

Infratyömaan laadunvarmistus

Laatumatriisin laadinta Congridiin

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2024

Alexi Ruuskanen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Ruuskanen, Aleksi Heikki Juhani	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 26	Valmistumisaika 2024
Työn nimi Infratyömaan laadunvarmistus Laatumatriisin laadinta Congridiin		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Antti Westerlund, työpäällikkö, SRV Infra Oy		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö on tehty SRV Infra Oy:lle. Työn tavoitteena oli laatia yritykselle Congrid palveluun laatumatriisi. SRV Infralla Congrid palvelu on ollut aikaisemminkin käytössä, mutta tarpeeksi laajaa laadunvarmistusmatriisia ei yrityksellä ole ollut. Matriisista tehtiin yksinkertainen, mutta tarpeeksi kattava infrarakentamisen pariin.</p> <p>Matriisin tarkoituksena on helpottaa työmaalla tapahtuvia laadunvarmistus toimenpiteitä työnjohtajille, sekä helpottaa laatumittausten ja muiden laatuasiakirjojen dokumentointia. Matriisi on tehty SRV Infran kannalta tärkeimpien rakennusosien mukaan litteroitain.</p> <p>Työssä käsitellään laatua terminä, tutkitaan laatuajattelun historiaa, esitellään laadunmittaustapoja ja esitellään Congridissa tapahtuvaa laadunvarmistusta.</p> <p>Laatumatriisin kehittäminen jatkuu työn jälkeenkin ja tavoitteena on saada se vastaamaan yrityksen tarpeita mahdollisimman laajasti.</p>		
Asiasanat Laatumatriisi, laadunvarmistus, Congrid, laatu		

Abstract

Author(s) Ruuskanen, Aleksi	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2024
	Number of Pages 26	
Title of Publication Infrastructure site quality assurance Preparation of the quality matrix for Congrid		
Name of Degree Engineer (UAS)		
Name, title and organization of the client Antti Westerlund, constuction manager, SRV Infra Oy		
Abstract <p>This thesis was done for SRV Infra Oy. The goal of the work was to create a quality matrix in Congrid software for the company. SRV Infra has used the Congrid service before, but the company has not had a sufficiently extensive quality matrix before. Matrix was made simple, but comprehensive enough for infrastructure construction.</p> <p>The purpose of the matrix is to facilitate the quality assurance measures that take place on the construction site for foremen, as well as to facilitate the documentation of quality measurements and other quality documents. The matrix has been made according to the most important construction parts for SRV Infra liter by liter.</p> <p>The work deals with quality as a term, examines the history of quality thinking, introduces quality measurement methods and introduces the quality assurance that takes place at Congrid.</p> <p>The development of the quality matrix continues even after the work, and the goal is to have it meet the needs of the company as widely as possible.</p>		
Keywords Quality matrix, quality assurance, Congrid, quality		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Laatu käsitteenä	2
3	Rakentamisen laatu	4
3.1	Laadunvarmistus	4
3.2	Urakoitsijan laadunvarmistus.....	4
3.3	Työmaan laadunvarmistus.....	6
3.4	Laatuvaatimukset	7
3.4.1	Työ- ja laatusuunnitelmat.....	7
3.4.2	Kuormituskokeet.....	7
3.4.3	Loadman	7
3.4.4	HeavyLoadman	8
3.4.5	Levykuormituskokeet.....	9
3.4.6	Valokuvat.....	10
4	Työvaiheiden laadunvarmistus.....	12
4.1	Maakaivannot.....	12
4.2	Putki- ja johtokaivannot	14
4.3	Kiviainesarinat	15
4.4	Jätevesiviemärit.....	17
5	Congrid.....	20
6	Congridissa tehtävä laadunvarmistus	21
6.1	Malliasennukset.....	21
6.2	Osakohteen tarkastukset.....	21
6.3	Vastaanottotarkastukset	22
6.4	Laatuhavainnot.....	22
6.5	Betonointipöytäkirjat	22
6.6	Laatumatriisi.....	23
7	SRV Infra laatumatriisi	24
8	Yhteenveto ja pohdinta	25
	Lähteet	26

Liite 1. Laatumatriisi

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä perehdytään infratyömaalla tapahtuvaan laadunvarmistukseen urakoitsijan näkökulmasta, infrarakentamisen keskeisiin laatuvaatimuksiin ja niiden mittaustapoihin. Opinnäytetyössä esitellään myös yrityksellä käytössä olevaa kolmannen osapuolen tarjoamaa palvelua ja siellä tapahtuvia tämänhetkisiä laatumittauksia.

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää SRV Infra Oy:n tämänhetkistä laadunvarmistustapoja ja laatia yritykselle Congrid-palvelussa laatumatriisi, joka tulee helpottamaan eri työvaiheiden laadunvarmistukseen liittyvien vaatimusten löytämistä ja dokumentointia. Näin pystytään vähentämään työnjohdon käyttämää aikaa näiden etsimiseen, laatuvaatimusten tarkastamiseen ja dokumentointiin. SRV Infralla ei ole tällä hetkellä tarpeeksi laajaa laatumatriisi pohjaa, jota olisi helppo hyödyntää siirryttäessä projektilta toiselle.

SRV Infra on vaativaan infrarakentamiseen erikoistunut yritys. SRV Infralla on kokemusta yhteistoiminnallisista hankkeista, projektinjohdourakoista, kokonaisurakoinnista kuin myös erikoistöiden aliurakoinnista, kuten porapaalutuksesta. SRV Infra toimii kalliorakentamisen, maanrakennus- ja pohjarakentamisen, väylien ja siltojen, teollisuus- ja betonirakentamisen ja vesihuoltorakentamisen saralla. (SRV). SRV Infra syntyi, kun SRV osti vuonna 2011 Ke-
ravalaisen Maanrakennus Oy Laatutyön osakekannan. Lyhenne SRV tulee sanoista Suomen Rakennusvienti.

2 Laatu käsitteenä

Laatu on ikivanha, hyvin arkinen ja samalla myös filosofinen aihe. Standardin ISO 9000 mukaan laadulla tarkoitetaan sitä, missä määrin kohteen luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimukset. (SFS, Mitä laatu on? 2016)

Laatu tarkoittaa rakentamisessa tuotteen, rakennusosan tai lopputuotteen ominaisuuksia, jotka tilaaja kokee hyödyttäväksi. Rakennuksen laatu tarkoittaa käytännössä sen kykyä suoriutua sille osoitetuista laatuvaatimuksista koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Laadun keskeisiä osa-alueita ovat kestävyys, käytön helppous, huolto- ja korjausmahdollisuudet, terveellisyys ja mahdollisesti muut vaikuttavat tekijät. (P. Kotler ym. 2005, s. 546.)

Laatu on kaiken kaupan ja yritystoiminnan peruskäsitteitä. Tämän takia on ollut pakko saada kansainvälinen standardimääritelmä, ISO-standardit.

Laadun historia ulottuu ajassa kauas menneisyyteen ja yksi kuuluisimpia ajattelijoita Aristoteles on pohtinut laatukäsitettä ja osoitti sille kaksi merkitystä, jonka mukaan:

1. Laatu ilmaisee, miten jokin kohde erottuu toisista kohteista
2. Miten kohde koetaan hyvänä tai pahana

Nykyään laatu koetaan samalla tavalla arkikielessä. Laatu kuvaa kohteelle ominaisia piirteitä, etenkin sitä, mikä koetaan hyvänä. Kun jokin asia yhdistetään laatuun, tuodaan esille sille erityisiä piirteitä, erityisesti myönteisiä piirteitä. Laatu on hyvän ja onnistumisen käsite, täten laatuun suhtaudutaan myönteisesti.

Laatu on käsite arkikielessä, jonka jokainen meistä ymmärtää subjektiivisesti ja kokonaisvaltaisesti. Kuitenkin laatukäsitteeseen liittyy erilaisia näkökulmia ja käsityksiä. (J. Anttila 2016)

Moderni laatuajattelun historia alkaa 1900-luvun alusta ja siinä on erotettavissa kaksi vaihetta:

1. 1900-luvun alussa laaduntarkastus oli tapa, jolla laatua mitattiin. Tällöin laatua eroteltiin ja luokiteltiin parhaimman tai viisaimman ihmisen käsityksen mukaan hyvät huonoista tuotteista ja palveluista.
2. 1930-luvulla oivallettiin ja luotiin käytännöt fysiikan pohjalta objektiiviseen luokitte- luun. Tuotteet ja palvelut luokiteltiin prosessin tuottaman datan perusteella satun- naisten syiden ja erityisten syiden aiheuttamiin luokkiin. Luokittelu mahdollisti laa- dunohjauksen ja laadunparannuksen konseptit.

Laatutiede tuli tällöin tarkastusperusteisen laadun rinnalle ja jatkuvasti syrjäytti jatkuvasti vain tarkastukseen ja valvontaan perustuvaa menettelyä. Vaikka laatutiede on vaikeampaa, on se myös kustannus- ja resurssitehokkaampaa ja johtaa parempaan laatuun. Toisen maailmansodan aikaan kiihdytti laatutekniikkaa ja tällöin tuli uusia tekniikoita kuten näytteen ottoon perustuva hyväksymistarkastus ja prosessin ohjauskortit (A. Piirainen 2022).

3 Rakentamisen laatu

3.1 Laadunvarmistus

Laadunvarmistus rakennushankkeella käsittää itsessään kaikki ne toimenpiteet, jotka käytännössä toteutetaan, jotta rakennuskohde tulee täyttämään kaikki sille osoitetut laatuvaatimukset. Laatumittaukset ovat suuri ja erittäin tärkeä osa laadunvarmistusta. Laatumittaukset ovat työaikana tehtäviä erilaisia mittauksia, joiden tuloksia verrataan asetettuihin tavoitearvoihin eli laatuvaatimuksiin. (Junnonen 2001, 445)

Laadunvarmistus ei voi olla toimivaa ja hyvään lopputulokseen ei päästä, jos esimerkiksi työntekijät eivät tunne laatukriteerejä vaan tulee tieto jalkauttaa myös suorittavalle osapuolelle. Jotta laadunvarmistus olisi toimivaa ja täsmällistä tulee työnjohdon tai laadusta vastaavan henkilön selvittää kohteen laatuvaatimukset ja perehtyä niihin huolellisesti. (Junnonen 2001, 446)

Suunnitelmissa usein viitataan tiettyjen rakenteiden kohdalla esimerkiksi suoraan RYL:liin kun taas toisten rakenneosien laatuvaatimukset ovat suoraan annettu suunnitelma-asiakirjoissa. Jokainen projekti on omansa, joten ei voida olettaa laatuvaatimusten olevan aina samoja kuin edellisellä projektilla. RYL:lissä on määritetty vähimmäis- ja ohjearvoja eri rakentamisen toimialoille kuten:

- InfraRYL
- MaaRYL
- RunkoRYL
- MaalausRYL
- SisäRYL

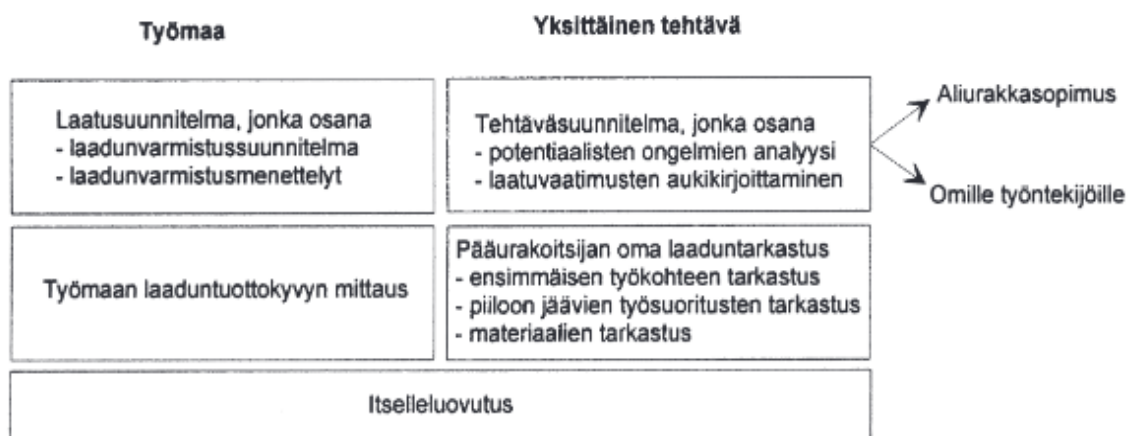
Rakennustyömaalla sovelletaan näitä rakentamisen eri vaiheissa ja esimerkiksi maarakennustoissa voidaan soveltaa InfraRYL:in antamia ohjeita ja arvoja, sekä samanaikaisesti eri rakenteessa MaaRYL:liä.

3.2 Urakoitsijan laadunvarmistus

YSE edellyttää urakoitsijaa rakennushankkeen aikana esittämään tarvittaessa kirjallisesti laadunvarmistus asiakirjansa ja lisäksi velvoittaa urakoitsijan tekemään laadunvalvontaa (Kuva 1). Laadunvarmistusta tehdään työmaalla tekemällä muun muassa in-situ mittauksia, laatimalla työ- ja laatusuunnitelmia, tarkastelemalla materiaalitodistuksia, laatimalla pöytäkirjoja, ottamalla kuvia, sekä tekemällä malliasennuksia ja osakohteen tarkastuksia.

Laadunvarmistukseen liittyy myös laatutodistusten tarkastus ja arkistointi. Rakennushankkeella tapahtuvalle laadunvalvonnalle on annettu myös YSE:ssä seuraavanlaisia määräyksiä:

- Sopimusasiakirjoissa määritetyt laatumittaukset kustantaa urakoitsija ja ylimääräisten kokeiden kustannusvelvoite on rakennuttajalla, jos urakoitsijan työ vastaa vaatimuksia.
- Järjestelmien ja laitteistojen toiminnallinen tarkastus tehdään käyttökokein.
- Rakennusmateriaalit ja rakennusosat on tarkastettava ennen asennusta ja epäkelvolliset tarvikkeet on poistettava välittömästi käytöstä.
- Havaituista vakavista laatuvirheistä ja niiden korjaamiseksi tehdyistä toimenpiteistä on kerrottava tilaajalle.
- Urakoitsijan on tehtävä itselle luovutus ennen rakennuttajalla tapahtuvaa luovutusta. (Junnonen 2001, 448)

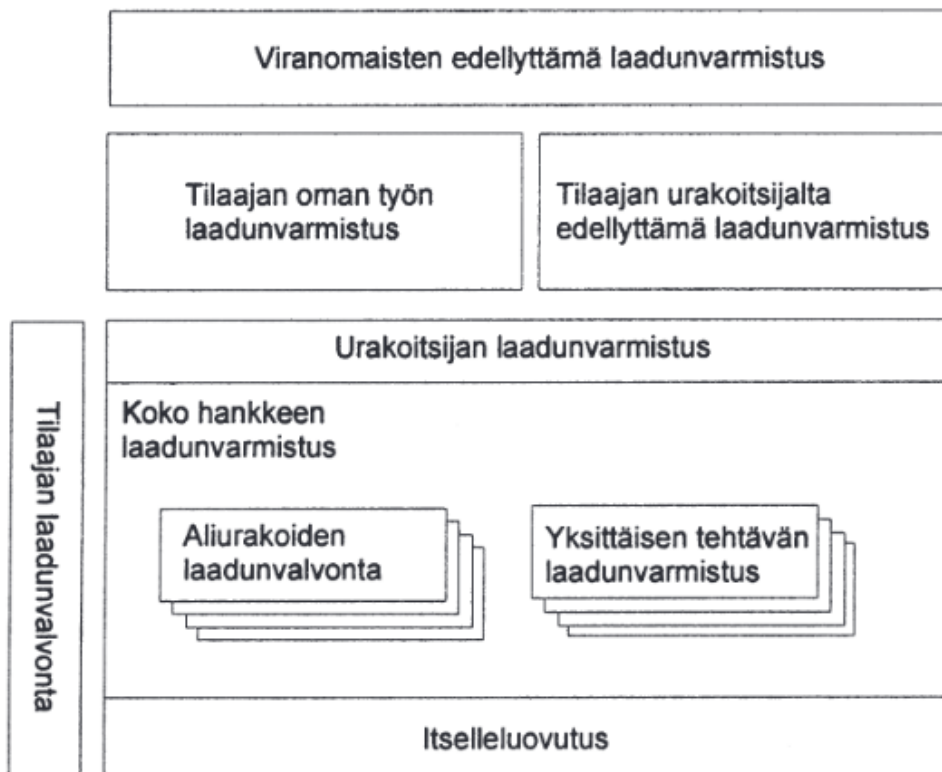


Kuva 1. Urakoitsijan laadunvarmistus

Urakoitsija laatii ennen töiden aloitusta laadunvarmistussuunnitelman tilaajan vaatimusten mukaan ja noudattaa sitä koko hankkeen ajan. Suunnitelmassa usein on kirjattu eri rakennosat ja niille osoitetut laatuvaatimukset, niiden mittaustapa, mittaaja ja mittaustiheys.

Rakennushankkeen laadunvarmistusta ohjaavat monet eri tahot kuten viranomaiset, maankäyttö- ja rakennuslaki, tilaaja ja urakoitsija, joilla jokaisella on keskeinen rooli hyvän ja kestävä lopputuotteen saavuttamiseksi. SRV Infra on pääsääntöisesti pääurakoitsijan roolissa

ja näin ollen aliurakoiden laadunvalvonta on suuri osa päivittäistä laadunvarmistusta. Alla on kuva eri osapuolten rooleista rakennushankkeen laadunvarmistuksen näkökulmasta (Kuva 2).



Kuva 2. Rakennusurakan laadunvarmistus

Kuten kuvasta nähdään kaiken työmaalla ja sen ulkopuolella tapahtuvan laadunvarmistuksen lähtökohdana on viranomaisten edellyttämä laadunvarmistus, mikä ohjaa tilaajaa asettamaan urakoitsijalle laadunvarmistukseen liittyviä toimenpiteitä.

Urakoitsija puolestaan ohjaa omia aliurakoitsijoita ja heiltä vaadittavaa laadunvarmistusta, sekä huolehtii omasta laadunvarmistuksesta ja sen oikeellisuudesta. Tilaajan edustajat valvovat urakoitsijan laadunvarmistusta hankkeen aikana.

3.3 Työmaan laadunvarmistus

Laadunvarmistusta tehdään työmaalla tekemällä muun muassa in-situ mittauksia, materiaalitodistuksia tarkastellen, laatimalla pöytäkirjoja, ottamalla kuvia ja tekemällä malliasennuksia.

Työnjohdon tekemiä In-situ mittauksia voivat tavallisimmissa infratöissä olla vesivaa`alla tehtäviä kaltevuusmittauksia, kuormituskokeita tai esimerkiksi silmämääräisesti tehtäviä

tarkastuksia rakennusmateriaaleille. Työnjohdon laadunvarmistuksen apuvälineeksi on kehitetty useita sovelluksia, joiden avulla helpotetaan muun muassa laatumittausten tekemistä. Luvussa 3.4 on kerrottu yleisimmistä työnjohdon tekemistä laatumittauksista.

3.4 Laatuvaatimukset

3.4.1 Työ- ja laatusuunnitelmat

Työmaan laadunvarmistuksen lähtökohta on huolellisesti laaditut työ- ja laatusuunnitelmat jokaiseen työvaiheeseen. Työ- ja laatusuunnitelmissa kuvataan tarkasti rakennusosan sille suunnitelmissa määritetyt toleranssit, laatumittausten suoritustapa ja tiheys sekä mittaaja. Työ- ja laatusuunnitelmissa määritetään myös työn aloitusedellytykset kuten edellisten työvaiheiden valmistuminen, kaapeleiden ja muiden ei näkyvien rakenteiden merkkäminen maastoon, suunnitelmien ajantasaisuus, materiaalien saatavuus ja toimitus sekä esimerkiksi kaivonnon oikeanlainen luiskaus.

Urakoitsijalla voi olla edellisiltä urakoilta käytettyjä työ- ja laatusuunnitelmia, mutta näitä tulee aina muokata uudelle projektille sopivaksi ja päivittää urakan edetessä, sillä työn aikana tulee usein tilanteita, joissa joudutaan tekemään ennalta suunnittelemattomia toimenpiteitä.

3.4.2 Kuormituskokeet

Kuormituskokeita tehdään infratyömailla paljon ja siihen on kehitetty alaa palvelevia tuotteita kantavuuksien ja painumien selvittämiseksi. Erilaisille rakennekerroksille ja rakennusosille on niiden käyttötarkoitus ja kuormitusluokan mukaan laadittu tavoite- ja vähimmäisarvoja, jotka löytyvät InfraRYL:istä. InfraRYL:llistä löytyy tavallisimmat infrarakentamisessa käytetyt rakenteet, kuten putkiarinat ja asennusalustat, mutta rakennushankkeessa on yleensä paljon osia, joille ei ole olemassa ohjearvoa, kuten esimerkiksi torninosturin pohjalaatat, joiden mitoitus on täysin riippuvainen nosturin koosta. Tällaisille rakenteille suunnittelija määrittää tarvittavan perusrakenteen, laskee tarvittavat kerrospaksuudet ja määrittää vaadittavan kantavuuden. Kantavuuden ja painumien mittaamiseen on markkinoilla erilaisia välineitä ja uusia tekniikoita kehitetään jatkuvasti.

3.4.3 Loadman

Loadman-pudotuspainolaite on yleisin infratyömailla käytetty laite tiiveysmittauksien tekemiseen. Laite on kannettava ja siinä mittaus perustuu laitteen sisällä olevan painon pudotamisen aiheuttamaan painumaan (Kuva 3).



Kuva 3. Loadman

Laitteella voidaan tehdä kantavuus- ja tiiveysmittauksia erilaisista rakenteista aluslevyn kokoa vaihtamalla kerrospaksuuden ollessa $<400\text{mm}$. Mittauksessa laite antaa useita parametreja kuten kimmomoduulin [MPa], painuman [mm] ja tiiveyssuhteen $[E2/E1]$. Tiiveyssuhteen laskennassa laite vertaa ensimmäisen ja viimeisen pudotuksen kimmomoduulin välistä eroa. Arinoita mitattaessa tiiveyssuhde on yleensä tarkasteltava arvo, jolle on asetettu InfraRYL:lissä vaadittavia arvoja. (AL-Engineering Oy)

3.4.4 HeavyLoadman

HeavyLoadman on yleistävä mittaustapa rakennekerroksille ja pohjarakenteille, sillä se on huomattavasti nopeampi ja kustannustehokkaampi tapa kuin levykuormituskoe. HeavyLoadmanin käyttö perustuu suoraan kannettavaan Loadman pudotuspainolaitteeseen. HeavyLoadman on esimerkiksi henkilöauton perässä vedettävä laite, jossa pudotettava paino aiheuttaa maahan kuormaa ja mittaustulokset tallentuvat koneeseen (Kuva 4). (AL-Engineering Oy)



Kuva 4. HeavyLoadman

HeavyLoadman ei ole aina sallittu mittaustapa vaan joissain kohteessa edellytetään levykuormituskokeita. Mittauksia suunnitellessa kannattaa lukea suunnitelmat ja selostukset huolellisesti läpi, sekä epäselvissä tilanteissa kysyä esimerkiksi tilaajan edustajalta tai suunnittelijalta hyväksytyistä menetelmistä.

3.4.5 Levykuormituskokeet

Levykuormituskoe on infratyömailla yleisesti käytetty paksujen rakennekerrosten tiiveyden ja kantavuuden mittaamiseen käytetty menetelmä varsinkin kadunrakenteissa. Levykuormituskokeessa tiiveyttä mitataan asettamalla mitattavaan kohtaan 300mm teräslevy, jonka päälle asetetaan tunkki (Kuva 5).



Kuva 5. Levykuormituskoe

Menetelmässä maahan kohdistetaan staattinen paine ja jotta tämä saadaan aikaiseksi, on tunkille asetettava vastapaino. Yleensä käytetään painavaa konetta, kuten kaivinkonetta tai valssijyää. (Ostromap Oy)

3.4.6 Valokuvat

Rakenteista ja rakenneosista otetut työnaikaiset valokuvat piiloon jäävistä rakenteista ovat keskiössä työmaan laadunvarmistuksessa. Huolellisesti kuvatut, nimetyt ja oikeaan paikkaan tallennettujen kuvien avulla voidaan todistaa rakenteen oikeellisuus laadittaessa luovutus- tai tarkastusaineistoa (Kuva 6).



Kuva 6. Pohjaviemäreiden kuvaus

Valokuvien tallentamisessa projektipankkiin kuvat tulee nimetä huolellisesti ja laatia esimerkiksi eri lohkoille oma kansio, josta kuvat löytyvät vaivattomasti. Tämä helpottaa huomattavasti esimerkiksi takuuajan ilmenneiden ongelmien paikantamista.

4 Työvaiheiden laadunvarmistus

4.1 Maakaivannot

Ennen maakaivantojen aloittamista alueelta poistettavat pintamaat on poistettu asianmukaisesti. Ennen töiden aloitusta on huomioitava, että kaivantotöistä vastaavalla työnjohtajalla on Kaivanto-ohjeen mukainen pätevyys. Ennen töiden aloitusta tehdään riskianalyysi ja työ- ja laatusuunnitelmat kohteelle. Yli 2m kaivannoista ja sortumisvaarallisista kaivannoista tehdään kaivantosuunnitelma. Kaivantosuunnitelmassa esitetään kaivannon ja ympäröivien rakenteiden tuenta, kaivussyvyys, luiskan kaltevuus, pohjaveden alentamisen tarve ja kaivannon vaativuusluokka tapauksittain paikallisten olosuhteiden mukaan ja ulkopuolisen kuormituksen yms. tekijöiden perusteella. (InfraRYL 2012/1, 16200)

Maanleikkaus tehdään suunnitellussa laajuudessa siten, että kaivannon varmuus sortumista vastaan säilyy kaikissa olosuhteissa. Kaivuutyönaikana kaivanto pidetään kuivana ja maapohja mahdollisimman häiriintymättömänä. Maapohja tulee saada mahdollisimman taseiseksi. Kaivuumaita ei saa hetkellisestikään läjittää kaivannon välittömään läheisyyteen niin, että siitä aiheutuisi vaaraa kaivannon turvallisuudelle. Kaivannon luiskakaltevuus määräytyy olosuhteiden ja alla olevan taulukon mukaisesti (Kuva 7).

Syvyys/m	Maalaji	Maan lujuus	Luiska- kaltevuus	Kaivumaiden sijoitus
≤ 2,0	Pehmeä savi	$c_{uk} = 10 \text{ kPa}$	1:3	≤ 1,0 m kerros, etäisyys ^{a)} ≥ 8 m
≤ 2,0	Sitkeä savi	$c_{uk} = 20 \text{ kPa}$	2:1	≤ 2,0 m kerros, etäisyys ^{a)} ≥ 5 m
≤ 2,0	Löyhä hiekka, keskitiivis siltti	$\varphi = 30^\circ$	1:2	Etäisyys ^{a)} ≥ 4 m
≤ 2,0	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,5	Etäisyys ^{a)} ≥ 4 m
≤ 2,0	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,25	Etäisyys ^{a)} ≥ 4 m
2,0...3,0	Keskitiivis hiekka, löyhä sora	$\varphi = 34^\circ$	1:1,75	Etäisyys ^{a)} ≥ 4 m
2,0...3,0	Tiivis sora, keskitiivis moreeni	$\varphi = 38^\circ$	1:1,5	Etäisyys ^{a)} ≥ 4 m

Kuva 7. Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon ohjeelliset luiskakaltevuudet

Maakaivantoihin maanpinnalta johtuva vesi ohjataan ojituksella siten, että vesi ei pääse vuotamaan kaivantoon. Hienojakoisesta maalajista koostuvalle pohjalle on tyypillistä rakentaa suodatin kerros. Suodatinkerroksen pohjalle asennetaan suodatinkangas N3 ja täytetään 200-500mm soralla tai murskeella. Suodatinkerroksen ansioista kaivannon vedet eivät pääse aiheuttamaan kaivannon pohjan löyhtymistä. Kaivantoihin on tyypillistä rakentaa pumppukaivoja, joista kaivannossa oleva vesi pumpataan pois kaivannosta käyttäen oppopumppuja. Kaivantovedet johdetaan selkeytysaltaiden kautta hulevesiverkostoon tai vastaan. (InfraRYL 2024/1, 16200)

Maakaivannolle on esitetty seuraavia laatuvaatimuksia:

- tarkemittauksia tehdään vähintään 20m välein, joista voidaan todeta kaivannon muoto ja asema. Voidaan hyödyntää koneautomaatiota.

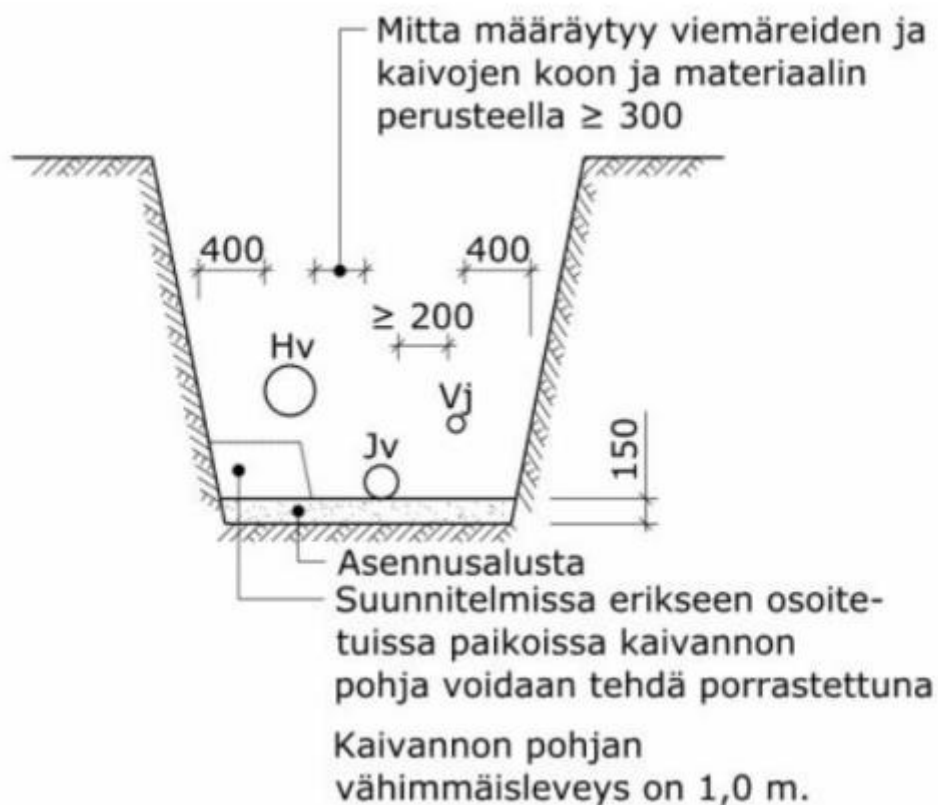
- Pohjaa tehtäessä tarkkaillaan jatkuvasti maaperän laatua ja tarvittaessa otetaan maanäytteitä, joista selvitetään vastaako maaperän laatu suunnitelma-asiakirjoissa esitettyä.
- Kelpoisuusasiakirjassa esitetään seurannan tulokset.

(InfraRYL 2024/1, 16200)

4.2 Putki- ja johtokaivannot

Putki- ja johtokaivannot ovat yksi yleisimpiä infratyömailla tehtäviä töitä. Putki- ja johtokaivantoja tehdään putkien ja johtojen asentamisen takia suunnitelmien mukaiseen syvyyteen. Kaivantojen kaivuu ulotetaan pohjamaan edellyttämään syvyyteen kantavilla maaperillä yleensä vähintään 150mm putken teoreettisesta vesijuoksusta ja savipohjaisilla maaperillä vähintään 0,5m vesijuoksusta. Kaivannon tulee vastata suunnitelmia huomioiden arinarakenteiden vaatimat kerrospaksuudet.

Kaivantoa tulee leventää asennettavien laitteiden edellyttämän tilan vuoksi, mutta kaivojen kohdalla kuitenkin vähintään 400mm leveämmälle, että vaadittava täyttö mahtuu kaivon ympärille. Kaivannon pohjan leveys riippuu putkien ulkohalkaisijasta, putkien välisestä etäisyydestä sekä putkien ja kaivannon seinämän välisestä etäisyydestä. Kaivanto tulee kumminkin olla leveydeltään vähintään >1m. Kaivantoa ei saa luiskata jyrkemäksi kuin 2:1. Luiskan kaltevuuden määrittää maaperän ominaisuudet. Kuvassa on esitetty tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (Kuva 8). (InfraRYL 2024/1, 16210.)



Kuva 8. Tukematon kaivanto

Kaivannon laadunvarmistusta tehdään mittaamalla muun muassa luiskan kaltevuuksia, ottamalla tarkkeita leikkauksesta, täytöistä ja sijainnista. Kaivinkoneiden nykyaikaisilla koneohjausjärjestelmillä saadaan kaivannoista hyvää mittadataa, sillä koneiden mittatarkkuus on $<10\text{mm}$ ja näin ollen koneiden ottamat tarkkeet ovat hyväksyttäviä.

4.3 Kiviainesarinat

Ennen kiviainesarinan rakentamista tulee arinan pohja tasoittaa mahdollisimman tasaiseksi. Kiviainesarinan pohjan tulee olla kuiva, lumi ja jää poistettuna, sekä sula. Kiviainesarina tehdään murskeesta tai sorasta, jonka maksimi raekoko on $0/32$ tai enintään $2/3$ tiivistettävän kerroksen paksuudesta, kuitenkin maksimissaan 150mm. (InfraRYL 2024, 13300)

Arinan paksuus routivalle alustalle on 300mm ja routimattomalle alustalle voidaan rakentaa ohuempikin arinarakenne. Pohjan ollessa erittäin routiva esimerkiksi savea tai silttiä, tehdään arinasta vähintään 500mm paksuudeltaan. Tarvittaessa pohjamaan ja arinan väliin

asennetaan suodatinkangas N3 esimerkiksi saven tai louheen päälle arinaa rakentaessa. Kiviainesarinalle on asetettu seuraavia toleransseja:

- Kiviainesarinan suurin sallittu epätasaisuus 3 m:n matkalla on ± 20 mm.
- Paksuuden sallittu poikkeama on + 0,1 m
- leveyden sallittu poikkeama + 0,2 m.

Mittamies tarkistaa kiviainesarinan korkeusaseman ja sijainnin ennen kuin arinan päälle asennetaan putkia tai muita laitteita. Arina tiivistetään käyttämällä oikean kokoista täryjyrää. Arina tiivistetään maksimissaan 300mm kerroksissa ja arinan päältä otetaan pudotuspainokokeet, joiden laatuvaatimukset on annettu InfraRYL:lissä seuraavasti:

- Kevyellä pudotuspainolaitteella (Loadman) pohjalevyn ollessa 132mm mitattu tiiviyssuhde $\leq 2,5$ vastaa taulukon 18111:T4 perusteella suunnilleen 95 %:n tiiviyssastetta (Kuva 9).
- Tiiveyskokeita tehdään ratarakenteissa vähintään kaksi jokaisesta arinarakenteesta ja täytöstä. (InfraRYL 2024, 31100)

Taulukko 18111:T5. Pudotuspainolaitteella määritetyn tiiviyssuhteen vaatimukset tien pengertäytön yksittäiselle mittaukselle kantavuuden (E_2) suhteen.

Kantavuus (E_2), MPa	Tiiviyssuhde E_2 / E_1	Tiiviyssuhde E_2 / E_1	Tiiviyssuhde E_2 / E_1
	KKL 20 vuotta 0,8... 60 milj. stand. akselia, syvyys tien tasausviivasta < 2 m	KKL 20 vuotta 0,8... 60 milj. stand. akselia, syvyys tien tasausviivasta 2... 5 m	KKL 20 vuotta 0,1... 0,4 milj. stand. akselia, syvyys tien tasausviivasta < 3 m
< 125	≤ 2,2	≤ 2,7	≤ 2,7
125...134	≤ 2,3	≤ 2,8	≤ 2,8
135...144	≤ 2,4	≤ 2,9	≤ 2,9
145...154	≤ 2,5	≤ 3,0	≤ 3,0
155...164	≤ 2,6	≤ 3,1	≤ 3,1
165...174	≤ 2,7	≤ 3,2	≤ 3,2
175...184	≤ 2,8	≤ 3,3	≤ 3,3

Kuva 9. Pudotuspainolaitteella määritetyt tiiviyssuhteet

Tiiveysmittauskokeiden ja kantavuusmittauskokeiden tuloksia, mittauspöytäkirjoja, materiaalitodistuksia, rakeisuuskäyriä yms. säilytetään ja liitetään työmaan laadunvarmistusasiakirjaan. (InfraRYL 2024/1, 13310.)

4.4 Jätevesiviemärit

Jätevesiviemäreiden arina ja asennusalusta tehdään suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti tai jos muuta ei ole mainittu niin InfraRYL kohdan 13300 ja 18310 mukaisesti.

Jätevesiviemäreiden alkutäyttö tehdään suunnitelma-asiakirjojen tai InfraRYL kohdan 1820 mukaisesti.

Putkien asentamiselle on annettu InfraRYL:lissä seuraavia vaatimuksia:

- Asentamisessa noudatetaan valmistajien ohjeita. Ennen putken asentamista tarkastetaan, että putkikaivanto ja asennusalusta on rakennettu suunnitelma-asiakirjojen vaatimalla tavalla. Ennen putken asentamista on varmistettava, että alusta ei ole jäässä.
- Putket tarkastetaan silmämääräisesti vaurioiden varalta. Asennuksessa tarvittavat välineet ja materiaalit puhdistetaan huolellisesti ennen asennusta. Vialliset tai vaurioituneet putket ja tarvikkeet poistetaan välittömästi työmaalta.
- Asennettaessa varmistetaan, että putkilinja on suora ja siinä ei ole kulmapoikkeamia. Putket tukeutuvat kauttaaltaan asennusalustaan. Muhveja varten alustaan kaivetaan kolot. Putkia ei saa asentaa kannattimien tai puukapuloiden varaan. Jos putkessa on putken nostoa varten tehtyjä nostokohtia, käytetään niitä nostokohtina ja käytetään putkelle osoitettua nostoapuvälinettä käyttäen. Putkissa käytetään valmistajan asennusohjeita.
- Liikennealueen ulkopuolella putket voidaan asentaa kivettömän ja häiriintymättömän maan varaan, jos näin on esitetty suunnitelmissa. Tällaisissa tilanteissa pohja tasataan niin, että putkien korkeusasema pysyy suunnitellussa.

Putkien materiaalit määräytyvät suunnitelma-asiakirjoissa niille osoitettujen vaatimusten ja esimerkiksi puristuskestävyyden mukaan. Tyypillisimpiä jätevesiviemäriin materiaaleja ovat betoni, muovi, valurauta ja teräs. Tarkastuskaivoille ja kansistoille on annettu ohjeita InfraRYL:lissä kohdissa 31100.1.2. (InfraRYL 2024/1, 31100)

Putkien sijainti toisiin rakenteisiin nähden on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 10).

Ohjetaulukko 31100:T3. Jätevesiviemärin sijainti muihin rakenteisiin nähden.

Rakenne	Vähimmäisetäisyys, m
kaukolämpöputki	1,0
maakaasuputki	2,5
maakaasuputki risteämissä	0,5
sähkökaapelit (suojaputkeen)	1,0
telekaapelit (suojaputkeen)	1,0
puut	2,5

Kuva 10. Jätevesiviemärin sijainti toisiin rakenteisiin nähden.

Taulukosta poiketen pitää aina tapauskohtaisesti tarkastella muiden rakenteiden vaatimia suojaetäisyyksiä. Esimerkiksi maakaasujohdolla saattaa olla suurempia etäisyys vaatimuksia.

Valmiille jätevesiviemärille on annettu InfraRYL:lissä seuraavia määräyksiä:

- Viemärin sijainti vaakatasossa $\pm 0,1\text{m}$.
- Viemärin korkeusasema $\pm 0,1\text{m}$
- Viettoviemäreillä sallittu sivupoikkeama suorasta linjasta mitattuna on mittausmatkan kolmassadasosa (1/300).

Jätevesiviemärille tehdään sille suunnitelma-asiakirjoissa osoitetut laatumittaukset. Paineputkille tehdään yleensä painekokeet ja viettoviemäreille tavallisesti ilmanpaineella tehtävät tiiveyskokeet. Asennusalustan tiiveysaste mitataan vähintään 100m välein, kuitenkin yksi työkohdetta kohti. Asennusalustan tiiveysuhde mitataan vähintään 20m välein. Asennusalustan tiiveyden tulee olla keskimäärin vähintään 90% (parannettu Proctor-koe) ja tiiveysuhteen $< 2,8$ (Loadman). (InfraRYL, 2024, 31100)

5 Congrid

Congrid Oy on vuonna 2013 perustettu rakennusalan ohjelmisto yritys. Yrityksen tavoite on parantaa rakentamisen laatua ja laadunvalvontaan liittyviä prosesseja. Congrid ohjelmalla voidaan valvoa rakentamisen laatua ja työturvallisuutta. (Congrid)

Congrid on SRV:llä käytössä oleva sovellus, jota käytetään laadun mittaamiseen ja laatu-
mittausten tallennuspaikkana. Congridissa voi helposti laatia erilaisia laatumittauksia ja tal-
lentaa tehdyt mittaukset helposti löydettävään paikkaan ja tulostaa niistä visuaalisesti siisti
ja helposti luottavissa oleva raportti. Congridista on saatavilla kaksi versiota: puhelinsovel-
lus, joka helpottaa työnjohdon kentällä tapahtuvaa laadunvarmistusta, sekä työpöytäsovel-
lus, jossa tarkastuspohjat voidaan laatia. Työpöytäsovelluksessa tarkastukset käydään kuit-
taamassa ja tarkastamassa.

Työnjohdon apuvälineenä Congrid on todella kätevä ja helppokäyttöinen sovellus, sillä mo-
nen rakennusosan tarkastuspohjat löytyvät jo valmiina. Esimerkkinä voidaan ottaa beto-
nointipöytäkirja, jossa tarkastettavat kohdat ovat valmiiksi kirjattu ylös ja betonityönjohtajan
tehtäväksi jää täyttää nämä kohdat.

6 Congridissa tehtävä laadunvarmistus

6.1 Malliasennukset

Malliasennustarkastus on Congridista löytyvä urakoitsijan käyttämä laadunvarmistuksen työkalu. Sen tavoitteena on varmistaa kullekin työvaiheelle asetettujen laatuvaatimusten täytyminen ja varmistaa työsuorituksen laatukriteerien täytyminen käytännössä. Malliasennuksia on käytetty jo pitkään rakennusalalla eikä kyseessä ole uusi käytäntö. Malliasennuksiin osallistuu yleensä urakoitsijan työnjohto, työryhmä, tilaajan edustaja ja rakennushankkeen valvoja. (Rakennustöiden laatu 2017, S. 18.)

Malliasennus on käytännössä työvaiheen alkuvaiheessa pidettävä työsuorituksen katselmus, jossa työryhmä suorittaa työn kaikkine työvaiheineen valvonnan alaisena. Työnaikana tehdään tai vähintään käydään läpi myös kaikki ne laatumittaukset, jotka tähän työvaiheeseen kuuluvat esimerkiksi tarkemittaukset ja kantavuuskokeet putkitöissä. Tarkastukseen kuuluvat myös oleellisesti myös käytettävien materiaalien tarkastaminen ja niiden oikeellisuus. (Rakennustöiden laatu 2017, S. 18.)

Malliasennuksesta voidaan tehdä Congridiin pohja ennen itse katselmusta Congridin työpöytäsovelluksella tai mobiililaitteella kentällä, jossa kirjataan jokainen rakennusosa erikseen ja jokaiselle rakennusosalle sille osoitetut laatuvaatimukset. Paras apuväline tarkastuspohjan laadintaan on huolellisesti laaditut työ- ja laatusuunnitelmat, mistä on helppo poimia rakennusosien laatuvaatimukset ja täydentää tarkastettavat kohdat. Tarkastuskohteessa malliasennuspohjan saa kätevästi auki puhelinsovelluksella ja malliasennustarkastus voidaan aloittaa.

Tarkastuksessa rakennusosille tehdään sille osoitetut tarkastustoimenpiteet ja otetaan valokuva, jossa rakennusosa on selkeästi näkyvillä ennen seuraavan rakennusosan rakentamista. Malliasennuksen jälkeen se menee valvojalle hyväksyttäväksi, jonka jälkeen se voidaan tallentaa ja siitä voidaan tehdä tulostettavissa oleva raportti, joka toimii malliasennustarkastuksen pöytäkirjana. (Rakennustöiden laatu 2017, S. 28).

6.2 Osakohteen tarkastukset

Osakohteen tarkastuksella tarkoitetaan tietyn alueen esimerkiksi lohkon tietyn rakenteen kuten vesihuoltolinjojen tarkastusta. Tarkastuksen tarkoituksena on varmistua siitä, että malliasennuksessa todetut laatukriteerit täyttyvät kautta linjan.

Osakohteen tarkastus on urakoitsijan oleellinen laadunvarmistusmenetelmä. Osakohteen tarkastuksessa tarkastettavasta kohteesta otetaan valokuvia, rakenne tarkemmitataan ja sille osoitetut laatuvaatimukset mitataan työ- ja laatusuunnitelmien mukaisesti. Näin työvaihe tulee tarkastettua ja dokumentoitua, koska tarkastuksen oleellinen osa ovat siihen liitettävät valokuvat ja mittaukset tarkastettavasta kohteesta.

6.3 Vastaanottotarkastukset

Vastaanottotarkastuksilla tarkoitetaan rakennusosan edellisten työvaiheiden valmistumisen tarkastamista sekä mestan siisteyden tarkastamista. Tarkoituksena on se, että seuraavan työvaiheen kannalta tärkeät rakenteet on tehty ja mesta on siinä kunnossa, että seuraavalle työvaiheelle on kaikki aloitusedellytykset. (Rakennustöiden laatu 2017, 49)

Vastaanottotarkastuksessa on läsnä edellisen työvaiheen työnjohtaja, sekä seuraavan työvaiheen työnjohtaja. Tarkastus tehdään Congridin laatumatriisissa laadittuun valmiiseen pohjaan, jossa jokaisesta kohdasta otetaan valokuva ja merkitään kohta hyväksytty/keskeneräinen/hylätty.

Tarkastuksen käy hyväksymässä seuraavan työvaiheen työnjohtaja, kun mahdolliset puutteet on korjattu ja kaikki aloitusedellytykset ovat voimassa. Työnjohtaja voi myös hylätä tarkastuksen, jos tarkastuksessa havaittuja puutteita ei ole korjattu määräaikaan mennessä tai havaitut kohdat on korjattu puutteellisesti.

6.4 Laatuhavainnot

Congridissa tehdään laatuhavainnoja hyvästä laadusta, mutta myös laatupoikkeamista. Laatupoikkeamista voidaan tehdä kentällä havainto puhelinsovelluksella, jossa poikkeavasta kohdasta tai materiaalista otetaan valokuva ja kirjataan selitekenttään havaittu poikkeama mahdollisimman tarkasti.

Laatuhavainnot jäävät muistiin ja niistä lähetetään ilmoitus asianosaisille henkilöille. Korjattun tai vaihdetun materiaalin tai rakenteen pääsee kuittaamaan ja hyväksymään se henkilö, jolle kyseinen tehtävä on asetettu tarkastettavaksi.

6.5 Betonointipöytäkirjat

Työnjohdon apuvälineenä Congrid on todella kätevä ja helppokäyttöinen sovellus, sillä monen rakennusosan tarkastuspohjat löytyvät jo valmiina. Esimerkkinä voidaan ottaa betonointipöytäkirja, jossa tarkastettavat kohdat ovat valmiiksi kirjattu ylös ja betonityönjohtajan tehtäväksi jää täyttää nämä kohdat.

Työmailla on usein esimerkiksi samassa lohkoissa useita eri valukertoja useina eri päivinä, joissa käytetään reseptiltään samaa massaa. Congridin betonointipöytäkirja on kopioitavissa tällaisissa tapauksissa uudelle valukerralle ja näin ollen vähentää betonityönjohtajan ajankäyttöä.

6.6 Laatumatriisi

Laatumatriisi on Congridiin laadittu työvaihekohtainen laadunvarmistus asiakirja, jossa projektilla tehtävät työvaiheet on kirjattu litteroittain samalle asiakirjalle ja jokaisesta työvaiheesta on selvitetty laadunvarmistuksen kannalta keskeisimmät rakennusurakan aikana tehtävät laadunvarmistus toimenpiteet ja laatuvaatimukset.

Laatumatriisin projekti kohtainen sisältö määräytyy työmaan aloituspalaverissa, jossa käsitellään laadunvarmistuksen edellyttämät toimenpiteet, jotka kirjataan matriisiin. (Rakennustöiden laatu 2017, S. 18.) Kaikki yllä olevat laadunvarmistukseen liittyvät laatumittaukset tulisi löytyä matriisista pois lukien betonointipöytäkirjat, joille on sovelluksessa oma paikkansa.


7 SRV Infra laatumatriisi

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli tehdä SRV Infralle laatumatriisi Congrid palveluun. Matriisiin oli tarkoitus tehdä jokaiselle SRV Infran kannalta tärkeälle työvaiheelle litteroittain oma osio, johon on määritelty kunkin litteran laadunvarmistamisen menetelmät ja toimintatavat.

Matriisi ei ainoastaan ole paikka, mistä tietoa voidaan etsiä vaan myös tallentaa sinne laadunvarmistukseen liittyviä työvaihekohtaisia dokumentteja. Matriisi näin ollen toimii työmaan laadunvarmistuksen ”pankkina”.

SRV Infralla ei ole tällä hetkellä käytössä tarpeeksi kattavaa laadunvarmistusmatriisiä, joka olisi helppo siirtää projektilta toiselle. Tällä hetkellä SRV:llä matriisi on luotu käytännössä tyhjästä, kuitenkin sisällöltään mallia edellisiltä projekteilta ottaen.

Matriisissa työvaihekohtaisesti tarkastettavat asiat on esitetty kronologisessa järjestyksessä, mikä helpottaa matriisin käyttäjää. Alla kuvankaappaus uudistetusta laatumatriisista (Kuva 11).

Infran laatumatriisi (oppari) 

+ Työvaihe + Tarkastus

Etsi

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi	Laadittavat työvaihekohtaiset suunnitelmat (Tiedot)	Työvaihekohtaiset suunnitelmat (Tiedot)	Dokumentointi (Tiedot)	Dokumentit (Tiedot)	Työvaiheen vastaanotto (Tarkastus)	Tarvittavat CE-dokumentit (IT Tunnukset) (Tiedot)	CE-dokumentit (Tiedot)	Mestari vastaanotto (Tarkastus)	Mallisuus (Tarkastus)	Työpaikan kulu (Tarkastus)	Osaajien tarkastus (Tarkastus)	Polkumarginaalit (Tiedot)
1 Maa-putja- ja kellarikentät	0											
11 Olevat rakennet ja rakennuudet	0											
11.1 Poistotavat, siirrot ja suojatava kasvillisuus	0				3			4	0	9	9	
11.2 Poistotavat, siirrot ja suojatavat rakennet	0				5			5	0	11	11	
11.4 Poistotavat ja siirrot maa- ja perustarakennet	0				2			3	0	5	5	
12 Pääntuenn maa-alueen puhdistustarve	0											
12.1 Hietta-ainetta sisältävät laatu- maa-ainekset	0				4			6	0	12	12	
12.2 Pääntuenn maa-alueen eristyskentet	0				3			3	0	6	6	
13 Perustusrakennet	0											
13.2 Paalujenrakennet	0											

Kuva 11. Laatumatriisi

Uuteen matriisiin on lisätty useita kohtia, jotka helpottavat laadunvarmistamisen dokumentointia, sekä valmiita tarkastuspohjia eri työvaiheille. Tällaisia kohtia ovat esimerkiksi laadittavat suunnitelmat, tarvittava dokumentointi, laatuvaatimukset ja CE-dokumentit esimerkiksi käytettävistä materiaaleista.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Työn kirjoittaminen tuntui luontevalta, sillä Congridin käyttö ja laadunvarmistus on osa jokapäiväistä työtäni. Työn edetessä luettuani eri lähteistä laadunvarmistuksesta sain kuitenkin todella paljon uutta tietoa laadunvarmistuksesta urakoitsijan ja muiden toimijoiden näkökulmasta.

Työn aikana Congridin käytöstä ja sen toiminnallisuudesta tuli esille aivan uusia näkemyksiä sen hyödyntämisen mahdollisuuksista rakennushankkeen aikana. Tuotetun laatumatriisin avulla Congridin käyttö helpottuu huomattavasti kaikkien laadunvarmistukseen liittyvien mittauksien, dokumentoinnin ja tarkastuksien puolesta, sillä ne löytyvät nyt samasta matriisista eikä niiden etsimiseen tarvitse käyttää paljon aikaa. Palvelua käyttämättömälle työnjohtajalle tämä opinnäytetyö voi toimia hyvänä perustana työmaalla tapahtuvan laadunvarmistuksen perustana, sekä Congrid palvelun käytön aloittamista ajatellen.

Laatumatriisin käyttöä rakennushankkeella tulee kuitenkin vielä tutkia laajemmin ja sen tarjoamiin mahdollisuuksiin pitää perehtyä vieläkin tarkemmin, jotta palvelusta saisi kaiken mahdollisen avun työnjohtajille ja muille palvelua käyttäville osapuolille. Tulevaisuudessa esimerkiksi yrityksen, Congridin ja RT-kortiston välistä yhteyttä voitaisiin tutkia ja parantaa, jotta tiedon ja litterakohtaisten laatuvaatimusten täydentäminen matriisiin olisi vaivatonta.

Lähteet

AL-Engineering, Loadman. Viitattu 3.9.2024 <https://www.al-engineering.fi/fi/loadman.html>

Congrid. Viitattu 4.9.2024 <https://www.congrid.fi/>

InfraRYL 2012. [verkkajulkaisu] Rakennustieto Oy. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 5.9.2024. Saatavissa https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/

Kotler, Philip ym.: Principles of Marketing. (4th European edition) Pearson, Prentice Hall, 2005. Viitattu 30.11.2024

Ostomap, Levykuormituskoe & kantavuusmittaus. Viitattu 7.9.2024 <https://ostomap.fi/fi/palvelut/levykuormituskoe/>

Rakennustieto. 2002. Rakentamisen laadunvarmistus. Viitattu 5.8.2024. Saatavissa <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK020202.pdf>

Rakennustöiden laatu 2017. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RTS
sr. 11. uud. p. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 30.11.2024.

SFS, Mitä laatu on? Viitattu 7.9.2024. Saatavissa <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>

Sixsigma, Laatuosaaminen. Viitattu 8.9.2024. Saatavissa <https://sixsigma.fi/laatuosaaminen/>

SRV. Viitattu 1.2.2024. Saatavissa <https://www.srv.fi/rakennuttajalle/infrarakentamisen-palvelut/>

