

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Rakennustuotanto

Eetu Kauppinen

## **Työturvallisuuden korrelaatio työmaan tulokseen**

Opinnäytetyö 2014

## Tiivistelmä

Eetu Kauppinen

Työturvallisuuden korrelaatio työmaan tulokseen, 23 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2014

Ohjaajat: Timo Sihvo, tuntiopettaja, Saimaan ammattikorkeakoulu, Aaro Ruotsalainen, kehitysinsinööri, NCC Rakennus Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia NCC Rakennus Oy:n työmailla käytössä olevien työturvallisuuden mittareiden, työturvallisuuden kustannuksien sekä työmaan tuloksen välistä korrelaatiota, eli tilastollista riippuvuutta. Opinnäytetyö toteutettiin määrällisellä tutkimusmenetelmällä. Tutkimusaineisto kerättiin NCC:n Itä-Suomen alueiden työmailta viimeisen kolmen vuoden ajalta (n = 57).

Työmailta kerättiin tutkimukseen muuttujiksi tiedot työmaan TR-mittauksien tuloksista, työmaiden auditoinnin työturvallisuusosion pisteet, työturvallisuuden kustannukset, urakkasumma sekä työmaan toteutuneet kustannukset. Muuttujien välistä suhdetta tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla.

Tutkimustuloksissa korrelaatiota työmaan tuloksen kanssa havaittiin työmaan auditoinnin sekä omien TR-mittauksien kanssa (auditoinnin korrelaatio  $r = 0,5$ ,  $p < 0,001$  ja omien TR-mittauksien korrelaatio  $r = 0,387$ ,  $p < 0,001$ ). Työturvallisuuteen käytettyjen varojen ja tuottavuuden väliltä yhteyttä ei löytynyt (korrelaatio  $r = -0,374$   $p < 0,001$ ).

Tuloksien perusteella auditoinnin pisteitä voisi mahdollisesti käyttää jopa ennustamaan työmaan toteutumista. Odotuksista poiketen TR-mittauksien korrelaatio tulokseen jäi selkeästi pienemmäksi, osittain tämä voidaan selittää TR-mittauksien korkealla tasolla, jolloin selkeitä eroja ei pääse syntymään työmaiden välille.

Hakusanat: Korrelaatio, tuottavuus, työturvallisuus

## **Abstract**

Eetu Kauppinen

Correlation between work safety and productivity

23 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied sciences

Technology, Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2014

Instructors: Timo Sihvo, Lecturer of Saimaa University of Applied Sciences, Aaro Ruotsalainen, Development Engineer, NCC Construction Oy

The aim of this thesis was to examine the correlations between work safety meters that are used on NCC Construction Company's sites, costs of work safety and the profit of the sites. This thesis was accomplished using the quantitative research method. Data was collected from NCC constructions sites that are located in Eastern Finland and from the past three years (n=57).

From each construction site there were seven different variables that were collected for this thesis. These were: TR-index average (both internal and external measurements), points from the company's construction site audits, cost of work safety, contract price and total costs of the site. Between these variables the correlations were calculated using Pearson's correlation factor, and the data was collected into correlation matrix.

Contrary to expectations the correlation between TR-indexes and the profit of the site was much lower than expected (correlation factor  $r = 0,387$ ,  $p < 0,001$ ). The best correlation was found between the audit results and profit ( $r = 0,500$ ,  $p < 0,001$ ). Costs of work safety and productivity did not correlate positively between one and other ( $r = -0,374$ ,  $p < 0,001$ ). Based on these results it could be said that the results from one site's audit could be used to presume the incoming profit. TR-indexes had some correlation but the levels of TR-indexes are high and there is not enough variation in the measurements.

Keywords: correlation, productivity, works safety

## Sisältö

1	Johdanto .....	6
1.1	Käsitteet .....	5
2	Tutkimuksen lähtökohdat .....	8
3	Työturvallisuuden mittausmenetelmät .....	9
3.1	TR-mittari .....	9
3.2	Työmaa-auditointi .....	12
4	Tutkimuksen toteutus.....	12
4.1	Tutkimusaineisto .....	12
4.2	Tutkimusmenetelmät.....	13
4.3	Aineistojen analysointi .....	14
5	Tulokset .....	14
5.1	Korrelaatiomatriisi .....	14
5.2	Työmaa- auditointi .....	16
5.3	TR-mittarit.....	17
5.4	Työturvallisuuslittera .....	20
6	Pohdinta ja kehittämissuositukset .....	21
	Lähteet.....	24
	Liitteet	

## Käsitteet

Korrelaatio	Kahden muuttujan välisen lineaarisen tilastollisen riippuvuuden kuvaaminen (Melin 2006, s. 240).
Korrelaatiokerroin	Korrelaation voimakkuutta mittaava tunnusluku (Melin 2006, s.240).
Korrelaatiomatriisi	Korrelaatiokertoimista matriisin muotoon järjestetty lukujoukko, jossa kuvataan kaikkien muuttujien väliset korrelaatiot muihin muuttujiin (Karjalainen 2000 s.100,Holopainen 1996 s. 159).

# 1 Johdanto

Nykypäivänä globalisaation ja kiristyvän kilpailun myötä yritykset joutuvat karsimaan kustannuksia ja etsimään keinoja työn tehokkuuden lisäämiseksi. Tuottavuuden parantaminen ja tulokseen pääseminen mahdollisimman pienin kustannuksin perustuu työntekijöiden suoritusten varaan, jolloin tärkeiksi nousevat työympäristö ja siihen vaikuttavat tekijät.

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii NCC Rakennus Oy:n Lappeenrannan aluetoimisto. Yhteyshenkilönä tilaajan puolelta toimii Aaro Ruotsalainen ja Saimaan ammattikorkeakoulun puolelta tuntiopettaja Timo Sihvo.

Opinnäytetyön aiheen tarve ilmeni NCC:n Työturvallisuus tavaksi -koulutuksessa viime keväänä. Koulutuksen keskusteluissa nousi esille tarve selvittää, löytyykö työmaiden taloudellisen tuloksen ja käytettyjen työturvallisuusmittareiden väliltä yhteyttä. Sanotaan, että työturvallisuus ja tuottavuus ovat yritykselle kuin mitalin kaksi puolta (työterveyslaitos, tapaturmien aiheuttamat kustannukset), mutta voidaanko tämä toteutus työmaakohtaisesti osoittaa oikeaksi?

Työturvallisuuden ja tuottavuuden välisen yhteyden tutkimus painottuu tapaturmien ehkäisyyn ja sieltä saavutettujen säästöjen tarkasteluun. Näistä syntyvien kustannussäästöjen näyttäminen työmaakohtaisesti on kuitenkin vaikeaa, sillä tapaturmasta aiheutuvia kuluja ei jyvitetä työmaakohtaisesti. Myös tapaturmatoman työmaan tekemä säästö on hankala osoittaa. Tämän työn tarkoituksena on löytää ja osoittaa työmaiden käytössä olevien työturvallisuuden mittareiden sekä työmaan taloudellisen tuloksen välinen korrelaatio.

Työturvallisuuden mittareina käytetään rakennusalalla käytössä olevaa TR-mittausta sekä NCC:n työmaiden auditoinnin työturvallisuus osion mittaustulosta. Työmaat tekevät viikoittain omia TR-mittauksia, lisäksi NCC:n työmailla kiertää yrityksen oma mittaja sekä ulkoisia mittajia.

Aineistona työlle toimii NCC:n Itä-Suomen alueen työmaat kolmen vuoden ajalta. Kaikkiaan työmaita on 57 kappaletta, joista kerätään taulukkoon tiedot rakennettavasta kohteesta, TR-tuloksista, toteutuneista katteista sekä kohteen

työturvallisuuteen sijoitetusta rahamäärästä. Työturvallisuuden hinta määritellään toteutuneen työturvallisuuslitteran mukaan. Muuttujien väliltä pyritään löytämään yhteyksiä ja riippuvuuksia.

Tutkimusosassa eri osa-alueiden välistä riippuvuuden vahvuutta tutkitaan Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla Microsoft Excel -ohjelmalla. Kertoimella pyritään matemaattisesti selvittämään mitkä, eri osa-alueet korreloivat vahvasti keskenään, positiivisesti tai negatiivisesti. Tulokset esitetään korrelaatiomatriisissa, jonka pohjalta vahvoja riippuvuuksia tutkitaan tarkemmin.

## 2 Tutkimuksen lähtökohdat

Opinnäytetyön perusolettamuksena on ajatus, että työturvallisuus ja työmaan tulos korreloivat vahvasti keskenään. Tämä perustuu työn tehostumiseen työolosuhteiden ollessa kunnossa. Esimerkiksi parempi järjestys ja siisteys parantavat tuotannon läpimenoaikoja ja vähentävät varastotilan tarvetta, jotka siten vaikuttavat suoraan työpaikan tuottavuuteen (Työterveyslaitos 2006). Työoloja ja työympäristöä kartoittaneet tutkimukset ovat osoittaneet, että työolojen kohentaminen sekä järjestykseen ja siisteyteen panostaminen parantavat tuottavuutta (Kempilä, Laitinen & Leinonen 2002). Näistä muodostuu tutkimukselle teoreettinen viitekehys, joka on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys (Työterveyslaitos 2006, tutkimusosio 2 s.10)

Näitä samoja asioita työmaalla valvotaan viikoittain. Työmaan työturvallisuuden seurannassa pyritään pitämään työmaa siistinä sekä työolosuhteet mahdollisimman hyvinä. Voitaisiin siis olettaa, että työmaan työturvallisuus mittareiden tuloksien tulisi korreloida selkeästi työmaan taloudellisen tuloksen kanssa. Edel-



leen suuri osa tutkimuksista perustuu tapaturmien ehkäisystä aiheutuviin säästöihin.

Työympäristön parantaminen on olennainen osa tuottavuuden ja laadun kehittämistä. Tampereen teknillinen korkeakoulu tutki työterveyslaitoksen kanssa työympäristön ja tuottavuuden välistä suhdetta vuosina 1999–2002. Tutkimuksen tuloksissa havaittiin, että rakennustyömailla oli tilastollisesti merkitsevä yhteys hyvän työympäristön ja tuottavuuden välillä. *Rakennusalalla hyvää työmaan turvallisuustasoa voidaan käyttää jopa ennusteena työmaan tulevalle kannattavuudelle* (Työterveyslaitos 2006, tutkimusosio 2, s. 9). Tutkimustuloksissa havaittiin TR-indeksin ja tuottavuuden väliseksi kriittiseksi arvoksi 70 prosenttia. Työmaat, joilla TR- indeksin keskiarvo oli suurempi kuin 70 prosenttia pääsivät useammin tavoitteeseensa tai ylittivät sen (Kempilä, Laitinen & Leinonen 2002, s.21). Tutkimustuloksen vertailukelpoisuus ei kuitenkaan ole enää nykyään pätevä. Kun tutkimus julkaistiin vuonna 2002, oli TR-mittaus vasta kehitetty alalle, ja nykyään TR-mittauksen tasot ovat selkeästi korkeammat.

### **3 Työturvallisuuden mittausmenetelmät**

Tässä opinnäytetyössä työmaan turvallisuuden mittausmenetelminä käytettiin TR-mittaria sekä NCC:n työmaa-auditoinnin työturvallisuusosiota (liite 1). Molemmat arvioidaan asteikolla 0-100, ja niitä käytetään kuvaamaan työmaan turvallisuustasoa. Lisäksi turvallisuuden kustannuksille ja työmaan tuloksille pyrittiin löytämään yhteyksiä.

#### **3.1 TR-mittari**

TR-mittari on työmaan työturvallisuuden ja laadun seurantatyökalu. Mittarin käyttö aloitettiin 1990-luvulla. Aikaisemmin työmailla oli käytössä niin sanottu viikoittainen kunnossapitotarkastus. Kesällä 2009 työterveyslaitos julkaisi TR-mittarin nykyisessä muodossaan, jolloin syntyi TR-mittari 2010 -menetelmäopas ja nykyään se on yleisin työturvallisuuden seurannan työkalu työmailla (Työterveyslaitos, TR-mittari). Mittarin yleisilme on samanlainen jokaisella rakennusliikkeellä.

Mittauksessa kierretään työmaa kerran viikossa läpi perusteellisesti. Mittaus tapahtuu kiertämällä työmaa ja merkitsemällä lomakkeeseen oikein/väärin havainnot tukkimiehen kirjanpidolla (TR-mittauksen toteutus, työterveyslaitos). Mittauksessa huomioidaan työskentely, telineet, kulkusillat, tikkaat, koneet, välineet, sähkö, valaistus, järjestys ja jätehuolto.

Tukkimiehen kirjanpidosta saadut tulokset lasketaan yhteen ja jakamalla saadaan työmaan TR-mittauksen prosentti, joka kertoo prosenttilukuna työmaan hetkisen työturvallisuustason. Tarkastuksessa havaittuihin virheisiin ja poikkeamiin pyritään reagoimaan mahdollisimman nopeasti. Kuvassa 2 on esitetty TR-mittauksessa käytetty lomake NCC Rakennus Oy:ssä.

MITTAUSKOHDDE	OIKEIN	YHT.	VÄÄRIN	YHT.
TYÖSKENTELEY				
TELINEET, KULKUSILLAT JA TIKKAAT				
KONEET JA VÄLINEET				
PUTOAMIS- SUOJAUS				
SÄHKÖ JA VALAISTUS				
JÄRJESTYS JA JÄTEHUOLTO				
	OIKEIN YHTEENSÄ		VÄÄRIN YHTEENSÄ	
<b>TR-TASO</b>		$\frac{\text{OIKEIN (KPL)}}{\text{OIKEIN + VÄÄRIN (KPL)}} \times 100 = \text{_____} \times 100 = \text{_____} \%$		
KORJATTAVAA	VASTUUHENKILO	KORJATTU PVM		

- Viikkoinfo pidetty, pvm. \_\_\_\_\_  
 Työturvallisuushavainnot \_\_\_\_\_ kpl (käsiteltävä viikkoinfossa)  
 Perehdyttäminen pidetty kaikille

TYÖNANTAJAN EDUSTAJA \_\_\_\_\_

TYÖNTEKIJÖIDEN EDUSTAJA \_\_\_\_\_

Kuva 2. TR-mittauslomake (NCC Rakennus Oy)

TR- mittauksen tulos kuvaa työmaalla mittaushetkellä vallitsevaa tilannetta. NCC:n työmaille asetettu tavoitearvo mittautulokselle on 92 prosenttia. Tarkoituksena on pitää työmaa jatkuvasti niin hyvässä kunnossa, että TR-taso ei pääse laskemaan alle 92 prosentin. Putoamissuojausten osalta tavoitetaso on 100 prosenttia, sillä edelleen merkittävä osa työmaille sattuvista tapaturmista on putoamiseen liittyviä, esimerkiksi nilkkojen nyrjähtämisistä. Korkealta putoaminen on myös useasti kuolemaan tai vakavaan vammautumiseen johtaneen tapaturman syy (TVL 2013 s. 25).

## **3.2 Työmaa-auditointi**

Työmaa auditointi on NCC:n oma laadunhallinnan työkalu, jolla pyritään arvioimaan työmaan toiminta suhteessa yrityksen oman laatu järjestelmän ja lakisääteisiin vaatimuksiin. Jokainen työmaa auditoidaan vähintään kerran rakentamisen aikana. Auditoinnissa työmaa käydään läpi eri osa-alueiden kautta, joista yksi kokonaisuus on työturvallisuus.

Työturvallisuutta arvioidaan 11 eri kohdan kautta, joita ovat työmaan vaarojen arviointi, turvallisuussuunnitelmat, tulitöiden valvontasuunnitelma, työmaasuunnitelma, työsuojelukierrokset (TR-mittaus), virheiden korjaus, koneiden ja laitteiden dokumentointi, työmaan vaaralliset aineet, tapaturmat ja läheltä piti tilanteet, materiaalien siirtosuunnitelma sekä pölyntorjunta suunnitelma (liite 1).

Auditointi tutkii työmaan turvallisuutta perusteellisemmin kuin TR-mittaus ja koko auditoinnin raportin pohjalta pyritään myös ennustamaan kohteen tulosta. Työturvallisuutta pyritään auditoinnin avulla arvioimaan koko työmaan kannalta, perusteellisemmin kuin viikoittaisessa TR-mittauksessa. Käytännöllä pyritään vähentämään tapahtuvia työmaan riskejä sekä varmistamaan työmaan toiminta laatu järjestelmän sekä työturvallisuuslain- ja asetusten mukaan.

## **4 Tutkimuksen toteutus**

### **4.1 Tutkimusaineisto**

Tutkimuksen aineisto muodostui NCC:n työmaiden tiedoista viimeisen 3 vuoden ajalta, Itä-Suomen alueelta (n=58). TR-mittauks tulokset löytyivät NCC:n intranetin tietokannasta. Muuttujiksi tutkimukseen valittiin työmaan auditoinnin työturvallisuuden pisteet, ulkoiset TR-mittauksen tulokset, omien TR-mittauksien tulokset, urakkasumma, työmaan tavoite kate, työmaan toteutunut kate, toteutuneen ja tavoitekatteen erotus sekä työturvallisuus litteran ennuste ja toteutuma. TR-mittauksen tuloksien keskiarvo laskettiin intranettiin lisättyjen mitaustulosten mukaan.

Omaa TR-mittausta verrattiin myös ulkoisiin, jotta nähdään ovatko mittaukset linjassa keskenään. Ulkoinen mittaus koetaan yleisesti NCC:llä todellista tilan-

netta kuvaavammaksi mittaukseksi, ja tutkimuksessa oletuksena on, että ulkoinen mittaus ennustaisi paremmin työmaan tulosta. Ulkoinen mittaus on mittauksista se, joka myös huomioidaan työmaiden seurannassa.

Työmaan toteutuneen ja tavoite katteen erotuksella kuvataan työmaan onnistumista. Lähellä nollaa olevat arvot kuvaavat työmaan päässeen tavoitteeseensa. Positiivinen tai negatiivinen tulos kuvaa katteen kehitystä molempiin suuntiin.

## **4.2 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisena eli määrällisenä tutkimuksena, jossa kahden eri muuttujan välistä yhteyttä tutkitaan niiden välisen korrelaatiokerroimen  $r$ , avulla. Korrelaatiokerroin mittaa kahden eri muuttujan välistä lineaarisen riippuvuuden voimakkuutta välillä  $+1, -1$ , jossa lähellä  $1$  olevat arvot kuvaavat voimakasta lineaarista riippuvuutta muuttujien välillä (Holopainen & Pulkkinen 1996, s.157).

Korrelaation suuruus kuvastaa pistediagrammin ilmettä (Melin 2006, s. 250-251, Karjalainen 2000, s.98). Tutkimusmenetelmäksi korrelaatiokerroin sopii tähän opinnäytetyössä hyvin, sillä sen avulla on mahdollista tutkia lukujoukkojen lineaarisia yhteyksiä riippumatta muuttujien mittayksiköistä. (Holopainen & Pulkkinen 1996, s.157). Korrelaatiokerroimesta ei kuitenkaan voida varmasti päätellä riippuvuuden syy-seuraussuhdetta eli kausaalisuutta (Holopainen & Pulkkinen 1996, s. 163). Voimakkaana riippuvuutena pidetään, kun korrelaatiokerroin,  $r > 0,7$ , mutta otoskoon ollessa riittävän iso, myös pienemmät arvot voivat olla tilastollisesti merkitseviä (Karjalainen 2000, s.100–101). Merkitsevyys testataan luottamusvälin avulla, josta saadaan kyseisen otoskoon korrelaatiokerroimen  $p$ -arvo.  $P$ -arvon ollessa pienempi kuin  $0,05$ , on korrelaatiokerroin tilastollisesti merkitsevä. Tilastollisesti erittäin merkitsevä kerroin on silloin, kun  $p$ -arvo on pienempi kuin  $0,001$  (Holopainen & Pulkkinen, 1996 s.162).

### **4.3 Aineistojen analysointi**

Tiedostojen korrelaatioiden analysointi tehtiin Microsoft Excel -ohjelmalla. Korrelaatiokertoimet kerättiin korrelaatiomatriisiin eri riippuvuuksien osoittamisen selkeyttämiseksi. Matriisista selvisivät muuttujat, joiden välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota. Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot kerättiin pistediagrammiin aineiston selkeyttämiseksi, diagrammin avulla pyritään havainnollistamaan muuttujien välinen yhteys.

Tässä tutkimuksessa otoskoon vaihdellessa muuttujista riippuen 55:n ja 58:n työmaan välillä, tulee korrelaatiokertoimen olla vähintään 0,267, jotta riippuvuus voidaan todeta tilastollisesti merkitseväksi ( $p < 0,05$ ) (liite 2.). Tilastollisesti erittäin merkitsevä raja-arvo kertoimelle on 0,365 ( $p < 0,001$ ) (liite 3.).

## **5 Tulokset**

### **5.1 Korrelaatiomatriisi**

Muuttujien välinen korrelaatio on yksinkertaisin esittää korrelaatiomatriisissa. Taulukosta selviävät ne muuttujat, joiden välillä voidaan todeta olevan tilastollista riippuvuutta. Tutkimusaineiston kannalta merkitsevänä korrelaatiokertoimen rajana pidetään, kun  $r = 0,365$ , ja muuttujia on 49 kpl. Matriisin avulla on helppo ottaa tarkasteluun ne muuttujat, joiden väliltä löytyy riippuvuuksia. Kuvassa 3 on esitetty koko aineiston korrelaatiomatriisi.

Korrelaatiomatriisi 2010-2012

		Työturvallisuus littera								
		Auditointi	TR- Ulkoinen	TR- omat mittaukset	Urakkasumma	Toteutunut kate %	Tot-Tav	Tav %	Tot %	tot./tav.
Auditointi (n=55)		1								
TR- Ulkoinen (n=50)		0,388	1							
TR- omat mittaukset (n=55)		0,454	0,718	1						
Urakkasumma		0,168	0,247	0,144	1					
Toteutunut kate% (n=57)		0,493	0,193	0,120	0,576	1				
Tot/tav % (n=57)		0,500	0,116	0,071	-0,095	0,984	1			
Työturvallisuus littera	Tavoite % (n=57)	0,016	-0,005	-0,220	-0,273	0,015	0,005	1		
	Toteutunut % (n=57)	-0,094	0,057	-0,043	0,041	-0,498	-0,496	0,532	1	
	Tot/Tav. (n=57)	-0,045	0,077	0,211	0,295	-0,374	-0,327	-0,482	0,286	1

Kuva 3. Korrelaatiomatriisi

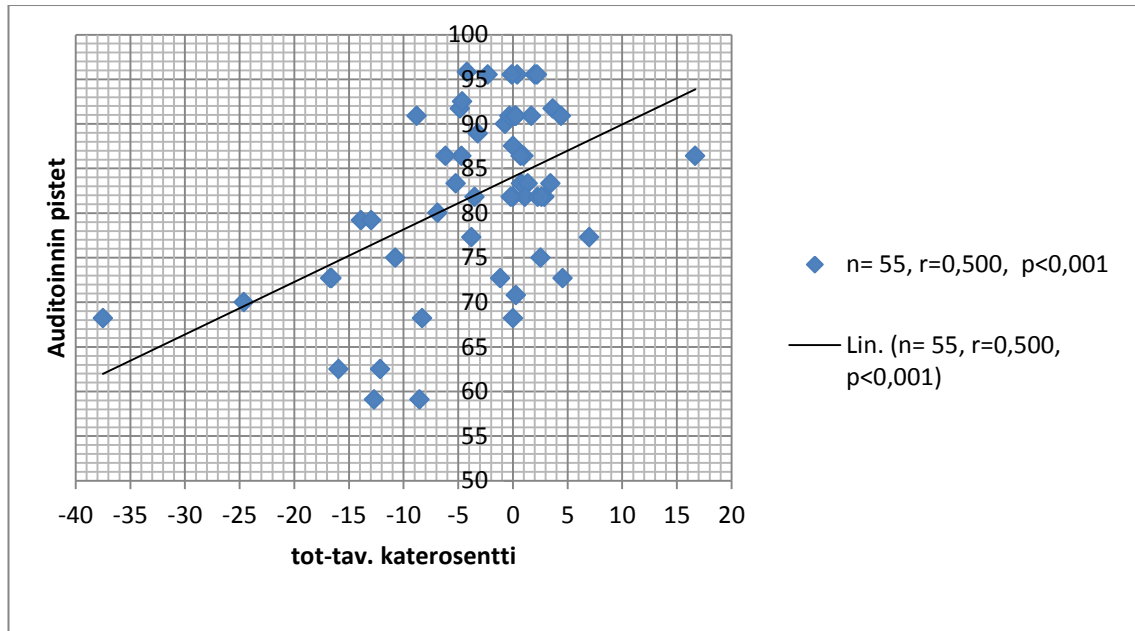
Työmaan tulosta arvioidaan kahdella eri muuttujalla. Ensimmäinen on työmaan toteutunut kateprosentti ja toinen on toteutuneen katteen ja tavoite katteen erotus, joka kuva työmaan onnistumista suhteessa tavoitteeseen. Työmaan toteutuneet katteet korreloivat merkitsevimmän työmaan auditoinnin kanssa ( $r = 0,493$ ,  $p < 0,001$ ). Työmaan tulos ja ulkoiset TR-mittaukset eivät korreloi merkitsevästi toteutuneen katteen kanssa (ulkoinen mittaus  $r < 0,193$ ,  $p < 0,179$  ja omat TR-mittaukset  $r < 0,120$ ,  $p < 0,406$ ). Korrelaatiota toteutuneen ja tavoitekatteen suhteeseen ei ollut (ulkoinen mittaus  $r < 0,116$ ,  $p = 0,422$ , omat mittaukset  $r < 0,071$ ,  $p = 0,627$ ). Merkittävin yhteys oli auditoinnin pisteiden ja toteutuneentavoitekatteen suhteen kanssa ( $r = 0,5$ ,  $p < 0,001$ ).

Työturvallisuudelle pyrittiin määrittämään hintaa työturvallisuuslitteran avulla. Jokaiselle työmaalle arvioidaan tapauskohtaisesti, kuinka paljon on varattava varoja työturvallisuuteen. Työturvallisuuden kustannukset eivät ole riippuvaisia työmaan koosta, joka käy ilmi korrelaatiomatriisista. Työturvallisuus ja urakkahinta eivät korreloineet keskenään merkitsevästi ( $r = 0,041$ ,  $p < 0,762$ ). Korrelaatio kuvastaa työmaiden turvallisuuden tapauskohtaista arviointia, työmaan turvallisuuden kustannukset arvioidaan erityispiirteiden mukaan.

Työturvallisuuslitteran toteutuma korreloi vahvasti negatiivisesti toteutuneeseen katteeseen ( $r = -0,498$ ,  $p < 0,001$ ). Korrelaatio on myös merkitsevästi negatiivinen verrattaessa litteraa toteutuneen ja kirjatun katteen suhteeseen ( $r < -0,374$ ,  $p < 0,01$ ). TR-mittauksiin ja työmaa- auditointiin verrattuna korrelaatiota ei ole.

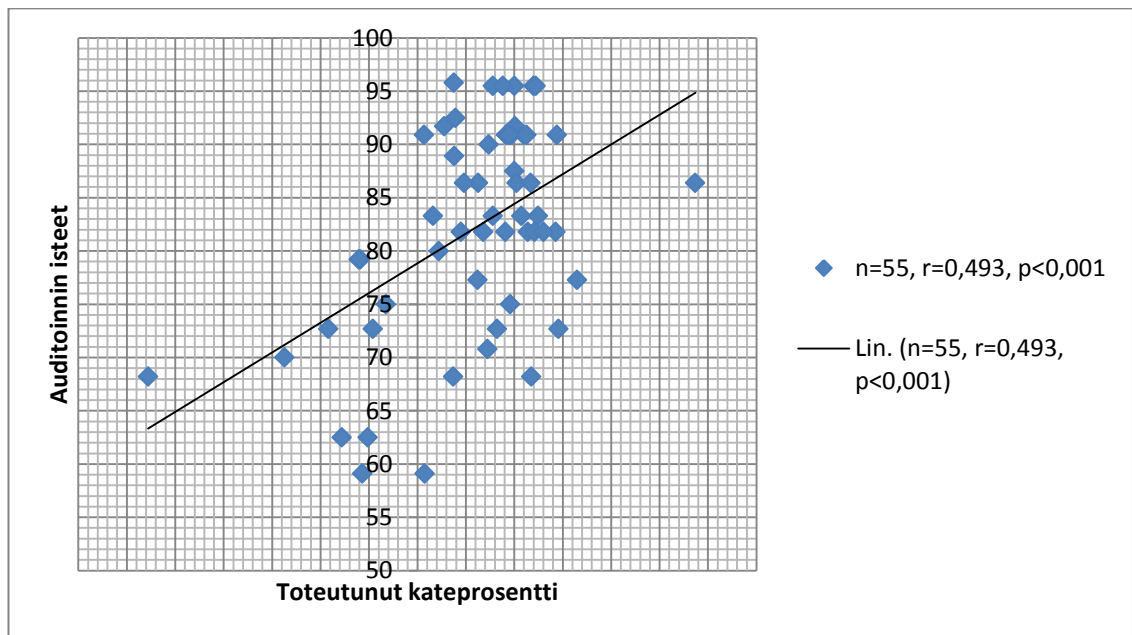
## 5.2 Työmaa- auditointi

Kuvista 4 ja 5 voidaan havaita, kuinka lineaarinen riippuvuus auditoinnin tuloksen ja työmaan katteen välillä ilmenee. Auditoinnin pisteiden noustessa myös työmaan kirjattu kate kasvaa.



Kuva 4. Pistediagrammi, auditoinnin tuloksen ja kirjatun katteen suhde toteutuneeseen



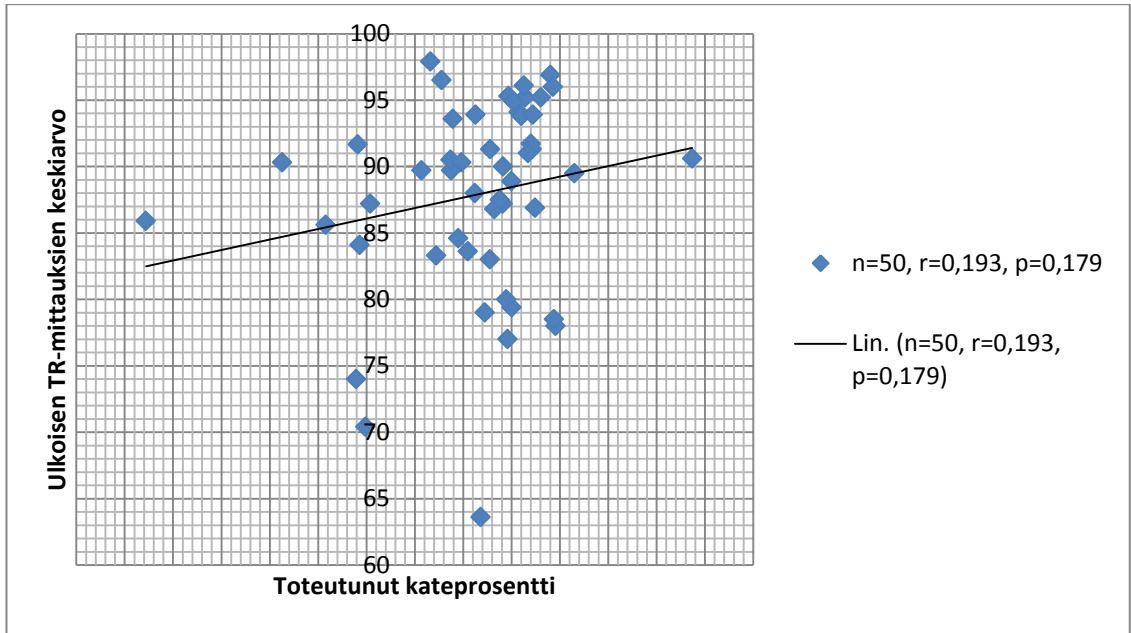


Kuva 5. Pistediagrammi auditoinnin tuloksen korrelaatio toteutuneeseen katteeseen.

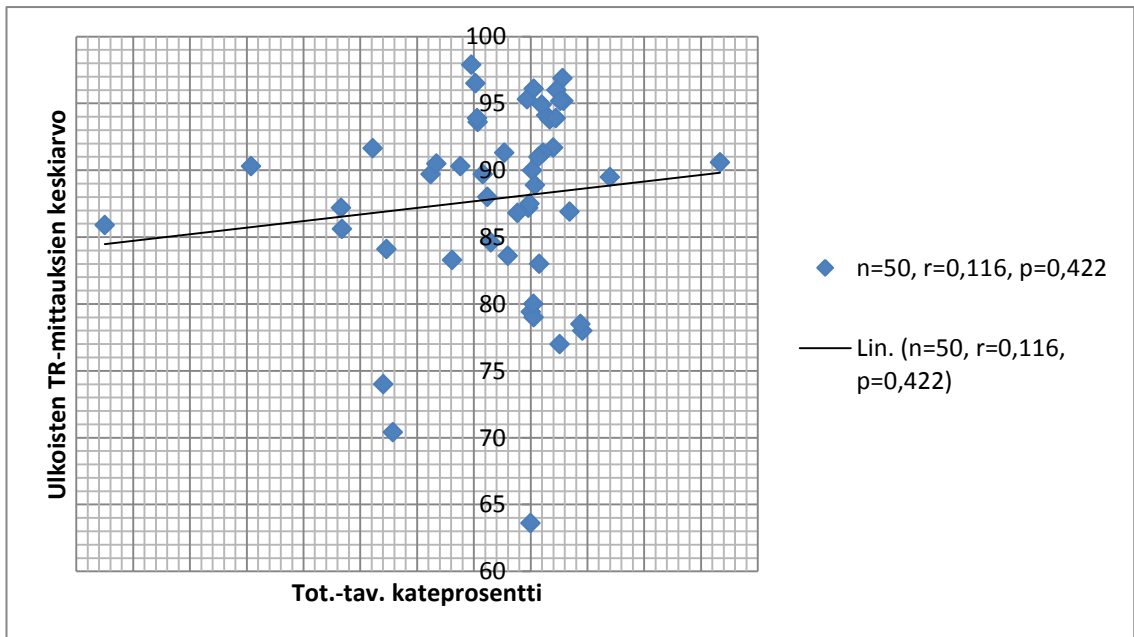
Työmaiden katetavoitteen saavuttamista kuvataan selkeästi kuvassa 4. Yli 80 pisteen päässeet työmaat ylsivät katetavoitteeseensa selkeästi useammin kuin alle 80 pisteen jääneet työmaat. Kuva 5 näyttää työmaan toteutuneen katteen. Työmaan tavoite kateprosenttien vaihtelujen vuoksi kuva 5 ei kuvaa hyvin työmaan onnistumista, mutta kuviosta nähdään myös lineaarista riippuvuutta auditoinnin pisteiden ja toteutuneen tuloksen välillä. Työmaiden tulos heikkenee auditoinnin pisteet jäädessä alle 80.

### 5.3 TR-mittarit

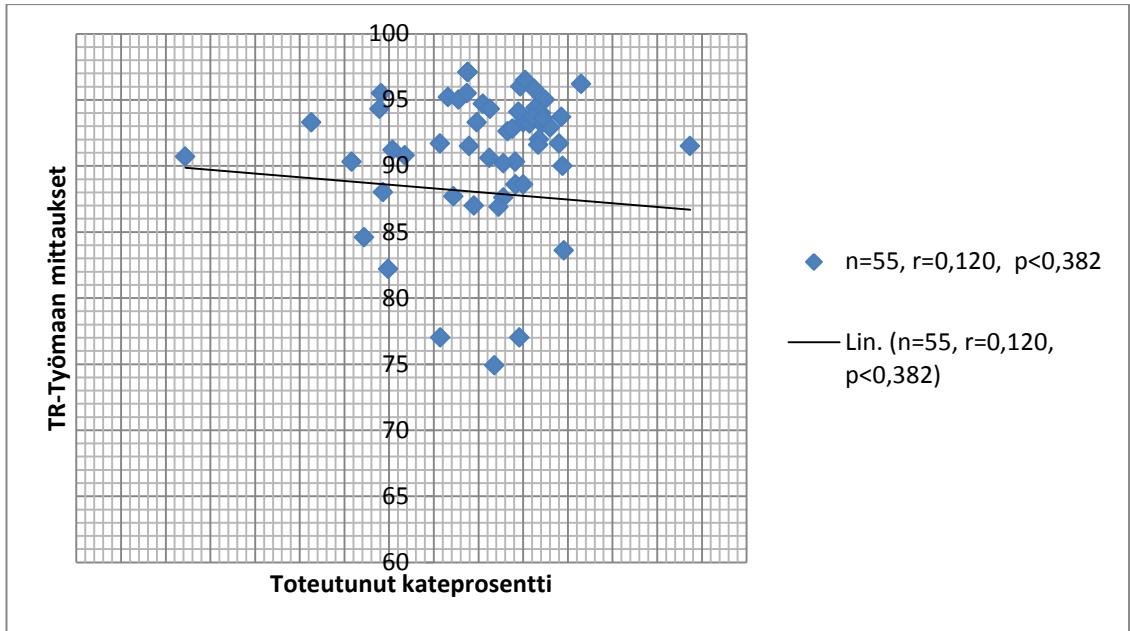
TR-mittauksien korrelaatio työmaan kateprosenttiin ei ole tilastollisesti merkittävä (ulkoiset mittaukset  $r = 0,193$ ,  $p < 0,179$ , omat mittaukset  $r = 0,120$ ,  $p = 0,406$ ). Vastaavanlaiset tulokset ovat myös kirjatun katteen ja tavoitekatteen suhteen (ulkoiset mittaukset,  $r = 0,116$ ,  $p < 0,422$ , omat mittaukset,  $r = 0,071$ ,  $p = 0,627$ ). Kuvissa 6 ja 7 on esitetty ulkoisten TR- mittauksien ja korrelaation diagrammi, kuvissa 8 ja 9 työmaan mittauksien ja korrelaation diagrammi.



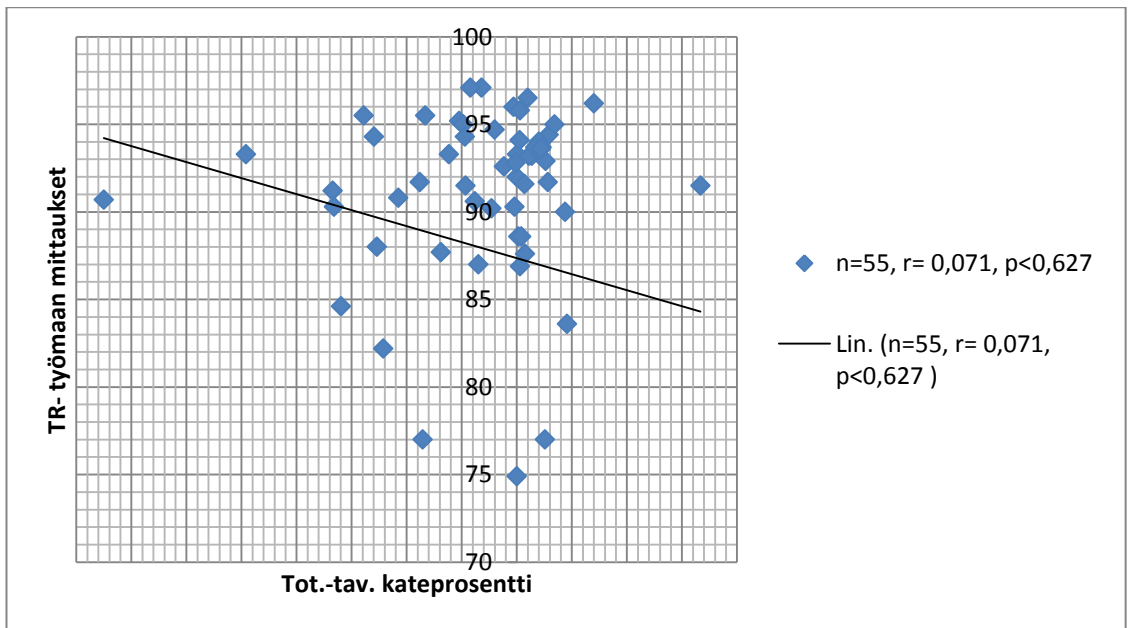
Kuva 6. Ulkoisten TR-mittauksien korrelaatio toteutuneeseen katteeseen.



Kuva 7. Ulkoisten TR-mittauksien korrelaatio toteutuneen- ja tavoitekatteen suhteeseen.



Kuva 8. Työmaan TR-mittauksien korrelaatio työmaan toteutuneeseen kätteeseen.



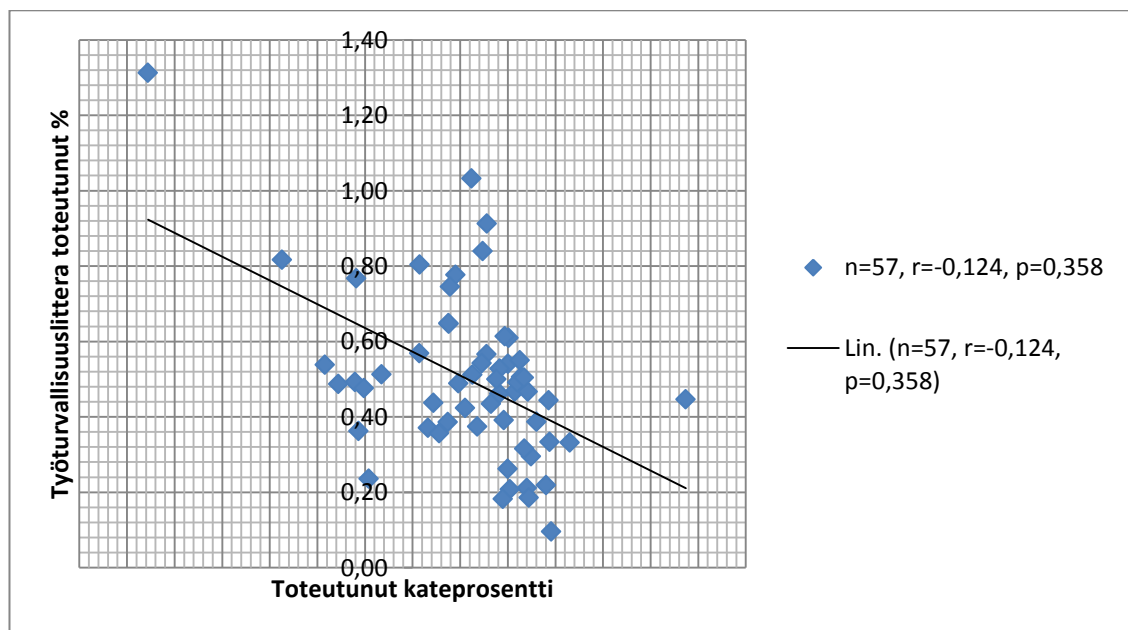
Kuva 9. Työmaan TR- mittauksien korrelaatio toteutuneen- ja tavoite katteen suhteeseen

Diagrammit näyttävät lineaarisen riippuvuuden muuttujien välillä. Kuvioista nähdään myös, kuinka korkealla työturvallisuuden tasot nykyään ovat. Työmaan tekemistä TR- mittauksista vain kuuden työmaan keskiarvo alitti 85 prosenttia. Alle 90 prosentin jäi 13 työmaata, kun otoksen koko oli 55 työmaata. Työmaiden

tekemiä TR- mittauksia verrattiin myös ulkoisiin mittauksiin, joilla pyrittiin selvittämään, ovatko omat ja ulkoiset mittaukset samansuuntaisia, eli tehdäänkö työmaalla mittaukset oikein. Näiden välinen korrelaatio on 0,552, joka vastaa merkitsevää tilastollista riippuvuutta. Voidaan siis olettaa työmaiden tekevien mittauksien vastaavan todellista tilannetta. Työmaan tekemien TR-mittauksien korrelaatiokertoimet ovat lähellä nollaa, jolloin suhdekäyrä näyttää jopa negatiivisen suunnan.

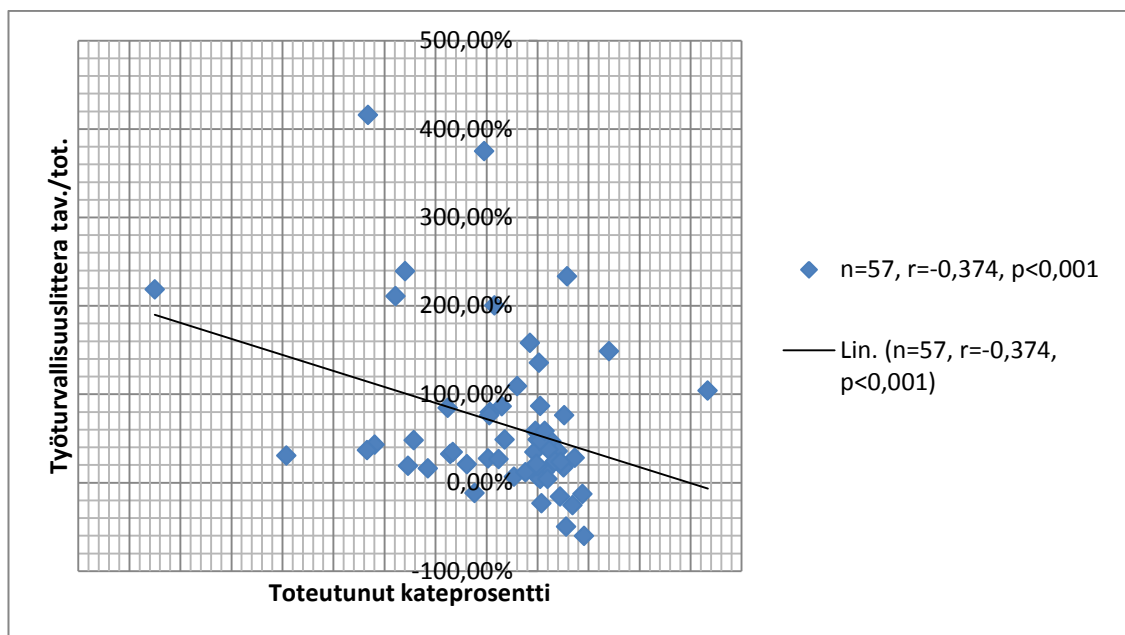
#### 5.4 Työturvallisuuslittera

Työturvallisuuden kustannukset eivät korreloineet muuttujien kanssa. Lähes jokaisella työmaalla oli kuitenkin varoja käytetty työturvallisuuteen enemmän, kuin mitä sinne oli budjetoitu lukuun ottamatta joitain omaperusteisia kohteita. Kuitenkaan lisätty panostus ei näkynyt suoraan työmaan tuloksessa. Kuvassa 7 on esitetty toteutuneen katteen ja työturvallisuuslitteran korrelaatio. Korrelaatio on selkeästi negatiivinen ( $r = -0,124$ ,  $p = 0,358$ ). Kuvasta nähdään myös kuinka kustannusten ylittyminen työmaalla näkyy litteroilla, pitkittyneillä työmailla kustannukset nousevat. Litteroille ei ollut laitettu muita kuluja kuin niitä joiden voisi kuvitella kuuluvan työturvallisuuteen. Yleistävästi kuvasta voisi päätellä, että kun littera oli 0,2:n ja 0,6:n prosentin välillä urakkasummasta, työmaa pääsee tulokseensa.



Kuva 10. Työturvallisuuslitteran korrelaatio toteutuneeseen katteeseen.

Litteroiden ylittyminen on esitetty kuvassa 8. Kuvasta nähdään, kuinka toteutunut kate korreloi kirjatun ja tavoitekatteen suhteen. Työmaan kustannusten ylityksessä myös työturvallisuuskatteiden kustannukset ylittyvät. Kohteet, joissa litteran tavoitekustannukset alitettiin, olivat pääsääntöisesti omaperusteisia kohteita. Vaikka korrelaatiokerroin osoittaa, että kustannusten alitessa työmaa pääsisi paremmin tulokseen, on se kuitenkin mahdotonta kuvan perusteella osoittaa, sillä kerroin ei ota kantaa työmaiden kustannusten ylittymisien syihin. Poikkeamat ovat liian suuria.



Kuva 11. Työturvallisuuskatteiden toteutuneen ja tavoitteen korrelaatio toteutuneeseen katteeseen.

## 6 Pohdinta ja kehittämisehdotukset

Työmaan auditoinnin korrelaatio kateprosentin välillä oli positiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä. TR- indeksien osalta korrelaatiota löytyi työmaan mittauksien osalta mutta ulkoisten mittauksien osalta ei. Auditointia voisi korrelaation pisteiden perusteella pitää tässä tutkimuksessa merkittävimpänä ennustettaessa työmaan tulosta. Yli 80 pisteen päässeet työmaat pääsivät selkeästi useammin tavoitteeseensa.

TR- indeksit ovat nykyään keskiarvillisesti korkealla, mikä tavoiteltaessa ”nolla tapaturmaa” on hyvä asia. Onko kuitenkaan mahdollista sanoa, että hyvä tai huono TR-taso ei vaikuttaisi työn tuottavuuteen työmaalla? Korrelaatioita katsottaessa näyttäisi siltä, että ulkoinen mittaus ei ole yhtä hyvä mittari ennustamaan työmaan tulosta kuin työmaan omat mittaukset. Tämä olisi tietysti järkevää, sillä työmaa seuraa työturvallisuutta viikoittain, kun taas ulkoisia mittauksia tulee työmaakohtaisesti yksi tai kaksi koko työmaan aikana. Kuitenkaan omia TR-mittauksia tutkittaessa kuvien 8 ja 9 avulla nähdään, kuinka omien mittausten erot ovat selkeästi pienemmät kuin ulkoisten mittausten. Vaikka mittaustulosten välinen korrelaatio osoittaa, että näiden välillä on tilastollisesti merkitsevä yhteys, ei se sulje pois sitä vaihtoehtoa, että työmaan mittaukset olisivat aina hieman korkeammat.

Auditoinnin ja TR-indeksien korrelaatioihin eroa aiheuttaa auditoinnin monipuolisuus. TR-indeksi otetaan yhtenä osana mukaan selvittäessä auditoinnin työturvallisuusosiota. Kokonaisuutena auditointi kuvaa työmaan työturvallisuuden hoitamista laajemmin, kuin viikoittainen TR-mittaus. 11 kohdan avulla pyritään arvioimaan koko työmaan suoriutuminen työturvallisuuden osalta ja arviointiin vaikuttavat myös työmaan ulkopuoliset asiat, kuten esimerkiksi urakassa määrityt puhtaustasot.

Työturvallisuus kokonaisuutena ei työmaan kuluista ole kuin 0,2-1,2 % urakasummasta. Jos tällä panostuksella pystyttäisiin vaikuttamaan koko urakan kateprosenttiin esimerkiksi 10 prosenttia, olisi se urakoitsijan kannalta erittäin palkitsevaa. Urakkaan liittyy aina epävarmuustekijöitä, riskejä jotka on vaikea ottaa huomioon ja vaikka TR- indeksi kuvaa työmaan yleistä ilmettä hyvin, ei se ota kantaa työmaan muuhun toimivuuteen. Onko siten hyvä TR- taso seurausta hyvin hoidetusta työmaasta vai toisinpäin? TR-tasojen mittaaminen on kuitenkin tärkeä osa työmaan viikoittaista toimintaa. Yhden tapaturman ehkäisyyn käytettyjä resursseja ei voi koskaan yliarvioida. Suurimmat säästöt saavutetaan aina tapaturmien ehkäisyllä.

Tapaturmien ehkäisyssä auttavat työmaalla TR- mittauksen lisäksi myös ”läheltä piti” havainnot. Nykyisen käytännön mukaan työmaalla tulisi aina tehdä havainto, kun mahdollinen tapaturmariski, eli niin sanottu läheltä piti -tilanne, ha-

vaitaan. Havaintojen kirjaaminen voisi kuvata työmaan työturvallisuuden huomiointia. Havainnon tekee aina joku työmaalla olijoista, työntekijöistä tai työnjohtajista. Havaintojen tekeminen toisi työntekijät myös tietoisemmiksi työturvallisuuden seurannasta, kun se velvoittaisi kaikkia osallistumaan. Yhteisellä työmaalla kaikkien tulisi olla sitoutuneita tapaturmien ehkäisyyn.

Läheltä piti -havaintojen ja työmaan tuottavuuden välinen yhteys olisi tilastollisesti mahdollinen tutkia, jos havaintoja tulisi työmaakohtaisesti riittävä määrä. Tällä hetkellä sen tutkiminen ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä havaintoja ei työmailla tehdä riittävästi. Läheltä piti havaintojen tutkimiseen voisi myös yhdistää sattuneet tapaturmat. Jos tapaturmat voitaisiin jyvittää työmaakohtaisesti, olisi mahdollista tutkia TR-indeksien tasojen ja työmaiden sattuneiden tapaturmien välistä yhteyttä. Näin voisi myös selvittää, millä tavalla TR-mittaus vastaa työmaan turvallisuutta ja pystytäänkö sillä ehkäisemään sattuvia tapaturmia vai tulisiko pyrkiä kehittämään mittauksia. Kuitenkin perimmäinen tarkoitus työturvallisuuden mittaamisella on ennalta ehkäistä tapaturmia työympäristössä.

Korrelaatioiden tulkinta pelkkien numeroiden pohjalta on haastavaa, sillä tulkin-  
taa voidaan tehdä monella tavalla. Numerot eivät kerro kahden muuttujan väli-  
sen yhteyden syytä. Näistä selviää vain että kaksi muuttujaa ovat mahdollisesti  
jollakin tapaa riippuvaisia toisistaan. Tutkimuksen jatkamiseksi voisi syy-  
seuraussuhteiden etsimiseksi jatkaa tutkimusta ristiintaulukoinnilla ja regressio-  
analyysillä korrelaatiokertoimien pohjalta. Kuitenkin TR-mittauksien ja työturvallisuuden välille voi olla hankala löytää suoraa yhteyttä.

Tutkimus ei ottanut myöskään kantaa työmaan johtoon, joka on mahdollisesti yksi vaikuttajista onnistuneeseen työmaahan. Työnjohtoa on tilastollisesti haastavaa tutkia määrällisenä tutkimuksena. On mahdollista, että pelkästään asian-  
sa tunteva työmaajohto pystyy pitämään työympäristön tehokkaana, kustannukset kurissa ja näin tuottamaan hyvän tuloksen. Urakan huolellinen suunnittelu on myös perustana tuottavalle työmaalle.

## Lähteet

L.Karjalainen 2000. Tilastomatematiikka Gummerrus kirjapaino Oy Jyväskylä

M. Holopainen, P. Pulkkinen 1996. Tilastolliset menetelmät, WSOY Helsinki

Melin I. 2006, tilastolliset menetelmät: Lineaarinen regressioanalyysi  
<http://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf> (luettu 19.8.2013)

Kemppilä S, Laitinen H. & Leinonen M. 2002 Työympäristö ja tuottaviis. Tutkimusraportti, Tampereen teknillinen korkeakoulu

Työterveyslaitos, TR-mittauksen toteutus  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus\\_ ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ ehkaisy/tyoturallisuus-den\\_edistamiskeinoja/tr\\_tuoteperhe/tr\\_mittauksen\\_toteutus/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus_ ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ ehkaisy/tyoturallisuus-den_edistamiskeinoja/tr_tuoteperhe/tr_mittauksen_toteutus/sivut/default.aspx)  
(luettu 26.8.2013)

Työterveyslaitos, TR-mittari  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus\\_ ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ ehkaisy/tyoturallisuuden\\_edistamiskeinoja/tr\\_tuoteperhe/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus_ ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ ehkaisy/tyoturallisuuden_edistamiskeinoja/tr_tuoteperhe/Sivut/default.aspx) (luettu 26.8.2013)

Työterveyslaitos työtapaturmien aiheuttamat kustannukset työturvallisuuden merkitys työpaikkojen tuottavuuteen  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus\\_ ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ ehkaisy/tutkimuksia\\_tyoturvaluisuudesta/Sivut/tyotapaturmien\\_ aiheuttamat\\_kustannukset.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus_ ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ ehkaisy/tutkimuksia_tyoturvaluisuudesta/Sivut/tyotapaturmien_ aiheuttamat_kustannukset.aspx)  
(luettu 5.9.2013)

Työtapaturmien aiheuttamat kustannukset- työturvallisuuden merkitys työpaikkojen tuottavuuteen: Työterveys ja työturvallisuus tuottavuustekijänä, tutkimusosio 2  
[http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus\\_ ja\\_riskien\\_hallinta/tapaturmien\\_ ehkaisy/tutkimuksia\\_tyoturvaluisuudesta/Documents/Tyotapaturmien\\_ aiheuttamat\\_kustannukset\\_tutkimusosio\\_2.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvaluisuus_ ja_riskien_hallinta/tapaturmien_ ehkaisy/tutkimuksia_tyoturvaluisuudesta/Documents/Tyotapaturmien_ aiheuttamat_kustannukset_tutkimusosio_2.pdf) (luettu 5.9.2013)

TVL, tilastokirja 2013  
<http://www.tvl.fi/templates/vinha/services/download.aspx?fid=311369&hash=e035dcc482e440ac934feb808deb43d293177b87488a4d47a7c6c599efd4b7d6>  
(luettu 2.1.201)



# Liite 1 NCC Rakennus Oy työmaa auditointi, työturvallisuusosa

8 Työturvallisuus											
1 Työmaan vaarojen arviointi on tehty MCC-Riskianalyysityökalulla. Tehdävkohtaiset riskit on arvioitu Projection Tehävän vaarojen arviointi-lomakkeella. Työmaasta on tehty turvallisuusohje.											
2 Tarpeelliset turvallisuusohjeen mukaiset turvallisuussuunnitelmat, kuten elementtiasennussuunnitelma, putoamissuojaus-, purkutyo-, nostotyö- ja telinesuunnitelmat on tehty.											
3 Tulitöiden valvontasuunnitelma on tehty. Tuuliyöluupien myöntäjä on nimetty. Luupien myöntämisessä on huomioitu tehdävkohtaiset riskit.											
4 Työmaasuunnitelmaan on merkitty kulkutiet, nosturi+säteet, varastopaikat, ensiapupiste, sammuttimet ja jätelavat ja se vastaa työmaan tilannetta.											
5 Työsuojelukierrokset (TR-mittaus) on tehty ja puutteet korjattu riittävän nopeasti (korjausmerkinnät).											
6 TR-mittauksien seuranta on näkyvillä: kokonaisindeksi ja putoamissuojauksen osaindeksi sekä viimeisin mittauspöytäkirja.											
7 Koneiden, laitteiden ja työvälineiden käyttöönottoaikastus on tehty ja dokumentoitu.											
8 Työmaalla on terveydelle vaarallisten aineiden kemikaaliluettelo ja käytöturvallisuustiedotteet työtekijöiden käytössä ja tiedossa.											
9 Työmaan kokouksissa on käsitelty turvallisuusasiat, tapaturmat (myös alurakojen), lähetilätilanteet ja työturvallisuushavainnot.											
10 Materiaalien siirtosuunnitelma on laadittu tai siirrot on suunniteltu työmaan aluesuunnitelmassa.											
11 Polytortunta on suunniteltu ja toteutettu.											

## Liite 2 Korrelaatiokerroimen p-arvo alaraja

### Hypoteesit (kaksisuuntainen):

Nollahypoteesi: Korrelaatiokerroin on 0

Vaihtoehtoinen hypoteesi: Korrelaatiokerroin on nolasta poikkeava

### Hypoteesit (yksisuuntainen):

Nollahypoteesi: Korrelaatiokerroin on 0

Vaihtoehtoinen hypoteesi: Korrelaatiokerroin suurempi kuin 0 (tai pienempi kuin 0)

Otoskoko	55
Otoksesta laskettu korrelaatiokerroin	0,267
Luottamustaso	95,0 % (käytetään luottamusvälin laskennassa)
testimuuttujan arvo	2,0170
luottamustason mukainen kriittinen arvo	1,9600 (normaalijakaumasta)
p-arvo (2-suuntainen)	0,0488
p-arvo (1-suuntainen)	0,0244
Luottamusvälin alaraja	0,0018
Luottamusvälin yläaraja	0,4971

Luottamusvälin laskennassa käytetään kaavaa, jonka johtamisen löydät monisteesta

<http://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf>

Mellin, Ilkka 2006. Tilastolliset menetelmät: Regressioanalyysi.

Mellinin mukaan kaavan antama approksimaatio on käytännössä hyvä jos otoskoko on suurempi kuin 25.

## Liite 3 Korrelaatiokerroimen p-arvo yläraja

---

### Hypoteesit (kaksisuuntainen):

Nollahypoteesi: Korrelaatiokerroin on 0

Vaihtoehtoinen hypoteesi: Korrelaatiokerroin on nolasta poikkeava

### Hypoteesit (yksisuuntainen):

Nollahypoteesi: Korrelaatiokerroin on 0

Vaihtoehtoinen hypoteesi: Korrelaatiokerroin suurempi kuin 0 (tai pienempi kuin 0)

Otoskoko	49
Otoksesta laskettu korrelaatiokerroin	0,365
Luottamustaso	95,0 % (käytetään luottamusvälin laskennassa)
testimuuttujan arvo	2,6877
luottamustason mukainen kriittinen arvo	1,9600 (normaalijakaumasta)
p-arvo (2-suuntainen)	0,0099
p-arvo (1-suuntainen)	0,0050
Luottamusvälin alaraja	0,0934
Luottamusvälin yläraja	0,5860

Luottamusvälin laskennassa käytetään kaavaa, jonka johtamisen löydät monisteesta

<http://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf>

Mellin, Ilkka 2006. Tilastolliset menetelmät: Regressioanalyysi.

Mellinin mukaan kaavan antama approksimaatio on käytännössä hyvä jos otoskoko on suurempi kuin 25.