mukaan ollut kirjoitushetkellä yleisimmin mitattu osatuottavuus. Siksi työn tuottavuus on usein yleistetty tarkoittamaan tuottavuutta ylipäänsä ja sen on annettu korvata muu tuottavuusmittaus. Tämä ei ole tarkoituksenmukaista ja johtaa helposti virheellisiin päätelmiin. Viita (1977, s. 49) jopa arvioi työn tuottavuuden olleen kirjoitushetkellä yksi väärinkäytetyimmistä käsitteistä. Tuottavuus on oikein käytettynä hyödyllinen, mutta sitä mitattaessa tulee tiedostaa mittaustavan heikkoudet ja näkökulman kapeus (Uusi-Rauva 1997, s. 50–51).

Työn tuottavuuden merkittävä puute on se, että tuottavuuden kasvuun vaikuttavat aina myös muut tekijät, kuin pelkästään mitattava suure. Kuvassa 4 on havainnollistettu joitakin lopputuotokseen vaikuttavia tekijöitä. Uusi-Rauva (1997, s. 51) viittaa kirjassaan eräisiin amerikkalaisiin tutkimuksiin, joiden mukaan tuottavuuden kasvuun vaikuttavat eniten seuraavat tekijät: teknologia 44–72 %, pääoma 18–42 % ja työvoiman laatu 10–18 %.

Nykyään teknologian merkitys saattaa olla vielä paljon 90-lukua suurempi. Samoin Viita (1977) painottaa tuotettavien hyödykkeiden olevan tulosta monien voimavarojen samanaikaisesta käytöstä: työstä, raaka-aineista, energiasta, reaali-pääomasta, tiedosta, teknologiasta, ammattitaidosta, organisaatiosta ja markkinointikapasiteetista. Kun jokin muu suure mahdollistaa paremman tuottavuuden, näkyy se myös työn tuottavuuden nousussa, vaikka tuotannon lisäys ei ole johtunut työntekijöiden ponnisteluista. Työn tuottavuuden aitoa parantumista voi aiheuttaa esimerkiksi työntekijöiden ammattitaidon lisääntyminen tai työolojen parantaminen ja siten työntekijöiden motivaation nostaminen. (Viita 1977, s. 50) Pelkästä tuottavuuden noususta ei kuitenkaan näe takana olevan muutoksen laatua. Onkin syytä pohtia, millä mittarilla kutakin muutosta on validia tarkastella. (Uusi-Rauva 1997, s. 52)



Kuva 4. Havainnekuva työmaan panoksista (mukailtu lähteestä Immonen & Reiström 1987, s. 21)

Esille voi tuoda myös äskeistä näkökulmaa sivuavan todellisen työssäoloajan. Uusi-Rauvan (1997, s. 51) mukaan työpanoksena työn tuottavuuden mittauksessa käytetään usein joko henkilömäärää, työntuntimäärää tai työvoimakustannuksia, joissa on kaikissa omat ongelmansa. Viita (1977, s. 53) taas kertoo työpanoksen yleisimpänä mittana käytettävän vuosityöntekijää eli normaalin työvuoden työskentelevää henkilöä. Vuosityöntekijän todelliseen työssäoloaikaan vaikuttavat esimerkiksi sairaudet, tapaturmat, työpaik-kaviihtyvyys, työn mielekkyys, elintavat sekä niihin verrattavat asiat. Näin ollen toimenpiteet, jotka esimerkiksi vähentävät poissaoloja tai lisäävät viihtyvyyttä, näyttävät parantavan työn tuottavuutta. Todellisuudessa ne lisäävät todellisen työn määrää työn intensiteetin pysyessä samana. (Viita 1977, s. 53) Tämä päätelmä voi päteä myös henkilömäärällä tai työvoimakustannuksilla mitattaessa. Työvoimakustannukset jopa laskevat,

jos työntekijöiden palkkoja lasketaan. Tästä ei kuitenkaan seuraa työn tuottavuuden kasvua, vaan työntekijöiden motivaation laskiessa se saattaa jopa vaikuttaa negatiivisesti työn tuottavuuteen. Työtunneilla laskiessa kyseinen ongelma tulee vastaan, jos työtunteja ei ole luotettavasti laskettu, vaan on esimerkiksi oletettu työntekijän viikkotuntimäärä.

Työn tuottavuuden hyviä puolia on mitattavuus, jonka takia useita kohteita tarkastellaankin kokonaistuottavuuden sijaan osatuottavuuksien kautta. Lisäksi työn tuottavuuden mittaaminen lienee hyödyllistä oikeanlaisissa kohteissa. Esimerkiksi kohteissa, joissa työn tuottavuudella on suuri merkitys tai potentiaalia parantua paljon.

2.3 Työn tuottavuuden mittaaminen

Organisaation johto tarvitsee aina informaatiota toimintaansa varten. Informaatiota saa mittaamalla. Vaikka mittaaminen on tärkeää, se ei ole itseisarvo, vaan tavoitteena on mitattujen lukujen ymmärrys ja hyödyntäminen. Mittaaminen ei myöskään tarkoita syiden selvittämistä, vaan mitattavat asiat on valittava tarkasti ennen mittaamista. Tuottavuuden kehittämiseksi on välttämätöntä mitata kohteita, jotka ovat valideja valitun näkökulman kannalta. Samanaikaisesti pelkkä täydellinen havainnollistava lukuvirta johtajan pöydällä ei johda tuottavuuden parantumiseen, jos sitä ei lueta tai hyödynnetä. Kaiken kaikkiaan tarvitaan mitattavissa olevien asioiden priorisointia, mittaamista, datan ymmärtämistä ja lopulta tiedon tarkoituksenmukaista käyttöä. Tuottavuuskehitystä on jatkuvasti ohjattava. (Uusi-Rauva 1997, s. 24, 40, 75)

Ihmisellä on tarve verrata itseään toisiin ihmisiin. Mittaamisella onkin monia hyviä puolia pelkän informaation tuottamisen lisäksi. Mittaaminen

- motivoi
- korostaa mitattavan asian arvoa
- ohjaa tekemään oikeita asioita
- selkiinnyttää tavoitteita
- aiheuttaa kilpailua sekä
- luo edellytyksiä palkitsemiselle. (Uusi-Rauva 1997, s. 24)

Työn tuottavuutta mitattaessa korostetaan siis työn tuottavuuden arvoa ja saadaan ihmiset keskittymään oikeaan asiaan.

Työn tuottavuus on kannattavuuden osatekijänä oleellinen mitattava. Kannattavuus voidaan nähdä jopa tärkeimpänä tunnuslukuna projektille tai firmalle, mutta pelkkä kannattavuusmittaus on yksinään hieman yksipuolinen. Työn tuottavuutta ja kannattavuutta tulisi mitata erikseen seuraavista syistä:

- Tuottavuus auttaa kannattavuusanalyysiä.
- Vastuu näistä kahdesta jakaantuu eri kohteisiin.
- Ulkopuolelta tulevat hintojen muutokset häiritsevät sen seuraamista, kuinka sisäinen tuotanto muuttuu. (Uusi-Rauva 1997, s. 35)

Tuottavuutta voidaan mitata eri tavoin. Erot mittaustavoissa riippuvat tarkastelutasosta, tuottavuuskäsityksen erilaisesta tulkinnasta sekä tilanteen yksilöllisistä piirteistä. Mitä yksityiskohtaisempaa tarkastelutasoa kohti mennään, sitä enemmän ja erilaisempia lähestymistapoja on olemassa. Toimialatasolla puhutaan lähinnä taloudellisista tunnusluvuista, kun taas yksilö- ja toimintatasoilla tarkastelu saa runsaasti tilannekohtaisia ominaispiirteitä. (Uusi-Rauva 1997, s. 42) Yksityiskohtaisemmilla tarkastelutasoilla hyödynnetään siis enemmän osatuottavuuksia, ja erilaisten työtehtävien työn tuottavuuttakin mitataan luonnollisesti erilaisin keinoin.

On tärkeää päättää, mitataanko työn tuottavuuden tasoa vai muutosta. Tietyissä tilanteissa työn tuottavuuden tämänhetkinen täsmällinen taso ei ole olennainen tieto, vaan tärkeämpää on esimerkiksi suunniteltujen muutosten vaikutukset siihen.

Uusi-Rauvan (1997, s. 67–70) mukaan tuottavuuden mittaaminen voi lisäksi olla luonteeltaan joko suoraa tai välillistä. Välillinen mittaaminen on usein tarpeen mitattaessa kokonaistuottavuuksia tai korkeammilla tarkastelutasoilla. Se voi kuitenkin olla tarpeen myös osatuottavuuksia mitattaessa. Tällöin mitataan apukohteita, ja mittaustulosten perusteella pyritään selittämään varsinaista tuottavuutta. Apukohteet on valittava sen mukaan, missä työn tuottavuus käytännössä ilmenee, ja työn tuottavuutta voi lähteä parantamaan panostamalla apukohteeseen. Apukohteita työn tuottavuudelle voivat olla esimerkiksi myöhässä olevat tilaukset, odotusajat, konehäiriöt ja takuutoimenpiteet.

Jos halutaan ottaa laatu huomioon työn tuottavuudessa, voidaan mitata tuotosten ja toiminnan laatuominaisuuksia. Laadun tarkkailussa voi hyödyntää kovien mittareiden, kuten laatuvirheiden, lisäksi pehmeitä mittareita, kuten asiakastyytyväisyyskyselyjä. (Uusi-Rauva 1997, s. 35–36)

Vaismaan et al. (2020, s. 36) mukaan työn tuottavuuden tekijöille, eli työkyvylle, osaamiselle ja motivaatiolle, on jo olemassa mittareita. Tällaisilla mittareilla voidaan mitata esimerkiksi luottamusta, ilmapiiriä ja vuorovaikutustasoa. Jo olemassa olevia mittareita ja

niistä kerättyä dataa olisi viisasta hyödyntää mahdollisuuksien mukaan myös työn tuottavuuden mittaamiseen niiden alkuperäisten käyttötarkoitusten lisäksi.

3. KADUNRAKENNUSTYÖMAAT

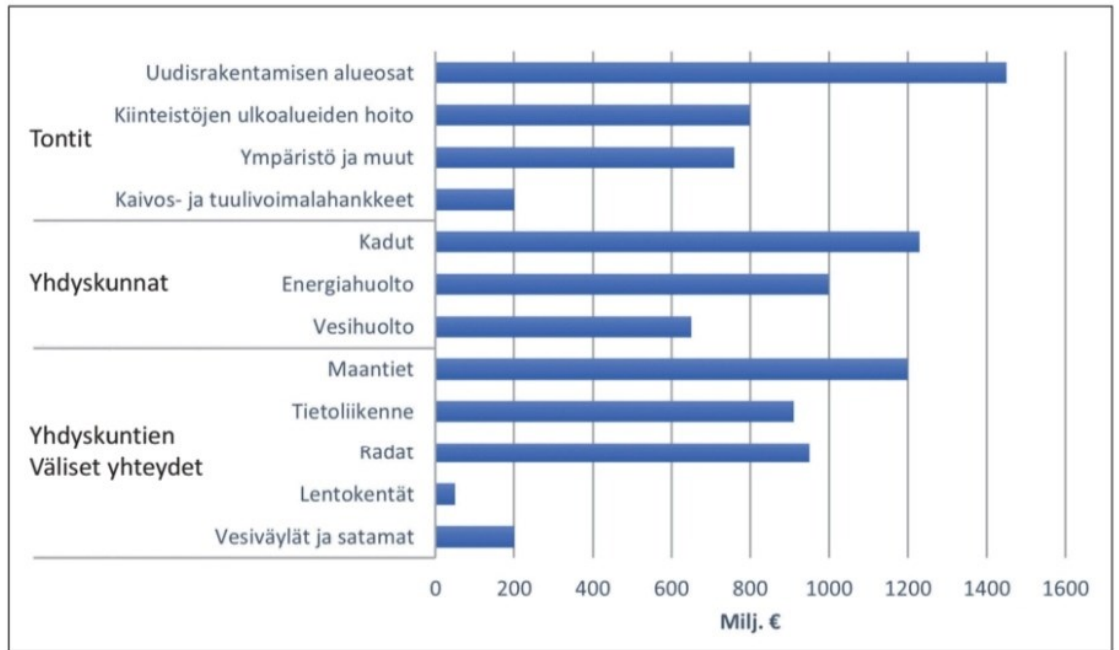
3.1 Kadunrakentamisen luonne

Infrarakentaminen on merkittävä toimiala Suomessa. Infra-ala työllistää suoraan noin 45 000 ihmistä (Aalto, 2021, s. 11), ja yhteensä Suomen kaikkien infrarakenteiden arvo on noin 80 mrd. euroa eli 10 % kansallisvarallisuudestamme. Infran rakentamiseen ja kunnossapitoon käytetään vuosittain Suomessa noin 9,5 mrd. euroa. (RIL 273-2022, s. 10–12)

Infra-ala on laaja kokonaisuus, johon kuuluu kaikki rakennettu ympäristö pois lukien talonrakennus. Tyypillisesti infrarakentaminen jaetaan kuvan 5 mukaisesti kolmeen lähes yhtä suureen kategoriaan: 1) tontit, 2) yhdyskunnat ja 3) yhdyskuntien väliset yhteydet. Tämän työn kannalta olennainen kategoria, yhdyskuntien rakentaminen, kattaa kadunrakentamisen lisäksi kunnallistekniikan eli vesihuollon, kaukolämmön, sähköverkkojen ja tietoliikenneverkkojen rakentamisen ja kunnossapidon. Siihen kuluu infraan käytettävästä 9,5 mrd. eurosta noin 3 mrd. (RIL 273-2022, s. 10–12) Kuluja on havainnollistettu tarkemmin kuvassa 6.



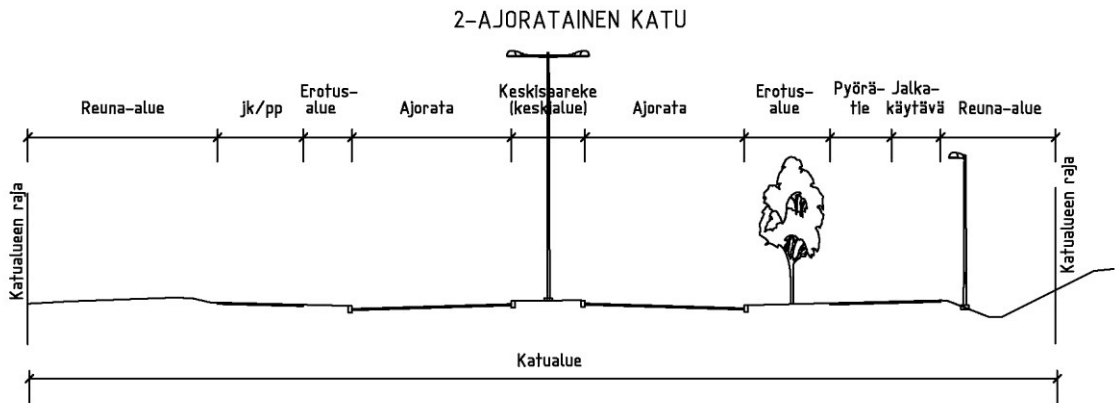
Kuva 5. Infra-alan jaottelu (mukailtu lähteestä Nippala & Vainio 2013, s. 6)



Kuva 6. Infrarakentamisen osa-alueisiin käytettävä raha vuosittain (RIL 273-2022, s. 11)

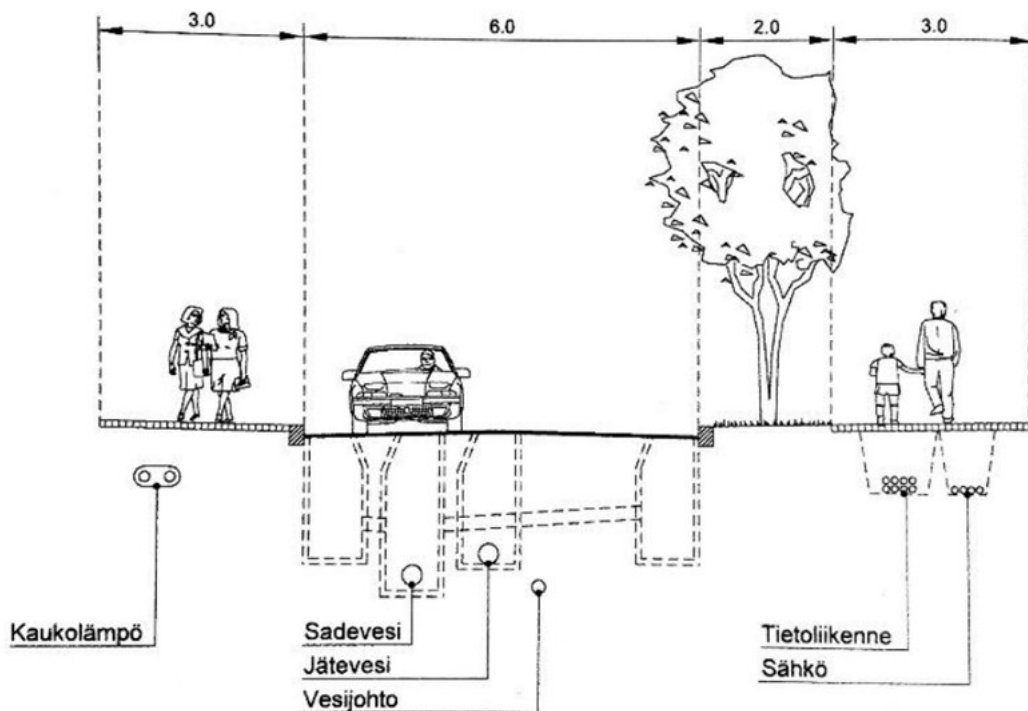
Katualue ei ole pelkkä liikenneväylä, vaan se on monikäyttötila liikennettä, liikkumista ja oleilua varten ja sisältää kadun ylä- ja alapuoliset rakenteet. Kadulla on siis varattu tilaa esimerkiksi ajoneuvoliikenteelle, henkilöiden siirtymille, tavaroiden kuljetukselle, ihmisten kohtaamisille ja ajanvietolle, pysäköinnille, joukkoliikenteelle ja huoltoliikenteen pysähtymisille. (STYK 2003, s. 4–5) Kuva 7 on esimerkkikuva katualueen eri toiminnoille varatuista osista.

STYK (2003, s. 5) muistuttaa katujen olevan myös julkista kaupunkiarkkitehtuuria, jolla on toiminnallisten vaatimusten lisäksi esteettisiä vaatimuksia. Esimerkiksi kalusteilla ja valaistuksella saattaa olla käytännön merkitys, mutta ne voivat samanaikaisesti olla keskeisiä kadun ilmeen kannalta. Lisäksi kaduille voidaan sijoittaa erilaisia taideteoksia, joiden ainoa merkitys on saada aikaan esteettisesti miellyttävä katu-ympäristö. Kaiken tämän lisäksi kadut toimivat kuntien toiminnallisten alueiden rajoina, palopuskureina sekä intimitteettisuojoina lähinaapureilta. (STYK 2003, s. 5–6)



Kuva 7. Katualueen osat (STYK 2020, luku 4.2). Kadun osiin voi kuulua muun muassa ajorata, jalkakäytävä ja erotus- ja istutuskaisia. Osat määräytyvät kadun toiminnallisen luokan mukaan (STYK 2003, s. 13)

Katualue on rajallinen tila, johon sijoitetaan paljon kadun ylä- ja alapuolisia rakenteita. Kunnallistekniikka sijoitetaan lähtökohtaisesti kadun rakennekerrokseen: suurikokoisemmat vesi-, viemäri- ja kaukolämpöverkostot ajoradan alle ja kevyemmät tele- ja sähkökaapelit kevyen liikenteen väylän alle (STYK 2003, s. 22). Tämän voi nähdä kuvan 8 poikkileikkauksesta. Kadun yläpuolisiin rakenteisiin lukeutuu muun muassa katuvalaistus, liikenneopasteet, istutukset ja muut kalusteet.



Kuva 8. Esimerkkikuva kunnallistekniikan sijoittelusta (STYK 2002, s. 134)

Kadunrakentamisessa lähes 80 % tilaajista on kuntia ja kuntakonserneja. Kunnallistekniikan järjestelmistä vastaavat kuitenkin omat tahonsa. Usein he vastaavat itsenäisesti myös omaan rakenteeseensa liittyvistä töistä. (Nippala & Vainio 2013, s. 8) Eri toimijoiden töitä koetetaan yhteensovittaa sekä rakennusvaiheessa että koko infran pidon aikana. Tavoitteena on, että erillisten työmaiden sijaan kaikki työt tehdään kerralla (RIL 273-2022, s. 196–197), sillä kaapelien korjaus, uusiminen ja lisääminen vaikeuttavat liikennettä ja heikentää päällysteen laatua (STYK 2002, s. 39). Kadunrakennustyömaalla tehdään siis samanaikaisesti useamman rakennuttajan töitä (Nippala & Vainio 2013, s. 8). Tätä kutsutaan termillä yhteisrakentaminen (STYK 2020 luku 2.6). Erityisen paljon eri toimijoiden yhteensovittamista voidaan nähdä katualuetta uudistettaessa. Tällöin katutilassa saattaa olla nykyisten lisäksi myös vanhoja käytöstä poistuneita järjestelmiä, joita ei kustannussyistä ole poistettu rakenteesta (Viitanen 2020, s. 6). Aina vanhoista kaapeleista, johdoista ja putkista ei ole hyviä dokumentointeja, ja työmaalla kuluu aikaa löytyneiden järjestelmien selvittelyyn.

Kadunrakennushanke koostuu useista tehtäväkokonaisuuksista. Pääosin tehtäväkokonaisuudet ovat samat kaikissa hankkeissa, mutta vaihteluakin on esimerkiksi hankkeiden koon ja tilaajatahon mukaan. Lindholmin ja Junnoson (2012) mukaan infrahankkeiden vaiheet jaetaan tarveselvitykseen, ohjelmointiin, suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttöönottoon (Himanen 2018, s. 8). Usein kunta tai kaupunki tilaa rakennustyön ja toimii samalla hankkeen rakennuttajana. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (5.2.1999/132) linjataan, että rakennushankkeeseen ryhtyvän pitää huolehtia siitä, että rakentamista koskevia sääntöjä ja määräyksiä noudatetaan (Borisov 2021, s. 12). Oksasen et al. (2010, s. 17) mukaan tämä vastuu siirretään usein suunnittelu- ja urakointisopimuksien avulla ammattitaitoisille suunnittelijoille, työnjohtajille ja urakoitsijoille (Borisov 2021, s. 12). Tilaajataho voi halutessaan olla käyttämättä konsultteja ja resurssien puitteissa hyödyntää omaa kalustoaan ja työntekijöitään.

Kadunrakennuksen uudishankkeessa rakentamisen työvaiheet etenevät yleensä seuraavanlaisessa järjestyksessä: Ensin suoritetaan maaleikkauksia ja tehdään putki-kaivantoja ja pohjatöitä. Tämän jälkeen asennetaan kaapelit, putket ja johdot. Sitten tehdään putkitäytöt, muut rakennekerrokset ja katupäällysteet. Viimeisenä asennetaan maanpäälliset kalusteet ja varusteet. Usein katu-urakassa myös edetään alueen yhdestä päästä toiseen siten, että kadun eri osissa on meneillään eri työvaiheet. Korjausrakentamisen vaiheet ovat usein samat, tosin alussa on vanhojen rakenteiden poistamista. Rakennushankkeen aikana myös suoritetaan jatkuvasti työn tarkkailua, mittauksia ja dokumentointia rakentavan osapuolen toimesta.

3.2 Kadunrakennustyömaiden ja muun rakentamisen erot

Katurakentaminen niputetaan varsinkin tilastomielessä helposti yhteen muun rakentamisen, infrarakentamisen tai teiden rakentamisen kanssa. Silti kadunrakentamisen työmailla on omia erityispiirteitään, jotka erottavat ne muista alan työmaista.

Yksi katujen ja teiden merkittävä ero on rakentamisen tilaajataho eli ylläpitovastuu. STYK (2002, s. 5) kertoo kuntien huolehtivan katuverkoista, jotka ovat tarkoitettu paikallisliikenteelle. Valta-, kanta- ja seututeistä taas huolehtii valtio, ja tiet palvelevat pääasiallisesti muuta kuin paikallista liikennettä yhdistäen paikallisliikenteen väylät toisiinsa (STYK 2002, s. 5).

Toinen ero on liikenteen järjestäytymisessä. Kaduilla ajoneuvoliikenne kulkee kevyen liikenteen ehdoilla, tieverkossa taas kevyt liikenne usein sopeutuu ajoneuvoliikenteeseen. (STYK 2002, s. 6) Lisäksi kadunrakentaminen, toisin kuin teiden, tapahtuu asemakaava-alueella (STYK 2002, s. 8), joka on yleensä tiuhaan rakennettua. Nämä kaksi asiaa aiheuttavat sen, että työmaalla toimiminen, tilankäyttö sekä liikennejärjestelyjen suunnittelu eroavat merkittävästi.

Aiemmassa luvussa kadunrakentamiselle todettiin ominaiseksi myös useat katurakenteen ylä- ja alapuoliset rakenteet ja näiden monet vastuutahot. Tieverkkoakin välillä seurailevat sähkö- ja telelinjat ilma- tai maakaapeleina. Ne pyritään kuitenkin sijoittamaan tiealueen reunaan (Liikennevirasto 3/2018, s. 33). Vaikka kaapelit usein huomioidaankin rakentamisen yhteydessä (Liikennevirasto 3/2018, s. 109) eivät ne vaikuta tien rakenteeseen merkittävästi. Kadunrakentamisessa kaapeleiden, putkien ja johtojen sijoittaminen katurakenteeseen työn yhteydessä on oleellista. Näin ollen kadunrakennustyömaalla on usein monia tilaajia, ja suunnitelmat on mahdollisesti jouduttu yhdistämään kokonaisuudeksi pienemmistä palasista eri suunnittelijoilta. Kadunrakennustyömaalla joudutaan myös ottamaan huomioon mahdollinen tuleva kaapeleiden korjaus- ja lisäystarve (STYK 2002, s. 12).

Kadunrakentamisen kaupunkikuvalliset vaatimukset edellyttävät työmaalta panostamista lopputuloksen ulkonäköön, mitä ei välttämättä tarvita samassa määrin muiden väylien rakentamisessa. STYKin (2002, s. 13) mukaan huomiota tulee kiinnittää esimerkiksi kadun suuntaukseen, kadun korkeusasemaan viereisiin rakennuksiin nähden, korkealaatuisiin pintamateriaaleihin sekä viimeistelyn tarkkuuteen muun muassa liitoksissa ja kiveyksissä. Kokonaisuudessaan tavoitteena on saavuttaa esteettinen, viihtyisä, hoidettu, tasapainoinen ja mielenkiintoinen tilavaikutelma. Nämä asiat toki selvitetään jo suunnitteluvaiheessa, mutta rakentaessakin näihin asioihin on kiinnitettävä huomiota. Tierakentaminen lienee suurpiirteisempää ja esteettiset vaatimukset koskevat lähinnä

tien sopimista ympäröivään maastoon. Tosin muiden väylien, esimerkiksi junaradan, rakentamisessa geometria, kuten kaateet, saattaa vaatia enemmän tarkkuutta kuin kadunrakentamisessa.

Kun verrataan kadunrakentamista talonrakentamiseen, löytyy työmaista merkittäviä eroja, ovathan alojen lopputuotteet ja työskentelymenetelmät aivan erilaisia (Haronian & Sacks 2019, s. 254). Kadunrakennushankkeiden työmaat sijaitsevat ulkona säiden armoilla ja liikenteen keskellä. Talonrakennustyömailla taas on lähtökohtaisesti oma tontti, jossa työskennellä ja jossa on loppua kohti sääsuoja ympärillä. Talonrakennustyömaihin verrattuna kadunrakennustyömaat ovat osittain haavoittuvaisempia keskeytyksille ja hidastuksille äärimmäisten sääolosuhteiden yllättäessä tai esimerkiksi liikenteen vaaratilanteen sattuessa.

Eroja työmaiden toimintaan voi tuoda myös tilaajataho. Kadunrakennushankkeet ovat suurelta osin kuntien julkisia hankintoja (Nippala & Vainio 2013, s. 8), kun taas talonrakentamisessa osa hankkeista on yksityiseltä tilaajalta. Julkinen hankinta tuo rakennusprosessiin erilaisia vaatimustasoja ja tiettyä byrokratiaa, joka saattaa alentaa työn tuottavuutta.

Kadunrakennushankkeiden vaikeus talonrakentamiseen nähden on se, että kadut koostuvat geometrisesti jatkuvista epämääräisistä osista. Talonrakennuksessa sen sijaan hyödynnetään selkeästi määriteltyjä palasia kuten elementtejä ja tiloja, joiden yksiköt ja suhteet ovat tiedossa. Tarkasti määriteltyjen palasten kanssa rakennustiedon mallintamisen käyttö ja työnaikainen suunnittelu on helpompaa. (Haronian & Sacks 2019, s. 254–255)

Talonrakennustyömailla on myös käytössä työmenekkitietoja RATU-kortiston muodossa. RATU-kortisto tarjoaa menekki- ja menetelmäkuvauksia, työturvallisuus- ja laatuvaatimuksia sekä monipuolista tietoa tuottavuudesta. Tällaiset tiedot auttavat muun muassa työmaan työryhmän mitoituksessa ja aikataulusuunnittelussa. (Rakennustieto n.d.) Työmenekkitiedot ovat hyvä työkalu työn tuottavuuden tason arviointiin työmaalla. Tällä hetkellä infrarakentamisella ei ole käytössä vastaavanlaisia tietoja.

3.3 Kadunrakennustyömaiden ja teollisuuden ero

Kadunrakentaminen on muun rakennusalan ohella hyvä esimerkki monituoteyrityksestä (Vaismaa et al. 2020). Lopputuotteet ovat erilaisia ja niitä rakennetaan erilaisiin ympäristöihin. Sen sijaan teollisuustuotannossa, jossa tuottavuutta perinteisesti mitataan, valmistetaan yleensä harvempaa tuotetta tai useaa hyvin samankaltaista tuotetta.

Lisäksi kadunrakennus on projektiluontoista. Rakennusprojektilla on selkeät vaiheet, joita seurataan ja jonka jälkeen projekti loppuu. Tämän jälkeen aloitetaan uusi projekti uudessa ympäristössä mahdollisesti uusien ihmisten kanssa. Työntekijöiden on jokaisella kerralla opittava kyseisen projektin erityistarpeet ja työskentelykulttuuri. Tällaisessa tilanteessa toimintatapojen optimointi on hieman vaikeampaa, vaikka toki mahdollista. Rakennusprojekteissa on kuitenkin samankaltaisuuksia ja samoja työvaiheita ja niistä voi luultavasti tunnistaa toistuvuutta. Teollisuudessa liukuhihnatyöskentelyä voitaneen optimoida helpommin, sillä samaa liukuhihnatyöskentelyä ja samaa prosessia toistetaan pitkiä aikoja. Tällöin työskentelytavat ehditään vakiinnuttaa ja parannuksia on helppo testata.

Rakennusala on suhdanteille herkkä ala, vaikkakin suhdannevaihtelut ovat selvempiä talonrakennuksen kuin infran puolella. Uusi-Rauva (1997) avaa suhdannevaihteluiden vaikutuksia tuottavuuteen metsäteollisuuden kautta, mutta huomiot ovat verrattavissa rakennusalaan. Uusi-Rauva (1997, s. 128) kertoo metsäteollisuuden eroavan merkittävästi muusta teollisuudesta sen suhdannevaihteluiden vuoksi. Hän kertoo metsäalan suhdanteiden nousevan ja laskevan 4–7 vuoden välein ja tällä olevan merkittävä vaikutus tuottavuuteen ja siihen, milloin tuottavuuteen panostetaan. Tuottavuuteen keskitytään hänen mukaansa laskusuhdanteen aikana, sillä noususuhdanteen kohdalla alalla menee joka tapauksessa hyvin. Kadunrakentamisellakin on noin seitsemän vuoden suhdannevaihtelujen sykli ja täten se eroaa tasaisemmista teollisuuden aloista.

4. TYÖN TUOTTAVUUDEN MITTAAMINEN KADUNRAKENNUSTYÖMAILLA

4.1 Työn tuottavuus kadunrakennustyömailla tällä hetkellä

Vaismaan et al. (2020, s. 15) mukaan rakennusalalla on juuri työn tuottavuuteen liittyviä ongelmia ja pullonkauloja. Näitä ovat muun muassa päällekkäinen työ, virheet, henkilöstön vaihtuvuus, odottaminen ja systeemin epätehokkuus. Immonen ja Reiström (1987, s. 28) taas listaavat rakennushankkeissa tuottavuutta huonontaviksi tekijöiksi muun muassa hankkeen erityiset ominaisuudet, markkinoiden ja valtion määräysten vaikutuksen, suunnitteluun ja hankintaan liittyvät tekijät, työnjohdon osaamattomuuden sekä työvoiman rajoitukset. Tiedettyihin ongelmakohtiin puuttamalla ala saattaisi tehdä parannuksia tuottavuuteensa.

Tuottavuuden parantaminen edellyttää tietoa nykytilasta ja tuottavuuteen vaikuttavista osatekijöistä (Vaismaa et al. 2020, s. 14). Tilanne sen suhteen ei kuitenkaan ole tällä hetkellä optimaalinen. Tilastot työn tuottavuudesta infra-alalla ovat harhaisia muun muassa tilastointivaikeuksien ja alan monimutkaisen rakenteen vuoksi (Jääskeläinen et al. 2023, s. 5). Myös Immonen ja Reiström (1987, s. 14, 22) kertovat, että rakennusalalla ei ole suoritettu perusteellisia tuottavuustutkimuksia ja tuottavuustulokset ovat hankalasti verrattavissa keskenään. Vaismaan et al. (2020, s. 14) mukaan tuottavuuden johtamiseen ei ole infra-alalla vakiintuneita menetelmiä, minkä lisäksi rakentamisen toimialalla alle kolmannes yrityksistä hyödyntää henkilöstötuottavuuden mittareita.

4.2 Kadunrakentamisen työn tuottavuuden nykytilaan vaikuttavat tekijät

Vaismaan et al. (2020, s. 11) mukaan eräs ongelma työn tuottavuuden mittaamisessa infra-alalla liittyy monimutkaisiin ja vaihteleviin tuotteisiin. Uusi-Rauvan (1997, s. 220) mukaan kunnallistekniikan tuotteistaminen ei ole selkeää. Tällä hän tarkoittaa sitä, että tuotosten yksikköjä ei ole välttämättä määritelty tai ne eivät ole samoja kaikkialla. Esimerkiksi valmista katua voi mitata metreinä, neliömetreinä tai jopa kuutioina. Kuutiometreinä laskiessa huomioitaisiin kadun pituuden ja leveyden lisäksi rakennekerrokset ja putkikaivannot. Kaapeleita ja putkia mitataan lähtökohtaisesti metreinä, mutta niissäkin työaikaan voi vaikuttaa esimerkiksi putken koko ja materiaali, asennustapa sekä monimutkaiset liitokset. Kadun yläpuolisten varusteiden monipuolisuus myös vaihtelee merkittävästi katuhankkeiden välillä ja niiden asennukseen kuluva aika ei ole vakio. Tämä

on otettava huomioon vertailtaessa varustukseltaan eri tasoisia hankkeita, erityisesti jos työn tuottavuutta mitattaisiin yksinkertaisesti valmistuneina katumetreinä. Uusi-Rauvan (1997, s. 220) mukaan tuotteistamisongelman takia kuntien rakennusprojekteja koskevat tilastot eivät ole olleet luotettavia tai vertailukelpoisia.

Yksi näkökulma, joka tulee myös ottaa huomioon, on tuotoksen laatu. Vaismaan et al. (2020, s. 11) mukaan laadun huomioiminen hankaloittaa tuotoksen arviointia ja on mahdollisesti aiheuttanut harhaa tuottavuustilastoihin. He mainitsevat, että Sveikauskas et al. (2016) pyrkivät tutkimuksessaan osoittamaan, että rakennusalan tuottavuuden kasvu voi olla ajateltua suurempaa, jos laatu otetaan huomioon.

Lähtökohtaisesti laadukkaamman lopputuloksen tekeminen vie enemmän aikaa, tai esimerkiksi kauniin ja monimutkaisen kiveyksen tekeminen voi kestää kauemmin kuin yksinkertaisen. Työn tuottavuus saattaakin olla suurempaa niillä työmailla, joissa laatu on heikompaa. Ei kuitenkaan ole toivottavaa, että työn tuottavuutta mitattaessa unohdettaisiin kokonaan kadunrakentamisessa vaadittu tarkkuus ja lopputuloksen esteettiset ja toiminnalliset vaatimukset. Koska laatu on olennainen osa lopputulosta, tulisi se sisällyttää työn tuottavuuden mittaamiseen. Tämä tietenkin hankaloittaa asiaa entisestään.

Eräs keskeinen tuottavuuteen vaikuttava asia on myös alihankinta ja erikoistuminen. Jääskeläisen et al. (2023, s. 30) mukaan alihankinnan lisääntyneen käytön nähtiin helposti johtavan pirstaloitumiseen ja kokonaiskuvan hukkumiseen. Toisaalta tiettyyn työvaiheeseen erikoistuneen tiimin on helppo optimoida juuri sen työvaiheen tekeminen. Voikin olla, että alihankinta parantaa yksittäisen työvaiheen työn tuottavuutta, mutta siihen liittyvät muut seikat vähentävät tuottavuutta toimiala- tai projektitasolla. Alihankinta vie kuitenkin resursseja, kun tiedon välityksen tarve kasvaa ja monista asioista on sovittava yhdessä. Jääskeläisen et al. (2023, s. 5) mukaan alihankinnan vaikutuksista tuottavuuteen on kuitenkin verrattain vähän tutkimustuloksia. Tämän lisäksi he muistuttavat alihankinnalla olevan muitakin tavoitteita, kuin pelkästään tuottavuuden kasvu. Alihankinnalla saatetaan pyrkiä esimerkiksi lisäkapasiteetin saantiin tai joustavuuden lisäämiseen.

Erikoistumista sivuten rakentamisen työn tuottavuuteen vaikuttaa merkittävästi sitä edeltänyt suunnittelutyö. Suunnittelu ja rakentaminen ovat usein eri tahojen vastuulla, ja suunnitteluvaiheessa rakentajan tarpeita ei välttämättä ole huomioitu tarpeeksi (STYK 2002, s. 158). Eriytynyt suunnittelu voi pahimmassa tapauksessa olla osin näköalaton ja siten hidastaa työmaan toimintaa ja vähentää rakennustyön tuottavuutta. Kadun tekniset rakenteet ovat kuitenkin usein niin erilaisia, että kukin rakenne on hyvä suunnitella erillisten henkilöiden toimesta. Suunnittelun ja rakennustyön ristiriidan lisäksi vaarana on

siis ristiriidat erilaisten suunnitelmien yhteensopivuudessa. Eri järjestelmien suunnittelijoiden ja työnjohdon yhteistyö olisi hyvä aloittaa jo ennen rakennustyötä. Tämä on avainasemassa järjestelmien sijoittelun ja rakentamisen ajoituksen optimoinnissa (STYK 2002, s. 158).

4.3 Työn tuottavuuden mittaamisen hyödyntämismahdollisuudet kadunrakentamisessa

Jotta työn tuottavuuden mittaustulokset olisivat mielekkäitä, tulee tuotoksen yksiköiden olla yhtenäisiä. Muutoin hankaloituu poikittainen vertailu muihin toimijoihin tai pitkittäinen vertailu saman toimijan työskentelyn kehityksessä. Ilman vertailumahdollisuutta mittaustuloksilla on hyvin vähän arvoa. Myös Immonen ja Reiström (1987, s. 16, s. 18) pitävät tunnuslukujen vertailumahdollisuutta tärkeänä tavoitteena. Oikeanlainen tieto tuottavuudesta auttaa usein sen parannuskeinojen tunnistamisessa (Jääskeläinen et al. 2023, s. 39).

Työn tuottavuudenkin mittaustuloksia voi olla erilaisia. On mahdollista mitata koko urakan työn tuottavuutta tai vaihtoehtoisesti yksittäisten työvaiheiden työn tuottavuutta. Kummankin tavan hyödyntäminen vaatii toki sen, että sitä hyödynnettäisiin myös vertailukohteissa.

Kun ajatellaan työn tuotoksena yhtä kokonaista rakennushanketta, on Immosen ja Reiströmin (1987, s. 22) mukaan mahdollisuuksia tuotoksen mittaluvuksi käytännössä kolme. Nämä vaihtoehdot ovat yksinkertaistettu tuotos, tyyppituotos ja muunnettu tuotos. Immonen ja Reiström (1987) katsovat asiaa talonrakentamisen näkökulmasta, mutta vaihtoehdot ovat relevantteja myös kadunrakentamisen osalta.

1. Immosen ja Reiströmin (1987, s. 22) mukaan yksinkertaistettu tuotos tarkoittaa sitä, että tuotosta kuvataan yhdellä suurella sellaisenaan. Kadunrakentamisessa tämä suure voisi olla pinta-ala tai pituus. Immonen ja Reiström (1987, s. 22) painottavat tällaisen mittaluvun olevan käyttökelpoinen silloin, kun seurataan samantyyppisen tuotannon kehitystä; laatutason, hankkeiden koon ja rakenteiden jakautuman tulisi pysyä samana.
2. Tuotoksena voidaan käyttää myös tyyppituotosta. Tällöin ajatellaan rakennushankkeen koostuvan aina osatuotoksista tietyssä suhteessa. Tämä menettelytapa edellyttää sitä, että seurataan erikseen osatuotosta vastaavien panosten kulutusta. Tyyppituotoksen käyttö soveltuukin parhaiten sellaisiin tutkimuksiin, joissa verrataan eri paikkakuntien samantyyppistä tuotosta. (Immonen &

Reiström 1987, s. 22) Uusi-Rauvan (1997, s. 225) mukaan infran tuottavuuden vertailu toimialatasolla perustuukin tyyppikatuajatteluun.

3. Kolmas vaihtoehto on muunnettu tuotos. Se tarkoittaa, että on valittuna jokin normaalituotos, jota muunlaiset hankkeet muutetaan vastaamaan tietyillä kertoimilla. (Immonen & Reiström 1987, s. 22) Kadunrakentamisessa 1 metri yksinkertaista katua voisi vastata esimerkiksi 0,9 metriä katua, jossa on useampia väyliä ja kaisloja, ja 0,6 metriä katua, joka rakennetaan alikulkuna suurten rakenteiden alle.

Jos halutaan mitata yksittäisten työtehtävien tuottavuutta, voi mittaaminen olla yksinkertaisempaa. Tämä johtuu siitä, että tuotos-panossuhteet ovat useammin intuitiivisia, esimerkiksi metri / työtunti tai kuutiometri / työtunti. Tosin tällöin mittaustuloksia on monia ja niiden yhdistäminen kokonaisuudeksi on haastavaa. Jos ei ole tarve saada käsitystä koko urakan työn tuottavuudesta, on tämä lähestymistapa käyttökelpoinen. Yksittäisten työtehtävien työn tuottavuuden arvoista voi olla apua esimerkiksi tehdessä päätöstä alirakoitsijan ja oman tuotannon käyttämisen välillä. Tämän lisäksi yksittäisten työvaiheiden pitkäaikaisella seurannalla voidaan havaita odottamattomat muutokset työn tuottavuudessa ja tehdä mahdollisia toimenpiteitä.

Immosen ja Rejströmin (1987, s. 36) mukaan rakennusliikkeen työmenetelmän tuottavuuden mittausmenetelmän on oltava yksinkertainen, halpa sekä yhdenmukainen säännösten ja työntekijäjärjestöjen rajoitusten kanssa. Lisäksi tulosten on oltava luotettavia, ja niistä on käytävä ilmi tuottavuutta heikentävät tekijät. Yksi mahdollinen menetelmä on toistuvien syklien keston mittaaminen. Siinä tutkija seuraa valittua työvaihetta muutaman tunnin, mittaa kuhunkin sykliin käytetyn ajan sekä merkitsee muistiin mahdolliset viivytykset ja niiden syyt. Tavoitteena on laskea menetelmän ihanteellinen tuottavuus yksikössä sykliä tunnissa sekä saada selville viivytysten aiheuttama keskimääräinen aikahaitta. Syklit on valittava siten, että ne eivät ole liian lyhyitä tai pitkiä, jotta edellä mainitut asiat saadaan selvitettyä. (Immonen & Rejström 1987, s. 36–37) Kadunrakentamisessa olennaiset mitattavat työtehtävät voisivat olla esimerkiksi päällysteen poisto, kaivu, masojen kuljetus, putkikaivantojen teko, putkien purku ja/tai asennus, putkitäytöt, rakennekerrosten teko, päällystys ja kalusteiden asennus.

Jääskeläisen et al. (2023, s. 39) mielestä mittaustietoa infra-alalla tulisi kehittää siten, että se rakentuisi laadukkaana ja luotettavana operatiiviselta tasolta kerättävän tiedon vaaraan. Operatiiviselta tasolta kerätään jo nyt dataa, jota mittaamisessa voitaisiin hyödyntää. Kadunrakennustyömaiden rakentavan osapuolen tulee pitää työmaan kulusta työmaapäiväkirjaa. Se liittyy työmaan yleiseen johtamiseen sekä tiedonkulkuun ja se jae-

taan tilaajalle (Borisov 2021, s. 32). Työmaapäiväkirjassa lukee muun muassa henkilövahvuus kunakin päivänä, mutta ei työntekijöiden tuntimääriä. Rakentavalla osapuolella voi kuitenkin olla tiedossa työtuntimäärät kullekin työntekijälle esimerkiksi palkanmaksua varten. Näitä tietoja työnjohto ei ole velvollinen luovuttamaan kenellekään, mutta työtuntimäärän tallentaminen on olennainen osa työn tuottavuuden mittaamista. Immosen ja Rejströmin (1987, s. 37) mukaan rakennusteollisuudessa on jo hyödynnetty työnjohtajan hukka-aikamittausta. Se on halpa ja nopea menetelmä, joka täydentää varsinaista tuottavuusmittausta. Siinä työnjohtajalta kerätään tietoa ajasta, joka työntekijöiltä on kulunut varsinaiseen työhön sekä tuntemattomaan toimintaan ja viivytyksiin. (Immonen & Rejström 1987, s. 37)

Tuntikirjausten vaadittu tarkkuus riippuu mitattavasta asiasta. Kun mitataan koko urakan työn tuottavuutta, riittää tietää työtuntien yhteismäärä. Tarkempia työvaiheita tarkastellessa täytyy tietää kuhunkin työvaiheeseen käytetty aika. Tämä voi tuoda hieman lisätyötä hankkeelle. Se riippuu siitä, millä tarkkuudella työntekijöiden työajan sisältö kirjataan nyt ylös.

Mittaaminen on olennainen edellytys työn tuottavuuden paranemiselle. Yhtä lailla tärkeää on tiedon oikeanlainen hyödyntäminen. Jääskeläinen et al. (2023, s.38) havaitsivat tekemissään haastatteluissa yhdeksi tuottavuustekijäksi kokeilemisen kulttuurin, jolla voidaan edistää tuottavuutta ruohonjuuritasolla. He kertovat tutkijoiden pitävän muina tärkeinä tuottavuustekijöinä muutosten, riskien ja epävarmuuksien hallintaa. Nämä asiat ovat pitkälti riippuvaisia työmaan työnjohdosta. Myös Immonen ja Reiström (1987, s. 40) kertovat työmaakohtaisen tuottavuuden antavan kuvaa työmaan mestarin taidoista. Työnjohdon työntekijöiden tuottavuutta voisi siis jopa pitää perusteena palkankorotuksille tai sitä voitaisiin hyödyntää tarjouslaskennassa. On myös olennaista, että tulokset työn tuottavuudesta päätyvät työnjohdolle asti. Työmailla työskentelevät eivät aina näe kustannuseurannan käyttömahdollisuuksia työmaan ohjaamisessa. (Immonen & Reiström 1987, s. 40) Jos tieto kulkeutuisi työnjohdolle, voitaisiin havaittuihin haasteisiin mahdollisesti puuttua ja säästää muutoksilta ne asiat, jotka toimivat.

Voidaan myös pohtia, onko työn tuottavuus oleellisin mitattava asia, vai voisiko projektin suorituskyvystä saada parempia tuloksia jonkun muun mittarin kautta. Tämän työn luvussa 2 käsiteltiin sitä, kuinka muiden panosten noustessa myös työn tuottavuus voi parantua. Esimerkiksi tehokkaamman työkoneen käyttöönotto lisää kadunrakennusurakan työn tuottavuutta, vaikka työntekijöiden työpanos olisi pysynyt aivan samana. Luvussa 2 mainittiin myös, että joidenkin tutkimusten mukaan työvoiman laatu vaikuttaa tuottavuuden kasvuun vain 10–18 %. Immosen ja Rejströmin (1987, s. 20 & s. 25) mu-

kaan työvoiman osatuottavuuden seuraaminen ei olekaan riittävä osoittamaan tuotannon yleistä tehokkuutta, eikä työn tuottavuus kerro mitään esimerkiksi toiminnan taloudellisuudesta. Yhden osatuottavuuden kehityksen seuraaminen pitkällä aikavälillä saattaa kuitenkin ilmaista kehityspiirteitä päätöksenteon tueksi (Immonen & Reiström 1987, s. 20). Jos työn tuottavuuden seuranta jätetään kokonaan pois, voi olla vaikea havaita toimenpiteiden, kuten työkoneiden vaihdon, merkitystä suorituskykyyn. Jääskeläisen et al. (2023, s. 39) mukaan tärkeää tässä olisi muodostumisketjujen ymmärtäminen. Heidän mukaansa käyttöön voitaisiin tällöin ottaa oleellisia mittareita, joiden tulokset johtavat tuottavuuden kannalta oikeiden asioiden kehittämiseen.

5. YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin sitä, kuinka työn tuottavuuden mittaamista hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää kadunrakennustyömailla. Lisäksi työssä pohdittiin työn tuottavuutta tunnuslukuna ja sitä, kuinka se soveltuu käyttöön infrarakennusalalle.

Työn tuottavuudella, jolla tässä työssä tarkoitetaan fyysisen työn tuotoksen ja työhön käytetyn ajan suhdetta, todettiin olevan etunsa ja käyttötarkoituksensa. Sitä hyödyntämällä voidaan nähdä työpanoksen vaikutus lopputuotokseen ja voidaan vertailla samankaltaisia kohteita keskenään. Lisäksi työn tuottavuus on helposti mitattavissa ja laskettavissa, mikä lisää sen käyttökelpoisuutta. Työn tuottavuuden mittaaminen myös korostaa mitattavaa asiaa eli työntekoa ja voi motivoida työntekijöitä. Toisaalta työn tuottavuus on vain yksi suorituskyvyn tunnusluku, eikä aina sellaisenaan riitä kuvaamaan suuria kokonaisuuksia. Termi ei ota huomioon kaikkia panostekijöitä, toisin kuin kokonaistuottavuus. Termiä onkin helppo käyttää väärin, jos muiden panostekijöiden vaikutus unohdetaan tai tuloksia yleistetään liikaa.

Työssä todettiin myös, että kadunrakennusalalla ei aktiivisesti mitata työn tuottavuutta, toisin kuin esimerkiksi tehdastuotannon puolella tehdään. Tilastot aiheesta ovat myös puutteellisia tai harhaisia. Tämä johtuu monista rakennus- ja infrarakennusalan ominaisuuksista, jotka tekevät kyseisen tunnusluvun käytön hankalaksi. Näitä ovat muun muassa heterogeeniset tuotteet, projektiluonteisuus, hankalasti ennakoitavissa olevat muuttujat, alan verkottunut luonne, laadun huomioon ottamisen vaikeus sekä eri ihmisten ja yritysten päällekkäinen työ samalla työmaalla. Kadunrakentamisessa tai muussa rakentamisessa ei tällä hetkellä ole hyviä työkaluja työn tuottavuuden seurantaan.

Työssä esiteltiin erilaisia mittalukuja, joilla työn tuottavuus voitaisiin kadunrakentamisessa ilmaista. Tärkeäksi huomioksi työssä nousi mittaustulosten vertailukelpoisuus. Kadunrakennusalalla vertailu hankkeiden välillä todettiin hankalaksi, mutta mahdolliseksi. Mitattavaksi valittujen suureiden olisi siis hyvä olla samat kaikissa vertailukohteissa. Tuotoksina voidaan käyttää hankekokonaisuuksille esimerkiksi yksinkertaistettua tuotosta ja tyyppituotosta, sekä yksittäisille työtehtäville esimerkiksi metri- tai neliömetrimääriä. Panoksina on mahdollista käyttää esimerkiksi työvoimakustannuksia, henkilömääriä tai tuntimääriä. Näistä tuntimäärät ovat kuitenkin luotettavin tapa ilmaista työpanos.

Yksittäisten työvaiheiden työn tuottavuuden mittaaminen todettiin helpommaksi, mutta vähemmän käyttökelpoiseksi kokonaisuuksien kannalta. Työvaiheiden mittaustuloksia voi käyttää esimerkiksi tehdessä päätöstä aliurakoitsijan ja oman tuotannon käyttämisen

välillä. Niitä voi hyödyntää myös äkillisten muutosten havaitsemiseen työn tuottavuudessa. Kokonaisten projektien työn tuottavuuden mittaustulokset taas kertovat paljon työmaan työnjohton taitotasosta ja onnistumisesta epävarmuuksien hallinnassa. Erilaisilla mittaluvuilla on siis omat käyttökohteensa.

Onkin oleellista, että työn tuottavuutta mitattaessa käydään läpi kaikki seuraavat vaiheet: Ensin on päätettävä mitä mitataan ja millä yksiköillä. Tämä riippuu siitä, mitä halutaan tietää ja mitä asiaa parantaa. Sitten on kerättävä tietoa luotettavista lähteistä. Tiedosta on luotava informatiivisia ja vertailukelpoisia mittaustuloksia. Lopuksi on tärkeää, että mittaustuloksia hyödynnetään ja että tulokset päätyvät sellaisten tahojen tietoon, jotka niitä pystyvät hyödyntämään.

Tämä työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Työssä keskityttiin suomalaiseen lähdekirjallisuuteen ja suomalaisiin kadunrakennushankkeisiin, ja onkin muistettava, että kadunrakennusprojektien luonne voi olla erilainen ulkomailla. Aiheesta oli saatavilla rajallisesti uutta lähdekirjallisuutta, minkä takia osa lähteistä on kirjoitettu jopa kymmeniä vuosia sitten. Tämä saattaa vaikuttaa lähteiden sisällön ajankohtaisuuteen, vaikkakin rakennusala on muuttunut ja uudistunut melko vähän muihin toimialoihin verrattuna.

Tilastoja ja materiaalia työn tuottavuudesta tai sen mittaamisesta kadunrakennus- tai infrarakennusalalla ei ole olemassa paljoa. Aiheesta on siis mahdollista tehdä paljonkin jatkotutkimuksia. Mahdolliset jatkotutkimuskysymykset voisivat koskea esimerkiksi mittaustulosten hyödynnettävyyttä työntekijöiden, yritysten ja paikkakuntien vertailussa. Toinen näkökulma on manuaalisten kirjausten aiheuttama työ. Mielenkiintoinen tutkimusaihe olisikin mittaustulosten hyödyn ja kirjaamisen aiheuttaman haitan suhde.

LÄHTEET

Aalto, O-P. (2021). Infrarakentamisen laatu. Helsinki: Rakennustieto Oy. Kirja. s. 9–11.

Borisov, P. (2021). Rakennusurakoitsijan vastuut ja velvollisuudet. Opas työnjohtajille. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. s. 9, 32. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/473199/Borisov_Paula.pdf?sequence=2

Haronian, E. & Sacks, R. (2019). Roadels: Discrete information objects for production planning and control of road construction. Journal of Information Technology in Construction. PDF-dokumentti. s. 254–255.

Himanen, A. (2018). Infrahankkeen rakennuttaminen. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Kandidaatintyö. s. 8. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201805101696.pdf>

Immonen, K. & Rejström, L-O. (1987). Rakennustyömaan tuottavuuden seuranta- ja arviointimenetelmät. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Tiedotteita. Espoo. 90 s.

Jääskeläinen, A., Junnonen, J., Laitinen, K., Liljeroos-Cork, J. & Vaismaa, K. (2023). Tuottavuus ja tuottavuuteen vaikuttavat tekijät infra-alalla. Tampereen yliopisto. Raportti. 46 s. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/150930/978-952-03-2950-1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Katu 2002 – Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet. (2003). Suomen kuntatekniikan yhdistys (STYK). Kirja. 252 s.

Katu 2020 – Kadun suunnittelun ohjeet. (2020). Suomen kuntatekniikan yhdistys (STYK). Luvut 2.6 ja 4.2. verkkosivusto. Saatavissa (Viitattu 21.1.2024): <https://katu2020.info/2020/>.

Nippala, E. & Vainio, T. (2013). Infrarakentamisen rakenne ja kehityksen ennakointi. Teknologiateollisuus.fi. Raportti. s. 6–8. Saatavissa: https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/Infrarakentamisen_rakenne_ja_kehityksen_ennakointi_10-1-2013.pdf

Pixabay / MemoryCatcher. Puskutraktori. Digitaalinen kuva. Saatavissa (Luettu 14.2.2024): <https://pixabay.com/fi/photos/puskutraktori-indeksoija-410119/>

Rakennustieto (N.d.) Ratu-kortisto – tuottavuuden, työturvallisuuden ja laadun parantamiseen. verkkosivu. Saatavissa (viitattu 19.2.2024): <https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/kortistot/ratu-kortisto>

RIL 273-2022. (2022). Infrarakennuttaminen. RIL. s. 9–12

Sähkö- ja telejohdot ja maantiet. (2018). Liikenneviraston ohjeita 3/2018. Luku 2.3.1. s. 33–34. Liikennevirasto. Verkkajulkaisu pdf. Saatavissa: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-03_sahko_telejohdot_web.pdf

Uusi-Rauva, E. (1997). Tuottavuus – mittaa ja menesty. 2. painos. Helsinki: Yrityksen tietokirjat. Kirja. 296 s.

Vaismaa, K., Laitinen, K., Örmä, M., Wallander, J., Koskinen, A., Junnonen, J. & Saari, A. (2020). Tiekartta infra-alan tuottavuuteen. Väylävirasto. Raportti. 44 s. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/176720/vj_2020-20_978-952-317-771-0.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Viita, P. (1977). Työn tuottavuus – runsaasti väärinkäytetty käsite. Kansantaloudellinen aikakauskirja 1/1977. 73. vuosikerta. Kansantaloudellinen yhdistys. s. 49–55. Saatavissa: <https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/kak1977/KAK11977.pdf>

Viitanen, V. (2020). Parhaat käytännöt katutyömaan hukan ja aiheutuneen haitan minimoimiseksi. Aalto-yliopisto. Diplomityö. s. 5–6. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/7f9ee44f-144b-4993-ae07-51efa1372e66/content>