

LIITTOPALKKISILTOJEN RAKENTAMINEN ARKTISISSA OLOSUHTEISSA

Aika- ja kustannusvaikutukset tuotannon eri vaiheisiin

Ny E10 inom Kiruna kommun, Norrbottens län

Haataja Miika

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Miika Haataja	Vuosi	2019
Ohjaaja(t)	Ari Romakkaniemi, Isto Ahlqvist		
Toimeksiantaja	GRK Infra Ab		
Työn nimi	Liittopalkkisiltojen rakentaminen arktisissa olosuhteissa - Aika- ja kustannusvaikutukset tuotannon eri vaiheisiin		
Sivu- ja liitesivumäärä	52 + 28		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa selostus arktisten olosuhteiden aika- ja kustannusvaikutuksista tuotannon eri vaiheisiin, työ- ja turvallisuusolosuhteisiin ja laadunvarmistukseen. Tavoitteena oli luoda hyvä kokonaiskuva siltojen rakentamisesta arktisissa olosuhteissa ja tuottaa tarkastuslistoja tarjouslaskentaan, tuotannon suunnitteluun sekä projektihallintaan liittyen.

Opinnäytetyöhön kuului kahden liittopalkkisillan työtehtävien suunnittelu ja valvonta, aikataulut, työturvallisuusasiat, logistiikka sekä laadunvarmistus osakeyhtiö GRK Infra Oy:n tytäryhtiö GRK Infra Ab:n ST-urakassa ajalla 01.07.2018-01.03.2019. ST-urakkana oli kahden liittopalkkisillan rakentaminen uudelle E10 valtatielle Kiirunassa. Näiden tietojen pohjalta sekä olosuhdeanalyysillä pystyttiin vertailemaan eri ratkaisuiden toimivuutta.

Työn tuloksena olevaa tarkastuslistaa voidaan hyödyntää tarjouslaskentaa ja tuotannon suunnittelua suoritettaessa. Ennakoimalla arktisten olosuhteiden vaikutusta tuotantoon voidaan saavuttaa kustannus- ja aikasäästöjä.

Asiasanat: lämpötila, työturvallisuus, projektinhallinta

Communication and Transport
Degree Programme in
Civil Engineering
Bachelor of engineering

Author	Miika Haataja	Year	2019
Supervisor(s)	Ari Romakkaniemi, Isto Ahlqvist		
Commissioned by	GRK Infra Ab		
Subject of thesis	Composite girder bridge production in the arctic conditions – Time and cost effects on production		
Number of pages	52 + 28		

The purpose of this thesis was to produce a report on how arctic conditions affect the production of composite girder bridges. The report concentrated especially on working conditions, safety at work and quality assurance. The goal of this thesis was to give an overall view on how composite girder bridges are made and to create checklists for tender calculation, production planning and project controlling.

The research was done in a project of the GRK Infra Ab in Kiruna. The project involved the building of two composite girder bridges on the new E10 road in Kiruna. The research was done between 01 June 2018 - 01 March 2019. The research involved work planning and supervision as a site foreman, schedules, work safety, logistics and quality assurance.

This thesis can be used when planning tender calculations or production. By predicting the effect of the arctic conditions costs can be reduced and time saved.

Key words temperature, work safety, project management

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tausta ja tavoitteet	7
1.2	Tutkimusmenetelmät ja rajaukset	10
2	SILTARAKENTAMISEN TEORIAA.....	11
2.1	Teräsbetonikantinen liittopalkkisilta	11
2.1.1	Siltanormien eroja Suomen ja Ruotsin välillä	13
2.1.2	Siltasuunnittelun eroja Suomen ja Ruotsin välillä	16
2.2	Kiirunan teräsbetonikantiset liittopalkkisillat	17
2.2.1	Geotekniset tutkimukset	17
2.2.2	Alusrakenteet	18
2.2.3	Päällysrakenteet.....	20
2.3	Kiiruna maantieteellisesti	21
2.4	Kiirunan historia	23
3	INFRARAKENTAMINEN KYLMISSÄ OLOSUHTEISSA.....	25
3.1	Arktisten olosuhteiden määrittäminen	25
3.2	Olosuhteet Kiirunassa.....	25
3.3	Olosuhteiden vaikutus työturvallisuuteen.....	34
3.4	Työturvallisuuteen ja arktisiin olosuhteisiin liittyviä puutteita.....	38
3.5	Työmenekkien seuranta.....	39
3.5.1	Työvoima.....	39
3.5.2	Työtehojen seuranta arktisissa olosuhteissa.....	39
3.6	Yhteenveto.....	40
3.7	Tuoreen betonin lämpötilaseuranta	43
3.7.1	Valettavat rakenteet	43
3.7.2	Talvibetonointi	43
3.7.3	Lujuuden kehitys arktisissa olosuhteissa.....	44
3.7.4	Lämpötilaseurannan tulokset	46
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	49
5	LÄHTEET	51
	LIITTEET	53

ALKUSANAT

Haluan kiittää GRK Infra Ab:n työryhmää, Risto Takkista, Isto Ahlqvistiä ja Viktor Halinia opinnäytetyöhön liittyen. Heidän näkökulmiensa sekä ohjeidensa avulla sain hiottua työstäni parhaimman mahdollisen version. Haluan myös kiittää kaikkia henkilöhaastatteluihin osallistuneita, joiden avulla sain erittäin paljon kullan arvoista tietoa sekä näkökulmia aiheeseen liittyen. Pidin tutkimusaiheettani henkilökohtaisesti erittäin mielenkiintoisena sekä antoisana kokemuksena.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ST-urakka	Suunnittele ja Toteuta -urakka
Ripa	Tukimuurin uloke
Etringiitti	Betonin liian korkean lämpökäsittelyn seurauksena betoniin muodostunut hydrataatiotuote, joka on tilavuudeltaan moninkertainen lähtötuotteisiin nähden. (Betonin lämmittäminen talvivaluissa.)

1 JOHDANTO

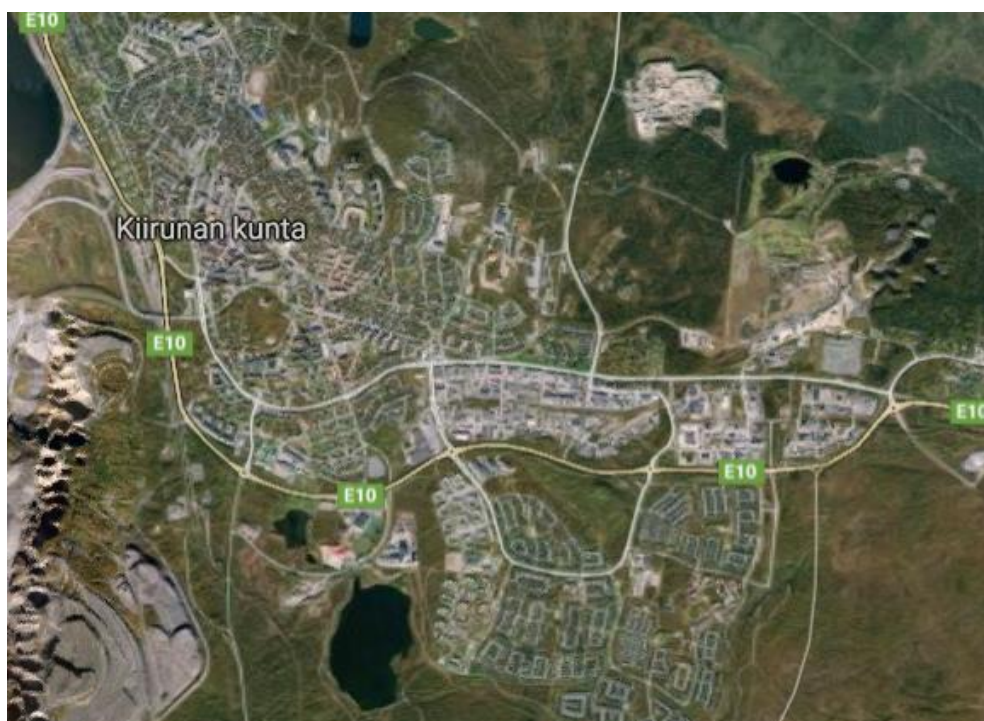
1.1 Tausta ja tavoitteet

GRK Infra Oy on suomalaisperusteinen konserni, jonka pääasiallisena toimeenkuvana on infrarakentaminen. Konsernin liikevaihto vuonna 2017 oli 200 miljoonaa euroa ja henkilöstöä yrityksellä oli noin 400 henkilöä. GRK Infra Oy:n tytäryhtiöihin kuuluvat suomalaiset Winco, jonka alaisuudessa toimivat ostetut Komsor Oy ja Eltel Networks Oy rataliiketoiminta, virolainen GRK Infra As ja ruotsalainen GRK Infra Ab. Yhtiö on yksi merkittävimmistä pörssiin kuulumattomista yksityisistä infraurakointiyrityksistä Suomessa. Yhtiön panostaminen ulkomaille on huomioitu myös valtakunnallisella tasolla valtio-omisteisten Tesin ja Ilmarisen ostaessa osan GRK Infra Oy:ta vuonna 2018. Tulevaisuuden GRK on entistä voimakkaammin valtakunnallinen, myös Pohjoismaissa ja muilla Suomen lähialueilla toimiva infraurakointiliike, joka toimii itsenäisenä pääurakoitsijana infrakohteissa erinomaisesti verkostoituneena. (GRK Infra Oy.)

Kyseisessä opinnäytetyössä käsiteltävä projekti on GRK Infra Oy:n tytäryhtiö GRK Infra Ab:n projekti Kiirunassa. Itse hanke sisältää GRK Infra Ab:lle kaksi urakkaa. Ensimmäinen urakka on tuottaa aliurakointina 8 betonirakenteista siltaa NYAB Infrastruktur Ab:lle. Toinen urakka on ST-urakka, jossa GRK Infra Ab pääurakoitsijana tuottaa kaksi liittopalkkisiltaa Trafikverketille, joka toimii hankkeessa tilaajana.. Kaikki 10 siltaa tulevat Kiirunan uudelle E10-valtatien ensimmäiselle etapille, joka yhdistää Karhuniemen ja Kurravaaran Kiirunan pohjoispuolelta. Urakoiden kokonaishinta on noin 9,5 miljoonaa euroa. E10-projektin ensimmäinen etappi käsittää noin 6 kilometriä uutta tietä ja siltojen tarkoituksena on yhdistää esteetön vapaa-ajan liikkuminen sekä jouheva liikennöinti. Alueella on suuri määrä kuntoilureittejä ja projektissa on pyritty huomioimaan vapaa-ajan liikkumisen esteettömyys merkityillä poluilla. Ihmiset pääsevät käyttämään siltatyömaita risteäviä pururatoja kesällä sekä talvella. Trafikverket yhdessä Kiruna Kommunin sekä paikallisten urheiluseurojen kanssa

on kuitenkin rakentanut noin 3,5 kilometriä pitkän lenkkipolun uuden E10-valtatien eteläpuolelle minimoidakseen työmaateiden ylitykset.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään ST-urakkaan ja liittopalkkisiltojen rakentamiseen. Kyseisen hankkeen tilaajana toimii Trafikverket ja rahoittajana LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag). Hanke on osa kaivosyritys LKAB:n suunnitelmaa siirtää Kiirunan kaupunkia kaivostoiminnan laajentuessa. Kiirunan kaupunki on tarkoitus siirtää kokonaisuudessaan kolme kilometriä pohjoiseen 20-30 vuoden kuluessa. (Kuviot 1, 2 ja 3.)



Kuvio 1. Kiirunan kunta vuonna 2015 (Poulsen 2015, 1)

Kaivostoiminnan jatkuessa Kiiruna luhistuu kaivosta kohden. Vaara on alkanut jo 1970-luvulla. (Poulsen 2015, 1.)



Kuvio 2. Kiiiruna vuonna 2033 (Poulsen 2015, 1)

Suurin osa Kiiirunan keskustaajamasta on vajonnut kohti kaivosta. (Poulsen 2015, 1.)



Kuvio 3. Kiiiruna vuonna 2100 (Poulsen 2015, 1)

Kuviossa 3 lähes koko kaupunki on luhistunut. (Poulsen 2015, 1.)

Hankkeen strategisina taustoina voidaan pitää malmin kaivamisen esteetöntä jatkumista. Malmi on elinkeino monelle kiirunalaiselle sekä työllistää ihmisiä ympäri Norrbottenin lääniä. Suurin osa LKAB:n malmista kuljetetaan rautateitä pitkin Norjan puolelle Narvikiin, josta se jatkaa rahtialuksilla kohtia suuria terästeollisuuden tehtaita. Malmijunia kulkee päivittäin kahdeksan kappaletta ja yhden malmijunan kokonaispaino voi olla jopa 6000 tonnia.

Kyseisen ST-urakan suurimpana haasteena on sen aikataulutus. Kahden liittopalkkisillan sekä kehäsiltojen on valmistuttava vuoden 2019 loppuun mennessä. Aikataulu on tiukka, sillä tämänhetkinen E10-valtatie vajoaa hetki hetkeltä maan sisään kaivostoiminnan laajentuessa. Lisämausteena projektille voidaan pitää suomalaisen ja ruotsalaisen työtavan yhteensovittamista esimerkiksi työn toteuttamisessa ja dokumentoinnissa.

Opinnäytetyön tavoitteena on GRK Infra Ab:n pyynnöstä tutkia arktisten olosuhteiden vaikutusta rakentamiseen sekä rakennuttamiseen. Työn tavoitteena on laatia tarkastuslistoja tarjouslaskentaan, tuotannon suunnitteluun sekä projektihallintaan liittyen. Työssä käsitellään siltarakentamista vahvasti Ruotsin näkökulmasta kuitenkin tuoden esiin siltateorioiden eroja Ruotsin ja Suomen välillä.

1.2 Tutkimusmenetelmät ja rajaukset

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä voidaan pitää kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Opinnäytetyön perustana on lämpötilamittaukset, joiden pohjalta arktisia olosuhteita on pystytty vertailemaan siltanormeihin sekä yleisiin käytäntöihin. Määrällisenä tutkimuksena voidaan myös pitää työtehojen sekä turvallisuuden seuranta, joissa tutkimus perustuu hyvin pitkälti tutkijan keräämään materiaaliin.

Tutkimus on rajattu liittopalkkisiltoihin, niiden rakentamiseen sekä rakennuttamiseen. Työn teoriaosuudessa käsitellään sillan rakennetta, yleisiä siltanormien eroja Suomen ja Ruotsin välillä sekä talvirakentamisen haasteita.

2 SILTARAKENTAMISEN TEORIAA

2.1 Teräsbetonikantinen liittopalkkisilta

Liittopalkkisilta on nopea ja kokonaistaloudellisesti edullinen tapa rakentaa silta. Teräsrakenne pystytään asentamaan työmaalla paikalleen päivässä sekä sillalla on pitkä käyttöikä. Liittopalkkisilta on terässilta, sillä teräspalkit toimivat pääkannatinmateriaalina. Sana liitto liittopalkkisillassa tarkoittaa kahden eri materiaalin liittoa. Kyseisissä silloissa tämä liitto on toteutettu teräksen ja betonin liittona. Siltojen päällysrakenteet koostuvat kahdesta teräspalkista ja paikallavaletusta teräsbetonisesta kansilaatasta, jotka toimivat liittorakenteena hyötykuormalle ja pintarakenteelle. (Tielaitos 1992, 6.) Liittopalkkisilta koostuu alusrakenteiltaan maatuista sekä välituista. Alusrakenteen ja päällysrakenteen väliin asennetaan ensin väliaikaiset liukulaakerit, jotka ohjaavat teräspalkit paikoilleen asentaessa. Teräspalkkien asentamisen jälkeen silta tunkataan ylös, jolloin pysyvät laakerit asennetaan paikoilleen. Arktisissa olosuhteissa käytetään kalottilaakereita, koska -50 pakkasasteen kestäviä kumipesälaakereita ei valmisteta. Liittopalkkisilta on hyvin yleinen tapa tehdä siltoja Ruotsissa. Liittopalkkisilta oli siis hyvin luonnollinen valinta molempien siltojen tuotantotavaksi kyseisessä projektissa.

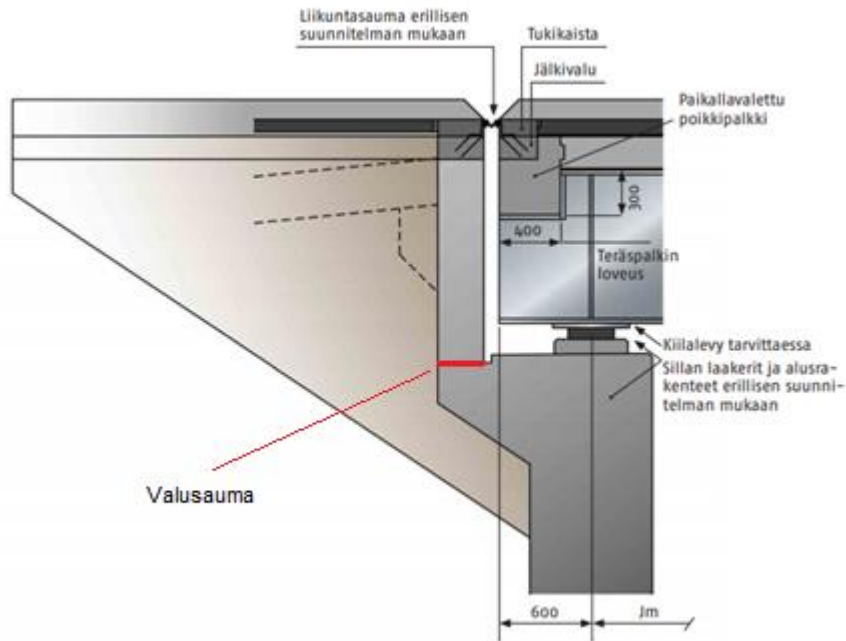
Alusrakenteissa tulee suunnitellessa kiinnittää huomiota betonipintojen suojaetäisyysvaatimukseen sekä betonirakenteissa käytettävien betonien pakkaskestävyysvaatimukseen. Teräspalkkeja valmistaessa on huomioitava hitsirailojen valmistusvara sekä hitsisaumojen kutistumisvara työjärjestyksen sekä hitsaustavan edellyttämällä tavalla. Teräsrakenteen valmistajan tulee itse määritellä valmistustoleranssit siten, että valmiin teräksen mitoissa päästään vaadittuihin toleransseihin. Teräspalkit tulee valmistaa lohkoissa, jotta kuljetus työmaalle on mahdollinen. Kuljetusta varten erityisesti sivutuentaan korkeissa rakenteissa on kiinnitettävä huomiota. Työmaalla tehtävästä hitsauksesta on tehtävä erillinen työsuunnitelma, joka luovutetaan tilaajalle. Hitsisaumat tulee tarkastaa silmämääräisesti. Kuitenkin hitsisaumoista tulee tarkastaa vähintään 10 % röntgenkuvauksella. Huomatessa epäkohtia tai hitsisaumoja, joita ei pystytä hyväksymään tulee kuvausta suorittaa 10 % lisää (Tie- ja vesirakennushallitus

1982, 9.) Kontrolli tulee suorittaa SS-EN ISO 17636-1 standardin mukaisesti ja hyväksyttävä SS-EN ISO 10675-1 standardin mukaisesti. Lohkojen paloittelu sekä muotoilu on tehtävä vaatimusten mukaisesti. Ruuvi- sekä pulttiliitoksia tehtäessä on käytettävä hyväksytyjä materiaaleja ja huomioitava teräspalkkien maalausvaihe.

Työmaalla teräsrakenne kootaan ennen paikalleen nostamista tai työntämistä, mikäli se on asentamisen kannalta mahdollista. Lohkojen yksitellen asentaminen käsittää lähinnä siltoja, joiden jänneväli on maksimissaan 30 metriä. Tämän pituuden ylitettyä nostoasennus ei ole taloudellisesti kannattavaa poislukien vesistösiltoja, etenkin merialueilla. Tällöin pystytään käyttämään merinostureita, joilla päästään keskelle siltaa ja lähelle nostopistettä. Muotit teräsrakenteeseen tehdään joko ennen tai teräsrakenteen asennuksen jälkeen. Muottipukit kannattaa asentaa ennen teräspalkkien asennusta, työ on paljon nopeampi sekä turvallisempi suorittaa. Sillan kansilaatta voidaan tehdä elementtirakenteena tai paikallavaluna. Kannen muottipukit voidaan tukea sillan teräsrakenteeseen. Muottipukit tulee yhdistää vetotangoilla toisiinsa, joka mahdollistaa muottien paikallaan pysymisen.. Teräspalkit eivät tarvitse rakennusaikaisia välitukia. Teräsrakenteen sekä laakereiden sijainti tulee tarkastaa ja tarvittaessa korjata ennen asentamista.

Liittopalkkisilta voidaan rakentaa korkealla tai matalalla reunapalkilla sekä reunavahvistamattomana. Kansilaatan valmistuksessa tulee tippuputkien sekä muiden varusteiden sijainti tehdä tyyppiopiirrustuksien mukaisesti. Siltasuunnittelija toimittaa teräsrakennetoimittajalle muotti- ja telinerakenteiden edellyttämät rei'itykset.

Sillan päätyrakenne voi olla osa päällyys tai alusrakennetta. Päätyrakenteen ollessa osa alusrakennetta tulee käyttää liikuntasauvoja. Päätyrakenne pystytään toimittamaan elementtinä tai tekemään paikallavaluna. Suunnittelijan on huomioitava mitoituksissaan päätyrakenteen passiivipaine sekä kuormat. Siirtymälaatta voidaan asentaa päätyrakenteen konsolin päälle. Siirtymälaatan tarkoituksena on tasata sillan ja penkereiden painumaeroja. Yleisten vaatimusten mukaisesti tavanomaisesti siirtymälaatta on joko 3 tai 5 metriä pitkä. (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Sillan päätyrakenne (Ruukki Construction 2015, 18)

Liittopalkkisiltojen tukimuurit suunnitellaan projektikohtaisesti kantavuuslaskelmien ja geologisten tutkimusten perusteella. Tukimuurin tarkoituksena on tukea maapengertä sekä ottaa vastaan maanpainetta. Päällystys- ja kaidetyöt, valaistus, täytöt sekä muut viimeistelevät työvaiheet antavat sillalle sen lopullisen ilmeen.

2.1.1 Siltanormien eroja Suomen ja Ruotsin välillä

Vertaillen Suomea ja Ruotsia keskenään on huomioitava, että kulttuurillisesti ruotsalaiset ovat tottuneet suunnittelemaan sekä johtamaan töitä ja suomalaiset tekemään sekä tuottamaan rakenteita. Ruotsalaiset panostavat myös enemmän brändiin, suomalaiset prosesseihin. Eroavuuksia on esimerkiksi tilaajan antamissa työselostuksissa, yleisissä laatuvaatimuksissa sekä myös työmaalla käytettävissä materiaaleissa ja työn toteutuksissa. Nämä eroavaisuudet eivät kuitenkaan vaikuta lopputuloksiin. Molempien maiden tuontantotavoilla päästään kestäviin ja laadukkaisiin rakenteisiin pitkällä käyttöiällä. Liittopalkkisiltojen tuotantoon liittyen on Ruotsissa enemmän kokemusta kuin Suomessa. Yleisesti ottaen siltarakentaminen on kokonaiskustannuksiltaan halvempaa Suomessa

kuin Ruotsissa. Tuotantoajat ovat verrattavissa toisiinsa. Ruotsissa on tärkeää toimittaa rakennepiirrustukset tarkastettavaksi riittävän hyvissä ajoin, sillä tarkastusprosessi on pitkäkestoinen ja jotta varmistetaan tuotannon oikeellisuus ovat hyväksytyt rakennepiirrustukset avainasemassa.

Suomessa infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista kertoo InfraRYL, joka on Rakennustiedon alainen tietotuote. InfraRYL määrittää infrarakentamisen rakennusteknisen laadun. Tilaajan tarvitsee sopimusasiakirjoissa vain viitata InfraRYLin yksilöityyn kohtaan saadakseen sen määrittäykset voimaan hankkeessa (Rakennustieto.fi.) InfraRYL sisältää sekä toimivuus- että tekniset vaatimukset.

Itse suomalaisen Rakennustiedon palveluihin kuuluvat:

- laajin suunnittelun ja hyvän rakennustavan tietolähde RT-kortisto
- hyvän talotekniikan ja rakennustavan ohjeet LVI-kortisto
- sisustusalan tietolähde Sisustussuunnittelu SIT
- rakennustuotannon suunnittelu Ratu-kortisto
- ennakoivaan ja suunnitelmalliseen kiinteistönpitoon KH-kortisto
- ohjeet yhdenmukaiseen infrarakentamiseen Infra-kortisto (Rakennustieto.fi).

Ruotsissa yleisistä laatuvaatimuksista kertoo AMA, joka tarkoittaa yleisiä materiaali- ja työselostuksia. AMA:n on kerätty suunnittelu- sekä suoritestandardit. Tilaaja voi viitata sopimusasiakirjoissa AMA:n ohjeisiin.

AMA sisältää:

- administratiiviset ohjeet ja säännöt Administrative Föreskrifter AMA
- maanrakentamisen Anläggning AMA
- talonrakentamisen Hus AMA
- lämmitys, ilmastointi ja saniteetti VVS AMA
- sähkö EI AMA
- jäähdytys Kyl AMA
- lisäksi myös ohjeista Råd och anvisningar RA AMA (AMA Byggtjänst).

InfraRYLin ja AMAn suurimpana eroavaisuutena voidaan pitää teosten tapaa tuoda laatuvaatimukset esille. InfraRYL on helppokäyttöinen ja esimerkiksi materiaalivaatimuksia vastaava materiaali löytyy InfraRYLin laatuvaatimuksista.

Ruotsin versio AMA taas on yleensä viittausperusteinen ja verrattaessa esimerkiksi materiaalivaatimuksia on AMAan kirjattuna vaatimukset mutta ei vastaavaa materiaalia.

Käytännön eroina työmaalla voidaan huomioida esimerkiksi jo valetun rakenteen lämmittämistarve ennen liittyvän rakenteen valamista sekä liittyvän rakenteen jäähdyttämistarve valamisen jälkeen. Tämä tarkoittaa siis esimerkiksi anturan lämmittämistä ennen pilariosan valamista ja vastaavasti pilariosan jäähdyttämistä valun jälkeen. Vanhan rakenteen lämmittäminen Ruotsissa on hyvä käytäntö, sillä se pienentää kutistumaa. Esimerkkinä ulkolämpötilan ollessa pakkasella, sitoutumislämpötilan ollessa 30 astetta ja uuden rakenteen ollessa vanhan päällä lämpötilaerot rajapinnassa ovat tuskin kovin suuret. Kutistumalla saadaan suurempi muutos rakenteeseen kuin lämpötilalla. Kyseiset kustannukset rakenteen lämmittämisessä ja jäähdyttämässä ovat marginaalikustannuksia ja Ruotsissa käytetään vähemmän terästä rakenteessa, joka mahdollistaa taloudellista hyötyä sillan kokonaiskustannuksia ajatellen. Muita tutkijan huomaamia eroja ovat muun muassa anturoiden ympärystäytöt, jotka tehtiin moreenista, jotta pyrittiin estämään kallion voimakas eroosio. Muottisiteiden tuli olla RST-tankoja alumiinisten sijasta. Kiirunan liittopalkkisilloissa päällysrakenteen pituussuuntaisen raudoituksen maksimikooksi oli aluksi merkitty 16 mm ruotsalaisen suunnitteluohjeen mukaisesti, mutta tähän tehtiin muutoksia ja liittopalkkisiltojen päällysrakenteen lisäteräksinä käytettiin 20 mm raudoitusta suomalaisen suunnitteluohjeen mukaisesti. Ruotsalaiset eivät kuitenkaan halunneet pintaan 20 mm raudoitusta sillä he epäroivät, että halkeamat päällysrakenteessa kasvaisivat.

Ruotsissa rakenteiden pintaraidoitus on paljon tiheämpi sekä terästä on kuutiossa betonia paljon vähemmän. Syy löytyy lähinnä kulttuurillisista eroista, sillä ruotsalaiset eivät kiinnitä laskelmissaan käytön aikaisiin halkeiluihin niin paljoa huomiota kuin suomalaiset.

2.1.2 Siltasuunnittelun eroja Suomen ja Ruotsin välillä

Siltasuunnittelun eroavaisuuksiin liittyen on tutkimuksessa haastateltu WSP:n suunnittelijoita ja haettu käytännön näkökulmia maiden siltasuunnittelun eroavaisuuksista. Siltasuunnittelulla on molemmissa maissa pitkät perinteet ja WSP kansainvälisenä konsernina on hyvin tunnettu infra-alalla. Kiirunan teräsbetonikantisiin liittopalkkisiltoihin käytettiin Ruotsin, Suomen sekä Tsekin WSP:n palveluita suunnittelussa. Ruotsalaiset vastasivat BMUKista (työselostuksista), projektihallinnasta, piirrustuksista sekä terässiltojen laskelmista suomalaiset ja tsekkiläisiä hyödynnettiin mm. pohjatutkimuksissa.

Suomalainen InfraRYL on suunniteltu niin, ettei suunnittelijan tarvitse puuttua työn tekemiseen. Suurin osa suunnitelmallisista sekä teknisistä laatuvaatimuksista ovat mainittuna sillan suunnitteluohjeiden raameissa. Ruotsalaisten suunnitteluohjeiden mukaan ruotsalainen suunnittelija laskee sekä suhteuttaa betonirakenteita enemmän kuin suomalainen, joka tarkoittaa käytännössä enemmän toimihenkilöitä pöydän ympärillä. Mitoittamisessa on myös eroja maiden välillä, Suomessa mitoitetaan käyttörajatilan mukaan, joka tarkoittaa kuormien aiheuttamaa rakenteen taipumaa, muodonmuutosta (esim. palkin taipumaa) tai rakenteen säilyvyysominaisuuksia (esim. halkeilua). Ruotsissa mitoitetaan murtorajatilan mukaan, joka tarkoittaa rakenteen sortumisen ja murtumisen tarkastelua. Suunnittelun tavoitteena on etsiä riittävän pieni todennäköisyys murtumiselle ns. osavarmuusluku. Käytännössä kuormituksessa käytön aikana tulevaan halkeiluun ei kiinnitetä niin paljon huomiota Ruotsissa kuin Suomessa. Ruotsissa kiinnitetään enemmän huomiota nimenomaan esimerkiksi kutistumien vaikutuksiin.

Suomen suunnitteluohjeet ovat jo valmiiksi suunniteltu arktisiin olosuhteisiin. Suunnitellessa siltarakenteita suunnittelija tarkastaa teräksen iskulaadun olosuhteisiin sopivaksi. Työnjohdon tulee informoida esimerkiksi laakeri- sekä liikuntasaumatoimittajia kylmistä olosuhteista. Ruotsalaiselle suunnittelulle olosuhteilla ja sijainnilla on merkitystä tehdessä suunnittelulaskelmia. Ruotsi on myös mallinnusosaamisessa perässä Suomea, sillä yleisesti piirrustukset ovat tilaajalle riittävä näyte rakenteista eikä mallintamista vaadita. Mallinnuksella

kuitenkaan poistetaan virheiden mahdollisuutta. Mallinnusosaaminen on kuitenkin Ruotsissa yhtä hyvällä tasolla kuin Suomessa mutta piirrustuksiin vertaaminen ja piirrustusten editointi on hitaampaa, joten mallintamiseen ryhdytään harvemmin, sillä se ”syö leipää pöydästä.”

Puhuttaessa suunnitelmallisista eroista kahden eri maan välillä on selvää, että molemmissa maissa on etunsa toisiinsa nähden ja tulevaisuudessa nähdään, saadaanko aikaiseksi laajempaa yhteistyötä kaikkien pohjoismaiden välillä, jotta voitaisiin pyrkiä yhdistämään kaikkien maiden toimivimmat tekijät ja tehdä näin kustannustehokkaimmat sekä laadukkaimmat mahdolliset sillat. Esimerkiksi hypoteettisesti ajateltuna Suomessa paljon puhutuista betonirakenteisten siltojen ongelmista osa olisi pystytty ehkäisemään jo ruotsalaiseen tapaan suunnittelupöydällä, jossa suunnittelijat itse olisivat käyneet kaikki rakenteiden laskelmat ja suhteuttamiset lävitse.

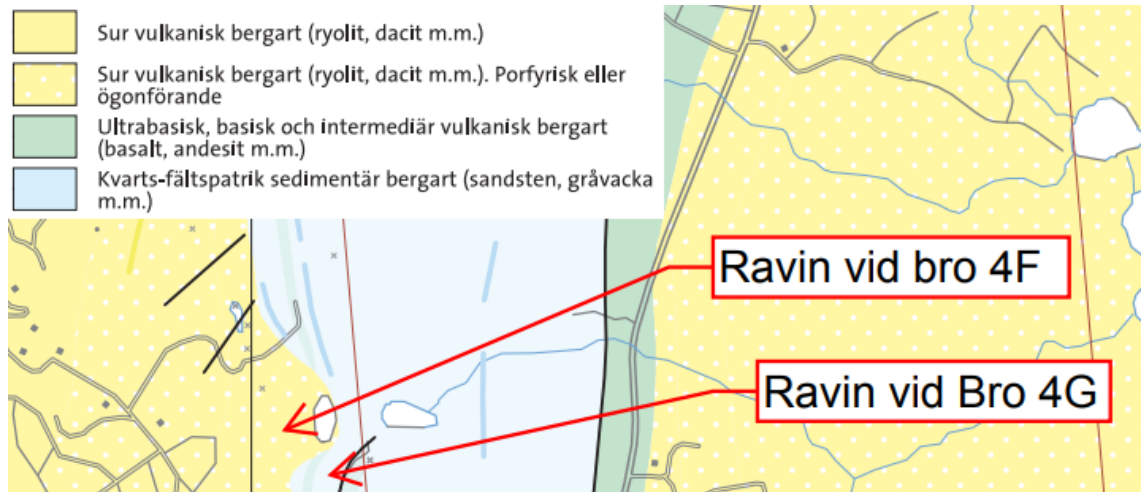
2.2 Kiirunan teräsbetonikantiset liittopalkkisillat

Projektin siltojen nimikkeinä olivat aakkosjärjestyksissä sillat 4A, 4B, 4C... 4J. Liittopalkkisiltojen nimikkeet olivat 4F ja 4G. Silta 4F sijaitsee paaluvälillä 4/430 – 4/530 ja on 100 metriä pitkä liittopalkkisilta. Silta koostuu kahdesta maatuesta, kahdesta välituesta sekä molemmissa päissä siltoja olevista tukimuureista 4kpl (1 rivi). Silta 4G sijaitsee paaluvälillä 3/860 – 4/100 ja on noin 200 metriä pitkä liittopalkkisilta. Silta koostuu kahdesta maatuesta, kolmesta välituesta sekä sillan molemmissa päissä olevista tukimuureista, joita on puolittain 6kpl (3 riviä).

2.2.1 Geotekniset tutkimukset

Alueen geologisista tutkimuksista voidaan lukea, että topograafisesti maa viettää alueella koillisen suuntaan. Molemmat sillat ovat sijoitettu koillinen – lounas suuntaisesti. Sillan 4F alueella kuru on syvimmillään 9 metrinen ja sillan 4G alueella noin 23 metriä. Siltojen alueen kasvillisuus koostuu lähinnä aluskasvillisuudesta, tunturikoivikosta sekä muutamista suuremmista koivuista. Aluskasvillisuuden kerroksen paksuus on hyvin vähäinen ja vaihtelee noin 10 – 20 sentin välillä.

Alueella kallio on enimmäkseen hiekkakiveä. 4F alueella oli geoteknisissä tutkimuksissa huomattu myloniittia sekä ryoliittia. Hiekkakiviesiintymä teki maaleikkauksista odotettua helpompaa. Kalliota pystyttiin kaivamaan osin vaadittuun korkoon kaivinkoneella, joten räjäytystöiden määrä oli arvoitua pienempi, joka tuotti myös taloudellista hyötyä. (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Geotekniset tutkimukset alueella (Trafikverket 2018)

Kiirunan liittopalkkisiltojen tarkoituksena on ylittää Sandstensbergetin sekä Matojärven välinen kuru ja Matojärven sekä Petsamon välinen kuru. Siltojen rakentamiseen liittyen myös kuntoilureittejä oli suunniteltu kulkevan siltojen alitse. ST-urakkana siltojen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaa päätoteuttaja.

2.2.2 Alusrakenteet

Kyseisen projektin alusrakenteissa käytettiin PERI-järjestelmämuotteja välituissa. Muottien sisäpinnat verhoiltiin sahatavaralla tilaajan vaatimusten mukaisesti. Järjestelmämuotit koottiin kasaan toisaalla, jonka jälkeen muotit kuljetettiin nostopaikalle ja nostettiin nosturin avulla paikoilleen. Välituet sidottiin yhteen pitkiltä sivuiltaan dywidag-tangoilla ja siipimuttereilla sekä nurkista PERI:n muottilukoilla. Järjestelmämuotit tuettiin telineitä hyväksikäyttäen sekä erillisillä tähän tarkoitukseen valmistetuilla betonipainoilla, jotka valunaikaisesti varmistivat välitukien stabiliteetin. (Kuvio 6; Liite 2.)



Kuvio 6. Välituki (GRK Infra Ab, 2018)

Kuvassa näkyy käytetty betoninen vastapaino sekä välituen telineet ja muotti.

Ennen valua myös laakerikorokkeiden raudoitus asennettiin sekä välituen ja korokkeen korkeusasemat tarkastettiin. Myös telinetavara suureen liittopalkkisiltaan toimitettiin PERI:ltä. Pienen liittopalkkisillan telinetavara oli Layher telineitä. Projektin maatuet rakennettiin puutavarasta, koska tilaajan vaatimus betonipinnalle oli sahattu lautapinta. Maatuen muotti tuettiin RST-tangoilla ja muottilukoilla, sekä revatuilla vinotuilla anturaan ja kallioperään. Ennen valua myös maatukien vetotunkkien levyt asennettiin lanseeraamista varten, laakerikorokkeiden raudoitus asennettiin sekä korkeusasemat

tarkastettiin. Kaikkien maatumien päätyrakenteiden tartunnoissa on Lenton-kierremuhviliitos, joilla teräsrakenteen työntäminen paikoilleen mahdollistettiin. Päätyrakenteen tartunnat pystyttiin näin jättämään lyhyiksi ja teräsrakenne työntämään paikoilleen. Normaalit tartuntaraudat olisivat olleet teräspalkkien tiellä. Välitukien tuotannon aikataulu oli hyvin tiukka, sillä varsinaista rakennusaikaa oli vain hieman alle neljä kuukautta. Tiukan aikataulun takia esimerkiksi teräspalkkien lanseerausta varten jouduttiin molemmilla liittopalkkisilloilla maatuen sisäpuolen muotti jättämään paikalleen ja täyttämään maatukea vasten louheella ennen tukimuurien tekoa, jotta erikoiskuljetus pääsisi peruuttamaan teräspalkit haluttuun asemaan. Lanseerauksen jälkeen louhepenkka poistettiin, jotta tukimuureja päästiin rakentamaan. Rakennuskohteen sijainti huomioon ottaen olosuhteilla oli suuri rooli projektin etenemisen kannalta, sillä alkutalvi Kiirunassa oli hyvin leuto ja rauhallinen myös tuulen osalta, joten nostotyö oli poikkeuksetta lähes aina mahdollista. Myös lumitilanne Kiirunassa oli hyvin poikkeuksellinen, sillä joulukuussa 2018 lunta oli vain noin 10 senttiä.

2.2.3 Päälysrakenteet

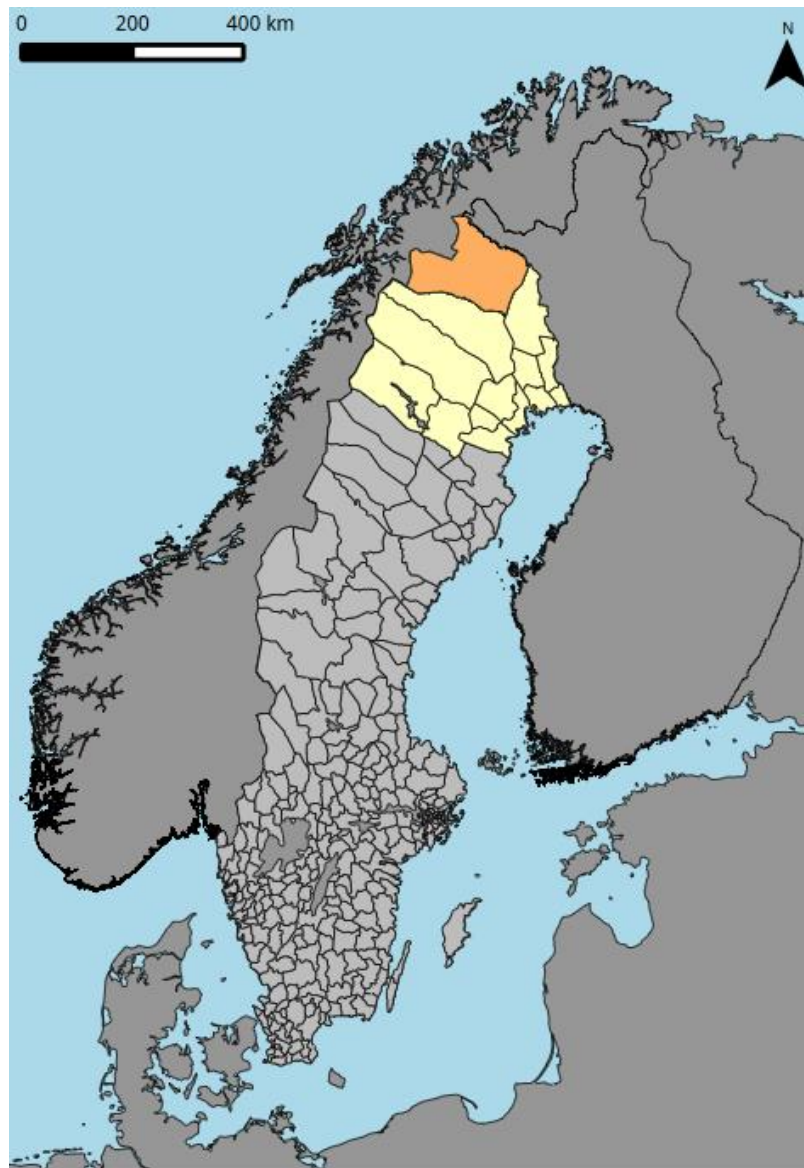
Päälysrakenteina liittopalkkisilloissa toimivat teräsrakenne sekä betoninen kansirakenne. Teräsrakenteen teräslaatu on pääpalkeissa alalaipassa S355NL, uomassa S355J2+N, ylälaipassa S355NL ja peltiosissa S355K2+N. Poikittaisissa tukipalkeissa peltiosissa S355K2+N ja profiilissa S355J2H. Pinnoitejärjestelmä on C5-M ja maalin värisävy NCS S 4550-Y80R, punainen. Teräspalkit asennettiin lanseeraamalla. Lanseeraus tarkoittaa vetotunkkien käyttämistä, jossa teräspalkkeihin asennetaan ohjaava asennusnokka, jonka tarkoituksena on estää palkkien taipumisesta johtuva törmäminen välitukiin. Maatukeen asennettiin kaksi palkkia, jotka tukivat vetotunkkeja sekä teräspalkkien toiseen päähän vaakapalkki, johon vaijerit kiinnitettiin. Ennen lanseerausta asennettiin väliaikaiset liukulaakerit, joilla teräspalkit ohjattiin paikoilleen. Lanseerausvaiheessa teräspalkkeja työnnettiin vetotunkeilla 80 bar paineella voiman ollessa noin 30 tonnia. Ennen lanseerausta teräspalkkeihin asennettiin muottipukit, jotka kiinnitettiin vetotangoilla toisiinsa.

Lanseerauksen jälkeen väliaikaiset liukulaakerit poistettiin ja tilalle asennettiin pysyvät kalottilaakerit, jotka hitsattiin kiinni teräsrakenteeseen. Kansi laudoitettiin sahatavaralla, jonka jälkeen kansi raudoitettiin sekä asennettiin varusteet. Kyseisessä projektissa liittopalkkisilta oli suunniteltu tehtäväksi korkealla reunapalkilla, koska molempien siltojen alitse kulkee kuntoilureitit, joten vesien ohjaaminen hallitusti oli järkevää. Matalalla reunapalkilla talvisaikaan vesi voi myös jäätyä reunapalkin sivulle, joka aiheuttaa visuaalista haittaa. Kansilaatta suoritetaan paikallavaluna, jolloin teräsrakennetta vasten tuettavat vinopukit oli kiinnitettävä toisiinsa vetotangoilla. Kansilaatan raudoituksessa maksimihalkaisija raudoitukselle on 20 mm, jotka asennetaan kannen pohjalle, pinnassa maksimihalkaisija on 16 mm.

Kyseisessä projektissa päätyrakenne toteutetaan paikallavaluna sekä osana alusrakennetta. Hankkeen tukimuureista yhdessä rivissä on jäykisteellä varustettuja tukimuureja, jolla tarkoitetaan, että tukimuurin keskiosassa sisäpuolista täyttöä vasten on niin sanottu ripa, joka mahdollistaa kapeamman seinäosan tukimuurissa. Muutoin hankkeen tukimuurit ovat tavanomaisia.

2.3 Kiiruna maantieteellisesti

Kiirunan kunta sijaitsee Ruotsissa, Norrbottenin läänissä ja on Ruotsin pohjoisin kunta. Kiirunassa sijaitsee Ruotsin korkein vuori Kebnekaise. Kunnan maapinta-ala on 19 155,37 neliökilometriä, joka on noin puolet Sveitsin pinta-alasta. (Statistiska Centralbyrån, 1.) Kiirunassa on tällä hetkellä noin 22 tuhatta asukasta ja tämä tekee noin 1,2 ihmistä neliökilometriä kohden. Arkeologiset etsinnät ovat osoittaneet, että ihmiset ovat eläneet alueella jopa 10 000 vuoden ajan. (Möller 2012, 104 – 116.) Tähän aikaan ihmisten elinkeino on ollut kalastuksen ja metsästyksen ohella poronhoito, joka on ollut tärkeä osa Kiirunan historiaa. Poronhoidon ohessa kalastus ja metsästyksen on ollut tärkeä osa saamelaista kulttuuria pohjoisessa. Suuri osa nykypäivän Kiirunan alueesta oli pitkään osa suurta poronhoitoaluetta. 1700- ja 1800-luvuilla Kiirunan alueelle alkoi ilmestyä kyliä, joista ensimmäisenä Jukkasjärvi. Muita kyliä kunnan alueella ovat Abisko ja Vassijaure lännessä, Karesuando, Kuttainen ja Övre Soppero pohjoisessa sekä Svappavaara ja Vittangi idässä. (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Kartta Kiirunan sijainnista (Backman, 2015, 3)

Kuvassa Norbottenin lääni merkattuna keltaisella ja Kiirunan kunta oranssilla. Kiirunan kunta rajoittuu Norjaan ja Suomeen.

Seuratessa Kiirunan leveyspiiriä 68° N mailman ympäri, huomataan että suurin osa alueesta on asumatonta erämaata. Lännessä leveyspiiri ulottuu Alaskan erämaahan ja idässä Kola Peninsulaan. Kiiruna sijaitsee noin 200km napapiiriltä pohjoiseen ja on keskus maailman suurimmalle kaivokselle, saamelaiskulttuurille sekä kontrastille revontulista kesäyön aurinkoon. Kiirunan sijainti pohjoisella leveyspiirillä on 68° . Kyseinen leveyspiiri 68° N ulottuu Kiirunasta länteen Alaskan erämaahan sekä itään Kola Peninsulaan.

2.4 Kiirunan historia

Kiiruna on perustettu 1900-luvun alussa kaivostoiminnan käynnistymisen takia. Kiiruna on kuitenkin kartoitettu jo vuonna 1736, kun Anders Hackzell antoi kahdelle paikalliselle vaaralle nimet Kiirunavaara ja Luossavaara Ruotsin kuninkaan Fredrik I:n ja hänen vaimonsa Ulrika Eleonoran jälkeen. Paikalliset ihmiset havaitsivat alueella olevan malmia, jota ei kuitenkaan pystytty kaivamaan paikan syrjäisen sijainnin sekä ankarien olosuhteiden vuoksi. (Wikipedia 2019, 1.)

Malmin kaivaminen aloitettiin Kiirunassa kuitenkin jo 1800-luvulla Luossajärven viereisestä kalliorinteestä. Malmin louhinnassa käytettiin samaa järjestelmää, jota oli aikaisemmin hyödynnetty Jällivaarassa. Malmi louhittiin kesäisin ja siirrettiin talvisin porojen ja hevosten voimin Palokorvan rautatehtaalle 140 kilometrin päähän. Ongelmaksi muodostui kuitenkin pitkä välimatka ja se, että kuljettamiseen kului niin paljon resursseja, että malmin kuljettaminen ei ollut kannattavaa. Rautamalmi sisälsi myös fosforia, joka tarkoitti että Kiirunan malmia olisi tullut jatkojalostaa ennen tehtaalle viemistä enemmän. (Wikipedia 2019, 66.)

Ratkaisu ongelmaan löytyi kuitenkin vuonna 1878, kun englantilaiset kemistit kehittivät niin sanotun Thomas-prosessin, jossa käytettiin Bessemer panosreaktoria, joka poltti ylimääräisen hiilin rautamalmista kun reaktoriin puhallettiin ilmaa. Ilman happi poltti rautaan liunneen hiilen ja tuloksena oli terästä. (Kuvio 8.)



Kuvio 8. Bessemesser konvertteri (Fotolia, 2018)

Kyseisen prosessin keksiminen oli erittäin tärkeä vaihe Kiirunan kaivoksen kannalta, sillä se mahdollisti rautatien rakentamisen Luulajasta Jällivaaraan ja täten Jällivaarasta aina Narvikiin asti. Kyseistä rautatietä kutsutaankin nykypäivänä Malmibaanaksi. Vuonna 1884 rautatien rakennustyöt alkoivat ja neljän vuoden jälkeen rautatie oli rakennettu Jällivaaran Malmbergetille saakka. Sen aikainen englantilainen kaivosyritys teki kuitenkin konkurssin ja joutui myymään toimintansa Ruotsin valtiolle, joka jatkoi kaivostoimintaa vuonna 1891. Päätös rautatien rakentamisesta Norjaan saakka tehtiin vuonna 1898 suuresta vastustamisesta huolimatta. Kansalaiset olivat huolissaan, että maan lävitse kulkeva rautatie aiheuttaisi venäläisten tunkeutumisen maahan. (Wikipedia 2019, 1.)

Vuonna 1897 Hjalmar Lundbohm, senaikainen vastuuhenkilö LKAB:lla sai tehtäväkseen suunnitella uuden yhteisön rakentamista yhdessä arkkitehtien kanssa. LKAB ostikin 500 hehtaaria maata kaivostoiminnalle ja 241 hehtaaria asumisalaa. 178 hehtaaria varattiin lisäksi myytäväksi yksityishenkilöille. Vuonna 1899 Malmibaana ylsi Luossavaaraan saakka, jossa kyseiseen aikaan asui noin 250 ihmistä. Virallinen nimi Kiiruna tuli voimaan vuonna 1900, kun arkkitehti Per-Olof Hallmanin aluekaavoitus tuli voimaan. Nimi valittiin, sillä se oli lyhyt ja helppo lausua aikaisempaan nimeen verrattuna, joka oli Luossajaure ja Luossavare. Vuonna 1903 rautatie Kiirunasta Narvikiin valmistui ja näin malmia pystyttiin rahtaamaan myös Narvikiin tehokkaasti. Tästä lähtien Kiirunan kaivosteollisuus on kasvanut vakaasti ja on nykypäivänä miljardibisnes ja tärkeä osa Ruotsin ulkomaankauppaa. (Kiruna Kommun, 2000.)

3 INFRARAKENTAMINEN KYLMISSÄ OLOSUHTEISSA

3.1 Arktisten olosuhteiden määrittäminen

Maantieteellisesti arktista aluetta rajaa pohjoinen napapiiri, mutta myös esimerkiksi lämpötila voi määrittää alueen olosuhteet arktisiksi. Aluetta pidetään lämpötilan puolesta arktisena, kun vuoden lämpimimmän kuukauden keskilämpötila ei ylitä +10 astetta. Muita määritelmiä arktisille olosuhteille on esimerkiksi ikiroudan ja metsänraja sekä poliittiset sopimukset. Perusominaisuuksia arktisille alueille ovat kylmyys ja valon määrän suuri vaihtelu. Talvet ovat pitkiä, synkkiä ja kylmiä kun taas kesät lyhyitä ja valoisia. Arktisille alueille auringon valon tulokulma on yleisesti hyvin pieni, joten valoa tulee alueille massoittain vähemmän kuin esimerkiksi Afrikkaan, joka on lähellä päiväntasaajaa. Arktisille alueille ominaista on myös suuri lumen ja jään määrä. Fennoskandiassa Golfvirta vaikuttaa olosuhteisiin, jonka takia alueella on paljon järviä sekä havumetsiä.

3.2 Olosuhteet Kiirunassa

Vallitsevat olosuhteet Kiirunassa vuoden 2018–2019 talvena olivat hyvin erityiset alueen ilmastolliseen historiaan nähden. Yleisesti Kiirunaa pidetään hyvin kylmänä, tuulisena sekä lumisena alueena, joissa vallitsevat arktiset olosuhteet. Lähistöltä alkavat Ruotsin vuoristo, josta pahimmillaan tulevat myrskytuulet voivat ylittää yleistä vaaraa aiheuttavan rajan. Tästä esimerkkinä vuoden 2014 maaliskuu, jolloin Kiirunassa vallitsi luokan 2 varoitus sääolosuhteista kovan tuulen takia. Tuulen nopeus ylitti parhaimmillaan jopa +25 m/s ja tämä tarkoittaa, että näkyvyys on olematonta ja liikkuminen kävellen mahdotonta. Projektin aikaisia myrskyjä olivat joulukuussa 2018 sekä tammikuussa 2019 vallinneet tuuliolosuhteet, jolloin esimerkiksi peitteitä lensi satojen metrien päähän ja korkealla työskentely oli kielletty. Kuitenkin olosuhteet olivat projektille suurimmilta osin hyvin suotuisat ja esimerkiksi nostotöitä pystyttiin suorittamaan lähes poikkeuksetta. Tarkemmat olosuhtetiedot ovat liitteessä 8.

Taulukko 1. Syyskuun 2018 olosuhdetietoja Kiirunasta

PÄIVÄ	PVM:	KL 07:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI
MA	2018-09-10		6		piilivistä	+3m/s		14		aurinkoista	+7m/s
TI	2018-09-11		5		sadetta	+1m/s		10		puolipiilv.	+7m/s
KE	2018-09-12		6		sumuista	+1m/s		11		piilivistä	+4m/s
TO	2018-09-13		6		piilivistä	+5m/s		12		puolipiilv.	+3m/s
PE	2018-09-14		4		piilivistä	+3m/s		10		piilivistä	+5m/s
LA	2018-09-15		2		piilivistä	+2m/s		7		paljon sadetta	+5m/s
SU	2018-09-16		3		paljon sadetta	+8m/s		6		paljon sadetta	+5m/s
MA	2018-09-17		0		poutaa	+2m/s		7		piilivistä	+2m/s
TI	2018-09-18		1		aurinkoista	+2m/s		9		aurinkoista	+0m/s
KE	2018-09-19		2		piilivistä	+2m/s		4		sadetta	+2m/s
TO	2018-09-20		3		sadetta	+5m/s		4		sadetta	+10m/s
PE	2018-09-21		3		piilivistä	+12m/s		11		aurinkoista	+12m/s
LA	2018-09-22		6		sadetta	+5m/s		8		sadetta	+6m/s
SU	2018-09-23		5		aurinkoista	+7m/s		7		piilivistä	+9m/s
MA	2018-09-24		-2		aurinkoista	+7m/s		5		aurinkoista	+5m/s
TI	2018-09-25		-1		sadetta	+4m/s		3		aurinkoista	+5m/s
KE	2018-09-26		-2		ensilumi	+2m/s		1		piilivistä	+2m/s
TO	2018-09-27		-1		piilivistä	+3m/s		3		aurinkoista	+4m/s
PE	2018-09-28		-3		aurinkoista	+2m/s		1		piilivistä	+3m/s
LA	2018-09-29		-4		piilivistä	+4m/s		2		piilivistä	+4m/s
SU	2018-09-30		1		piilivistä	+3m/s		3		sadetta	+2m/s
		K.ARVO	1,90476	SADE PV.	5		K.ARVO	6,57143	SADE PV.	6	

Taulukossa 1 on syyskuun olosuhdetietoja Kiirunasta. Työskentelyn kannalta syyskuu oli sateita lukuunottamatta positiivinen. Kovat sateet aiheuttivat anturoiden moreeniympäristäytöjen sekä välitukien pohjien vesittymistä, joka puolestaan hidasti seinien muotittamista maatuissa ja aiheutti pumppaamisen tarvetta välituissa.

Taulukko 2. Lokakuun 2018 olosuhdetietoja Kiirunasta

PÄIVÄ	PVM:	KL 07:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI
MA	2018-10-01		1		pilvistä	+4m/s		4		sadetta	+3m/s
TI	2018-10-02		-1		lumisade	+3m/s		2		pilvistä	+2m/s
KE	2018-10-03		-2		poutaa	+4m/s		-1		poutaa	+3m/s
TO	2018-10-04		-5		aurinkoista	+3m/s		-2		aurinkoista	+3m/s
PE	2018-10-05		-2		lumisade	+2m/s		-2		aurinkoista	+6m/s
LA	2018-10-06		-4		pilvistä	+5m/s		-3		aurinkoista	+6m/s
SU	2018-10-07		-6		pilvistä	+6m/s		-4		aurinkoista	+7m/s
MA	2018-10-08		-4		pilvistä	+5m/s		-2		aurinkoista	+5m/s
TI	2018-10-09		-3		pilvistä	+5m/s		5		pilvistä	+7m/s
KE	2018-10-10		-1		pilvistä	+3m/s		5		aurinkoista	+5m/s
TO	2018-10-11		-1		aurinkoista	+4m/s		1		aurinkoista	+4m/s
PE	2018-10-12		2		pilvistä	+5m/s		4		pilvistä	+5m/s
LA	2018-10-13		2		sadetta	+3m/s		4		pilvistä	+2m/s
SU	2018-10-14		1		poutaa	+3m/s		3		aurinkoista	+4m/s
MA	2018-10-15		1		poutaa	+2m/s		7		aurinkoista	+5m/s
TI	2018-10-16		0		poutaa	+3m/s		6		aurinkoista	+4m/s
KE	2018-10-17		1		aurinkoista	+4m/s		6		aurinkoista	+6m/s
TO	2018-10-18		0		poutaa	+4m/s		0		poutaa	+3m/s
PE	2018-10-19		1		pilvistä	+4m/s		1		pilvistä	+3m/s
LA	2018-10-20		0		pilvistä	+4m/s		-2		aurinkoista	+5m/s
SU	2018-10-21		-1		pilvistä	+4m/s		-1		aurinkoista	+4m/s
MA	2018-10-22		-2		aurinkoista	+3m/s		-2		aurinkoista	+3m/s
TI	2018-10-23		-5		pilvistä	+6m/s		-3		aurinkoista	+2m/s
KE	2018-10-24		-4		aurinkoista	3m/s		-4		poutaa	+2m/s
TO	2018-10-25		-5		poutaa	+3m/s		-3		aurinkoista	+5m/s
PE	2018-10-26		-4		poutaa	+3m/s		-6		poutaa	+5m/s
LA	2018-10-27		-8		pilvistä	+2m/s		-9		aurinkoista	+3m/s
SU	2018-10-28		-6		poutaa	+4m/s		-14		aurinkoista	+3m/s
MA	2018-10-29		-14		aurinkoista	+2m/s		-9		aurinkoista	+3m/s
TI	2018-10-30		-8		poutaa	+2m/s		-7		pilvistä	+2m/s
KE	2018-10-31		-6		poutaa	+3m/s		-3		aurinkoista	+3m/s
		K.ARVO	-2,6774	SADE PV	3		K.ARVO	-0,9355	SADE PV	1	

Taulukossa 2 on lokakuun olosuhdetietoja Kiirunasta. Lokakuussa ongelmia aiheutti lämpötilojen suuri vaihtelevuus, minkä takia työmaalla oli paikoittain hyvin liukasta. Tätä pyrittiin ehkäisemään ja ennakoimaan suolaamalla sekä hiekoittamalla. Työtapaturmilta välttyttiin, mutta esimerkiksi betoniautoilla oli ajoittain suuria vaikeuksia päästä valupaikoille, vaikka tie alueelle oli huolellisesti hiekoitettu. Toki positiivista rakentamiselle oli lumen hyvin vähäinen määrä sekä leudot kelit lämpötilan ja tuulen osalta. Lunta lokakuun lopussa Kiirunassa oli alle 5 cm ja rakennusolosuhteet erittäin hyvät.

Taulukko 3. Marraskuun 2018 olosuhdetietoja Kiirunasta

PÄIVÄ	PVM:	KL 07:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI
TO	2018-11-01		-2		sadetta	+3m/s		-1		poutaa	+3m/s
PE	2018-11-02		-6		lumisade	+2m/s		-5		sumu	+2m/s
LA	2018-11-03		0		lumisade	+1m/s		0		poutaa	+1m/s
SU	2018-11-04		1		pilvistä	+2m/s		1		aurinkoista	+2m/s
MA	2018-11-05		-2		poutaa	+3m/s		-1		aurinkoista	+2m/s
TI	2018-11-06		-2		pilvistä	+4m/s		0		poutaa	+2m/s
KE	2018-11-07		-1		poutaa	+2m/s		3		aurinkoista	+3m/s
TO	2018-11-08		-2		poutaa	+1m/s		-1		aurinkoista	+2m/s
PE	2018-11-09		-6		poutaa	+3m/s		-5		aurinkoista	+3m/s
LA	2018-11-10		0		sadetta	+2m/s		1		sadetta	+4m/s
SU	2018-11-11		0		pilvistä	+3m/s		0		sumu	+3m/s
MA	2018-11-12		1		sadetta	+2m/s		1		poutaa	+4m/s
TI	2018-11-13		-2		poutaa	+3m/s		-2		poutaa	+3m/s
KE	2018-11-14		-3		poutaa	+4m/s		-4		aurinkoista	+3m/s
TO	2018-11-15		-1		poutaa	+2m/s		3		pilvistä	+6m/s
PE	2018-11-16		4		poutaa	+5m/s		3		aurinkoista	+9m/s
LA	2018-11-17		4		poutaa	+14m/s		2		aurinkoista	+14m/s
SU	2018-11-18		0		poutaa	+10m/s		-1		aurinkoista	+8m/s
MA	2018-11-19		-4		pilvistä	+5m/s		-4		poutaa	+3m/s
TI	2018-11-20		-5		poutaa	+4m/s		-6		aurinkoista	+5m/s
KE	2018-11-21		-4		lumisade	+4m/s		-6		poutaa	+4m/s
TO	2018-11-22		-3		poutaa	+7m/s		-6		poutaa	+8m/s
PE	2018-11-23		-6		poutaa	+6m/s		-5		aurinkoista	+5m/s
LA	2018-11-24		-10		poutaa	+7m/s		-9		pilvistä	+7m/s
SU	2018-11-25		-8		pilvistä	+5m/s		-7		poutaa	+5m/s
MA	2018-11-26		-8		aurinkoista	+5m/s		-8		pilvistä	+4m/s
TI	2018-11-27		-8		aurinkoista	+6m/s		-9		pilvistä	+3m/s
KE	2018-11-28		-2		pilvistä	+4m/s		-4		aurinkoista	+4m/s
TO	2018-11-29		-2		poutaa	+3m/s		-1		aurinkoista	+4m/s
PE	2018-11-30		-5		pilvistä	+2m/s		-3		pilvistä	+3m/s
		K.ARVO	-2,7333				K.ARVO	-2,4667			

Taulukossa 3 on marraskuun olosuhdetietoja Kiirunasta. Marraskuu oli lämpötiloiltaan Kiirunassa poikkeuksellinen. Esimerkiksi vuoden 2017–2018 talvena marraskuussa Kiirunan keskilämpötila oli -7,5 astetta ja lunta yli 40 cm. Lunta vuonna 2018 marraskuussa Kiirunassa oli alle 1 cm ja rakennuskelit erittäin hyvät. Ainoana negatiivisena tekijänä oli työmaateiden sekä kulkureittien liukkaus, jota pyrittiin ehkäisemään suolaamalla ja hiekoittamalla. Varattuina nostopäivinä pystyttiin nostotöitä suorittamaan sekä valupäivinä betonia pumppaamaan.

Taulukko 4. Joulukuun 2018 olosuhdetietoja Kiirunasta

PÄIVÄ	PVM:	KL 07:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI
LA	2018-12-01		-2		poutaa	+4m/s		-1		poutaa	+3m/s
SU	2018-12-02		-3		pilvistä	+2m/s		0		poutaa	+3m/s
MA	2018-12-03		1		pilvistä	+3m/s		1		pilvistä	+2m/s
TI	2018-12-04		-6		poutaa	+1m/s		-5		pilvistä	+2m/s
KE	2018-12-05		-4		poutaa	+4m/s		-6		aurinkoista	+3m/s
TO	2018-12-06		-8		pilvistä	+3m/s		-10		poutaa	+2m/s
PE	2018-12-07		-14		pilvistä	+2m/s		-17		pilvistä	+3m/s
LA	2018-12-08		-6		lumisade	+2m/s		-8		lumisade	+2m/s
SU	2018-12-09		-8		pilvistä	+3m/s		-7		poutaa	+1m/s
MA	2018-12-10		-12		pilvistä	+2m/s		-10		poutaa	+2m/s
TI	2018-12-11		-10		pilvistä	+3m/s		-12		poutaa	+1m/s
KE	2018-12-12		-11		poutaa	+1m/s		-9		poutaa	+2m/s
TO	2018-12-13		-18		poutaa	+1m/s		-20		poutaa	+1m/s
PE	2018-12-14		-16		poutaa	+1m/s		-23		poutaa	+1m/s
LA	2018-12-15		-25		poutaa	+1m/s		-28		poutaa	+2m/s
SU	2018-12-16		-28		poutaa	+2m/s		-23		poutaa	+2m/s
MA	2018-12-17		-17		pilvistä	+3m/s		-15		pilvistä	+3m/s
TI	2018-12-18		-12		lumisade	+8m/s		-11		lumisade	+9m/s
KE	2018-12-19		-11		pilvistä	+9m/s		-8		poutaa	+7m/s
TO	2018-12-20		-6		pilvistä	+8m/s		-5		lumisade	+5m/s
PE	2018-12-21		-7		lumisade	+4m/s		-9		poutaa	+3m/s
LA	2018-12-22		-13		pilvistä	+3m/s		-11		pilvistä	+4m/s
SU	2018-12-23		-13		poutaa	+3m/s		-11		lumisade	+2m/s
MA	2018-12-24		-7		lumisade	+5m/s		-10		pilvistä	+2m/s
TI	2018-12-25		-11		lumisade	+5m/s		-6		puolipilv.	+7m/s
KE	2018-12-26		-10		poutaa	+6m/s		-11		pilvistä	+6m/s
TO	2018-12-27		-15		pilvistä	+12m/s		-13		pilvistä	+12m/s
PE	2018-12-28		-9		puolipilv.	+8m/s		-7		puolipilv.	+7m/s
LA	2018-12-29		-12		puolipilv.	+9m/s		-6		puolipilv.	+6m/s
SU	2018-12-30		-13		pilvistä	+7m/s		-11		puolipilv.	+9m/s
MA	2018-12-31		-9		lumisade	+15m/s		-9		pilvistä	+18m/s
		K.ARVO	-10,517	SADE PV	6		K.ARVO	-9,7857	SADE PV	4	

Taulukossa 4 on joulukuun olosuhdetietoja Kiirunasta. Joulukuu Kiirunassa oli tavanomainen lämpötilojen osalta. Huomioon otettavaa oli muutaman päivän erittäin kylmä jakso, jolloin sekä työntekijöillä että työkaluilla oli hankaluuksia suorittaa töitä. Työtehot kyseisinä päivinä laskivat erittäin mataliksi. Tiukka aikataulu pakotti kuitenkin pyrkimään välitukien viimeistelyyn valukuntoon ja tavoitteeseen päästiin. Kaikki välituet sekä laakerikorokkeet saatiin valettua ennen jouluvapaata. Joulukuussa oli kaksi kovaa lumisadetta, joiden aikana Kiirunaan satoi noin 20 cm lunta. Loppukuukaudesta Kiirunassa vallitsivat todella kovat tuulet, jotka repivät auki valunjälkeisiä peitteitä sekä lennättivät peitteitä ympäristöön. Kylmyys aiheutti myös laakerivalujen jälkilämmittämisen tarpeen, joka toteutettiin lämpömatoilla sekä 9 kW:n lämmittimillä, joiden annettiin olla valun jälkeen viikon paikoillaan. Näin ulko- ja rakenteen lämpötilaerot minimoitiin ja laatu varmistettiin.

Taulukko 5. Tammikuun 2019 olosuhdetietoja Kiirunasta

PÄIVÄ	PVM:	KL 07:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LÄMP		OLOSUHDE	TUULI
TI	2019-01-01		-8		lumisade	+15m/s		-8		pilvistä	+12m/s
KE	2019-01-02		-6		pilvistä	+13m/s		-8		pilvistä	+10m/s
TO	2019-01-03		-8		pilvistä	+12m/s		-7		puolipilv.	+11m/s
PE	2019-01-04		-6		lumisade	+6m/s		-4		pilvistä	+4m/s
LA	2019-01-05		-13		pilvistä	+5m/s		-10		poutaa	+4m/s
SU	2019-01-06		-9		pilvistä	+3m/s		-7		pilvistä	+5m/s
MA	2019-01-07		-6		lumisade	+6m/s		-6		lumisade	+6m/s
TI	2019-01-08		-3		pilvistä	+5m/s		-4		pilvistä	+5m/s
KE	2019-01-09		-6		poutaa	+8m/s		-7		poutaa	+10m/s
TO	2019-01-10		-7		lumisade	+14m/s		-2		poutaa	+17m/s
PE	2019-01-11		-6		lumisade	+15m/s		-5		poutaa	+16m/s
LA	2019-01-12		-5		poutaa	+9m/s		-4		poutaa	+10m/s
SU	2019-01-13		-8		pilvistä	+8m/s		-7		poutaa	+5m/s
MA	2019-01-14		-14		poutaa	+5m/s		-7		pilvistä	+4m/s
TI	2019-01-15		-10		pilvistä	+4m/s		-14		poutaa	+3m/s
KE	2019-01-16		-16		poutaa	+3m/s		-15		poutaa	+3m/s
TO	2019-01-17		-23		poutaa	+1m/s		-20		poutaa	+2m/s
PE	2019-01-18		-22		poutaa	+2m/s		-18		heik. lumisade	+2m/s
LA	2019-01-19		-17		poutaa	+2m/s		-18		aurinkoista	+1m/s
SU	2019-01-20		-19		poutaa	+2m/s		-16		aurinkoista	+2m/s
MA	2019-01-21		-15		poutaa	+2m/s		-15		poutaa	+3m/s
TI	2019-01-22		-12		poutaa	+3m/s		-13		pilvistä	+2m/s
KE	2019-01-23		-15		pilvistä	+1m/s		-20		heik. lumisade	+1m/s
TO	2019-01-24		-23		pilvistä	+2m/s		-23		poutaa	+2m7s
PE	2019-01-25		-24		poutaa	+1m/s		-25		pilvistä	+3m/s
LA	2019-01-26		-26		pilvistä	+2m/s		-25		aurinkoista	+1m/s
SU	2019-01-27		-28		lumisade	+3m/s		-29		lumisade	+1m/s
MA	2019-01-28		-28		pilvistä	+2m/s		-27		poutaa	+1m/s
TI	2019-01-29		-18		lumisade	+2m/s		-22		poutaa	+1m/s
KE	2019-01-30		-28		poutaa	+1m/s		-26		poutaa	+1m/s
TO	2019-01-31		-28		pilvistä	+0m/s		-27		pilvistä	+1m/s
		K.ARVO	-14,742	BADE PV	7		K.ARVO	-14,161	BADE PV	4	

Taulukossa 5 on tammikuun olosuhdetietoja Kiirunasta. Tammikuun lämpötiloista voidaan todeta, että loppukuukausi oli todella kylmä ja tästä aiheutui sekä aikataulullista ja taloudellista tappiota. Kyseisenä ajanjaksona tarkoituksena oli sekä maalata teräspalkkien hitsausseamit ja asentaa muottipukkeja sillan lanseeraamista varten, mutta kovien pakkasten takia sillan maalaustyöt vaikeutuivat erittäin paljon. Kyseisenä ajanjaksona kaikki Kiirunan alueen rakennustyömaat olivat seisokissa. Maalaustyöt myös epäonnistuivat sillä erittäin ankarien olosuhteiden takia maalaustarvikkeita ei pystytty pitämään tarpeiksi lämpiminä, jotta maalipinnasta olisi saatu tasalaatuinen ja vaatimukset täyttävä. (Kuviot 9 ja 10.)



Kuvio 9. Dieselkäyttöinen lämmitin (GRK Infra Ab, 2018)



Kuvio 10. Dieselkäyttöinen lämmitin (GRK Infra Ab, 2018)

Maalattavat hitsausseamat olivat suojattuna maalausteltoilla ja teltojen ulkopuolella sijaitsi kuvien mukaisia dieselkäyttöisiä lämmittimiä. Lämmitysajanjakso oli pitkä (10 päivää) ja kovan pakkasen aiheuttama kylmä ilma aiheutti lämmittimien toimintakatkoksia. Vuokrayritys vieraili tämän kymmenen päivän aikana työmaalla yhteensä 12 kertaa korjaten lämmittimiä. Polttoainetta lämmittimet kuluttivat noin 3500 litraa sekä lämmittimien tankin ollessa 30 litraa kului lämmittimien tankkaukseen myös paljon aikaa. Normaalisti maalausta varten lämmittämiseen pystyttäisiin varautumaan 9 kW:n sähköisellä flektilämmittimellä, joka laskee myös kustannuksia reilusti. Olosuhteiden ollessa erittäin arktiset jouduttiin maalausta varten varautumaan erityisen laajalla varustuksella.

Huomioon otettavaa näin kylmissä olosuhteissa oli myös se, että työkalut lopettivat toimintansa. Naulapyssyt jumiutuivat, porakoneiden akut eivät kestäneet ja bensiini- sekä dieselkäyttöiset laitteet eivät joko käynnistyneet tai pysyneet kovilla pakkasilla käynnissä. Tästä esimerkkinä aivan uusi dieselkäyttöinen generaattori, joka kovien pakkasten vuoksi keräsi polttoainesuodattimen sisään jäähilettä ja näin ollen ei pysynyt käynnissä, jonka vuoksi osaa sähkölämmityksestä ja valaistuksesta ei pystytty pitämään käynnissä. Myös sosiaalituloissa ilmeni vaikeuksia, kun vesiputket sekä viemäriputket jäätivät eristämisestä huolimatta. Tämä aiheutti ylimääräisiä kustannuksia kun putkistoista jouduttiin etsimään tukokset sekä lämmittämään / sulattamaan useita tunteja kerrallaan. Tämä myös vaikutti epäsuorasti työtehoihin, sillä esimerkiksi WC-käynnit ja käsien pesemiset jouduttiin tekemään muualla, jonne täytyi matkustaa autolla. Sosiaalituloihin juokseva vesi oli tilattu sivu-urakoitsijan kautta, joka ei talvella alueella työskennellyt ja näin ollen ollut varautunut vesijohtojen riittävään eristämiseen.

Kyseinen viivästyminen maalaus- ja pukitustöissä viivästytti myös sillan lanseeraamista muutamalla viikolla ja näin ollen koko aikataulu siirtyi luonnollisesti samanaikaisesti eteenpäin. Kuviossa 11 on kuva maalaustöissä käytetystä lämmitetystä säiliöstä.



Kuvio 11. Vesisäiliö (GRK Infra Ab, 2018)

Arktisten olosuhteiden erikoisuuksia. Kyseisessä kuvassa on IBC-säiliö, jota käytettiin teräspalkkien hitsausaumoja maalatessa saumojen sekä välineiden puhdistusta varten. Kyseinen säiliö on kierretty ulkopuolelta betonissa käytettävällä lämpönauhalla ja vuorattu tämän jälkeen routamatolla kolminkertaisesti. Tämä mahdollisti veden pysymisen jopa 40 asteisena kun ulkoilman lämpötila laski alle 30 pakkasasteeseen.

Myös alkukuukaudesta Kiirunan alueella vallinnut myrsky aiheutti pieniä aikataulullisia sekä taloudellisia tappioita. Alueella vallitsi luokan 1 ja 2 myrskyvaroitus, joilla tarkoitetaan seuraavaa:

*”Kova tuuli voi aiheuttaa ongelmia korkeille ajoneuvoille. Liikkuminen hankalaa.
Lumen pölyäminen voi aiheuttaa erittäin huonoa näkyvyyttä.”*

”Rakennuksille voi aiheutua vahinkoa lentävistä esineistä. Riski suurille metsävahingoille sekä sähkö- ja telelinjojen katkeamiseen. Erittäin vaikea liikkua. Erittäin huono näkyvyys.”

(SMHI, Varningsdefinitioner klass 1 & 2).

Kyseisen myrskyn aikana korkealla työskentely oli kiellettyä. Tämä tarkoitti, ettei välituille tai maatukien päälle saanut nousta. Tuulen voima oli niin valtava, että juuri lanseerattu 4F silta jouduttiin kiinnittämään kaiken varalta ylimääräisillä liinoilla kiinni laakerikorokkeisiin, jotta päällysrakenne ei pääse liikkumaan sillä pysyviä laakereita ei ollut vielä myrskyn ajankohtana asennettu. Valtavan voimakas tuuli aiheutti myös useiden peitteiden maastoon lentämistä ja suurten roska-astioiden kaatumisia. Kyseisen kahden päivän aikana tuotanto hidastui merkittävästi eikä kyseistä myrskyä varten oltu varauduttu riittävän ajoissa suunnitellen työvaiheita myrskyn mukaisesti.

Positiivisena asiana olosuhteita ajatellen voitiin pitää lumen vähyyttä. Tammikuussa 2019 Kiirunassa oli erittäin vähän lunta, vain 20 - 30 senttimetriä, joten lumen vaikutus töihin oli erittäin marginaalinen. Myös taloudellista hyötyä lumen vähyydestä oli paljon, sillä esimerkiksi lumitöitä oli merkittävästi vähemmän. Lumen vähyys ei hidastanut myöskään työn tekemistä niin paljoa kuin suuri lumen määrä. Työskentelyalueita ei tarvinnut puhdistaa lumesta niin usein eikä liikkuminen työskentelyalueilla muodostunut hankalaksi.

3.3 Olosuhteiden vaikutus työturvallisuuteen

Yleisesti voidaan pitää totena, että talvisin riski liukastumiselle ja kaatumiselle on suurempi kuin kesäisin. Lumi ja jää aiheuttavat monia vaaratilanteita vuosittain ja suurin osa näistä on ehkäistävissä ennakoivilla toimenpiteillä. Valmistautuminen talvea varten alkaa lumen puhdistuksen suunnittelulla sekä hiekoittamisella. Suuremmissa projekteissa työmaalla on aina yleismiehiä, jotka toteuttavat kulkureittien lumen puhdistuksen ja hiekoituksen tarvittaessa jopa päivittäin. Varastopaikat sekä muut lumen alle jäävät alueet tulee merkitä selvästi, jotta vältetään taloudellisilta tappioilta, joita aiheutuu materiaalien katoamisesta ja niiden etsimisestä työajalla. Hiekoitusmateriaalille on hyvä valita purkupaikat

ennakkoon, jotta materiaali pystytään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Myös lumen auraaminen tulee suunnitella, jotta ehkäistään mahdolliset näköesteet ja vaaranpaikat liikennöidyillä alueilla. Hyvällä suunnitellulla ja toteutuksella päästään haluttuun lopputulokseen laadukkaasti ja taloudellisesti.

Kiirunaprojektin työturvallisuuteen liittyen oli projektissa käytössä kaksi työturvallisuuden mittaria. Suomalainen Maa- ja Vesirakentaminen eli MVR-mittari sekä ruotsalainen Skydds- ja Miljöronnd. Kopio kaavakkeista löytyy liitteinä ja 10. Molempien mittareiden tarkoituksena on mitata työmaan turvallisuutta ja nostaa esille mahdollisia puutteita työturvallisuudessa tai ympäristöriskejä. Jatkuvan tilan seurannalla pystytään eliminoimaan kaikki puutteet hyvissä ajoin sekä mittauksilla pystytään myös kuuntelemaan työntekijöiden edustajaa ja ottamaan huomioon työntekijöiden mielipiteitä.

Turvallisuustason mittaus antaa tietoa siitä, missä mennään ja miten voitaisiin toimia entistä paremmin järjestelmällisesti ja suunnitelmallisesti. MVR-mittauksessa havainnoidaan sekä9 kunnossa olevia, että parannusta vaativia turvallisuusasioita. Mittaus antaa arvosanan työmaan turvallisuustasosta. Mittauksessa mitataan turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä työvaiheittain, esimerkiksi kalusto, ajo- ja kulkuväylät, suojaukset sekä yleinen järjestys. MVR-lomake täytetään tekemällä ensin havainnointikierros, jonka jälkeen lasketaan korjattavat sekä oikein menneet asiat, josta laskukaavalla oikein tehdyt asiat jaetaan oikein sekä korjattavien summalla. Ennen jakolaskua molemmista vähennetään havainnointien määrä, jonka jälkeen kerrotaan sadalla. Tuloksena on MVR-indeksi.

Skydds- ja Miljöronndin tarkoituksena on systemaattisella tarkastuskierroksella huomata riskejä ja puutteita turvallisuudessa. Kierroksen tarkoituksena on täydentää työympäristön työskentelyä ja etsiä sekä ehkäistä riskejä ja puutteita ruotsalaisen Arbetsmiljöverketin vaatimusten mukaisesti. Vaatimusten mukaisesti jokaista kierrosta varten tulee päätoteuttajan kutsua mukaan myös työsuojeluvaltuutettu, jonka kanssa kierros tehdään. Vertaillessa MVR- mittausta sekä Ruotsin Skydds- ja Miljöronndia suurimpina eroina on lähinnä konkreettisen, prosentuaalisen turvallisuustason mittarin puuttuminen ruotsalaisesta versiosta.

Tilajalla oli projektin turvallisuusmittauksiin liittyen pyyntönä, että satunnaisesti mittauksia suoritettaisiin myös pimeän aikana ja tarkasteltaisiin onko pimeällä havaittavaa erityistä vaikutusta työturvallisuuteen. Kuitenkin työmaan valaistus, varastointi ja turvallisuusjärjestelyt olivat yleisesti hyvällä tasolla, joten mittauksissa pimeänä aikana ei tullut ilmi erityisiä puutteita. Tilaja osallistui myös mielellään mukaan suomalaiseen MVR-mittaukseen ja oli aidosti kiinnostunut suomalaisesta turvallisuussuunnitelmasta.

Arktisten olosuhteiden vaikutuksina työmaalla tapahtui yksi läheltä piti -tilanne, jossa lumella oli vaikutusta tilanteen aiheuttajana. Kuitenkaan sairauslomaa ei tilanteen johdosta aiheutunut. Edellisenä päivänä alueella oli satanut lunta ja työntekijä liukastui välituen portaikossa seuraavana aamuna. Päätoteuttaja toteutti riskienhallintana sääolosuhteiden valvontaa ja lumisateiden sattuessa tuli kaikki portaikot sekä muut kulkureitit puhdistaa lumesta ennen töiden aloittamista. (Kuvio 12.)



Kuvio 12. Telineiden puhdistaminen (GRK Infra Ab, 2018)

Kuvassa läheltä piti- tilanteeseen liittyen vastaavanlainen portaikko ennen lumen puhdistusta ja puhdistuksen jälkeen. Lumenpuhdistustyö kestää vain

kymmenestä viiteentoista minuuttia ja parantaa työturvallisuutta huomattavasti. Kuviossa 13 ja 14 pyöräkuormaajalla suoritettuun teiden puhdistamiseen liittyvät kauhat.



Kuvio 13. Oikea lumenpuhdistamiseen tarkoitettu kauha (GRK Infra Ab, 2018)

Lumen puhdistus pyöräkuormaajalla suoritettiin erityisellä auraukseen suunnitellulla siipilumikauhalla.



Kuvio 14. Vääränlainen lumenpuhdistuskauha (GRK Infra Ab, 2018)

Tasauskauhalla auratessa pinta jää erittäin liukkaaksi, joka voi aiheuttaa vaaratilanteita.

3.4 Työturvallisuuteen ja arktisiin olosuhteisiin liittyviä puutteita

Sekä tilaaja että päätoteuttaja huomasivat erittäin hyväksi tavaksi toteuttaa molempia turvallisuustason mittauksia työmaalla. Työmaalla henkilökohtaiseen suojaruustukseen kuuluivat myös suojasilmälasit. Työntekijät kokivat kuitenkin hieman ongelmalliseksi lasien huurteen jääytymisen suojasilmälasien pintaan. Huurtuminen aiheutuu, kun ihmisen hikoillessa suojasilmälasien pinta huurtuu ja kylmän ilman vaikutuksesta kyseinen vesihöyry jäätyy lasien pintaan aiheuttaen näköhaitan suojasilmälasien pintaan sekä myös puhdistustarpeen. Henkilöhaastattelussa työntekijöitä kyseinen ongelma vallitsi päivittäin ja vei aikaa työntekemisestä noin 15 minuuttia.

Arktisiin olosuhteisiin liittyen useiten esille mittauksissa tuli hiekoittamisen tarve. Kiirunassa hiekoittamisesta ongelmallisen teki kovan tuulen ja lauhan kelin yhdistelmä varsinkin talven alussa. Tämä aiheutti paljon liukkautta kaikilla kulkuväylillä sekä teillä ja hiekoittaminen oli hankalaa, koska hiekka ei tarttunut jäiseen tien pintaan. Ilman jäähtyessä kova tuuli tuiskutti lunta kulkuväylille, joka puolestaan aiheutti liukkautta, koska alla oleva hiekkakerros ei estänyt liukkautta kulkuväylillä. Tuulen nopeuden lasiessa kovilla pakkasilla myös hiekoittamisen tarve vähentyi, sillä pakkautunut pakkaslumi ei luista kengän alla samoin kuin tuiskulumi. Työmaateitä on myös helppo ylläpitää, koska siipilumikauhalla pystytään karhentamaan tien pintaa siten, että alla oleva hiekoituskerros saadaan pintaan ja tie näin hiekoitettua ilman ylimääräistä hiekoitusmateriaalia.

Arvioitu puhdistamistarve kävelyreiteille sekä pilaritelineille oli noin 2 kertaa viikossa johtuen vähälumisuudesta. Kaikkiaan puhdistustyöt tarkoittivat yhdelle työmiehelle neljän tunnin työtä, joka tarkoittaa 8 tuntia viikossa lumen puhdistamista sekä hiekoittamista.

3.5 Työmenekkien seuranta

3.5.1 Työvoima

Aliurakoitsijoita kilpailutettaessa on päätoteuttajan otettava huomioon monta asiaa. Työvoimaa valittaessa on vaikuttavia tekijöitä kustannukset, tunnettavuus sekä kielitaito. On tärkeää, että työmaan kommunikointi on jatkuvaa sekä ongelmatonta, jotta pystytään varmistumaan, että molemmat osapuolet ymmärtävät toisiaan ja pystyvät tekemään työtä halutun tavan mukaisesti. Kilpailutus tulee tehdä riittävän ajoissa, koska yleisesti ottaen parhaimmat urakoitsijat tekevät sopimuksensa työmaihin jo hyvissä ajoin ennen urakoiden alkamista. Kaikista mutkattomin yhdistelmä on, jos päätoteuttaja ja aliurakoitsija puhuvat samaa kieltä. Myös edeltäneillä yhteisillä onnistuneilla projekteilla on suuri merkitys.

3.5.2 Työtehojen seuranta arktisissa olosuhteissa

Työtehojen seuranta työmaalla suoritettiin työnjohtotehtävien ohessa ja tulokset kirjattiin ylös. Tuloksia verrattiin aikatauluun sekä suoritetuista työpanoksista tehtiin laskelmia. Työmaalla työskennelleen aliurakoitsijan sekä päätoteuttajan yhteinen kieli oli englanti ja aliurakoitsijan puolelta kyseisen kielen ymmärtäminen oli puutteellista. Tästä johtuen kului normaalia enemmän aikaa esimerkiksi työvaiheiden selostamisessa ja aiheutui tarpeettomia väärinymmärryksiä. Aliurakoitsija toimi yhden työnjohtajan sekä yhdeksän betonityöntekijän voimin, joita päätoteuttaja valvoi. Projektiin aliurakoitsija oli palkattu tuntiperusteisesti urakkasopimuksen sijaan. Kyseinen aliurakoitsija oli ennalta tunnettu yhteisistä projekteista, joiden perusteella aliurakoitsija valittiin työmaalle töihin.

Työsuoritteissa olosuhteilla oli erittäin suuri merkitys työntekijöiden työpanoksiin, sillä lämpötilan kylmetessä sekä lumi- ja vesisateiden aikaisesti työpanokset laskivat alhaisiksi ja työ eteni hitaasti. Lämpötilan ollessa alle -10 astetta oli aliurakoitsijan työpanos noin 50 % halutusta. Päätoteuttaja kävi aliurakoitsijan kanssa usein keskustelua työpanoksen laskun aiheuttajista, mutta selkeää syytä

keskustelusta huolimatta ei löytynyt. Pää toteuttaja pyrki saavuttamaan menetettyä aikaa palkkaamalla kaksi aliurakoitsijaa lisää rauditus- ja muotitustöihin ja pääsikin haluamaansa lopputulokseen, koska suunnitellut työt valmistuivat vuoden 2018 loppuun mennessä aikataulun mukaisesti. Pää toteuttajalla oli myös alaisuudessaan yksi työntekijä, joka vastasi työturvallisuuden ylläpitämisestä lumen sekä jään puhdistamisella sekä työalueiden hiekoittamisella. Kyseinen ratkaisu huomattiin toimivaksi, sillä se vähensi aliurakoitsijan työalueiden puhdistustarpeita ja näin ollen paransi työpanoksia. Kuitenkin yhden aliurakoitsijan epäonnistuessa työpanoksissa tapahtui projektissa huomattavia taloudellisia tappioita.

Työpanoksia laskettaessa pää toteuttaja huomasi, että kyseisen aliurakoitsijan työpanokset eivät vastanneet alan standardeja ja jäivät kauttaaltaan alle laskettujen työpanosten. Pää toteuttaja vaihtoikin strategiaansa kesken projektin ja palkkasi aliurakoitsijoita ainoastaan urakkapohjaisilla sopimuksilla työpanosten varmistamiseksi. Ratkaisu oli projektin kannalta toimiva ja olosuhteiden merkitys työpanoksiin laski merkittävästi.

3.6 Yhteenveto

Kustannuksia vertaillen on yleisenä talvityölisänä pidetty noin 30 %. Vuoden 2018–2019 alkutalvi oli kuitenkin hyvä osoitus siitä, kuinka paljon olosuhteet voivat vaihdella jopa päivittäin ja kuinka olosuhteet vaikuttavat eri tavoin tuotannon eri osa-alueisiin. Vesisateen jälkeinen pakkaskeli jäädyttää materiaaleja yhteen, kovat lumisateet hautaavat materiaaleja lumen alle ja materiaalit voivat näin ollen vaurioitua koneellista lumityötä tehdessä. Myös kova pakkanen laskee merkittävästi työntekijöiden työtehoja. Otettaessa huomioon esimerkiksi puhdistustyöt tarpeet kulkuväylillä, joihin kului aikaa noin 8 tuntia viikossa, muodostuu kyseisestä työstä 32 tuntia kuukaudessa, joka on kaikki työntekijän kustannukset huomioiden yhteensä noin 1120 euroa. Kustannuksiin täytyy myös lisätä pyöräkuormaaja, joka puhdistaa kaikki ajettavat kulkureitit. Puhdistustyöhön menee kertaluontoisesti noin kolme tuntia ja tarve puhdistustöille on noin 1–3 kertaa viikossa. Tästä muodostuu esimerkiksi kolmen

kuukauden tarkastelujaksolla keskiarvona noin 3500 euroa. Muina kustannuksina voidaan pitää kovilla pakkasilla työtehojen laskemista ja työkalujen toimimattomuutta, joista saadaan esimerkiksi viidelle työntekijälle 50 % laskeneella työteholla kolmen kuukauden tarkastelujaksolla kustannuksia lisää 19 200 euroa. Tarkemmat esimerkkilaskelmat ovat liitteessä 7.

Työtä varten kerätty lämpötilamittaus olosuhteista suoritettiin käsin kirjaamalla paperille päivittäin lämpötilatietoja Kiirunasta. Betonirakenteiden lämpötilamittaukset tallennettiin laitteesta tietokoneelle ja varsinkin alussa ongelmaksi huomattiin laitteen sekä tietokoneen yhdistäminen toisiinsa. Ensimmäiset mittaustulokset tuhoutuivatkin tiedostoja siirtäessä. Syytä tuhoutumiselle ei tiedetä.

Tärkeitä ydinkohtia talvirakentamisessa ovat työn jatkuva ennakoiva suunnittelu sääolosuhteiden mukaisesti, riittävä materiaalivalmius yllättäviä materiaalimenetyksiä tai vastaavasti olosuhdemuutoksia varten sekä työturvallisuus. Tarjousta jätettäessä sekä projektia suunnitellessa tärkeinä kohtina arktisia olosuhteita ajateltaessa voidaan pitää rakennusalueen ennakoivaa tarkastelua, jossa huomioidaan alueen historialliset sääolosuhteet sekä sijainti. Tärkeää on myös tarkastella paikallisia valmiuksia. Paikallisina valmiuksina voidaan pitää esimerkiksi rakentamiseen liittyvien palveluiden saatavuutta sekä oheispalveluita. Tärkeää talvitöissä on riittävä kokemus ja ennakointi, milloin myös urakasta normaalisti riippumattomat tekijät voivat olla tarpeellisia pikaisella aikataululla. Esimerkkinä tästä lumen luominen.

Suurimpana ongelmana talvitöitä suunnitellessa on riittämätön aika. Työnjohdon vastatessa dokumentoinnista sekä työn ohjaamisesta työmaalla jää niin sanotut oheistoiminnot helposti tekemättä. Säätiedotusten seuraaminen päivittäin, lumisateiden jälkeiset kaikkien varastointialueiden puhdistamiset ja samoin alueiden kyltittämiset, materiaalimennekkien sekä hukattujen materiaalien ylöskirjaamiset sekä ennakoivien työtehtävien jakaminen ovat kaikki tärkeitä töitä projektiin liittyen. Kyseiset työtehtävät vievät kuitenkin myös paljon aikaa. Yllättävien lumisateiden tai myrskyisten säiden sattuessa on suuri riski

materiaalimenetyksille. Kyseisistä menettelyistä tulee usein niin sanottu tuplakustannus, jossa sama materiaali joudutaan hankkimaan useaan kertaan. Lumimyrskyt muokkaavat usein työalueita aivan erilaisiksi kuin ne olivat esimerkiksi edellisenä päivänä, joten materiaalien etsimiseen sekä esimerkiksi sähköjen siirtämiseen kuluu normaalia paljon enemmän aikaa.

Muina mainittavina talvityön ongelmina ovat kovat pakkaset sekä vaihtelevat sääolosuhteet. Arktisilla alueilla lämpötila voi laskea alle -25 asteeseen jopa useiksi viikoiksi kerrallaan ja näin kylmissä lämpötiloissa vaikutukset työlle voivat olla merkittäviä. Työntekijöistä riippumatta työtehot laskevat merkittäväst, koska normaalipukeutumisella työntekijät joutuvat lämmittelemään sisätiloissa säännöllisesti ja liiallisella vaatetuksella he eivät pysty työskentelemään vaaditulla tehokkuudella. Myös kaasulla ja sähköllä toimivat työkalut lakkaavat toimimasta, joka huomataan esimerkiksi naulapyssyjen sekä ruuvivääntäjien tehostomuutena. Myös lämmittimet sekä muut polttoainekäyttöiset apulaitteet sekä työkonet käyttävät enemmän polttoainetta ja esimerkiksi riski hydraulisten putkien jäätymiselle on suuri. Vaihtelevilla sääolosuhteilla tarkoitetaan useita erilaisia säävariaatioita lyhyellä aikavälillä. Esimerkiksi näkyvyys voi vaihdella kirkkaasta lähes nollaan jopa tunnissa, lämpötilat voivat vaihdella hyvin kylmästä jopa plus asteisiin päivässä ja vaihtelevat tuuliolosuhteet voivat hankaloittaa töitä. Vaikutuksia työntekemiseen tulee etenkin nosto- ja muissa koneellisissa töissä, joissa vaaditaan liukkauden torjuntaa, tyyntä keliä ja hyvää näkyvyyttä.

Siltojen talvirakentamisen onnistuminen on useiden eri tekijöiden summa ja kokonaisvaltainen projektinhallinta vaatii sekä ennakkointia, että nopeaa päätöksentekokykyä vaativissa tilanteissa. On tärkeää, että vaativissa olosuhteissa työntekijöillä sekä työnjohdolla on valmiuksia sekä kokemusta arktisilla alueilla työskentelystä, jotta projekti saadaan onnistuneesti valmiiksi ja luovutettua tilaajalle. Työn tuloksena tuotettu tarkastuslista on liitteenä numero 1. Liitteessä käydään läpi riskianalyysin tapaisesti arktisten alueiden rakentamiseen pohjautuen eri riskitekijöitä ja niiden vaikutusta tarjouslaskentaan, projektinsuunnitteluun sekä projektinhallintaan.

3.7 Tuoreen betonin lämpötilaseuranta

3.7.1 Valettavat rakenteet

Työmaakohteessa valettavia rakenteita olivat alusrakenteisiin kuuluvat anturat, maatuet päätyrakenteineen, pilarirakenteet sekä tukimuurit. Päällysrakenteisiin kuuluivat kansi reunapalkkeineen. Betonin suojaetäisyys vaihteli 40mm:stä aina anturoiden maanvaraiseen etäisyyteen 90 mm. Pohjalaattojen paksuus vaihteli 800-1800 mm välillä, joten kyseessä oli massiivinen betonirakenne, jolla tarkoitetaan rakennetta, jonka pienin sivumitta on yleensä 1 metri. Tämän johdosta hydrataatio lämpötila on korkea. Päällysrakennetta kannattelevien alusrakenteiden betonin lujuusluokka oli C30/37. Kannen lujuusluokka oli C35/45. Muottien purkulujuus oli tilaajan vaatimusten mukaisesti 70% suunnittelulujuudesta. Valujen ajankohta ajoittui seuraavasti:

Alusrakenteet 2018/9 – 2018/12

Päällysrakenteet 2019/4 – 2019/6

3.7.2 Talvibetonointi

Talveksi luetellaan vuodenaika, jolloin päivän keskilämpötila on alle +5 astetta. Tämä käsittää Kiirunan leveyspiirillä jopa 8 kuukautta vuodesta. Kyseisenä ajanjaksona myös lumisateelle ja muille talvelle ominaisille olosuhteille ovat riskit olivat todellisia. Kiirunassa talvibetonointia suoritettiin maksimissaan -10 asteen lämpötilassa. Valua edeltäviin toimenpiteisiin kuului vanhan rakenteen lämmittäminen sekä uuden rakenteen suojaaminen ja lämmittäminen tarvittaessa. Raudoituksen sekä muotin tuli olla vähintään +5 asteinen ennen valua ja hyvin yleinen käytäntö oli lämmittimien asentaminen muotin sisälle sekä muotin peittäminen peitteillä. Tarvittaessa myös rakenteet puhdistettiin erikseen lumesta ja jäästä höyryllä tai kuumalla vedellä juuri ennen valua. Näin varmistettiin muotin ja raudoituksen puhtaus valun aikana.

Valun jälkeinen lämmitys toteutettiin lämmittimillä sekä myös lämmitysmatoilla. Tämä tehtiin, jotta mahdollinen halkeilu pystyttiin ehkäisemään suurien lämpötilaerojen vuoksi. Hyvänä esimerkkinä laakerikorokkeiden valujen jälkeen työmaa-alueella oli jopa -25 pakkasastetta useita päiviä peräkkäin, joten oli tärkeää lämmittää rakenteita valun jälkeen, jotta betonirakenteen lujuuden kehitys olisi mahdollisimman normaalia. Betonin lämpötilaseurantaa toteutettiin myös betonoinnin aikana infrapunamittareilla suoraan muotista sekä myös erillisillä valuun asennetuilla mittauslaitteilla. (Kuvio 15.)



Kuvio 15. Infrapunälämpömittari (FLUKE, 2019)
Betonoinnin aikana käytetty infrapunälämpötilamittari

3.7.3 Lujuuden kehitys arktisissa olosuhteissa

Betonin koostumus sekä säilytysolosuhteet ovat määrittäviä tekijöitä betonin lujuuden kehittymisessä. Betonin koostumuksen määrää rakennesuunnittelija, työmaan betonityövastaava sekä betonivalmistaja yhdessä. Eniten betonin lujuuden kehitykseen vaikuttavat sementtilaatu- ja määrä, seosaineet ja niiden määrä, vesi-sideainesuhde, käytetyt lisäaineet sekä runkoaine. Säilytysolosuhteilla tarkoitetaan rakennustyömaan olosuhteita ja näistä erityisesti lämpötilaa ja kosteutta. Optimaalisissa olosuhteissa valettaessa tavoitelujuus saavutetaan +20 asteessa 28 vuorokauden aikana. Lämpötilan laskiessa lujuudenkehitys hidastuu ja vastaavasti noustessa nopeutuu. (Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201, 341).

Tärkeää talvibetonoinnissa on, että betonirakennetta ei päästetä jäätymään liian varhaisessa vaiheessa kovettumisen aikana. Jäätyessään rakenteessa oleva vesi laajenee ja pääsee näin ollen aiheuttamaan halkeamia rakenteen sisällä. Loppulujuus kärsii näin ollen huomattavasti, eikä rakenteen lujuuden vähimmäisvaatimuksia saada täytettyä. Jäätyminen voi aiheuttaa valesuurtuutta. Rakenteen lujuus näyttää normaalilta kovettumisen aikana mutta jään sulaessa rakenne menettää merkittävästi lujuuttaan. (Betoniteknikan oppikirja 2004 by 201, 346.)

Vastaavasti korkeissa lämpötiloissa betonin sitoutumisaika lyhenee ja hydrataatioreaktion nopeus kasvaa. Hydrataatiolla tarkoitetaan veden ja sementin sisältämien mineraalien välillä tapahtuvaa reaktiota, jonka vaikutuksesta sementin ja veden muodostama sementtipasta kovettuu. Talvibetonoinnin yhteydessä on perusteltua käyttää nopeammin kovettuvaa sementtiä hitaamman sementin asemesta, koska rakenteen lämpötila ja lujuus kehittyvät silloin suotuisammin nimenomaan ensimmäisten, ratkaisevien vuorokausien aikana. (Finnsementti.). Kuitenkin liian lämmin betoni voi aiheuttaa lujuuden ja pakkasenkestävyyden alenemista. Onkin suositeltavaa, ettei betonin lämpötila kovettumisvaiheessa nousisi yli 55 asteen. Muussa tapauksessa on betonin lujuusluokkaa nostettava korkeammaksi. Korkeissa lämpötiloissa betoniin muodostuu myös etringiittikiteitä, jotka laajentuessaan yhdessä suuren lämpökäsittelyn vuoksi syntyneiden mikrohalkeamien kanssa aiheuttavat halkeilua. (Betonin lämmittäminen talvivaluissa, 13.) Ruotsissa uutta rakennetta valettaessa rakenteeseen asennetaan jäähdytysputkia, joilla pystytään tarvittaessa ehkäisemään liiallinen lämmönkehittyminen rakenteessa ja näin pitämään lämpötilakehitys täysin hallittavissa. Putkistossa kulkee paineistettuna nestettä, joka on liitettynä kompressoriin sekä itse jäähdytyslaitteeseen, jolla nesteen lämpötilaa pystytään hallitsemaan.

Lämpötilaeroja minimoidessa voidaan tarvittaessa käyttää lämmitettäviä muotteja, lämmittämällä rakenteita ennen valua, betonoinnin aikana ja valun jälkeen sekä myös jäähdyttämään rakenteita tarvittaessa. Liikat lämpötilaerot

aiheuttavat betonirakenteessa halkeilua, kun lämpötila rakenteen sisällä kasvaa suureksi, mutta lämpö ei siirry riittävän nopeasti rakenteen ja muotin ulkopuolelle. Tällöin betonirakenteen pintaosiin syntyy vetojännityksiä, jotka aiheuttavat halkeilua. Pintahalkeilu voi aiheuttaa veden pääsyä rakenteen sisään, joka jäätyessään vahingoittaa rakennetta ja aiheuttaa teräskorroosiota.

Betonin lujuudenkehityksen kannalta ruotsalainen jäähdystapa on järkevää, sillä vanhan rakenteen lämmittäminen sekä uuden rakenteen jäähdyttäminen pienentävät lämpötilaeroja sekä varmistavat lujuuden normaalin kehittymisen ja muodonmuutosten minimoinnin. Tuloksena on toimiva ja kestävä betonirakenne, jonka käyttöikä voidaan maksimoida.

3.7.4 Lämpötilaseurannan tulokset

Lämpötilaseuranta varten on vertailussa otettu huomioon kahden pilarirakenteen sekä yhden kehäsillan lämpötilaseurannat. Pilarirakenteet ovat valettu -2 ja -5 asteen välillä. Kehäsillan valaminen on tapahtunut +12 asteessa. Eroina pilarivalujen sekä kehäsillan valun välillä on myös jäähdytyslaitteiston puuttuminen kehäsillasta. Lämpötilamittaus on suoritettu termoantureilla. Anturat ovat asetettu valuihin rakenteen alaosaan, keskelle sekä pintaan noin 5 cm etäisyydelle betonipinnasta. Lämpöanturit ovat asennettu raudoitukseen ja viety raudoitusta pitkin rakenteeseen, jotta lämpöanturin rikkoutuminen tai tärysauvaan takertumisen riski pystyttiin estämään. Kyseiset anturit olivat kiinnitettynä mittauslaitteeseen, joka asennettiin muotin ulkopuolelle siten, että valutyö pystyttiin suorittamaan mahdollisimman häiriöttömästi. Anturit mittasivat lämpötilaa kymmenen minuutin välein ja data tietokoneelle siirtämisen jälkeen laite piirsi diagrammiin lämpötilakäyrän sekä antoi listan mitatuista lämpötiloista.

Kehäsillan valu suoritettiin 7.9.2018. Valun betonin lujuusluokka oli C35/45. Kyseisen päivän ulkolämpötila oli +12 astetta ja valua edeltävänä päivänä oli ollut +15 astetta lämmintä. Valua ennen anturoiden lämmityskaapelit olivat kytkettynä päälle, jotta vanhan rakenteen ja uuden rakenteen lämpötilaerot pystyttiin minimoimaan. Ennen valua myös muotti puhdistettiin vedellä puupurusta sekä

muusta roskasta. Valuun asennettiin kolme mittausanturia edellä mainitulla tavalla. Ensimmäiset mitatut arvot valusta olivat 7.9.2018 kello 10 aamulla 12,5 astetta. Suurin lämpötila valun jälkeen on ollut 57 astetta ja suurin lämpötilaero antureiden välillä on ollut 20 astetta alimmaisen anturin sekä keskimmäisen anturin välillä. Kyseinen piikki lämpötilassa on tapahtunut valua edeltävänä päivänä ja lämpötila on laskenut tasaisesti seuraavina päivinä aina 15.9.2018 asti, jolloin lämpötila kello 11:30 rakenteessa on ollu 13,4 astetta ja suurin lämpötilaero rakenteessa on ollut 7 astetta alimmaisen sekä keskimmäisen anturin välillä. Betonipinta on suojattu valun jälkeen rakennusmuovilla sekä routamatolla.

Lämpötilaseurannan pilareiden valut ovat suoritettu 12.11.2018 -5 asteessa sekä 18.10.2018 -2 asteessa. Valut ovat suoritettu betonilla C30/37 Ensimmäiset mitatut lämpötilat 12.11. valusta ovat 9.3 astetta kello 20:15. On huomioitava, että kyseisenä päivänä betonitoimittajalla oli suuria vaikeuksia toimittaa laatuvaatimuksia täyttävää betonia. Tästä johtuen valun alkaminen on siirtynyt suunnitellusta aamusta myöhäiseen iltaan. Valun korkein lämpötila 37.5 astetta on saavutettu valun jälkeisenä yönä 14.11. kello 02:45. Suurimmat lämpötilaerot rakenteessa ovat olleet 11.2 astetta rakenteen pohja-anturin sekä keskimmäisen anturin välillä. Rakenteen lämpötila valun jälkeen on laskenut tasaisesti sen ollessa 21.11. kello 15 5.6 astetta. Kyseisessä valussa on käytetty jäähdytysjärjestelmää sekä betonipinnat ovat suojattu valun jälkeen rakennusmuovilla, routamatolla sekä kevytpeitteillä.

Päivämäärän 18.10. valussa ensimmäiset mitatut lämpötilat ovat olleet 20,0 astetta kello 18:05. Valun korkein lämpötila on ollut 46,6 astetta valun jälkeisenä päivänä kello 20:00. Lämpötilaerot rakenteessa ovat olleet 9 astetta pohja-anturin sekä rakenteen keskellä olleen anturin välillä. Valun jälkeen rakenteen lämpötila on laskenut tasaisesti sen ollessa 27.10. 15,9 astetta. Lämpötilaerot rakenteessa ovat olleet 15 asteetta. Kyseisessä valussa on käytetty jäähdytysjärjestelmää sekä betonipinnat ovat suojattu valun jälkeen rakennusmuovilla, routamatolla sekä kevytpeitteillä.

Kyseisiä kolmea valua vertaillaessa huomioon otettavaa on se, että pilarivalujen ollessa talvibetonointeja on rakenteiden korkeimmat lämpötilat jääneet 10–20 astetta alhaisemmiksi kuin kehävalun lämpötilat. Lämpötilan saavuttaessa korkeimman arvon on lukemissa ollut suuria eroja. Kehäsillan valussa maksimilämpötilan ollessa 57 astetta on lämpötila rakenteessa alentunut 30 astetta kolmessa vuorokaudessa. Pilarivaluissa sama lämpötilan alentuminen on ottanut aikaa kuusi vuorokautta, joka on kaksinkertaisesti kehäsillan valuun verrattuna.

Lujuuslaskelmia tehtäessä Sadgroven menetelmällä 70 % muottipurkulujuuden saavuttamiseen kehäsillan valussa aikaa kului noin 4 päivää. Pilarivaluissa samaan lujuuden saavuttamiseen kului yli 6 päivää, joten lujuuden kehittyminen kehäsillan valussa oli huomattavasti nopeampaa kuin pilarivaluissa.

$$t_{20} = ((T+16 \text{ °C})/36 \text{ °C})^{2*t}$$

Sadgroven menetelmä, jolla pystytään määrittämään betonin kypsyyttä.

On huomioonotettavaa, että kehäsillan valun jälkeen betonin reseptiä muutettiin lämpötilan nousun rajoittamiseksi. Betonista vähennettiin sementtimäärää sekä nostettiin maksimiraekokoa kokoon 32 mm. Kyseinen reseptimuutos todettiin toimivaksi heti seuraavassa samanlaisen kehäsillan valussa, koska maksimilämpötila oli 37,3 astetta. Pilarivaluissa lämpötilaa pystyttiin hallitsemaan jäähdytyslaitteistolla.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kyseinen tutkimustyö on suoritettu Kiirunan projektissa ajalla 8/2018 – 2/2019. Tutkimustyön valmistuessa projekti sekä myös talviolosuhteet olivat vielä kesken. Kyseisenä ajanjaksona tutkija ehti kuitenkin perehtyä hyvin talven aiheuttamiin haasteisiin sekä kyseisen alueen erityispiirteisiin, joista esimerkkinä materiaalien saatavuuden haasteellisuus. Haasteellisen tutkimuksesta tekivät erittäin poikkeukselliset olosuhteet ilmastolliseen historiaan nähden sekä myös heikosti suoriutunut aliurakoitsija, minkä perusteella työpanosten vertaileminen jäi vajaaksi.

Tutkimuksen aikana huomattiin arktisilla olosuhteilla olevan melko paljon vaikutusta tuotannon etenemiseen. Hiekoittamisen, alueiden puhdistamisen, työntekijöiden oikeanlaisen pukeutumisen, rakenteiden lämmittämisen sekä suojaamisen tärkeyttä ei voi tarpeeksi korostaa projektin onnistumisen kannalta. Projektin onnistumisen kannalta onkin tärkeää, että jo tarjousvaiheessa päätoteuttaja ottaa huomioon kaikki mahdolliset talvisten olosuhteiden vaikutukset, jotta taloudellisilta sekä ajallisilta tappioilta vältyttäisiin.

Riskienhallinnalla, laadunvarmistuksella, projektijohtamisella ja betonin lämpötilamittauksilla voidaan osoittaa tilaajalle sekä viranomaisille projektin laadunvarmistuksen täyttävän vaatimukset sekä rakenteiden oikeellisuus. Tekemällä projektinseurantaa saa myös päätoteuttaja varmistettua työn halutun lopputuloksen sekä myös turvallisuustason.

Tuloksia ylös kirjatessa huomattiin, kuinka useasta eri tekijästä tuotanto on riippuvainen ja kuinka laaja-alaisen käsityksen oikeanlainen tarjouspyyntö sekä projektijohtaminen vaatii. Tuloksista käy myös ilmi, kuinka helposti pieneltä kuulostava lisätyö voikin kasautua ajan saatossa suureksi kuluksi.

Tutkimustyön tekeminen oli tutkijalle henkilökohtaisesti hyvin antoisaa, sillä aikaisempaa kokemusta siltarakentamisesta minulla ei ollut. Projekti antoi minulle erittäin runsaasti tietoa betonista sekä betonointityöstä. Pääsin toteuttamaan töiden suunnittelua yhdessä muun työnjohdon kanssa ja perehtymään arktisten

olosuhteiden vaikutuksiin työmaalla. Uskon, että tutkimus antoi minulle runsaasti valmiuksia työnjohtamiseen siltatyömailla sekä perspektiiviä siihen kuinka paljon muuttuvia tekijöitä löytyy jokaisesta projektista.

Jatkotutkimuksen aihe voisi olla ruotsalaisen ja suomalaisen siltarakentamisen vertaileminen laajemmalla tasolla. Oma tutkimukseni teki vain pintaraapaisun aiheeseen ja syventymällä pystyttäisiin huomioimaan molempien maiden etuja toisiinsa nähden ja näin ollen tulevaisuudessa yhdistämään nämä asiat maiden rakentamiskulttuureissa.

Toinen mahdollisuus jatkotutkimukselle voisi olla ruotsalaisen ja suomalaisen rakentamiskulttuurin vertailu. Tutkimuksessa voitaisiin ottaa huomioon eri lähtökohdat, tuotannon aikaiset sekä jälkeiset eroavaisuudet.

5 LÄHTEET

Backman, F. 2015. Making place for space. Viitattu 10.11.2018 <http://umu.diva-portal.org/smash/get/diva2:801604/INSIDE01.pdf>.

Betonitekniiikan oppikirja 2004 by 201. Suomen Rakennusmedia.

Finnsementti. Lämmönkehitysominaisuudet. Viitattu 16.02.2019
<https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-tietoa-betonista-suunnittelijalle/lammonkehitysominaisuudet/>

Fluke 2019. Infrapunamittari. Viitattu 10.12.2018. <https://www.fluke.com/en-us/product/temperature-measurement/ir-thermometers/fluke-62-max>.

Fotolia 2018. Tag Bessemer. Viitattu 12.12.2018 <https://urly.fi/1bgJ>.

GRK Infra Oy. Yritys. Viitattu 12.12.2018 <https://www.grk.fi/yritys/>

Ilmatieteenlaitos.fi. Ilmasto. Viitattu 01.01.2019
<https://ilmatieteenlaitos.fi/joulukuu>

Kjell Törmä 2000. 100-årsboken. Kiruna Kommun.

Möller, P. 2012. Living at the margin of the retreating Fennoscandian Ice Sheet: The early Mesolithic sites at Aareavaara, northernmost Sweden. Versio 11 (2013-01). Research Gate.
file:///C:/Users/Infrapolar_Temp/Downloads/Mlleretal._2013_Holocene.pdf

Poulsen, M. K. 2015. Kiiruna lastataan kuorma-autoihin. Viitattu 10.01.2019.
<https://tieku.fi/teknologia/rakennelmat/rakennukset/koko-kiiruna-muuttaa-kolme-kilometria-itaan>.

Rakennustieto.fi. Tuotteet. Viitattu 01.01.2019
<https://www.rakennustieto.fi/infraryl/>

Resbarometern.fi. Etusivu. Viitattu 01.01.2019 <https://www.resbarometern.se>

Rudus. Betonin lämmittäminen talvivaluissa. Viitattu 16.02.2019

file:///C:/Users/Infrapolar_Temp/Downloads/Betonin%20l%C3%A4mmitt%C3%A4minen%20talvivaluissa.pdf.

Ruukki 2019. Suunnitteluohje Ruukki Easy Bridge s.13-19. Viitattu 12.02.2019

https://cdn.ruukki.com/docs/default-source/b2b-documents/easy-bridge/fi_easybridge_suunnitteluohje_versio-1-1.pdf?sfvrsn=cb306d85_4.

Ruukki Easy Bridge. Tuotteet. Viitattu 10.01.2019

<https://www.ruukki.com/fin/b2b/tuotteet/rungot/easy-bridge>.

SMHI. Varningsdefinitioner. Viitattu 10.11.2019

<https://www.smhi.se/vadret/vadret-i-sverige/varningsdefinitioner>.

Statistiska Centralbyrån 2018. Tätorter 2015. Viitattu 10.11.2018.

www.scb.se/MI0810

Svensk Byggtjänst AMA 2017. Välkommen till AMA! Viitattu 01.01.2019

<https://ama.byggtjanst.se/logga-in>.

Tie- ja vesirakennushallitus 1982. Työselitys teräsbetonikantinen liittopalkkisilta.

Viitattu 10.01.2019 <https://docplayer.fi/62488780-Terasbetonikantinen-liittopalkkisilta-n-l-m-tp-ii-tyoselitys.html>.

Tielaitos 1992. Teräsbetonikantinen liittopalkkisilta. Viitattu 05.12.2018

<https://docplayer.fi/51255488-Terasbetonikantinen-liittopalkkisilta-ii.html>.

Wikipedia 2019. Kiruna. Viitattu 10.01.2019 <https://sv.wikipedia.org/wiki/Kiruna>.

LIITTEET

Liite 1. Tarkastuslista tarjouslaskentaan, tuotannon suunnitteluun sekä projektihallintaan

Liite 2. Vaakatönärikuvat

Liite 3. Lämpötilaseuranta kehäsilta

Liite 4. Lämpötilaseuranta kehäsilta uusi resepti

Liite 5. Lämpötilaseuranta pilarivalu

Liite 6. Lämpötilaseuranta pilarivalu 2

Liite 7. Työmenekkien lisäkustannukset euroina

Liite 8. Lämpötilataulukko Kiiruna

Liite 9. Kaavakepohja MVR-mittaukselle

Liite 10. Kaavakepohja Skydds- ja Miljörondille

TARKASTUSLISTA TARJOUSLASKENTAAN, TUOTANNON SUUNNITTELUUN SEKÄ PROJEKTIHALLINTAAN

Tarkastuslistan tarkoituksena on riskianalyysin omaisesti antaa valmiuksia tuotannon eri vaiheissa huomioitaviin asioihin sekä niihin liittyviin riskeihin. Jokaisessa projektissa on omat erityispiirteensä eikä samaa kaavaa pystytä kaikilta piirteiltään toteuttamaan. Riskikertoimilla pyritään antamaan näkemystä sekä suuntaa talvityöilöiden määrään sekä helpottamaan niiden laskemista, suunnittelemista sekä hallintaa.

Kohde	Riski	1	2	3	4	5	
		Riski hyvin vähäinen eikä vaikutuksia juurikaan ole.	Riski taloudellisiin menetyksiin sekä aikataulusta jäämiseen pieni sekä mahdolliset vaikutukset pieniä.	Riski kohtalainen, riski taloudellisiin menetyksiin sekä aikataulusta jäämiseen olemassa, vaikutukset voivat olla suuria.	Riski kohtalaisen suuri, hankala toteuttaa aikataulussa, taloudellisia menetyksiä voi tapahtua, vaikutukset usein suuria	Riski suuri, erittäin hankala toteuttaa aikataulussa ja taloudelliset menetykset ovat todennäköisiä, vaikutukset usein suuria.	
1. Sijainti materiaalityöitä ja resursseja ajatellen		Sijainti läheinen suuria materiaalityöitä ajatellen, resurssien/materiaalien saatavuus erittäin hyvä (alle 10km)	Sijainti läheinen suuria materiaalityöitä ajatellen, ei lähellä materiaaleja / resursseja (10-30km)	Sijainti etäinen, resurssien/materiaalien saatavuus heikko, lähimmät materiaalit / resurssit (30-50km)	Sijainti etäinen sekä pääsevyys paikalle heikko, lähimmät materiaalit / resurssit (50-100km)	Sijainti hyvin etäinen, pääsevyys paikalle huono, lähimmät materiaalit / resurssit (+100km)	Sijaintia voidaan myös soveltaa kaupungeissa, joissa esimerkiksi rakennustarvikkeita on huonosti saatavilla ja toimitusajat pitkiä. Sijainnin riskitekijöitä huomioidessa otetaan lukuun liikkennöitytykset sekä läheimpien kaupunkien tuotantoa edistävät palvelut.
2. Olosuhteet		Olosuhteet tuotannolle ympäri vuoden edulliset, valaminen sekä nostotyöt mahdollisia ympäri vuoden. Lunta vähän (0-30cm), valmiiden betonipintojen lämmitystarve ei oleellinen	Olosuhteet tuotannolle suurimman osan vuotta edulliset, yli -10 pakkaneen ja +12m/s tuuli epätodennäköistä, lunta kohtalaisesti (30-60cm), valmiiden betonipintojen lämmitystarve satunnaista.	Olosuhteet tuotannolle kohtalaiset, yli -10 pakkaneen sekä +12m/s tuuli todennäköistä, lunta paljon (60-90cm), valmiiden betonipintojen lämmitystarve ympäri talven	Olosuhteet vaikeat tuotannolle, valaminen vaikeaa kylmyyden takia sekä nostotyöt vaikeita tuulisuuden takia. Lunta erittäin paljon (90-120cm), valmiiden betonipintojen lämmitystarve ympäri talven.	Talvitoiden tekeminen kylmyyden ja tuulisuuden takia erittäin vaikeaa. Lunta erittäin paljon (120cm+), valmiiden betonipintojen lämmitystarve ympäri talven	Olosuhteiden riskitekijöitä miettiessä on otettava huomioon alueen yleiset keskilämpötilat, lumen syvyudet sekä tuulen keskinopeus. Kylmyys, tuuli ja lumen määrä vaikuttavat työtöihin ja -menekkeihin, työntekijöiden motivaatioon (työn mielekyys), työturvallisuuteen sekä materiaalien menetyksiin (materiaalien katoaminen lumen ja jään alle)
3. Paikalliset valmiudet		Aliurakoitsijoita, koneurakoitsijoita sekä muita palveluita paljon saatavilla, paikallista kilpailua.	Aliurakoitsijoita, koneurakoitsijoita sekä muita palveluita hyvin saatavilla, ei kilpailua.	Aliurakoitsijoita, koneurakoitsijoita sekä muita palveluita rajoitetusti saatavilla, paikallista kilpailua	Aliurakoitsijoita, koneurakoitsijoita sekä muita palveluita rajoitetusti saatavilla, ei kilpailua	Aliurakoitsijoita, koneurakoitsijoita sekä huonosti saatavilla.	Paikallisia valmiuksia miettiessä on otettava huomioon taloudelliset riskit, kun ali- sekä koneurakoitsijoita joudutaan palkkaamaan kauempaa tai jos paikallisia urakoitsijoita ei ole kilpailua. Myös muiden palveluiden ostaminen kauempaa on taloudellisesti kallimpaa.
3.1. Aliurakoitsija		Aliurakoitsija ennalta tuttu, urakkasopimus, yhteinen kieli, paljon onnistuneita projekteja yhdessä	Aliurakoitsija ennalta tuttu, urakkasopimus, paljon onnistuneita projekteja yhdessä	Aliurakoitsija ennalta tuttu, tuntiperusteinen sopimus, onnistuneita projekteja yhdessä	Aliurakoitsija ei ennalta tuttu, yhteinen kieli, tuntiperusteinen sopimus	Aliurakoitsija ei ennalta tuttu, yhteistä kieltä, tuntiperusteinen sopimus	Aliurakoitsijan ollessa ennalta tuttu on töiden suunnittelu ja projektinhallinta helpompaa, sillä päätoteuttajan ei tarvitse stressata työpanosten riittämisestä. Riski kasvaa mitä tuntemattomampi aliurakoitsija on ja jos yhteistä kommunikointikieltä ei löydy.
4. Lähin betonitehdas		Sijainti hyvin läheinen (alle 10km)	Sijainti melko läheinen (10-25km)	Sijainti etäinen (25-50km)	Sijainti hyvin etäinen (50-100km)	Sijainti todella etäinen (100km+)	Betonitehtaan sijainnilla on merkitystä kun mietitään talvibetonointia ja mahdollisia lisäaineiden käyttöä. Pitkillä toimitusmatkoilla betonilla on riski kovettua ja toimitetun betonin laadun on satuttava kerralla oikein, virheisiin ei ole varaa.

Tarkastuslista tarjouklaskentaan, tuotannon suunnitteluun sekä projektihallintaan

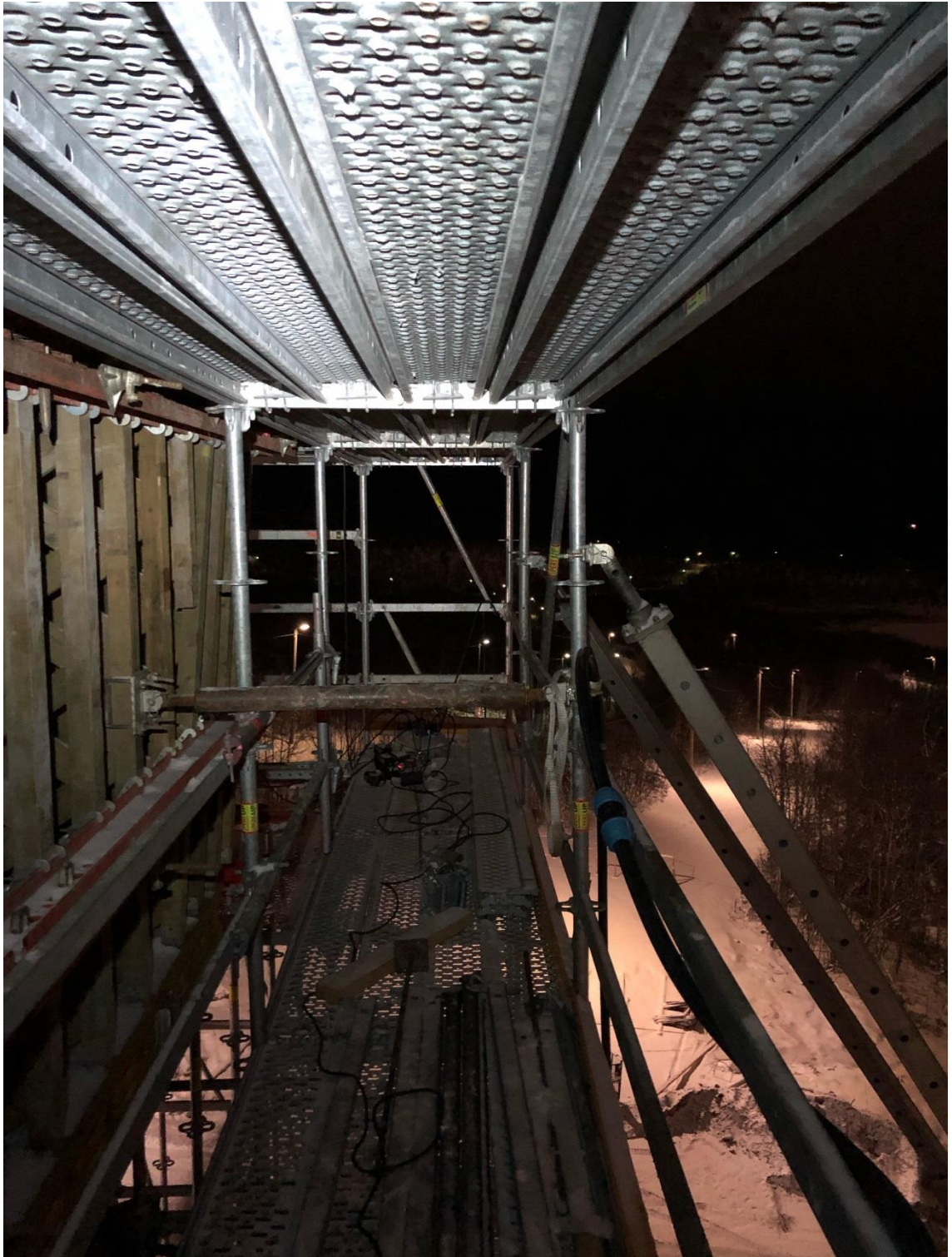
5. Indexit	Urakan kaikki työt on sidottu indexeihin.	Urakassa vain yksittäisiä indeksejä.	Urakassa työt eivät ole sidottu indexeihin.			IndeXeillä on merkitystä kun mietitään urakoitsijan tuotannon riskejä. Sidotuilla indeXeillä pää- sekä aliorakoitsijoiden muodostuvien kulujen hallinta on hallitumpaa. Indexejä käytetään Ruotsissa huomattavasti useammin kuin Suomessa.
6. Alueen oheiskustannukset	Oheiskustannukset eivät eroa suurkaupunkien hintatasosta (0-5%)	Oheiskustannuksissa pieniä eroja suurkaupunkeihin (5-15%) (hieman kalliimmat elintarvikkeet jne.)	Oheiskustannuksissa eroja suurkaupunkeihin (15-25%) (asuminen, elintarvikkeet jne.)	Oheiskustannuksissa huomattavia eroja suurkaupunkeihin (25-50%) (Asuminen, lentoliiput, elintarvikkeet jne.)	Oheiskustannuksissa suuria eroja suurkaupunkeihin (50-100%) (Asuminen, lentoliiput, elintarvikkeet jne.)	Oheiskustannuksien erot voivat vaikuttaa talouteen jopa tuhansilla euroilla kuukaudessa. Oheiskustannukset vaikuttavat myös aliorakoitsijoiden jättämiin tarjouksiin, joka tulee huomioida tuotannon suunnittelussa.
7. Valmiit yhteydet projektipaikalle	Urakoitsijalla on hyvät yhteydet paikallisiin toimijoihin sekä palveluihin, työn ja palveluiden saaminen helppoa sekä alueen tunteminen erinomaista.	Urakoitsijalla kohtalaiset yhteydet paikallisiin toimijoihin sekä palveluihin, työn ja palveluiden saaminen helppoa. Alue tuttu.	Urakoitsijalla hieman yhteyksiä paikallisiin toimijoihin sekä palveluihin, alue tuttu.	Urakoitsijalla ei yhteyksiä paikallisiin toimijoihin sekä palveluihin, alue ei entuudestaan tuttu.		Valmiit yhteydet vaikuttavat useasti etenkin suurempien projektien aloitusvaiheeseen, kun työvaiheita suoritetaan ensimmäisiä kertoja. Entuudestaan tutuissa paikoissa saadaan usein aikaan taloudellisia säästöjä kun paikalliset palvelut ovat hyvin tiedossa alusta lähtien.
8. Projektitekniologia	Suurin osa tunnettua, ei tarvita lisäkokeista.	Huomattava osa tunnettua, ei tarvita lisäkokeista.	Tunnettavuus kohtalainen, joissain kohdissa voidaan tarvita lisäkokeista.	Uutta teknologiaa josta vähän kokemusta, lisäkokeista tarvitaan.	Kokonaan uutta teknologiaa, lisäkokeista tarvitaan.	Uuden teknologian omaksuminen vaatii aina aikaa sekä resursseja. Huomioon otettavaa on myös projekti-kohtaiset kokeilut ja tutkimukset. Mitä uudempaa ja vaativampaa teknologiaa sitä enemmän toimihenkilöitä on sidottuna projektiin.
9. Työmääräsuhteet	Rakentamisen kasvu kiihtyvässä vaiheessa. Projektialoituksia alalla hyvin.	Rakentamisen kasvu hidastuvassa vaiheessa. Projektialoituksia hyvin.	Kasvu nollassa. Töiden määrä ei kasva eikä laske.	Kasvu laskee. Projektialoituksien määrä laskussa.	Kasvu alhainen sekä laskeva. Projektialoituksia alalla vähän.	Suhdanteet vaikuttavat tarjouskilpailuihin. Kasvun ollessa alhainen keskittyvät useammat yritykset samoisiin projekteihin ja näin myös hintaa ja tämän kautta taloudellista tuottoa saadaan poljettua alas päin.
10. Alan työllisyys	Alalla runsaasti osaajia, sekä hakijoita työpaikkoihin hyvin.	Alalla hyvin osaajia, hakijoita työpaikkoihin hyvin.	Alalla kohtalaisesti osaajia, hakijoita nihkeästi.	Alalla pula osaajista sekä hakijoista.	Alalla kriisi sekä osaajista että hakijoista.	Projekti-kohtaisesti usein hyödynnetään konsultteja erinäisissä tehtävissä. Ammattitaitoinen työvoima on avainasemassa kun pyritään ohjaamaan tuotantoa kustannus- sekä aikataulutehokkaasti.
11. Rakentamisen hinta- ja kustannuskehitys	Työ- ja tarvikkeiden panosten sekä muiden panosten hinnat laskevia	Työ-, tarvike- tai muiden panosten hinnat laskevia	Työ-, tarvike- ja muiden panosten hinnat muuttumattomia	Työ-, tarvike- tai muiden panosten hinnat nousussa	Työ-, tarvike- ja muiden panosten hinnat nousussa	Rakentamisen kustannuksilla on suoranaisia vaikutuksia tuotannon kannattavuuteen ja hinta- sekä kustannuskehitykset tulee huomioida tarjousvaiheessa.

Tarkastuslista tarjouslaskentaan, tuotannon suunnitteluun sekä projektihallintaan

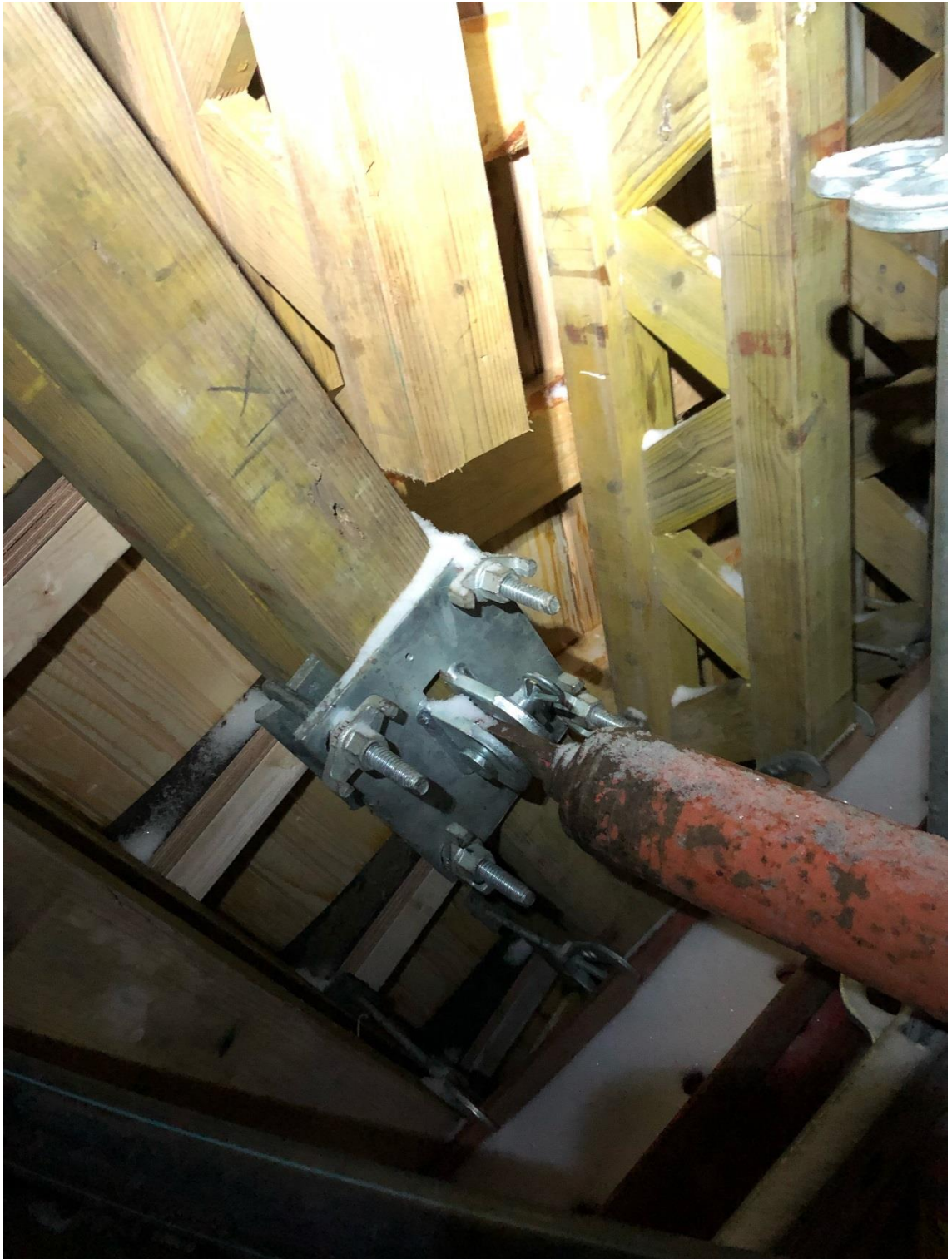
12. Projektinjohdon organisaation kokemus		Yli 20 vuotta	15-20 vuotta	10-15 vuotta	5-10 vuotta	0-5 vuotta	Tuotannonjohdon, työpäällikön sekä työmaapäällikön kokemus. Kokemuksella saa näkemystä moniin tuotannon eri vaiheisiin ja pystytään ennalta ehkäisemään turhaa työtä sekä minimoimaan kustannuksia.
13. Tilaaja		Tilaaja entuudestaan tuttu ja tilaajan kanssa on tuotettu useita onnistuneita, hyvin tuotettuja rakennushankkeita.	Tilaaja entuudestaan tuttu ja tilaajan kanssa on tuotettu onnistuneita rakennushankkeita.	Tilaaja entuudestaan tuttu ja tilaajan kanssa on tuotettu muutamia rakennushankkeita.	Tilaaja ei entuudestaan tuttu.	Tilaaja tunnettu heikosti ja yhteistyö tilaajan kanssa on epäonnistunut aikaisemmin.	Tilaajan ja urakoitsijan yhteistyöllä voidaan päästä helposti sopuun riitailanteissa esimerkiksi lisätoista. Saumattomalla yhteistyöllä molemmat osapuolet pääsevät haluamaansa lopputulokseen nopeimmalla ja taloudellisimmalla tavalla.
14. Kulttuurilliset eroavaisuudet		Tilaaja, urakoitsija sekä rakennuskohde edustavat samoja kulttuureja	Tilaaja sekä urakoitsija edustavat samoja kulttuureja	Urakoitsija ja rakennuskohde edustavat samoja kulttuureja	Tilaaja sekä rakennuskohde edustavat samoja kulttuureja, urakoitsija eri kulttuurista	Kaikki edellä mainitut tahot edustavat eri kulttuureja	Kulttuurilla on merkitystä silloin kun puhutaan esimerkiksi projektihallintaan liittyvistä asioista. Eri kulttuureilla on omat tapansa lähestyä ongelmakohtia ja niiden ratkominen voi poiketa toisistaan. Toisen rakennuskulttuurin omaksuminen voi ottaa oman aikansa ja näin ollen aiheuttaa taloudellisia tappioita esimerkiksi väärinymmärrysten muodossa.
15. Urakka-asiakirjat		Tilaaja on tuottanut täydelliset urakka-asiakirjat, missä mainitaan sopimuksen kannalta kaikki oleelliset asiat.	Tilaaja on tuottanut urakka-asiakirjoistaan muutamia puutteita lukuunottamatta täydelliset.	Tilaajan urakka-asiakirjoissa on huomattavasti puutteita.			Esimerkki: Urakoitsijan kannalta on tärkeää, että sopimusasiakirjoissa mainitaan mahdollisten "ylläysten" olevan lisätoita. Tästä esimerkkinä: Tilaaja on tuottanut pohjatutkimukset ja kallioperä ei vastaa pohjatutkimuksia, jonka perusteella pohjaa joudutaan laskemaan ja pohjattävää suurentamaan.
16. Urakkamuoto		Urakkamuoto	Tilaaja		Urakoitsija		Urakkamuodon valinnalla on vaikutusta urakoitsijan ja tilaajan väisiin riskeihin. Hankkeen toteutumisen onnistumisen yksi ainoa osatekijä on kokonaiskustannukset.
		SR -urakka (Design and build)					
		Perinteinen kokonaisurakka (kokonaishinta)					
		Perinteinen kokonaisurakka (yksikköhinta)					
		Projektinjoutourakointi (Management contracting)					
		Projektinjotokonsultointi (Construction management)					

Urakkamuotojen riskitasapaino [SR-urakka = Suunnittele ja Rakenna urakka (nyk. Suunnittele ja Toteuta)] (Peltonen & Kiiras 1998 s. 36)

Tarkastuslista tarjouslaskentaan, tuotannon suunnitteluun sekä projektihallintaan



Vaakatönäri järjestelmämuotista telineeseen.

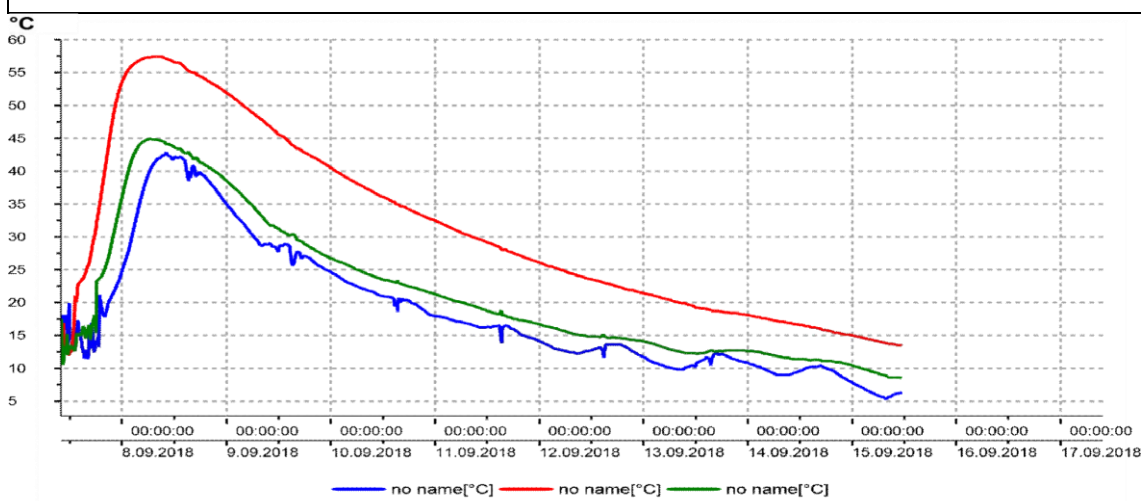


Vaakatönärin kiinnitys järjestelmämuutettiin



Vaakatönärin kiinnitys telineeseen.

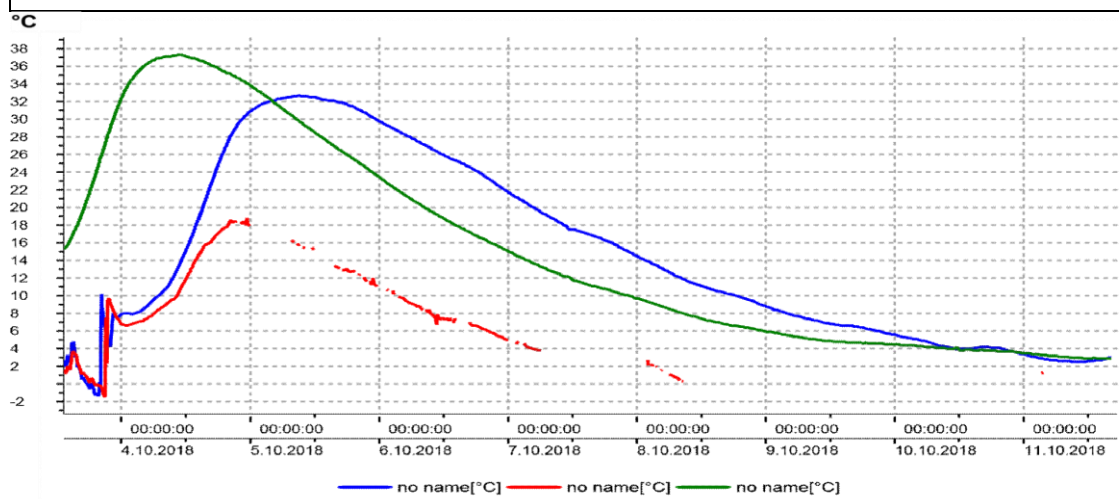
Instrument name: Kiruna		17.9.2018 9:58:36		Page	1/28
Start time: 7.9.2018 9:57:42		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 17.9.2018 9:47:42	no name [°C]	5,3	42,9	18,655	-195,0/1000,0
Measurement channels: 3	no name [°C]	12,0	57,4	31,123	-195,0/1000,0
Measured values: 1440	no name [°C]	8,5	44,9	21,375	-195,0/1000,0
SN 40717328					
NYAB					



1	7.9.2018 9:57:42	16,2	17,1	17
2	7.9.2018 10:07:42	12,5	12,4	14
3	7.9.2018 10:17:42	12,4	13,5	10
4	7.9.2018 10:27:42	18,1	16,9	10
5	7.9.2018 10:37:42	18,0	13,6	10
6	7.9.2018 10:47:42	16,9	12,3	13
7	7.9.2018 10:57:42	17,5	13,4	12
8	7.9.2018 11:07:42	18,1	13,1	12
9	7.9.2018 11:17:42	15,9	12,5	15
10	7.9.2018 11:27:42	13,1	12,5	12
11	7.9.2018 11:37:42	13,0	12,0	12
12	7.9.2018 11:47:42	19,9	12,1	13
13	7.9.2018 11:57:42	14,2	12,2	12
14	7.9.2018 12:07:42	14,8	12,2	13
15	7.9.2018 12:17:42	14,6	12,6	13
16	7.9.2018 12:27:42	14,7	12,8	13
17	7.9.2018 12:37:42	14,2	12,6	13
18	7.9.2018 12:47:42	13,5	12,6	13
19	7.9.2018 12:57:42	13,4	16,9	12

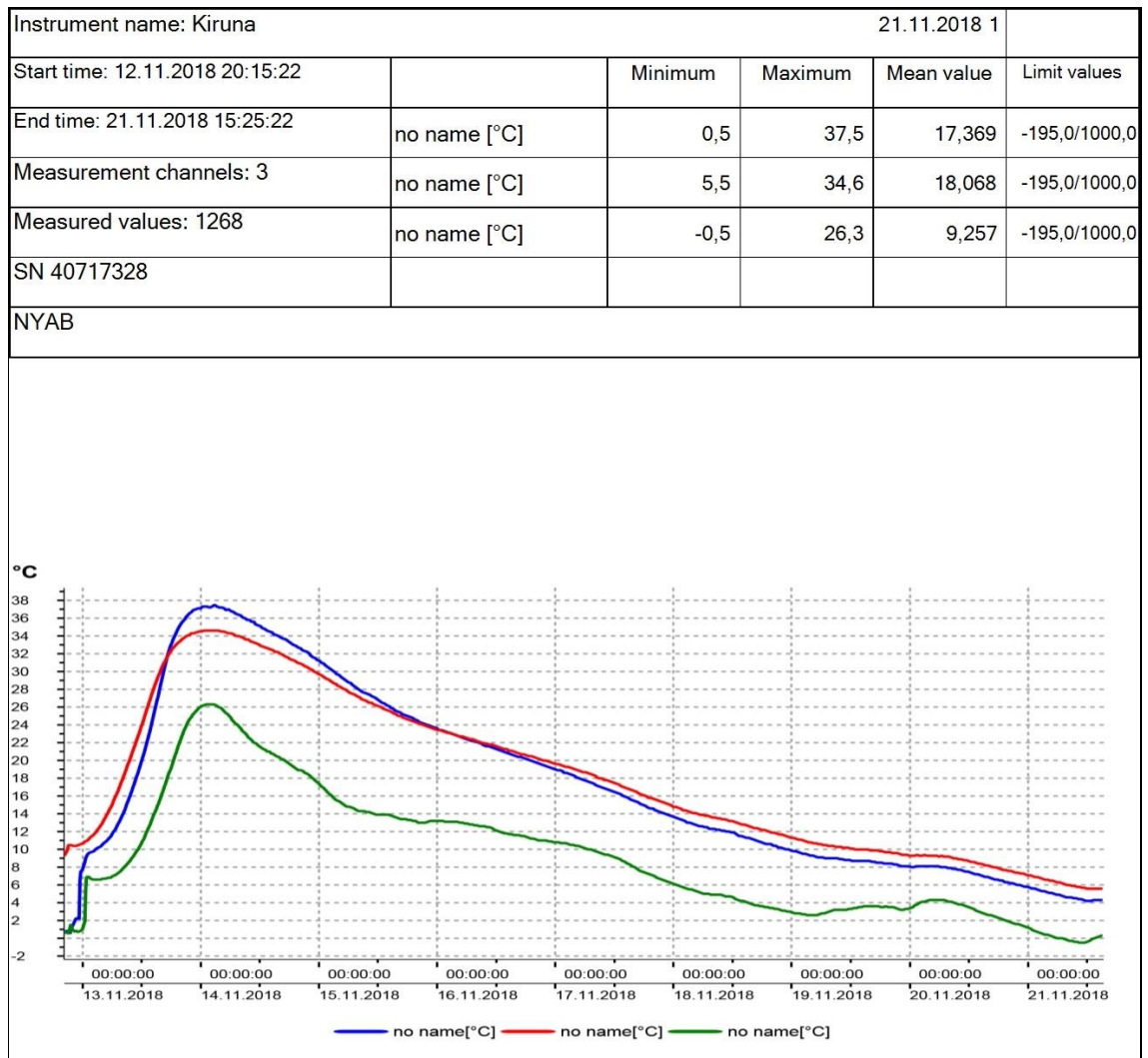
Kehäsillan valun lämpötilaseuranta (vanha resepti)

Instrument name: Kiruna		11.10.2018 17:28:29		Page 1/2	
Start time: 3.10.2018 13:17:09		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 11.10.2018 17:27:09	no name [°C]	-1,4	32,7	14,599	-195,0/1000,0
Measurement channels: 3	no name [°C]	-1,5	18,8	8,455	-195,0/1000,0
Measured values: 1178	no name [°C]	2,9	37,3	15,313	-195,0/1000,0
SN 40717328					
NYAB					



1	3.10.2018 13:17:09	2,7	1,6	15
2	3.10.2018 13:27:09	2,0	1,2	15
3	3.10.2018 13:37:09	2,0	1,2	15
4	3.10.2018 13:47:09	2,2	1,4	15
5	3.10.2018 13:57:09	3,3	2,0	15
6	3.10.2018 14:07:09	2,6	2,0	15
7	3.10.2018 14:17:09	3,0	2,0	16
8	3.10.2018 14:27:09	2,4	1,6	16
9	3.10.2018 14:37:09	3,0	2,4	16
10	3.10.2018 14:47:09	4,7	3,2	16
11	3.10.2018 14:57:09	4,5	3,7	17
12	3.10.2018 15:07:09	4,8	3,7	17
13	3.10.2018 15:17:09	3,7	3,8	17
14	3.10.2018 15:27:09	3,0	3,4	17
15	3.10.2018 15:37:09	3,2	3,2	17
16	3.10.2018 15:47:09	1,9	2,5	18
17	3.10.2018 15:57:09	2,1	2,2	18
18	3.10.2018 16:07:09	2,2	2,0	18
19	3.10.2018 16:17:09	1,6	1,9	18

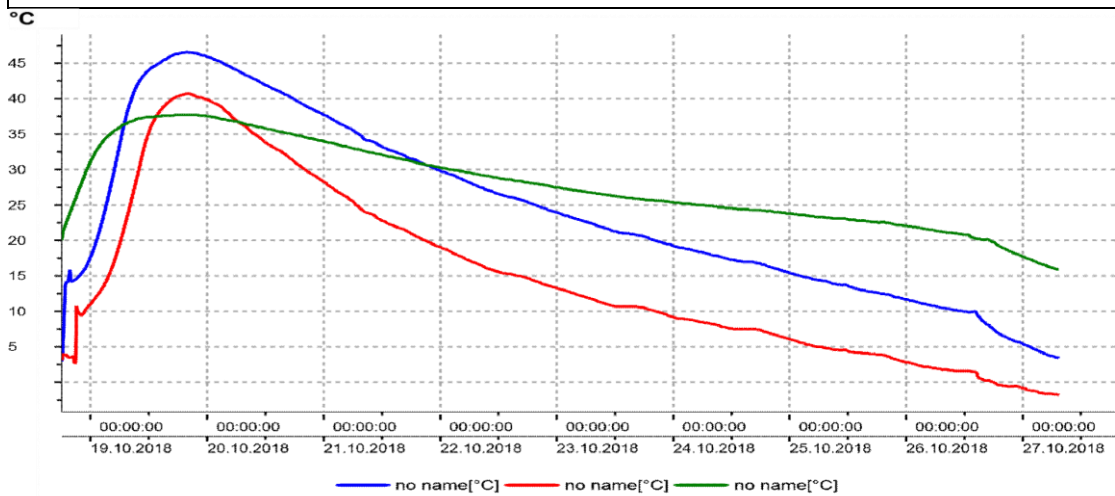
Kehäsillan valun lämpötilaseuranta (uusi resepti)



ID	Date/time	no name [°C]	no name [°C]	no name [°C]
1	12.11.2018 20:15:22	0.8	9.3	0.6
2	12.11.2018 20:25:22	0.7	9.4	0.6
3	12.11.2018 20:35:22	0.6	9.4	0.5
4	12.11.2018 20:45:22	0.9	9.8	0.7
5	12.11.2018 20:55:22	0.9	10.1	0.8
6	12.11.2018 21:05:22	0.7	10.5	0.5
7	12.11.2018 21:15:22	0.7	10.5	0.5

Pilarivalun lämpötilaseuranta

Instrument name: Kiruna		27.10.2018 19:15:12		Page 1/2	
Start time: 18.10.2018 18:05:19		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 27.10.2018 19:05:19	no name [°C]	2,9	46,6	24,271	-195,0/1000,0
Measurement channels: 3	no name [°C]	-1,8	40,8	15,060	-195,0/1000,0
Measured values: 1303	no name [°C]	15,9	37,7	27,953	-195,0/1000,0
SN 40717328					
NYAB					



1	18.10.2018 18:05:19	2,9	3,1	20
2	18.10.2018 18:15:19	4,1	4,1	21
3	18.10.2018 18:25:19	4,0	3,8	21
4	18.10.2018 18:35:19	3,9	3,7	21
5	18.10.2018 18:45:19	13,4	3,9	22
6	18.10.2018 18:55:19	14,1	3,9	22
7	18.10.2018 19:05:19	14,2	3,7	22
8	18.10.2018 19:15:19	14,2	3,8	23
9	18.10.2018 19:25:19	14,2	3,5	23
10	18.10.2018 19:35:19	14,1	3,5	23
11	18.10.2018 19:45:19	15,9	3,6	23
12	18.10.2018 19:55:19	14,2	3,5	24
13	18.10.2018 20:05:19	14,2	3,3	24
14	18.10.2018 20:15:19	14,3	3,3	24
15	18.10.2018 20:25:19	14,3	3,7	25
16	18.10.2018 20:35:19	14,4	3,7	25
17	18.10.2018 20:45:19	14,4	2,6	25
18	18.10.2018 20:55:19	14,5	2,9	25
19	18.10.2018 21:05:19	14,6	10,8	26
20	18.10.2018 21:15:19	14,7	10,2	26

Pilarivalun 2 lämpötilaseuranta

Liite 7. Työmenekkien lisäkustannuksien laskeminen, Miika Haataja, 2019

Kyseisiä erityisluontoisia työmenekkejä laskiessa on huomioitu keskiarvollinen tarve tai menekki, hinta kaikkine kuluineen sekä kokonaiskustannukset.

HUOM! Ei laskettu mukaan esim. odotusaikaa nosturiautolle tai nosturille, odotusaika pyöräkoneelle tai kaivinkoneelle sekä muut mahdolliset viivästymiset. Kulut ovat siis todellisuudessa suuremmat.

Päätoteuttajalla voi olla esimerkiksi tarve koneelle myös muihin työtehtäviin, jolloin työmaalla joudutaan pitämään kahta konetta tai odotuttamaan muita töitä, jotka lisäävät kustannuksia.

Kyseiset laskelmat ovat tehty keskiarvolaskelmina, jolloin on otettu tietty tarkasteluväli (tässä tapauksessa kolme kuukautta), todennäköisin määrä lumisadepäiviä sekä pakkaspäiviä ja näiden keskiarvojen sekä todellisten työmenekkien avulla laskettu kulunut aika, jonka avulla kustannukset.

Työmenekkien lisäkustannukset euroina

Työntekijä	Työtehtävä	AIKA	HINTA (€/h)	KOK. KUSTANNUS
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140

Lisäkustannukset telinepuhdistamisesta

1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
1	Telinepuhdistaminen	4h	35	140
				3 360 €

Lisäkustannukset telinepuhdistamisesta

Työntekijä	Työtehtävä	AIKA	HINTA (€/h)	KOK. KUSTANNUS
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195

Lisäkustannukset väylien puhdistamisesta

PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
PK (Pyöräkuormaaja)	Liikennöitävien väylien puhdistus	3h	65	195
				4 680 €

Lisäkustannukset väylien puhdistamisesta

Työntekijä	Työtehtävä	AIKA	HINTA (€/h)	KOK.KUSTANNUS
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800 (8h*40e*5*0,5)
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800

Lisäkustannukset kovalla pakkasella työskentelystä

Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
Työryhmä Shenk.	Työntekeminen kovalla pakkasella (yli -25)	8h (50% teholla)	40	800
				19 200 €

Lisäkustannukset kovalla pakkasella työskentelystä

LÄMPÖTILATAULUKKO KIIRUNA 2018										
PAIVA	PVM:	KL 07:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KOMMENTIT
MA	10.9.2018		6		pilvistä +3m/s		14		aurinkoista +7m/s	
TI	11.9.2018		5		sadetta +1m/s		10		puolipilv. +7m/s	
KE	12.9.2018		6		sumuista +1m/s		11		pilvistä +4m/s	
TO	13.9.2018		6		pilvistä +5m/s		12		puolipilv. +3m/s	
PE	14.9.2018		4		pilvistä +3m/s		10		pilvistä +5m/s	
LA	15.9.2018		2		pilvistä +2m/s		7		paljon sadett. +5m/s	
SU	16.9.2018		3		paljon sadett. +8m/s		6		paljon sadett. +5m/s	
MA	17.9.2018		0		poutaa +2m/s		7		pilvistä +2m/s	
TI	18.9.2018		1		aurinkoista +2m/s		9		aurinkoista +0m/s	
KE	19.9.2018		2		pilvistä +2m/s		4		sadetta +2m/s	
TO	20.9.2018		3		sadetta +5m/s		4		sadetta +10m/s	
PE	21.9.2018		3		pilvistä +12m/s		11		aurinkoista +12m/s	
LA	22.9.2018		6		sadetta +5m/s		8		sadetta +6m/s	
SU	23.9.2018		5		aurinkoista +7m/s		7		pilvistä +9m/s	
MA	24.9.2018		-2		aurinkoista +7m/s		5		aurinkoista +5m/s	
TI	25.9.2018		-1		sadetta +4m/s		3		aurinkoista +5m/s	
KE	26.9.2018		-2		ensilumi +2m/s		1		pilvistä +2m/s	
TO	27.9.2018		-1		pilvistä +3m/s		3		aurinkoista +4m/s	
PE	28.9.2018		-3		aurinkoista +2m/s		1		pilvistä +3m/s	
LA	29.9.2018		-4		pilvistä +4m/s		2		pilvistä +4m/s	
SU	30.9.2018		1		pilvistä +3m/s		3		sadetta +2m/s	
		K.ARVC	1,9	SADE	5	K.ARVC	6,57	SADE	6	

Lämpötilataulukko syyskuu.

LOKAKUU										
PAIVA	PVM:	KL 07:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KOMMENTIT
MA	1.10.2018		1		pilvistä +4m/s		4		sadetta +3m/s	
TI	2.10.2018		-1		lumisade +3m/s		2		pilvistä +2m/s	
KE	3.10.2018		-2		poutaa +4m/s		-1		poutaa +3m/s	
TO	4.10.2018		-5		aurinkoista +3m/s		-2		aurinkoista +3m/s	
PE	5.10.2018		-2		lumisade +2m/s		-2		aurinkoista +6m/s	
LA	6.10.2018		-4		pilvistä +5m/s		-3		aurinkoista +6m/s	
SU	7.10.2018		-6		pilvistä +6m/s		-4		aurinkoista +7m/s	
MA	8.10.2018		-4		pilvistä +5m/s		-2		aurinkoista +5m/s	
TI	9.10.2018		-3		pilvistä +5m/s		5		pilvistä +7m/s	
KE	10.10.2018		-1		pilvistä +3m/s		5		aurinkoista +5m/s	
TO	11.10.2018		-1		aurinkoista +4m/s		1		aurinkoista +4m/s	
PE	12.10.2018		2		pilvistä +5m/s		4		pilvistä +5m/s	
LA	13.10.2018		2		sadetta +3m/s		4		pilvistä +2m/s	
SU	14.10.2018		1		poutaa +3m/s		3		aurinkoista +4m/s	
MA	15.10.2018		1		poutaa +2m/s		7		aurinkoista +5m/s	
TI	16.10.2018		0		poutaa +3m/s		6		aurinkoista +4m/s	
KE	17.10.2018		1		aurinkoista +4m/s		6		aurinkoista +6m/s	
TO	18.10.2018		0		poutaa +4m/s		0		poutaa +3m/s	
PE	19.10.2018		1		pilvistä +4m/s		1		pilvistä +3m/s	
LA	20.10.2018		0		pilvistä +4m/s		-2		aurinkoista +5m/s	
SU	21.10.2018		-1		pilvistä +4m/s		-1		aurinkoista +4m/s	
MA	22.10.2018		-2		aurinkoista +3m/s		-2		aurinkoista +3m/s	
TI	23.10.2018		-5		pilvistä +6m/s		-3		aurinkoista +2m/s	
KE	24.10.2018		-4		aurinkoista 3m/s		-4		poutaa +2m/s	
TO	25.10.2018		-5		poutaa +3m/s		-3		aurinkoista +5m/s	
PE	26.10.2018		-4		poutaa +3m/s		-6		poutaa +5m/s	
LA	27.10.2018		-8		pilvistä +2m/s		-9		aurinkoista +3m/s	
SU	28.10.2018		-6		poutaa +4m/s		-14		aurinkoista +3m/s	
MA	29.10.2018		-14		aurinkoista +2m/s		-9		aurinkoista +3m/s	
TI	30.10.2018		-8		poutaa +2m/s		-7		pilvistä +2m/s	
KE	31.10.2018		-6		poutaa +3m/s		-3		aurinkoista +3m/s	
										Kiirunassa alle 5cm. Olosuhteet erittäin hyvät rakentamiselle
			K.ARVC -2,7	SADE	3		K.ARVC -0,9	SADE	1	

Lämpötaulukko lokakuu

MARRASKUU										KOMMENTIT
PAIVA	PVM:	KL 07:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	
TO	1.11.2018		-2	sadetta	+3m/s		-1	poutaa	+3m/s	
PE	2.11.2018		-6	lumisade	+2m/s		-5	sumu	+2m/s	
LA	3.11.2018		0	lumisade	+1m/s		0	poutaa	+1m/s	
SU	4.11.2018		1	pilvistä	+2m/s		1	aurinkoista	+2m/s	
MA	5.11.2018		-2	poutaa	+3m/s		-1	aurinkoista	+2m/s	
TI	6.11.2018		-2	pilvistä	+4m/s		0	poutaa	+2m/s	
KE	7.11.2018		-1	poutaa	+2m/s		3	aurinkoista	+3m/s	
TO	8.11.2018		-2	poutaa	+1m/s		-1	aurinkoista	+2m/s	
PE	9.11.2018		-6	poutaa	+3m/s		-5	aurinkoista	+3m/s	
LA	10.11.2018		0	sadetta	+2m/s		1	sadetta	+4m/s	
SU	11.11.2018		0	pilvistä	+3m/s		0	sumu	+3m/s	
MA	12.11.2018		1	sadetta	+2m/s		1	poutaa	+4m/s	
TI	13.11.2018		-2	poutaa	+3m/s		-2	poutaa	+3m/s	
KE	14.11.2018		-3	poutaa	+4m/s		-4	aurinkoista	+3m/s	
TO	15.11.2018		-1	poutaa	+2m/s		3	pilvistä	+6m/s	
										vähissä. Alle 1cm. Rakennuskelit jatkuvat hyvinä.
PE	16.11.2018		4	poutaa	+5m/s		3	aurinkoista	+9m/s	
LA	17.11.2018		4	poutaa	+14m/s		2	aurinkoista	+14m/s	
SU	18.11.2018		0	poutaa	+10m/s		-1	aurinkoista	+8m/s	
MA	19.11.2018		-4	pilvistä	+5m/s		-4	poutaa	+3m/s	
TI	20.11.2018		-5	poutaa	+4m/s		-6	aurinkoista	+5m/s	
KE	21.11.2018		-4	lumisade	+4m/s		-6	poutaa	+4m/s	
TO	22.11.2018		-3	poutaa	+7m/s		-6	poutaa	+8m/s	
PE	23.11.2018		-6	poutaa	+6m/s		-5	aurinkoista	+5m/s	
LA	24.11.2018		-10	poutaa	+7m/s		-9	pilvistä	+7m/s	
SU	25.11.2018		-8	pilvistä	+5m/s		-7	poutaa	+5m/s	
MA	26.11.2018		-8	aurinkoista	+5m/s		-8	pilvistä	+4m/s	
TI	27.11.2018		-8	aurinkoista	+6m/s		-9	pilvistä	+3m/s	
KE	28.11.2018		-2	pilvistä	+4m/s		-4	aurinkoista	+4m/s	
TO	29.11.2018		-2	poutaa	+3m/s		-1	aurinkoista	+4m/s	
PE	30.11.2018		-5	pilvistä	+2m/s		-3	pilvistä	+3m/s	
		K.ARVO	-2,7	SADE	4		K.ARVO	-2,5	SADE	1

Lämpötilataulukko marraskuu

PAIVA	PVM:	KL 07:00(LAMP)	OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00(LAMP)	OLOSUHDE	TUULI	KOMMENTIT
LA	1.12.2018	-2	poutaa	+4m/s	-1	poutaa	+3m/s	
SU	2.12.2018	-3	pilvistä	+2m/s	0	poutaa	+3m/s	
MA	3.12.2018	1	pilvistä	+3m/s	1	pilvistä	+2m/s	
TI	4.12.2018	-6	poutaa	+1m/s	-5	pilvistä	+2m/s	
KE	5.12.2018	-4	poutaa	+4m/s	-6	aurinkoista	+3m/s	
TO	6.12.2018	-8	pilvistä	+3m/s	-10	poutaa	+2m/s	
PE	7.12.2018	-14	pilvistä	+2m/s	-17	pilvistä	+3m/s	
LA	8.12.2018	-6	lumisade	+2m/s	-8	lumisade	+2m/s	Kovaa lumisadetta. Päivän aikana satanut 11cm lunta.
SU	9.12.2018	-8	pilvistä	+3m/s	-7	poutaa	+1m/s	
MA	10.12.2018	-12	pilvistä	+2m/s	-10	poutaa	+2m/s	
TI	11.12.2018	-10	pilvistä	+3m/s	-12	poutaa	+1m/s	
KE	12.12.2018	-11	poutaa	+1m/s	-9	poutaa	+2m/s	
TO	13.12.2018	-18	poutaa	+1m/s	-20	poutaa	+1m/s	
PE	14.12.2018	-16	poutaa	+1m/s	-23	poutaa	+1m/s	
LA	15.12.2018	-25	poutaa	+1m/s	-28	poutaa	+2m/s	
SU	16.12.2018	-28	poutaa	+2m/s	-23	poutaa	+2m/s	
MA	17.12.2018	-17	pilvistä	+3m/s	-15	pilvistä	+3m/s	
TI	18.12.2018	-12	lumisade	+8m/s	-11	lumisade	+9m/s	
KE	19.12.2018	-11	pilvistä	+9m/s	-8	poutaa	+7m/s	
TO	20.12.2018	-6	pilvistä	+8m/s	-5	lumisade	+5m/s	Kova lumisade.
PE	21.12.2018	-7	lumisade	+4m/s	-9	poutaa	+3m/s	Joululoma
LA	22.12.2018	-13	pilvistä	+3m/s	-11	pilvistä	+4m/s	
SU	23.12.2018	-13	poutaa	+3m/s	-11	lumisade	+2m/s	
MA	24.12.2018	-7	lumisade	+5m/s	-10	pilvistä	+2m/s	
TI	25.12.2018	-11	lumisade	+5m/s	-6	puolipilv.	+7m/s	
KE	26.12.2018	-10	poutaa	+6m/s	-11	pilvistä	+6m/s	
TO	27.12.2018	-15	pilvistä	+12m/s	-13	pilvistä	+12m/s	
PE	28.12.2018	-9	puolipilv.	+8m/s	-7	puolipilv.	+7m/s	
LA	29.12.2018	-12	puolipilv.	+9m/s	-6	puolipilv.	+6m/s	
SU	30.12.2018	-13	pilvistä	+7m/s	-11	puolipilv.	+9m/s	
MA	31.12.2018	-9	lumisade	+15m/s	-9	pilvistä	+18m/s	Todella kova tuuli, nostanut pressuja työmaalla sekä repinyt suodatinkankaita teräspalkkien kyljistä
		K.ARVC -11	SADE	6	K.ARVC -9.8	SADE	4	Kyseinen keskilämpötila on luettavissa arktiseksi, alueella on myös ollut hyvin rajua puuskittaista tuulta.

Lämpötilataulukko joulukuu

TAMMIKUU		VUOSI 2019											
PAIVA	PVM:	KL 07:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KL 17:00	LAMP	OLOSUHDE	TUULI	KOMMENTIT			
TI	1.1.2019		-8		lumisade	+15m/s	-8		pilvistä	+12m/s			
KE	2.1.2019		-6		pilvistä	+13m/s	-8		pilvistä	+10m/s			
TO	3.1.2019		-8		pilvistä	+12m/s	-7		puolipilv.	+11m/s	välituilla tuulen vaikutuksesta pressut revenneet sekä työmaalla peiteltyt muottipukit ja puuriput auenneet.		
PE	4.1.2019		-6		lumisade	+6m/s	-4		pilvistä	+4m/s			
LA	5.1.2019		-13		pilvistä	+5m/s	-10		poutaa	+4m/s			
SU	6.1.2019		-9		pilvistä	+3m/s	-7		pilvistä	+5m/s			
MA	7.1.2019		-6		lumisade	+6m/s	-6		lumisade	+6m/s			
TI	8.1.2019		-3		pilvistä	+5m/s	-4		pilvistä	+5m/s			
KE	9.1.2019		-6		poutaa	+8m/s	-7		poutaa	+10m/s			
TO	10.1.2019		-7		lumisade	+14m/s	-2		poutaa	+17m/s	myrskytuulet. Työskentely korkealla kielletty. Varoitus luokka 1 kovasta tuulesta.		
PE	11.1.2019		-6		lumisade	+15m/s	-5		poutaa	+16m/s	Kovat myrskytuulet. Materiaaleja esim. Pressuja lennellyt ympäriinsä.		
LA	12.1.2019		-5		poutaa	+9m/s	-4		poutaa	+10m/s			
SU	13.1.2019		-8		pilvistä	+8m/s	-7		poutaa	+5m/s			
MA	14.1.2019		-14		poutaa	+5m/s	-7		pilvistä	+4m/s			
TI	15.1.2019		-10		pilvistä	+4m/s	-14		poutaa	+3m/s			
KE	16.1.2019		-16		poutaa	+3m/s	-15		poutaa	+3m/s			
TO	17.1.2019		-23		poutaa	+1m/s	-20		poutaa	+2m/s			
PE	18.1.2019		-22		poutaa	+2m/s	-18		heik. lumisad.	+2m/s			
LA	19.1.2019		-17		poutaa	+2m/s	-18		aurinkoista	+1m/s			
SU	20.1.2019		-19		poutaa	+2m/s	-16		aurinkoista	+2m/s			
MA	21.1.2019		-15		poutaa	+2m/s	-15		poutaa	+3m/s			
TI	22.1.2019		-12		poutaa	+3m/s	-13		pilvistä	+2m/s			
KE	23.1.2019		-15		pilvistä	+1m/s	-20		heik. lumisad.	+1m/s			
TO	24.1.2019		-23		pilvistä	+2m/s	-23		poutaa	+2m/s			
PE	25.1.2019		-24		poutaa	+1m/s	-25		pilvistä	+3m/s			
LA	26.1.2019		-26		pilvistä	+2m/s	-25		aurinkoista	+1m/s			
SU	27.1.2019		-28		lumisade	+3m/s	-29		lumisade	+1m/s			
MA	28.1.2019		-28		pilvistä	+2m/s	-27		poutaa	+1m/s			
TI	29.1.2019		-18		lumisade	+2m/s	-22		poutaa	+1m/s			

Lämpötilataulukko tammikuu

Månad	Dag	Kväll	Vattentemperatur
januari	-7°C	-17°C	-12°C
februari	-7°C	-16°C	-12°C
mars	-4°C	-13°C	-9°C
april	1°C	-7°C	-3°C
maj	8°C	0°C	4°C
juni	14°C	5°C	10°C
juli	16°C	8°C	12°C
augusti	14°C	6°C	10°C
september	8°C	2°C	5°C
oktober	1°C	-4°C	-2°C
november	-5°C	-11°C	-8°C
december	-6°C	-15°C	-11°C

Kuva keskiarvallisista lämpötiloista Kiirunassa. (Resbarometern 2018, 1)

MVR-MÄTARE 				
Företag: GRK Infra Ab		Arbetsplats:		Datum:
I ORDNING (RÄTT)		Totalt	AVVIKELSER (FEL)	Totalt
1. ARBETE OCH MASKIN ANVÄNDNING				
2. MASKINER, EL OCH BELYSNING				
3. SKYDD OCH SKYDDSOMRÅDE				
4. VÄGAR OCH GÅNGSTRÅK				
5. ORDNING OCH LAGRING				
I ORDNING Totalt			AVVIKELSER Totalt	

MVR-INDEX	=	Antal observationer som är rätt		x 100% =
		Antal observationer x 100 =		
		Antal observationer som är rätt och fel		

Kaavakepohja MVR-mittari (Ruotsi)

Bilaga 10 – Checklista Skydds- och miljörond



1. Förebyggande protokoll	18. Personlig skyddsutrustning
1.1 Genomgång av förebyggande protokoll	18.1 hjälm
2. Allmän ordning	18.2 Skyddsskor
2.1 Anslag (arbetsmål, förhandsanmälan*, miljö m fl)	18.3 Hörselskydd
2.2 Förbandsmaterial/bår	18.4 ID-kort
2.3 Materialupplag/skyddstäck	18.5 Flytväkt
2.4 Personaltutrymman	18.6 Skyddsglasögon
2.5 Personlig skyddsutrustning	18.7 Säkerhetsöstra/vele
2.6 Rent bygge, städning	18.8 Varsehörsel-/kläder
2.7 Skyltning	18.9 Andningskydd
3. Arbetsmiljöplan	19. Schaktingsarbeten
3.1 Överensstämmelse med arbetsmiljöplan?	19.1 Kontroll av massor
4. Avstäringsanordningar	20. Sprängarbeten
4.1 Inhägnader	20.1 Vibrationer
5. Belysning	20.2 Buller
5.1 Allmänbelysning	20.3 Spränggasar
5.2 Arbetsplatsbelysning	20.4 Sprängplan och sprängjournal
6. Brandskydd	21. Spont
6.1 Brandskyddsansvarig	21.1 Rörrebar
6.2 Brandsläckningsutrustning	22. Ställningar/trappstorn
6.3 Utförande enligt Heta Arbeten	22.1 Dubbla skyddsräcken och fotfäst
6.4 Utrymningsvägar	22.2 Förankring
7. Buller och vibrationer	22.3 Avstånd till vägg (max 30 cm) (fallrisk)
8. Byggetement	22.4 Anslag gällande viktclass
8.1 Montering	22.5 Tillträdesled till ställning är trappa eller rimp
8.2 Säker lagring/uppställning	23. Säkerhet
9. Damn	23.1 Uppdaterad riskanalys
9.1 Dammsugning	23.2 Säkerhetsintroduktion egen personal och UE
9.2 Dammbindning	23.3 Veckomöten säkerhet och annan information
10. Ergonomiska hjälpmedel	23.4 Ensamarbete
11. Fallskydd	23.5 Säkerhet för tredje man
11.1 Hälörsk	24. Takarbeten
11.2 Skyddsräcken/skyddstak	25. Tillfällig EI
11.3 Utrustning	26. Tillfällig VA
12. Kemikalier	27. Trafik
12.1 Förteckning kemiska produkter/farliga ämnen (egen/UE)	27.1 Transportvägar
12.2 Säkerhetsdatablad	27.2 Parkeringsplatser
12.3 Märkning	27.3 Gångvägar
12.4 Hanteringsinstruktioner	27.4 Trafikanordningsplan
12.5 Spillberedskap	27.5 Jourlista tillfälliga trafikanordningar
12.6 Kontroll / besiktning av IBC/tank för bränsle	27.6 Varseklädsel
12.7 Förvaring bränsken, inwallning, påkörningskydd	28. Trivsel/arbetsklimat
12.8 Förvaring övriga produkter, container, handgjord yta	28.1 Stämning på arbetsplatsen; öppenhet o samverkan
13. Brandfarliga varor	28.2 Möjlighet till variation och påverkan i arbetet
13.1 Föreståndare	29-33 Underentreprenader:
13.2 Skyltning (varnings-/förbudsslag etc.)	UE:s namn anges i protokollet.
13.3 Förvaringsplats gaser, ventilation	34. VA-arbeten
13.4 Gasflaskor stående, förankrade	35. Öppringar
14. Källsortering	35.1 Hål i bjälklag (fallskydd)
14.1 Farligt avfall	35.2 Fönster-/dörröppningar (fallskydd)
14.2 Övrig sortering	35.3 Hisschakt (fallskydd)
15. Lyftanordningar	36. Övrigt
15.1 Hissar	36.1
15.2 Kranar / hjullastare	36.2
15.3 Lyftar	36.3
16. Lyftredskap	
17. Maskiner	
17.1 Besiktningssintyg	
17.2 Förarbets	
17.3 Tomgångskörning	
17.4 Läckage / spillolja	
17.5 Absorberande medel/spillberedskap	
17.6 Miljöinstruktion för maskinförare	
17.7 Vibrationer	

* Förhandsanmälan till Arbetsmiljöverket är ett straffanknusat krav.

Kaavakepohja Skydds- ja Miljörond