

## TALOTEKNIKKAURAKOINTI KAIVOSYMPÄRISTÖSSÄ

# TALOTEKNIKKAURAKOINTI KAIVOSYMPÄRISTÖSSÄ

Joonas Pajula  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

---

Tekijä(t): Joonas Pajula

Opinnäytetyön nimi: Talotekniikkaurakointi kaivosympäristössä

Työn ohjaaja: Martti Rautiainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 37 + 2

---

Opinnäytetyö käsittelee talotekniikkaurakointia kaivosympäristössä, ja työn tilaajana toimii Are Oy. Työn tavoitteena on selkeyttää ja luoda pohja sille, miten talotekniikkaurakointi soveltuu kaivosolosuhteisiin ja mitä asioita tulee ottaa huomioon. Työn avulla pyritään myös rakentamaan raameja vaatimuksille, eroille ja yhteneväisyyksille.

Työn referenssikohteena toimii Agnico Eagle Finland Oy:n omistama Kittilän kaivos ja sen Shaft-projekti. Are Oy toimii Shaft-projektin LVIA-urakoitsijana. Aineisto koostuu Agnicon käyttämistä toimintamalleista, laatuvaatimuksista, henkilöhaastatteluista ja YSE 98:n sisällöstä.

Työssä paneuduttiin normaalin talotekniikkaurakoinnin ja teollisuudessa suoritettavan talotekniikkaurakoinnin eroihin ja huomioitaviin asioihin. Keskeisimpinä aiheina olivat asennustavat, käytettävät materiaalit ja huomioitavat kulut. Työssä selvitetään myös EPCM-mallilla toteutettavaa urakointia ja sen tarkoitusta. EPCM-malli on kokonaisvaltainen urakointimalli, jossa tilaajakonsultti tarjoaa kaikki palvelut tilaajalle.

Työn tuloksena saatiin selville, miten suuria erot ovat esimerkiksi putkikoissa ja liitostavoissa tai miten paljon työturvallisuudessa on huomioitavia asioita. Opinnäytetyön avulla lukija voi tutustua kaivosympäristöön ja poimia huomion arvoisia seikkoja siihen, miten kaivosympäristössä urakointi toteutetaan.

---

Asiasanat: teollisuus, kaivosympäristö, EPCM, talotekniikka

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
degree program in building services engineering

---

Author(s): Joonas Pajula

Title of thesis: HVAC contracting in mining environment

Supervisor(s): Martti Rautiainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021      Number of pages: 37 + 2

---

This thesis deals with HVAC contracting in mining environment. Client of the work is Are Oy. The aim of the thesis is to create a basis for how HVAC contracting is suitable for mining facilities and what issues should be considered. The work also aims to build frameworks for requirements, differences and similarities.

The reference site of the work is the Kittilä mine, which is owned by Agnico Eagle Finland Oy and its Shaft project. Are Oy acts as the HVAC contractor for the Shaft project. The material consists of the operating models used by Agnico, quality requirements, personal interviews and YSE 98 content. The work focuses on the differences between normal HVAC contracting and industrial contracting and also issues to consider. The most important topics are the installation methods, the materials used and the costs to be considered. The work also examines the contracting with the EPCM model and its purpose. EPCM model is a holistic contracting model in which a client consultant provides all services to a client. is a holistic contracting model in which a client consultant provides all services to a client.

With the help of the thesis, reader can get acquainted with the mining environment and pick up points worth noting about how contracting is carried out in industry.

---

Keywords: industry, mining environment, EPCM, HVAC

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KOHTEENA KITTILÄN KAIVOS .....	8
2.1	Laajennusprojekti ja nostotornihanke .....	8
2.2	EPCM-urakointi .....	9
3	URAKOINTI KAIVOSKOHTEESSA .....	12
3.1	Teollisuuskohde .....	12
3.2	Logistiset kulut .....	13
3.3	Työ ja materiaali .....	15
3.4	Työturvallisuus .....	16
3.5	Laskutus .....	17
3.6	Ympäristön vaikutukset .....	20
3.7	Hinnoittelu .....	21
3.7.1	Työntekijän kustannukset .....	21
3.7.2	Materiaalikustannukset .....	22
4	TYÖMAARAPORTOINTI .....	23
4.1	Työkortti .....	23
4.2	Viikoittainen raportointi .....	24
4.3	Kuukausittainen raportointi .....	24
5	LVIA-URAKOITSIJAN REUNA-EHTOJA .....	25
5.1	Aliurakoitsijat .....	25
5.2	Verkostoituminen .....	25
6	ASENNUSTAVAT JA MALLIASENNUKSET .....	27
6.1	Asennukset .....	27
6.2	Pystysuora rakentaminen .....	28
6.3	Hitsaaminen ja sen vaatimukset .....	30
6.3.1	Juurikaasu .....	30
6.3.2	Juuritahna .....	31
6.4	Automaatio .....	31
6.5	Malliasennukset .....	32
7	AIKATAULUTUS, RESURSSIT JA TAVOITTEIDEN SAAVUTUS .....	34
7.1	Aikataulu .....	34

7.2	Resurssit .....	35
7.3	Tavoitteiden saavutus .....	36
7.4	Urakan päättäminen .....	36
8	YHTEENVETO .....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITE 1	
	LIITE 2	

# 1 JOHDANTO

Talotekniikkaurakointi niin sanotussa tavanomaisessa ympäristössä poikkeaa huomattavasti teollisuudesta ja sen tuotantolaitoksista, kuten kaivoksista. Teollisuus ja teollisuusputkistojen rakentaminen poikkeavat perinteisestä rakentamisesta: liitostavat, käytettävä materiaali, pinta-ala, kokoluokat ja sijainti poikkeavat suuresti esimerkiksi kerrostalon rakentamisesta.

Teollisuuskohteissa urakointimallina on usein EPCM-urakointimalli. Tätä urakointimallia hyödynnetään sen kattavuuden vuoksi, sillä tilaaja saa haluamansa kohteen rakennettuna avaimet käteen periaatteella.

Urakointi kaivoskohteessa on haastavaa ja vaatii paljon erilaisia resursseja, tietotaitoa, kädentaitoja ja pätevyysvaatimuksia. Teollisuudessa huomioon otettavia asioita ovat muun muassa hitsausluokat, turvallisuusperehdytykset, raportointi, huomioon otettavat kustannukset, yritysten koot, aliurakoitsijoiden valinta ja itsestä riippumattomat hidasteet.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla ja tarkastella tavallista talotekniikkaurakointia ja kaivosolosuhteissa tapahtuvaa urakointia. Tavoitteena on myös löytää yhteneväisyyksiä ja selvittää sitä, mitä kaikkea urakoitsijalta vaaditaan. Nämä ovat niitä seikkoja mihin tässä kyseisessä työssä paneudutaan.

Opinnäytetyössä referenssikohteena toimii Agnico Eagle Finlandin omistama Kittilän kaivos. Kittilän kaivosta laajennetaan jatkuvasti ja osana laajennusprojektia on Shaft, nostotornihanke. Are Oy toimi projektin LVIA-urakoitsijana. Nostotorniprojekti käynnistyi LVIA-urakan osalta keväällä 2020 ja työt päättyivät alkuvuodesta 2021. Nostotornihankkeen haaste ja erikoisuus oli sen korkeus. Lähes sata metriä korkea torni ja sen sisältämä tekniikka mahdollistavat tulevaisuudessa sen, että rikastettavaa kiviainesta voidaan nostaa maan syvyyksistä kivihissillä maan pinnalle.

## 2 KOHTEENA KITTILÄN KAIVOS

Agnico Eagle Finland on kanadalaisen Agnico Eagle Mines Limitedin tytäryhtiö. Kittilän kaivos on Euroopan suurin kultakaivos ja se on aloittanut toimintansa vuonna 2008 (Kuva 1.). Kultakaivos sijaitsee Pohjois-Suomessa Suurikuusikon alueella Kittilän kunnassa. Kaivos on Kittilän kunnan suurin työllistäjä ja sen elinkaari ulottuu vähintään vuoteen 2034. (1.)



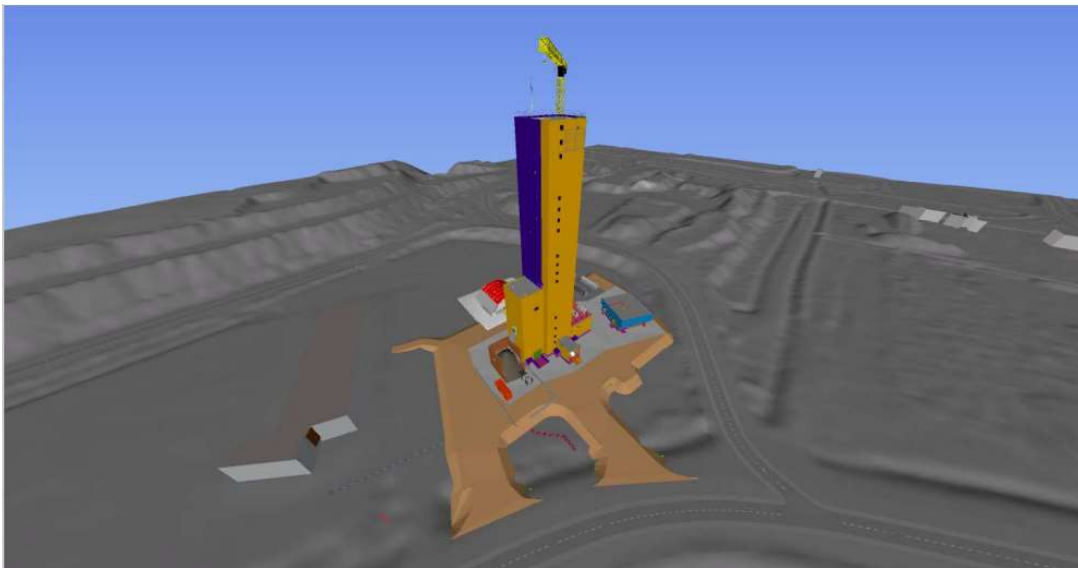
*KUVA 1. Kittilän kaivosalue kevät 2020 (1.)*

### 2.1 Laajennusprojekti ja nostotornihanke

Nostotornihanke on osa AEF Kittilän kaivoksen laajennusprojektia. Nostotornin avulla maa-aineksen kuljettaminen syvyyksistä pinnalle helpottuu huomattavasti sekä vähentää maanalaista liikennettä. Hankkeen suurimmat osa-alueet ovat kuilu, jonka kautta malmia nostetaan pintaan ja joka tulee sisältämään myös henkilöhissin, sekä nostotorni, joka sisältää kaiken tekniikan kuilun toimivuuden mahdollistamiseksi. Hankkeen on määrä valmistua vuoden 2021 aikana.



Kaivoksen laajennusprojekti aloitettiin vuonna 2018, ja sen on määrä valmistua vuoden 2021 loppuun mennessä. Laajennusprojektin tavoitteena on kasvattaa rikastettavan malmin määrä 1,6 miljoonasta tonnista kahteen miljoonaan tonnin vuodessa. Laajennusprojektissa laajennetaan rikastamo sekä rakennetaan pystysuora kuilu, jonka pohja on 1040 metriä maan pinnan alapuolella. Kuiluprojektissa rakennetaan kuilun päälle nostotorni, jonka korkeus on miltei 100 metriä. Torni sisältää nostolaitteistoja, hydraulikkaa, puhaltimia, jäähdytyslaitteita sekä kivihiisin. Nostotorniprojektin LVIA-työt aloitettiin huhtikuussa 2020 ja urakan oli määrä olla valmis tammikuussa 2021. Laajennusprojektin LVIA-urakka sisälsi ilmanvaihtokoneet ja kanavat, automaatioasennukset, lämmitys-, jäähdytys- ja käyttövesilinjat sekä kohteen sadevesi- ja prosessiviemärit. (Kuva 2.)



*KUVA 2. Nostotornin 3D-malli (2.)*

## **2.2 EPCM-urakointi**

Projektin urakointimallina käytettiin EPCM-palvelumallia. EPCM on lyhenne sanoista Engineering, Procurement ja Construction management eli suunnittelu, hankinta ja työmaanvalvonta.

EPCM-mallissa urakoitsija sijoittuu rakennuttajakonsultin alaisuuteen. Tässä projektissa rakennuttajakonsulttina toimi AFRY Oy, joka oli siis suunnitellut kohteen, tehnyt hankinnat, valinnut urakoitsijat ja toimi työmaavalvojana.

EPCM-mallia käytetään paljon teollisuuden urakoinnissa ja investoinneissa. Mallia käytetään käytännössä silloin, kun tilaajaorganisaatiolla on selkeä visio siitä, mitä halutaan ja mihin hintaan, mutta käytännön tietotaito, resurssit ja aika ovat ongelma. EPCM-malli on palvelukokonaisuus, joka suunnitellaan sekä toteutetaan tarpeiden mukaan yksilöllisesti ja tarkoituksena on helpottaa tilaajan osaa prosessista mahdollisimman paljon. Pakettiin kuuluu suunnittelu, hankinta ja rakentamisen johtaminen sekä työsuoritteiden valvonta. (3.)

EPCM-mallin nykytilaa, mahdollisuuksia ja huomioitavia asioita selventääkseni pyydettiin haastattelu AFRY Oy:n LVI-valvojalta, Jouni Hakoselta. Hakonen lukeutuu alan vahvoihin osajiin ja on vankka kokemus niin EPCM-urakoinnista kuin myös muista urakointimenetelmistä. (4.)

- Miten näet mallin kehittyvän tulevaisuudessa?
- Voiko malli levitä laajemmin myös normaaliin talotekniikkaan?
- Mitä urakoitsijan tulee ottaa huomioon ensimmäisessä EPCM-kohteessaan?
- Soveltuuko malli parhaiten juuri teollisuuteen?
- Miten kehittäisit mallia ja sen sisältämiä toimintamalleja?

Kun kysyttiin mallin tulevaisuudesta ja sen kehittämisestä Hakonen vastasi seuraavalla tavalla. EPCM tulee kehittymään yksikköhintaurakan suuntaan teollisuudessa. Urakat tullaan kyselemään tulevaisuudessa yksikköhintaurakoiden tapaan, ja suunnitelmista saatavat massat tullaan antamaan urakoitsijoiden käyttöön. Tämä tuo uusia vaateita suunnitteluun. Suunnittelijat joutuvat antamaan materiaalmäärät kiloina metreinä ja yksiköinä. Asiakkaat tulevat vaatimaan nopeampia projektien läpivientiaikoja. Kokonais-rakentamisajat tulevat lyhentymään ja siksi suunnitellaan ja rakennetaan samanaikaisesti. Haasteena tässä tulee olemaan KVR-urakan hinnoittelu vaihtuvissa teollisuuskohteissa. Jää nähtäväksi kehittykö EPCM urakka KVR ja yksikköhintaurakan suuntaan.

Kun tarkastellaan normaalia talotekniikkaa ja siellä käytettäviä urakointimalleja, ei EPCM-malli vaikuta sinne kovin tarpeelliselta. Normaalissa asuintalorakentamisessa sekä pienemmissä toimitilakohteissa, ei Hakonen usko EPCM hankkeen kannattavuuteen kustannussyistä. Lisäksi pääurakoitsijamalli on kustannustehokkaampi talopuolen kohteissa, joissa on käytössä alistetut sivu-urakat ja pääurakoitsijamalli kiinteällä hinnalla.

Kun lasketaan EPCM-urakointimallin kohdetta on monta asiaa, jotka täytyy huomioida. EPCM-kohteessa hinnoittelu on haastavaa, koska ei ole pääurakoitsijaa. Tämä on ensimmäinen mikä tulee mieleen. Nostot, varastointi, telineet, mahdolliset aliurakoitsijat, saadaanko kaikki kustannukset ja haitat hinnoiteltua oikein. Työnjohtovelvollisuus on haastavampi kuin normaalitalokohhteessa. Työnjohtovelvollisuus tulee ottaa huomioon jo hinnoitteluvaiheessa.

Pohdittaessa sitä, soveltuuko malli parhaiten juuri teollisuuteen, Hakonen totesi seuraavasti. Vaihtuvissa projekteissa ja vaikeissa teollisuuden EPCM-kohteissa malli on asiakkaan edun mukainen. Asiakkaan ei tarvitse palkata itselleen henkilökuntaa, ja voi luottaa siihen, että sopivat ja ammattitaitoiset EPC tai EPCM projektipäälliköt hoitavat työmaata kuten asiakas haluaa. Ammattitaitoisia henkilökuntaa ei asiakas välttämättä itse löytäisi, ja sama koskee myös urakoita ja urakoitsijan ammattitaitoisia henkilökuntaa.

Urakoitsija ja urakoitsijan työnjohtaja vaikuttavat urakan lopputulokseen ja läpimenoaikaan hyvin paljon ja joissain urakoissa on tilaaja halunnut tutun yhteistyökykyisen työnjohtajan ja jopa valinnut urakoitsijan työnjohtajan referenssien ja tuttavuuden vuoksi.

EPCM-mallin kehittämisestä Hakosella oli mielipiteitä.

Hän nopeuttaisi projektien läpimenoaikoja ja lisäksi rakennusurakoitsijan velvollisuuksia tai ottaisiin yhden urakoitsijan lisää työmaalle, joka vastaisi työmaa palveluista, kuten nostot, telineet ja varastointi, jotta työmaalla olisi aina saatavilla työmaa palvelut yhdeltä luukulta. Tämä laskisi urakoitsijoiden haittoja ja hinnoittelu onnistuisi helpommin.

Aikataulusta ja ostoista vastaavat tahot pitäisi saada käymään työmaalla useammin, jotta ostot tapahtuvat oikea-aikaisesti, (vrt esim LVI-Sähköurakan tilaus ja urakan valmistuminen). Mikäli hankinnat on tilattu liian myöhään eikä toimituksen aikataulua ole valvottu, hankaloituu myös koko urakan vastaanotto.

### 3 URAKOINTI KAIVOSKOHTEESSA

Projektin urakointimallina käytettiin EPCM-palvelumallia. Talotekniikkaurakoinnissa yleisimpiä urakointimalleja ovat KVR-urakointi, projektinjohtourakointi ja tavoitehintaurakointi. Edellä mainitut urakointimallit ovat EPCM-mallia suppeampia ja sitovat yhteen useita eri yrityksiä.

Laitteiden ja putkistomateriaalin vastuu hankinnasta oli urakoitsijalla ja materiaalit hyväksyttiin normaalisti tilaajapuolen edustajalla. Tässä projektissa tilaajan edustajan hankinnassa oli suuret kaivospuhaltimet, joten niiden osalta urakoitsijan sopimukseen sisältyi pelkästään asennus.

Eroja niin sanottuun normaaliin talotekniikkaurakointiin on paljon. Erot täytyy tietää jo tarjouslaskentavaiheessa. Teollisuuden tuotantolaitokset sijaitsevat harvoin keskeisellä paikalla, asutuksen läheisyydessä. Tässäkin tapauksessa työmatkaa kertyy päivittäin 80 kilometriä. Tarjousvaiheessa on hyvä pohtia ja kiinnittää huomiota niihin kuluihin, jotka tulevat kaiken työn ja materiaalin lisäksi. Näitä syntyy yllättävän paljon. Kulut koostuvat majoituksesta, työmatkoista, työmaalla tarvittavista laitteista, asennustelineistä, varastoalueista ja tavarantoimituksista. Majoituskulut ja työmatkakulut ovat helposti laskettavissa, mutta esimerkiksi työmaalla tarvittava laitteisto on sellaista, mihin ei välttämättä osaa varautua.

Kulujen lisäksi materiaalit, liitostavat, kokoluokat ja putkistoissa kulkea aine on otettava huomioon. Putkistomateriaalia on paljon ja se vaihtelee eri linjoissa. Referenssikohteessa pääasialliset putkistomateriaalit olivat ruostumaton teräsputki ja hiiliteräsputki. Toki mukaan mahtui myös huomattava määrä hapon kestävä teräsputkea. Myös putkistokoot vaihtelevat erittäin laajalla skaalalla. Päärungot olivat kooltaan DN 100 – DN 200 kokoisia ja haaroitukset saattoivat olla kuusi dimensiota pienempiä.

#### 3.1 Teollisuuskohde

Teollisuuskohdeissa urakointi poikkeaa monin tavoin asuintalo- tai toimitilarakentamisesta, joka mielletään tässä työssä normaaliksi talotekniikaksi. Poikkeavuuksia ovat esimerkiksi urakointimal-

lit, materiaalit ja kokoluokat. Teollisuudessa kohteiden skaala on laaja sekä urakoiden sisällöt vaihtelevat. Teollisuuskohteiden voi esimerkiksi olla paperitehdas, metallitehdas, kaivos tai muu vastaava tuotantolaitos. Teollisuuskohteissa LVIA:n osalta on kaksi eri osaa, prosessipuoli ja niin sanottu talopuoli. Prosessipuoli vastaa kohteen tuotantoon liittyvistä putkistoista, prosessiautomaatiosta ja komponenteista. Talopuolelle taas kuuluu tuotantotilojen ilmanvaihto, käyttövesi, lämmitys ja jäähdytys.

Teollisuusrakennusten tehtävänä on suojella sisällä työskenteleviä henkilöitä ja prosessissa tarvittavia koneita ja laitteita mm. sateelta, kylmältä ja kuumalta sekä suojattava ympäristöä haitallisilta vaikutuksilta, kuten melulta ja päästöiltä. Teollisuusrakennuksissa tuotantoprosessi määrää rakennuksen koon, muodon ja sisätilat. Usein rakennusten teräs- ja betonirakenteet ovat todella järeitä ja raskaasti kuormitettuja. Tuotantolaitos, kuten mineraalivillatehdas sisältää usein modulaarisia osia, joiden käyttötarkoitus on helposti muunneltavissa (pakkauslinjat ja varastot) sekä kiinteitä osia, jotka palvelevat vain yhtä käyttötarkoitusta ja ovat hankalasti muunneltavissa (esim. kiviaineksen sulattamiseen tarvittavat uunirakennukset). (5.)

### **3.2 Logistiset kulut**

Referenssikohteeseen täytyi sujuvuuden ja toiminnan tehostamisen vuoksi hankkia oma kurottaja ja kaivostoimintaan sopivat ajoneuvot. Kurottaja on pakollinen hankinta, sillä toimitetut massat ja laitteet ovat suurempia ja raskaampia, kuin kerrostalotyömaalle saapuva tavara. Materiaali saapuu työmaalle epäsäännöllisesti ja valmius purkamiseen tulee säilyttää. Vaikka materiaalin purkaminen onnistuisi ilman apulaitteita, sen siirtäminen varastoalueelta työpisteelle on miltei mahdotonta ja ennen kaikkea hidasta ilman tarvittavaa laitteistoa. Monet laitteista saattavat painaa tuhansia kiloja, eikä isoja putkimassojakaan liikutella käsivoimin. Referenssikohteessa putkistolinjaa tuli rakennukseen noin kaksi kilometriä.

Koska kyseessä on kaivos ja urakka sisälsi maanalaisia töitä, täytyi sitä varten varata oma ajoneuvo. Ajoneuvolla on tietyt vaatimukset, mikäli se halutaan rekisteröidä maanalaiseen käyttöön. Maanalla liikuttaessa on selkeät liikennesäännöt, joita on noudatettava. Jotta sääntöjä ja toimintamalleja pystyy noudattamaan, on ajoneuvo varusteltava tietyllä tavalla. Ajoneuvon tulee olla neliveto, siitä tulee löytyä majakka, pyöräkiilat, kaksi sammutinta, vararengas ja taaksepäin kohdistetut lisävalot omalla erillisellä kytkimellä. (6.)

#### **5.4.1 Maanalaisen kaivoksen erilliset ajoneuvovaatimukset**

##### **Henkilöautot ja vastaavan kokoiset huoltoajoneuvot**

- pakokaasumittaukset 3 kk:n välein (CO- ja savutusarvot)
- ei bensiinimoottoria
- neliveto
- kaksi 34A 183B C -luokan sammutinta tai yksi 55 A 233B C -sammutin, tarkastusväli ½ vuotta
- jarrujen tarkistus ennen työvuoron alkua
- pelastuslaite (tilaaja määrittelee) per ajoneuvon virallinen istumapaikka
- lisäperuutusvalot
- valomasto henkilöautoihin.

##### **Lisäksi suositellaan**

- alennusvaihteet
- peilinlämmittimet
- valomasto pakettiautoihin
- pysäköintikiilat.

#### *KUVA 3. Maanalaisen kaivoksen ajoneuvovaatimukset (6)*

Myös varastointiin täytyy kiinnittää huomiota. Isoon teollisuuskohteeseen tulee päivittäin valtava määrä tavaraa ja jotta olisi mahdollista välttyä materiaalitappioilta kannattaa varautua järjestelmään oma varastoalue. Referenssikohteessa varastoalueelle kuljetettiin kolme merikonttia pienempiä komponentteja ja niin sanottua bulkkitavaraa varten. Konttien lisäksi varastoalueelle hankittiin varastoteltta. Koska kohde sijaitsee pohjoisessa ja talvisin lumimäärä on huomattava, täytyy materiaalit saada jollain tavalla suojaan. Teltasta syntyy myös kuluja, jotka täytyy huomioida. (Kuva 3.)



KUVA 3. Kalusto sekä varastoalue

### 3.3 Työ ja materiaali

Normaalissa talotekniikassa yleisin materiaali on kupari, jota tämänkaltaisessa kohteessa ei käytetä juuri ollenkaan johtuen linjastossa vallitsevasta paine-erosta, liitostavoista sekä putkiston koosta. Liitostavat ovat puristus ja puserrusliitosten sijaan suurille putkikoille sopivammat hitsaus ja laippaliitokset. Kun liitokset tehdään hitsaamalla, täytyy varata enemmän aikaa koepaineistamiselle. Hitsaus-saumojen pitävyys todennettiin paineilman avulla. Paineilman avulla linjaston paine korotettiin 4 baariin ja tämän jälkeen saumat käytiin läpi vaahdottamalla. Koska kyseessä on linjasto, jossa virtaavana aineena on glykoli, vedellä suoritettava painekoe on huono ratkaisu. Suurikokoista linjastoa on mahdotonta saada täysin tyhjäksi ja linjastoon jäävä vesi laimentaisi glykolia.

Suuret verkostotilavuudet ja korkea rakennus vaativat myös tehokkaat pumput. Pumpuilta vaaditaan paljon nostokorkeutta, jotta virtaama pysyy tehokkaana. Pumput vaativat myös asennusvaiheessa paljon. Täytyy ottaa huomioon, miten pumppu nostetaan paikoilleen, tarvitaanko tukirakenteita ja paljonko järjestelyjä pelkkä pumpun siirto aiheuttaa. Referenssikohteessa paloveden paineenkorotuspumput ovat Grundfosin CRE-pumppuja ja ne sijaitsevat noin 20 metrin korkeudessa

olevalla metallitasolla. Pumppujen siirto tasolle vaati tornin oman palkkinostimen. Tämä siis ei ollut se hankala vaihe, mutta asennusohjeen mukaan pumput asennetaan tappien varaan. Kanavanostimen avulla pumput saatiin paikoilleen ja pumppujen alle valettiin betonipeti.

Ilmanvaihdon suhteen suurimpana yksittäisenä työnä olivat puhallinrakennuksen asennukset. Halokaisijaltaan kaksi metriä olevat puhaltimet koostuivat kolmesta eri komponentista ja niiden liikuttamiseen tarvittiin erilaisia nostolaitteita. Puhallinhuoneeseen asennettiin myös neljä kappaletta noin kuuden neliömetrin pinta-alan vieviä lämmityspattereita. Puhallinrakennus voidaan ajatella yhtenä isona ilmanvaihtokoneena. (Kuva 4.)



*KUVA 4. Kaivospuhaltimet*

### **3.4 Työturvallisuus**

Työturvallisuus on teollisuuskohteissa erittäin tärkeää ja turvallisiin työmenetelmiin panostetaan paljon. Tästä hyvänä esimerkkinä on kaivoksella käytetty valvontamalli, joka tehostaa työn turvallisuutta. Työmenetelmiä, telineitä, tikkaita ja suojarusteita valvotaan tarkasti. Telineet täytyy tar-



kastaa viikoittain, tikkaista tulee löytyä sivuttaistuet sekä turvavaljaiden tarkistuksesta saa olla kulunut aikaa maksimissaan vuosi. Mikäli kohteessa täytyi tehdä töitä haastavissa tai ahtaissa paikoissa, siitä tehtiin työn toteutussuunnitelma, eli TTS. Työturvallisuuteen liittyvät poikkeamat kirjattiin työkorttiin, joka kertoo ulkopuoliselle valvojalle, onko esimerkiksi sivuttaistuennan puuttuminen sallittu jossakin työvaiheessa. Myös sammuttimet ja niiden tarkastukset tuli olla ajan tasalla. Ajo-neuvoissa ja työkoneissa tarkastukset tulee suorittaa kahdesti vuodessa.

Maanalaisissa töissä työn turvallisuus korostuu suuresti. Kun työskennellään miltei kilometrin syvyydessä, on avun saaminen sinne hankalaa. Ensihoitoyksikön saapuminen maan syvyyksiin kestää huomattavasti pidempään kuin maan päällä. Kapea tunneli, hallittavissa oleva ajonopeus sekä mahdollinen vastaantuleva liikenne viivyttävät avun saamista. Maanalaisessa kaivoksessa vaaditaan normaalien suojarusteiden lisäksi lisävarusteita. Pakollisia lisävarusteita ovat häkämittari, otsalamppu, VHF-radio, lukko sekä henkilökohtainen pelastautumislaitte. Pelastautumislaitetta käytetään, mikäli kaivoksessa sattuu esimerkiksi tulipalo ja ilman häkäpitoisuus on korkea. Pelastautumislaitte auttaa viidentoista minuutin ajan, jolloin täytyy siirtyä lähimpään suojapaikkaan, joita ovat raitisilmakanavat ja erilliset siirrettävät suojapaikat. Työvuoron alussa työkorttiin kirjataan lähimpänä työtasoa oleva suojapaikka. Kaivosturvallisuuteen on olemassa oma opas, joka määrittää nostotyöt, telinetyöt ja tulityöt vaarallisiksi töiksi. Tämän vuoksi työsuoritteet vaativat työluvan, jonka virkaa myös työkortti toimittaa. Tällaiseen ei törmää normaalissa talotekniikassa, jossa pelastautumissuunnitelma on huomattavasti suppeampi, eikä niin sanottuja tavanomaisia työmenetelmiä määritellä vaarallisiksi. (6.)

### **3.5 Laskutus**

Referenssikohteessa on käytössä laskutusmalli, joka poikkeaa perinteisestä laskutuksesta. Urakasopimus on kuitenkin tehty YSE 98 pohjalle ja kohteessa käytettiin 10 %:n ennakkomaksua, sekä 10 %:n loppuerää urakkasummasta. (7.) Kohteessa ei käytetty maksuerätulukkoa, vaan laskutus tapahtui PPC-laskutusohjelman avulla. PPC tulee sanoista Progress Payment Contract. Tässä laskutusmallissa jokaisella laiteluettelossa olevalla komponentilla on oma hintansa, joka pohjautuu alkuperäiseen sopimukseen. Maksettava summa määräytyy edistymän perusteella. Esimerkiksi kun tietyllä positiolla oleva ilmanvaihtokone on kuljetettu asennuskohteeseen se tarkoittaa, että position summasta maksetaan 20 % sille osoitetusta summasta. Kun laitteen mekaaninen asennus on suoritettu, maksetaan 70 % ja kun laite on testattu, maksetaan loput 5 %. (Taulukko 1.)

Laskutus suoritetaan kerran kuukaudessa ja maksettava summa perustuu täysin töiden etenemiseen. Tämänkaltaisen laskutusmalli on toiminut kohteessa hyvin ja sen avulla pystyy niin sanotusti painottamaan tietyiltä osin asennusjärjestystä ja eri laitteiden tärkeyttä. Malli on osiltaan melko tarkka ja vaatii oman aikansa käsitellä, sillä kun jokaisella positiolla on oma hintansa, täytyy tietää, miten pitkällä asennustyö kullakin hetkellä on. Tästä voidaan todeta, että PPC-laskutusmalli on melko urakoitsijaystävällinen, eikä olisi ihme, jos se yleistyisi ja tulisi toiseksi vahvaksi vaihtoehdoksi tavallisen maksuerätaulukon rinnalle.

### **Esimerkki laskutuksen kokonaissumman muodostumisesta**

Mikäli urakan kokonaishinta on 1 500 000 euroa ja lasketaan positiosta TRN101 saatava hinta, on otettava huomioon painoarvot.

2 % kokonaissummasta on 30 000 euroa. Laite, tässä tapauksessa kiertoilmakone on kuljetettu asennuspaikalle, asennettu paikoilleen ja putkitettu, sekä puolet muista laitteeseen liittyvistä komponenteista on asennettu. Komponentteja voivat olla esimerkiksi venttiilit ja anturit.

Painoarvot ovat 10 % kuljetukselle, 30 % laitteenasennukselle, 30 % kannakoinnille ja putkitukselle, 25 % kytkennälle ja komponenteille sekä 5 % koekäytölle.

10 % = 3000 euroa

30 % = 9000 euroa

25 % = 7500 euroa

5 % = 1500 euroa

$TRN101 = 10\% * 1 + 30\% * 1 + 30\% * 1 + 25\% * 0,5 + 5\% * 0 =$  saatava summa

$TRN101 = 3000 \text{ €} + 9000\text{€} + 9000 \text{ €} + (7500 \text{ €} * 0,5) + 0\text{€} = 24750$  euroa

Tässä tapauksessa position kokonaisedistymä on  $\frac{24750 \text{ €}}{30000 \text{ €}} = 82,5\%$

Saatavasta summasta vähennetään vielä 20%. Tämä vähennys johtuu ensimmäisestä kymmenen prosentin maksuerästä ja viimeisestä saatavasta, saman suuruudesta maksuerästä. Tällöin esimerkkilaskun mukainen lopullinen saatava summa on 19 800 euroa.

Tällä laskutusmenetelmällä tilaajalla ja urakoitsijalla on reaaliaikainen käsitys kokonaisedistymästä ja samalla kyetään seuraamaan ja ennakoimaan kuluja ja tulotusta. (Taulukko 2.)

**TAULUKKO 1. esimerkkikuva laskutusyhteenvedosta. (3)**

AGNICO EAGLE MINES LTD KITILA PROJECT CONTRACT DESCRIPTION: Supply and Erection of HVAC CONTRACT NO.: PO NO:		AGNICO EAGLE FINLAND					
CONTRACTOR: ARE OY			PROGRESS PAYMENT REQUEST No: 002				
PPC Summary			for the period from: 1-Apr-20 to: 30-Apr-20				
DESCRIPTION	PROGRESS			SUMMARY			
	% Previous Period	% Current period	% Cumulative	CONTRACTUAL AMOUNT	PREVIOUS PERIODS	CURRENT PERIOD	CUMULATIVE
	1=5/4	2=6/4	3=1+2	4	5=1*4	6=2*4	7=3*4
A) Original Contract	10,00 %	6,67 %	16,67 %	1 500 000,00 €	150 000,00 €	100 000,00 €	250 000,00 €
B) Change Order				-100 000,00 €	0,00 €	0,00 €	-100 000,00 €
C) New Contractual value				1 400 000,00 €	150 000,00 €	100 000,00 €	150 000,00 €
80% of New Contract value				1 120 000,00 €	0,00 €	80 000,00 €	80 000,00 €
Advance payment (10% of adjusted contract value)				150 000,00 €	150 000,00 €	0,00 €	150 000,00 €
Final payment (10% of adjusted contract value)				150 000,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>Total</b>				<b>1 420 000,00 €</b>	<b>150 000,00 €</b>	<b>80 000,00 €</b>	<b>230 000,00 €</b>

**TAULUKKO 2. esimerkkikuva esitetyttävästä taulukosta (3)**

Rules of Credit: Progress report HVAC INSTALLATION												AGNICO EAGLE
System Code	Estimated hours	Weight Factor	Progress (%)	Weighted Progress (%)	Transportation to Installation Area	Install support/Hangers	Hoist & Place/Fit-up	Install Misc Components/Bolt Up	Test	Total Progress (%)		
											10 %	30 %
<b>HEATING AND COOLING</b>												
Heating distribution center	TRNI00	1	1,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI01	2	2,00 %	82,50 %	1,65 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	50,00 %	0,00 %	82,50 %	
Fan coil unit, heating	TRNI02	2	2,00 %	10,00 %	0,20 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI03	2	2,00 %	10,00 %	0,20 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Floor heating	TRNI04	2	2,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI05	1,5	1,50 %	10,00 %	0,15 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI06	1,5	1,50 %	10,00 %	0,15 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI07	2	2,00 %	10,00 %	0,20 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI08	2	2,00 %	82,50 %	1,65 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	50,00 %	0,00 %	82,50 %	
Fan coil unit, heating	TRNI09	2	2,00 %	95,00 %	1,90 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %	95,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI10	2	2,00 %	10,00 %	0,20 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI11	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI12	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI13	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI14	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI15	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI16	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI17	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Fan coil unit, heating	TRNI18	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Chilled water station	TRNI19	5	5,00 %	82,50 %	4,13 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	50,00 %	0,00 %	82,50 %	
Chilled water station	TRNI20	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Circulation pump	TRNI21	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Cooling convector	TRNI22	5	5,00 %	90,00 %	4,50 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	80,00 %	0,00 %	90,00 %	
Cooling convector	TRNI23	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Cooling convector	TRNI24	5	5,00 %	10,00 %	0,50 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	10,00 %	
Cooling system	TRNI25	5	5,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	
3-way valve with actuator	TRNI26	5	5,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	
<b>SUBTOTAL</b>		<b>100,00</b>		<b>0,10</b>		<b>95,00 %</b>	<b>21,00 %</b>	<b>21,00 %</b>	<b>13,00 %</b>	<b>0,00 %</b>	<b>24,55 %</b>	

### 3.6 Ympäristön vaikutukset

Teollisuudessa on tilanteita ja kohteita, missä asennuskohteet ovat tietyistä pisteestä eteenpäin normaalista talotekniikasta tuttuja asioita. Tästä esimerkkinä voidaan pitää referenssikohteen WC-tilaa tai ruokalan viemäreitä. Nostotornin WC sijaitsee 80 metriä maan pinnan yläpuolella ja vaatii paineenkorotuspumpun, mutta istuin on posliinia, putket kuparia ja lämminvesivaraajana on tavanomainen sähkövastuksella toimiva varaaja. Sama ajattelutapa pätee myös kuvassa 5 olevaan 900 metriä maan pinnan alapuolella olevan päätason ruokalan viemärointiin: vaikka ruokalan seinät ovat kalliota, viemärit ovat silti tavallista kiinteistöviemäriä, kaivannot ovat sepelipohjalla ja kaivot ovat ihan tavallisia lattiakaivoja. Optimistisesti ajatellut työnjohtaja on joskus sanonut, että eihän tämä ole hommaa kummempaa.



*KUVA 5. Kiinteistöviemärointi maan alla.*

Valmiista ruokalatilasta tulee tyypillinen työmaaruokala. Poikkeuksena on ruokalan kaltevat seinät ja katto. Ruokalatilaa lisäksi 900 metrin syvyydessä sijaitsevalle päätasolle tulee myös toimistotiloja

sekä pelastusajoneuvoparkki. Päätaso mahdollistaa entistä tehokkaamman tuotannon, sillä työntekijöiden ei tarvitse lähteä pintaan saakka tauolle. Nostotornin kivihissin yhteydessä on myös henkilöhissi, jonka päätepyssäki on päätaso ja sen ruokala ja toimistotilat. (Kuva 6.)



KUVA 6. Valmiit sosiaalitilat (3.)

### 3.7 Hinnoittelu

On selvää, että teollisuusympäristössä toimiminen on kalliimpaa, kuin esimerkiksi toimitilarakentaminen. Kun otetaan huomioon, että yleisesti teollisuuskohteet sijaitsevat syrjässä tai kokonaan toisella paikkakunnalla, henkilöstön matkakuluista, päivärahoista ja majoituksesta muodostuu pitkällä aikavälillä melko iso summa. Tähän kun lisätään suurten yksittäisten tuotteiden ja laitteiden rahtimaksut, laitteistovuokrat ja kalliit materiaalit, tulee summasta merkittävä. Aiheesta tehty esimerkilaskelma ei ole sidoksissa referenssikohteeseen tai Are Oy:n kustannuslaskelmiin.

#### 3.7.1 Työntekijän kustannukset

Mikäli työntekijän komennus kestää kuusi kuukautta ja komennuksen aikana työntekijä on viikon aikana neljä päivää töissä, maksetaan hänelle päivärahoja yhteensä noin 5000 euroa. Tämän lisäksi työntekijä majoittuu hotellissa, joka maksaa 11000 euroa. Tähän lisätään vielä matkoista koostuvat kulut, jotka ovat esimerkiksi 2500 euroa. Yhteenlaskettuna pelkästään yhden työntekijän

työllistäminen ennen varsinaista palkkaa maksaa yritykselle lähes 20000 euroa puolen vuoden aikana. Kun henkilöstöä on enemmän ja urakka-ajat pidempiä, henkilöstön kulut nostavat urakkahintaa jo huomattavan määrän.

### 3.7.2 Materiaalikustannukset

Materiaalien vertaaminen tavanomaiseen talotekniikkaan on hankalaa, sillä materiaalit ovat eri koluokkaa ja liitostavat ovat erilaisia. Tähän helppoiten vertailtavat tuotteet ovat viemäriputkistot. Kerrostalokohteissa viemäriin runko on useimmiten desibeliviemäriä, jonka listahinta koossa D110 tukkurista riippuen kolmen metrin salolla on noin 80 euroa. Desibeliviemäriin verrattuna RST-viemäriputki on suunnilleen kaksi kertaa kalliimpaa. DN100 RST-putken kolmen metrin salon hinta on noin 170 euroa. Kymmenellä metrillä hintaeroa tulee suunnilleen 300 euroa. Taulukossa kolme on verrattu kerrostalon ja nostotornin viemäriin pystyrungon suuntaa antavia materiaalihintoja. Kokonaisuudessaan hintaeroa näille kahdelle kohteelle kertyy 5125,25 €, johon vaikuttaa suuresti korkeusero. Ilman korkeuseroa tilanteessa, jossa molempien pystyrunkojen pituus on 25 metriä, hintaeroksi saadaan 929,92 €.

	Kerrostalo, 6. kerrosta	Nostotorni
Pystyrungon pituus (m)	25,00	96,00
Haarat	6,00	10,00
Putken hinta (€/m)	26,67	56,67
Haarat (€/kpl)	13,00	43,00
Hinta Yhteensä	744,75	5 870,00

Taulukko 3. Hintavertailu kerrostalon ja nostotornin pystyrungon materiaalien välillä

## 4 TYÖMAARAPORTOINTI

Työmaaraportointia vaadittiin kohteessa paljon. Raportointiin kuului päivittäin työkortti ja työmaapäiväkirja, viikoittain henkilövahvuusilmoitus, viikkoraportti ja etenemisen seurantaraportti, kuukausiraportti ja hankintaraportti sekä aikataulupäivitys. Kaikkia näitä raportteja varten tuli varata hyvin aikaa. Tämänkaltainen laajamittaisempi raportointi poikkeaa normaalista talotekniikkaurakoinnista, sillä siihen kuuluvat urakoitsijalavereitten työvaiheilmoitukset ja aikataulupäivitykset.

Koska Kittilän kaivos on kanadalaisomisteinen, käytettiin raportointikielenä englantia. Raporttien teko vieraalla kielellä on haastavaa, sillä ammattisanaston ja oikeiden termien käyttö vaatii hieman miettimistä. Englanniksi tehtyjä raportteja ja niiden ymmärrettävyyttä kyetään helpottamaan, kun laitteiden englanninkielisten nimien sijaan käytetään esimerkiksi laitepositioita.

### 4.1 Työkortti

Agnico Eagle Finlandin Kittilän kaivoksella on käytössä valvontamalli. Valvontamalli on koko kaivoksen yhteinen työnjohtoväline. Mallissa apuvälineenä toimii työkortti, joka täytetään päivittäin. Työkorttiin kirjataan työntekijän nimi, työskentelyalue, käytettävät työkalut ja materiaali. Työkortti tarkistetaan päivittäin. Tarkistuksessa käydään läpi työkohteen ja työntekijän työturvallisuuteen liittyviä asioita. Samalla kirjataan mahdolliset poikkeamat, työpisteen muuttuminen tai muu vastaava tilanne. Työkortissa on myös erillinen osio poikkeamahavainnoille. Työkortti edesauttaa työnjohtotehtävissä, sillä työkortti toimii reittinä. Reitillä informaatio kulkeutuu työntekijältä työnjohdolle ja sitä kautta vielä eteenpäin tilaajalle. Työkorttia käytetään apuna myös, mikäli työmaalla sattuu tapaturma tai työturvallisuuden vaarantava tilanne. Kun tapahtuma on kirjattu työkorttiin ja se on oikein raportoitu, voidaan kortin avulla tutkia, olisiko tilanne voitu estää ja miten se voidaan vastaisuudessa ehkäistä.

Työkortti tukee myös hyvin päivittäin tehtävää työmaapäiväkirjaa. Päiväkirjaan kirjataan päivän työsuoritteet, työkohteisiin liittyvät ilmoitukset tai vaatimukset. Tavanomaisessa rakennuskohteessa ei työkorttia käytetä, sillä työkortti on Kittilän kaivoksessa käytettävä työnjohdon apuväline.

## 4.2 Viikoittainen raportointi

Viikoittaisiin raporteihin sisältyi tässä kohteessa henkilövahvuusilmoitus, työmaan etenemä ja viikkoraportti. Viikoittaisiin raporteihin kului työnjohdolta tunteja suunnilleen yksi työpäivä, kun mukaan lasketaan lisätöiden seuranta, työmaakerros ja työvaiheiden dokumentointi.

Etenemäraportissa on kaksi käyrää. Toinen perustuu suunniteltuun aikatauluun ja toinen todelliseen etenemään. Etenemäraportissa pohditaan myös mahdollisia syitä projektin myöhästymiseen ja ratkaisuja, miten aikataulu aiotaan ottaa kiinni. Siinä on mahdollisuus vaikuttaa ja ennustaa, milloin mahdollisesti myöhässä oleva osa urakasta tulee valmiiksi, mikäli aikataulun saavuttaminen on mahdotonta.

Viikkoraportti kertoo tarkemmin työmaan tilanteen. Raportissa kerrotaan mahdollisista tapaturmista, kyseisen viikon työvaiheista, seuraavan viikon työvaiheista ja se sisältää myös kolmiviikkois-aikataulun. Raportissa on lueteltuna myös lisätyöt sekä työmaan sisäinen kirjeenvaihto. Viikkoraporttiin sisältyy myös etenemäkäyrä ja sen kommentointi, ja raporttiin voi myös kertoa työmaan ongelmista ja haasteista, joihin tilaaja kykenee vaikuttamaan, esimerkiksi varastotilan puute tai puutteet työmaasähköissä. Viikkoraportissa seurataan myös hankintojen edistymää ja mahdollisia toimitusviivästyksiä.

Henkilövahvuusilmoitus on turvallisuuden kannalta ehdoton. Se on työkalu, jonka avulla pystytään tiedottamaan työnjohtajalle mahdollisista tapaturmista.

## 4.3 Kuukausittainen raportointi

Kuukausittaiseen raportointiin liittyvät referenssikohteessa aikataulupäivitykset, laskutusasiat ja kuukausiraportti.

Kuukausiraportti on laajempi versio viikkoraportista. Siinä käydään lyhyesti kuukauden aikana tehdyt työsuoritteet ja asennukset, ongelmakohdat ja parannukset. Raportissa on myös seuraavan kuukauden etenemissuunnitelma. Tätä raporttia käytetään apuna kuukausittaisessa urakoitsijapalaverissa, jossa nähdään laajemmalla skaalalla missä mennään esimerkiksi valmiuden suhteen.



## 5 LVIA-URAKOITSIJAN REUNA-EHTOJA

Teollisuudessa uudisrakentaminen on kallista. Urakkasummat ovat suuria, koska työmäärä, kohteet ja kokoluokat ovat erilaisia. Tämän takia urakoitsijaa valittaessa täytyy ottaa huomioon ehdokasyrityksen liikevaihto. Liikevaihdolla kyetään osoittamaan kyky maksaa urakan aikainen vakuus, joka on YSE 98:n mukaan 10 prosenttia urakkasummasta. (7.) Suuren yrityksen vahvuus on resursseissa ja koska suuret yritykset tekevät suuria investointeja ja rakentavat suuria kohteita, on isomman yrityksen referenssilista huomattavasti vaikuttavampi kuin pienen yrityksen.

### 5.1 Aliurakoitsijat

Vaikka isoissa yrityksissä on paljon osaavaa henkilöstöä, saattaa silti paras ratkaisu olla palkata aliurakoitsijoita. Aliurakoitsijat saattavat usein olla pienempiä tekijöitä, jotka myyvät niin sanotusti vain käsiä, eli he saapuvat työmaalle puhtaasti työntekijöinä. Aliurakoitsijoiden kanssa tehdään urakkasopimus ja useimmiten kyseessä on tuntikauppa. Etuna aliurakoitsijälähtöisessä urakoinnissa on sen helppous. Aliurakoitsija toimittaa työmaalle omat työkalunsa, hänellä on oma vakuutus yrityksensä kautta, urakan tuoma motivaatio on huomattavasti korkeampi ja paine työn valmistamiselle on sopivalla tavalla suurempi mitä omalle henkilöstölle. Kun laadukas aliurakoitsija tulee tutuksi ja työn jälki tiedostetaan, on sopimuksen tekeminen helppoa tietäen, että työ suoritetaan loppuun laadukkaasti. Aliurakoitsija tai yrittäjä vastaa itse työstään, mutta työturvallisuudesta huolehtiminen ja turvallisen kaluston ylläpito kuuluvat itse urakoitsijalle. Aliurakoitsijoita kohdellaan alaisina, vaikka heillä on oma päätäntävalta siitä millaisissa jaksoissa he työskentelevät.

### 5.2 Verkostoituminen

Teollisuudessa toimivia yrityksiä, joilla on resurssit ja valmiudet suurten kokoluokkien urakoihin, on melko vähän. Kilpailu on kovaa ja toimijat ovat usein samoja. Tilaajat tai rakennuttajakonsultit ovat usein samoja, joten verkostoituminen ja onnistumiset sekä referenssit ovat erittäin suuressa osassa. Kunnialla ja laadukkaasti suoritettu urakka painaa vaakakupissa yllättävän paljon, kun urakoitsijaa valitaan. Teollisuudessa harvoin ratkaisuna on ottaa halvin toimija. Ennemmin on tärkeintä valita paras. Myös oman yrityksen tekeminen, laadukkuus sekä tehokkuus tulee olla huippuluokkaa.

Verkostoituminen helpottaa näissä asioissa niin kauan, kun työn teko on laadukasta. Kun neuvottelupöydän toisella puolella istuu henkilö, joka muistaa virheistä eikä hyvistä asioista, on urakan saaminen melko mahdotonta.

Laajennusprojektissa useaan otteeseen yhteinen kieli on englanti. Vieraalla kielellä kommunikointi tuottaa omat haasteensa sanavalinnoissa ja ymmärrettävyydessä. Kohteessa englannin kielellä käytäviä kokouksia oli useita, viikoittain käytävä yhteensovituspalaveri sekä kuukausittainen maksueräkokous. Englanti on vain harvan kohteessa työskentelevän henkilön äidinkieli. Useimmiten äidinkielenä on ranska tai ruotsi. Tästä johtuvat erot aksenteissa ja kommunikaation laajuudessa tuottivat omat ongelmansa. Itse työmaalla englanniksi kommunikointia kyetään helpottamaan viittoen, mutta esimerkiksi Teams-palavereissa täytyi turvautua puhtaasti verbaaliseen viestintään. Ammattisanasto sekä kielellinen osaaminen ovat erittäin tärkeä osa verkostoitumista ja työmaakommunikaatiota. Normaalissa talotekniikassa pääasiallinen työmaalla käytetty kieli on suomen kieli, mutta teollisuudessa englanti on useasti isossa osassa johtuen esimerkiksi ulkomaalaisesta omistajasta tai henkilöstöstä.

## 6 ASENNUSTAVAT JA MALLIASENNUKSET

Kuten luvussa 3.3 työ ja materiaali todetaan, materiaali ja asennustavat poikkeavat tavallisesta talotekniikasta suuresti. Monissa paikoissa talotekniikan putkimassat koostuvat suurimmalta osalta kuparista ja teknisissä tiloissa teräsputkesta. Liitostavat ovat puristus- tai kierreliitokset.

Teollisuudessa käytettävä päämateriaali on teräsputki. Teräsputkea on tavallista eli niin kutsuttua mustaa putkea, ruostumatonta terästä tai hapon kestäväää terästä. Liitostapoina toimivat pääsääntöisesti hitsaaminen ja laippaliitokset. Tietyiltä osin kuparia ja puristusliitoksia käytettiin, esimerkiksi saniteettitiloissa, mutta ne ovat vai murto-osa kokonaisuudesta.

### 6.1 Asennukset

Poiketen normaalista talotekniikasta kyseisessä kohteessa asennukset jäävät miltei kokonaan esille ja nähtäville. Tämä on monella tavalla itse asennustyötä helpottava asia, mutta näin asennukset vaativat enemmän tarkkuutta, jäljen laadukkuus ja tarkkuus ovat suuressa osassa, kun kaikki asennukset ovat nähtävillä. Näkyvillä olevia asennuksia on helppo arvioida kenen tahansa, joka kaivoksella vierailee tai työskentelee ja visuaalisesti heikko jälki saattaa vaikuttaa myös tulevaisuudessa. Asennusten jäädessä esille ovat ne myös ilman suojaa ja saattavat kokea kaltoin kohtelua. Eristykset saattavat hajota ja venttiilit taittua, mikäli niihin epähuomiossa törmätään esimerkiksi saksilavalla. (Kuva 6.)



*KUVA 6. Lauhde- ja jäähdytyslinjat putkikuilussa*

## **6.2 Pystysuora rakentaminen**

Pystysuorassa rakentamisessa materiaalin ja putkien siirtäminen on hankalaa. Kohteessa suurimmat pystysuoraan tehtävät asennukset tulivat putkikuiluun. Putkikuilu on koko rakennuksen läpi menevä kuilu, jossa on huoltotasoja noin neljän metrin välein. Kuiluun asennettiin jokaisen putkisto-osan runkolinjat. Pisimmät pystysuorat putkistot olivat viemärit. Sadevesi-, prosessi-, ja jätevesiviemärit olivat mitaltaan kukin noin 90 metriä pitkiä. (Kuva 7.)

Putkistot asennettiin siten, että putkikuilun pohjalta seinä jätettiin osittain auki. Tämän avulla materiaali saatiin tornin sisäpuolelle ilman jatkuvaa nosturin käyttöä. Jotta asennustyöt pystyttiin toteuttamaan, täytyi rakennuttaa koko kuilun mittainen rakennusteline. Telineen avulla asennukset voitiin suorittaa kuilun jokaiselle seinälle, putkistot voitiin eristää sekä haaroittaa. Tämä valtava teline

myös mahdollisti sen, että työtä kyettiin rytmittämään ja eri työvaiheet kyettiin toteuttamaan niille suunnitellulla aikataululla. Asennus aloitettiin sijoittamalla vinssi sopivalle korkeudelle yhdelle huoltotasosta. Kun vinssi ja kannakkeet olivat paikoillaan, aloitettiin putkistorungon kokoaminen. Kokoaminen suoritettiin kiinnittämällä ensimmäiseen putkeen poikkirauta, johon vinssi saatiin kiinnitettyä. Tämän jälkeen putkea jatkettiin hitsaamalla kuuden metrin saloissa ja samalla runkoa vinsattiin ylöspäin. Kun rungot olivat valmiit ja kannakoituna, voitiin aloittaa haarojen istuttaminen. Haarojen istuttamisen jälkeen putket johdettiin kerroksiin, jossa työskentely helpottui huomattavasti.

Ilmanvaihtokanavan runkoasennukset oli mahdollista suorittaa samoilta telineiltä, joskin telineet vaativat huomattavia muutoksia. Myös kanavamateriaalin saaminen kuiluun oli hieman hankalaa, koska suurin käytetty kanavakoko kuilussa oli halkaisijaltaan metrin. Kanava jouduttiin siirtämään ja asentamaan kuiluun hieman lyhyemmissä pätkissä. Ilmanvaihtokanavaa asennettiin kuiluun noin kuusikymmentä metriä pystysuoralle osuudelle.



*KUVA 7. Viemäri- ja käyttövesirungot putkikuilussa*

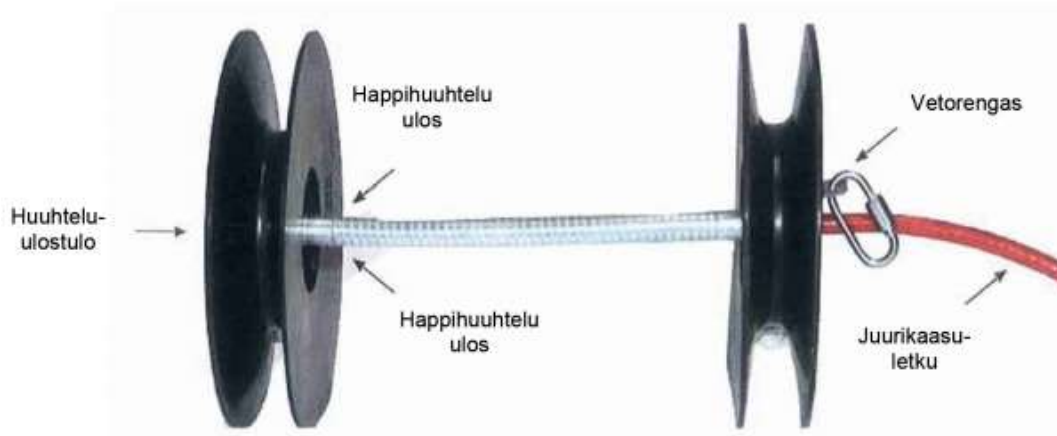
## 6.3 Hitsaaminen ja sen vaatimukset

Kun hitsataan saumoja umpeen ja putken osat liitetään toisiinsa, on olemassa vaihtoehtoja ja nyansseja, joita tulee ottaa huomioon. Putkimateriaali ja putkikoko vaikuttavat näihin valintoihin. Myös itse työkohteen vaatimukset täytyy ottaa huomioon. Tässä kohteessa käytettiin pääosin TIG-hitsauskonetta. Seinämävahvuus ja putkimateriaali vaikuttavat lisäainelangan valintaan. Lankavaihtoehtoja on monia eri materiaaleille. Joissain asennusvaiheissa täytyy käyttää juurikaasua. Juurikaasun tarkoituksena on suojata kovettuvaa hitsisulaa hapettumiselta ja ilman epäpuhtauksilta. Kaasu myös suojaa metallia kosteudelta, joka saattaa vaikuttaa sauman korroosionkestävyyteen. Juurikaasu on merkittävä tekijä sauman laadussa ja kestävydessä. Normaalissa talotekniikassa juuren suojausta vaaditaan harvemmin, sillä sitä käytetään ruostumattomien putkien hitsaamisessa.

Pitävän sauman aikaan saaminen vaatii taitoa. Taito kehittyy ajan saatossa ja oman taitonsa voi todistaa suorittamalla hitsausluokat. Hitsausluokkien omaaminen on myös usein vaatimuksena työmaalle saavuttaessa. Luokkahitsaajan pätevyys voidaan suorittaa useissa paikoissa, ja luokat ovat voimassa kaksi vuotta suorituspäivästä. Pätevyydellä osoitetaan se, että kyseisen tekijän tuottama sauma on pitävä ja laadukas.

### 6.3.1 Juurikaasu

TIG-hitsauksessa käytetään juurikaasua. Juurikaasu suojaa saumaa hapettumiselta. Juuren suojaaminen on yleisintä ruostumattomia putkia hitsattaessa. Referenssikohteessa juurikaasuna käytettiin formieria. Formier on sekoitus tyypeä ja vetyä. Formier tekee hitsisauman juuresta kirkkaamman, kuin toinen yleinen juurikaasu Argon. Formierin käyttöä rajoittaa sen hinta ja se, että kyseessä on palava kaasu. Kaasun syttymisherkkyuden vuoksi sen käyttö rajoittuu pienempiin putkikokoihin. Juurikaasutuksessa käytetään tulppaussarjaa. Kuvassa 8 olevassa tulppaussarjassa on kaksi tulppaa, jotka asetetaan sauman molemmiin puolin. Tulppien avulla saumaan ei pääse happea ja tulppien välissä olevasta kaasutusletkusta syötetään juurikaasu, joka syrjäyttää jäljellä olevan hapen. Juurikaasun kustannukset ovat melko maltillisia. Tulppaussarjan hinta vaihtelee välillä 1000 - 2000 euron. Kaasu lisää hitsauskustannuksia noin 20 %, mutta sauman kestävyuden vuoksi menetelmän käyttö on välttämätöntä. (8.)



KUVA 8. Tulppaussarja

### 6.3.2 Juuritahna

Mikäli hitsisauman juuren kaasuttaminen on haastavaa tai tarpeetonta, voidaan juuri suojata käyttämällä juuritahnaa. Juuritahna muodostaa sauman sisäpuolelle suojaavan kerroksen, joka muistuttaa suuresti puikkohitsauksessa muodostuvaa kuonakerrosta. Suojaava kerros syntyy, kun tahna reagoi lämmön kanssa. Kerros estää sauman sisäpuolisen oksidoitumisen eli hapettumisen ja tukee samalla hitsisulaa.

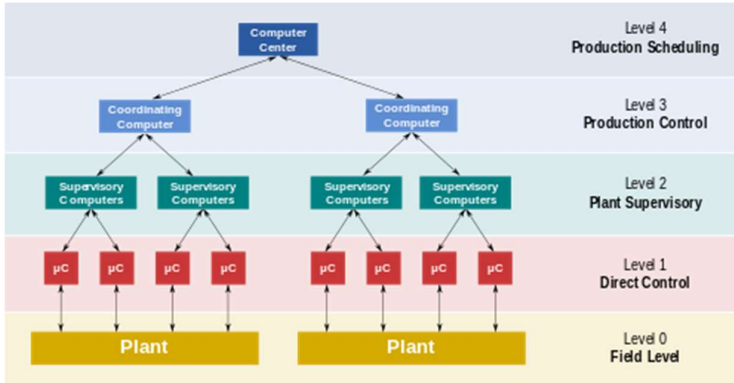
Juuritahna on jauhemaisessa muodossa, jotta tahna voidaan sivellä sauman sisäpuolelle, täytyy se sekoittaa ensin tahnaksi. Aineen, johon jauhe sekoitetaan, tulee olla alkoholipitoista parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Sopiva aine johon jauhe sekoitetaan voi olla esimerkiksi polttogeeli. Polttogeeli ei ole liian juoksevaa, joten tahnasta tulee sileää, eikä se kuivu niin nopeasti,

### 6.4 Automaatio

Teollisuudessa käytetään useimmiten DCS-automaatiota. DCS tulee sanoista Distributed Control System. DCS on hajautettu ohjausjärjestelmä. Ohjausjärjestelmä sisältää erilaisia asemia, kuten esimerkiksi prosessiasemat ja valvomoasemat.

Nostotorniprojektissa ja Kittilän kaivoksella automaatiojärjestelmien toteutus on tehty erittäin fiksumusti. DCS-automaatio ja taloautomaatio ovat erillään omina kokonaisuuksinaan. Tämä tarkoittaa

sitä, että taloautomaation toimilaitteet voivat olla rakenteeltaan kevyempiä ja sähkömoottorilla varustettuja. DCS-automaatiossa käytetään usein esimerkiksi pneumaattisia säätö- ja sulkupeltejä, jotka ovat rakenteeltaan raskaampia ja prosessiautomaation takana ollessaan ne saattavat olla liian tehokkaita.



KUVA 9. Hajautettu ohjausjärjestelmä

## 6.5 Malliasennukset

Malliasennuksessa todetaan asennuksen laadukkuus ja oikeellisuus. Malliasennus todennetaan valvojan kanssa, joka hyväksyy tai hylkää suoritettua asennustyötä. Asennuksesta tarkastetaan esimerkiksi liitokset, kannakointi, materiaali ja eristykset. Malliasennuksen jälkeen voidaan suorittaa koepaineistus, joka todennetaan koepaineopäytäkirjalta. Verrattuna normaaliin talotekniikkaan laitteita on huomattavasti enemmän, joten malliasennuksen tarkastuttaminen on välttämätöntä, jottei jokaista asennusta tarvitse muuttaa. Malliasennuksilla voidaan myös taata, että asennukset täyttävät asetetut laatuvaatimukset. Malliasennustarkastuksen jälkeen myös muutoksista tai virheistä johtuvien kuluja määrä pienenee. Kun asennus on hyväksytty, ei tarvitse tehdä kaikkia asennuksia uudelleen syntyisi tietenkin kaksinkertaiset kulut. (Kuva 10.)





*KUVA 10. Palopostikaapin malliasennus maan alla*

## 7 AIKATAULUTUS, RESURSSIT JA TAVOITTEIDEN SAAVUTUS

Teollisuudessa asioiden toivotaan tapahtuvan tehokkaasti ja suunnitellusti, jotta tuotantoa tehostavasta urakasta saatava hyöty on mahdollisimman suuri. Tämän vuoksi aikataulu on tiukka ja vaatii urakoitsijalta suuria ponnisteluja ja tehokasta ajankäyttöä. Ajankäyttö ja sen hallitseminen sekä itse aikataulun toteutuminen on iso haaste, sillä aikataulun pitävyys ei johdu ainoastaan urakoitsijasta. Muilla urakoitsijoilla ja toimijoilla on suuri rooli yksittäisen osan valmistumisen suhteen kokonaisurakassa. Tämän vuoksi koordinointi ja yhteispeli ovat tärkeitä asioita, joista täytyy pitää kiinni.

### 7.1 Aikataulu

Aikataulun suunnittelemiseen ja koko urakan aikatauluun sovittamiseen on hyvä käyttää paljon aikaa. Myös työsuoritteiden tuntiarviot kannattaa laittaa ylös. Tämä auttaa myös siinä, miten paljon työvoimaa ja resursseja täytyy varata eri työvaiheisiin. Aikataulu muuttuu usein ja kokonaisurakan edistyminen tai myöhästyminen vaikuttaa kaikkiin osallisiin. Tämän vuoksi työvaiheitten limittäminen saattaa tarjota ratkaisuja, mikäli tietty osa haluttuna ajankohtana onkin mahdoton suorittaa tekijästä riippumattomista syistä. Toinen vaihtoehto on rakentaa hieman ympärilyöreämpi aikataulu ja panostaa esimerkiksi kolmiviikkoisikatauluun. Kolmiviikkoisikataulun suunnittelu on helpompaa, koska vallitseva tilanne työmaalla on tiedossa.

Aikatauluun liittyy myös koordinointi toisten urakoitsijoiden kanssa. Koordinaatiopalaverit avaavat työmaan tilannetta ja mahdollisuuksia työmaalla. Työmaalla saattaa olla myös yhteiskäytössä olevia nostolaitteita tai vastaavia apuvälineitä, joiden käyttöä täytyy rytmittää, jotta jokainen pystyy noudattamaan omaa aikatauluaan. Aikataulujen yhteensovitus ja yhdessä sopiminen auttaa jokaista työmaalla työskentelevää urakoitsijaa ja tarjoaa myös mahdollisuuden turvallisempaan työskentelyyn alueella.

## 7.2 Resurssit

Resurssit ja etenkin työvoima on yksi iso tekijä tavoitteiden saavuttamisessa. Laadukas työvoima korvaa volyymin. Tehokas ja määrätietoinen työskentely voittaa suuren työryhmän päämäärättömät työmenetelmät missä vain. Kuitenkin työvoimaa täytyy olla riittävästi. Referenssikohteessa LVIA-urakointi satoi noin 15 työntekijää. Tähän sisältyi putki-, kylmä-, ilmanvaihto- ja automaatioasentajat sekä eristäjät. Tämä vaikutti pieneltä määrältä verrattuna esimerkiksi sähköpuolen volyymiin, mutta töiden edetessä saattoi huomata, miten alansa huippuosaajat toteuttivat hankkeen laadukkaasti ja tehokkaasti.

Suuren kohteen toteuttaminen rajallisilla resursseilla vaatii joustavuutta niin urakoitsijalta kuin myös aliurakoitsijalta. Työn toteutus vaatii molemmilta osapuolilta paljon ponnisteluja ja ratkaisukykyä. Kun kyseessä on kohde, joka sijaitsee syrjässä ja materiaalin hankinta on haastavaa, kaikkeen täytyy kyetä varautumaan. (Kuva 11.) Kun varastotilat on tarkkaan harkittu ja hankittu sekä varastoidun materiaalin volyymi on riittävä, kyetään mahdolliset puutteet kuittaamaan varaston laajuudella ja monipuolisuudella. Tämä on hyvä ottaa huomioon jo tarjousvaiheessa.



*KUVA 11. Kaivoksen logistiikkaryhmä purkamassa kanavakuormaa.*

### 7.3 Tavoitteiden saavutus

Tavoitteiden saavuttaminen ei riipu siitä, että yksittäinen urakoitsija onnistuu pysymään aikataulussa ja suorittamaan mekaaniset asennukset tavoitteeseen mennessä vaan se vaatii onnistumista kaikilta projektin urakoitsijoilta. Yhteensovitus, yhteistyö ja urakoitsijoiden välinen kommunikaatio auttaa suunnittelussa ja toteutuksessa. Laitteiden käyttöönotto vaatii sähköä, ja laitteiden asennus vaatii luonnollisesti sen, että rakenteet ovat valmiita. Kohteessa, jossa rakennetaan sata metriä korkeaa tornia, vaaditaan myös nostokalustoa. Sakolliset tavoitteet ovat niitä, joiden saavuttaminen on äärimmäisen tärkeää, sillä urakkaa laskettaessa ja tarjottaessa sellaista asiaa kuin sakot ei pidä ottaa huomioon. Jotta sakoilta vältyttäisiin, täytyy löytää oikea rytmi toteutukseen, mikä taas kerran löydetään aikataulun ja yhteensovituksen kautta.

### 7.4 Urakan päättäminen

Urakka päättyy työmaan luovutukseen sekä taloudelliseen loppuselvitykseen. Kokouksissa sovelletaan YSE 98:n ehtoja. Takuuajan vakuus, joka on sopimusehtojen mukainen 2 % urakkasummasta, asetetaan voimaan taloudellisen loppuselvityksen jälkeen. (7.) Myös takuuajan tarkastukset ja huoltokäynnit toteutetaan yleisten sopimusehtojen mukaan, aivan kuten normaalissa talotekniikassakin.

Kaiken kaikkiaan urakan päättäminen tapahtuu samalla tavalla kuin normaalissa talotekniikassa. Poikkeuksena kyseisessä kohteessa on kylmälaitteiden testaus. Kylmälaitteita ei kyetty testaamaan oikealla kuormalla sääolosuhteiden ja työmaan keskeneräisyyksien vuoksi. Tämän vuoksi varsinainen kylmälaitteiden käyttöönotto suoritetaan heti, kun koneita voidaan kuormittaa riittävästi. Tämänkaltaiset asiat kirjattiin vastaanottokokouksen pöytäkirjaan. Vastaanottokokouksen yhteydessä luovutettiin luovutusasiakirjat ja loppukuvat. Vastaanottotarkastuksessa havaitut puutteet käytiin läpi sekä sovittiin päivämäärä jälkitarkastukselle.

## 8 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli luoda informaatiopaketti teollisuuden tuotantolaitoksen talotekniikkaurakoinnista. Informaatiopaketti sisältää huomioon otettavia asioita ja vaatimuksia talotekniikkaurakoinnista.

Talotekniikkaurakointi teollisuuden tuotantolaitoksissa on haastavaa ja vaatii ongelmanratkaisukykyä sekä laajaa ammattitaitoa. Kittilän kaivoksen kohteessa suurimmat haasteet ovat pystysuora rakentaminen, maan alla työskentely sekä materiaalin järjestäminen maan alle. Normaalin talotekniikkaurakoinnin ja teollisuudessa suoritettavan talotekniikkaurakoinnin erot ovat huomattavia. Huomioon otettavia kuluja on määrällisesti enemmän, kuten myös laitteistovaatimuksia. Laajat ja harvoin vastaan tulevat kokonaisuudet tekevät teollisuusympäristössä toteutettavista hankkeista mielenkiintoisia.

EPCM-mallilla toteutettu hanke avaa kokonaisuutena sitä, miten paljon työtä ja resursseja urakointi vaatii. Kun hankkeeseen kuuluu suunnittelu, toteutus ja työmaan valvonta, vaaditaan huomattava määrä työvoimaa sekä organisointikykyä. Työmaan ylläpitäminen, edistäminen ja urakoitsijan sekä tilaajan välissä toimiminen on haastava paikka toimia.

Kaivos- ja teollisuusolosuhteissa työskentelemisestä on löydettävissä vähän materiaalia ja artikkeleita. Tästä johtuen valtaosa tekstistä perustuu omakohtaiseen sekä kollegoiden kokemuksiin teollisuuden talotekniikasta.

## LÄHTEET

1. Kaivossanommat 1/2020 Saatavissa:  
[http://agnicoeagle.fi/wp-content/uploads/2020/10/Kaivossanommat\\_2020.pdf](http://agnicoeagle.fi/wp-content/uploads/2020/10/Kaivossanommat_2020.pdf). Hakupäivä 01.02.2021.
2. Agnico Eagle Finland laajennusprojektin arkisto, ladattu 4.8.2020.
3. Projektin toteutus EPCM-mallilla keventää teollisuusinvestoijan työtaakkaa. 2019. Sweco. Saatavissa:  
<https://www.sweco.fi/uutiset/uutisarkisto/news-2019/projektin-toteutus-epcm-mallilla-keventaa-teollisuusinvestoijan-tyotaakkaa/>. Hakupäivä 15.09.2020.
4. Hakonen, Jouni. Henkilöhaastattelu. 21.02.2021.
5. Tuominen, Jyrki. Pääsuunnittelijan rooli teollisuusrakentamisessa – Erityispiirteitä ja ongelmia. Aalto-yliopiston julkaisusarja 13/2012. Saatavissa:  
<https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/5134/isbn9789526044965.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hakupäivä 24.02.2021.
6. Heinimäki, Janne – Kotaviita, Vesa – Partanen, Petri – Suokas, Jari-Pekka 2015. Kaivosturvallisuusopas. Saatavissa:  
<https://ttk.fi/files/6409/Kaivosturvallisuusopas.pdf>. Hakupäivä: 01.02.2021.
7. INFRA Ry. YSE-Opas urakoitsijalle. 2019. Saatavissa:  
<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/julkaisuja/2019/yse-opas-21-2-2019.pdf>. Hakupäivä 18.01.2021.
8. Juurikaasutustulppaussarja. Saatavissa:  
[http://www.retco.fi/uutiset-362-juurikaasutustulppasarja\\_flex.php](http://www.retco.fi/uutiset-362-juurikaasutustulppasarja_flex.php). Hakupäivä 20.12.2020.

LIITE 1



HITSAAJAN PÄTEVYYSTODISTUS ISO 9606-1:2017  
 WELDER APPROVAL TEST CERTIFICATE ISO 9606-1:2017  
 Todistus nro/Certificate no.  
**161405-01**

Merkitä/Designation **ISO 9606-1 141 T BW FM5 S s1,6 D48,3 H-L045 ss gb, sl**

WPS **T6.3.1-RST**  
 Hitsaaja/Welder **[REDACTED]**  
 Tunnistusmenetelmä/ID method **Ajokortti/Drivers Licence**  
 Syntymäaika, -paikka/Date of Birth, Place **[REDACTED]**  
 Työnantaja/Employer **[REDACTED]**  
 Tietopuolinen koe/Job knowledge **Ei testattu / Not tested**



Hitsaajatunnus/Identification **MAJ58** Standardi pienahitsauskoe/ Standard Fillet Weld Test **(-)(-)**

Muuttujat/Variables	Hitsauskokeen tiedot/Weld test details	Pätevyysalue/Range of approval
Hitsausprosessi/Welding process(es)	141	141, 142, 143, 145
Aineensyirtämisuoto/Metal transfer	-	-
Levy tai putki/Plate or pipe	T	P, T
Liitosuoto/Join type	BW	BW
Materiaaliryhmä(t)/Parent metal(s)	B	1-11/1-11, (3:142)
Lisäaineryhmä/Filler material group	FM5	FM5
Lisäaine/Filler metal	S	
Suojaakaasu/Shielding gas(es), flux	H	Inertti
Apuaineet/Auxiliaries	Argon	
Materiaalin paksuus/Thickness (mm)	1,6	-
Hitsatteen paksuus / Weld metal thickness (mm)	1,6	1,6 - 3,2
Putken ulkohalkaisija/Outside diameter (mm)	48,3	≥ 25,0
Hitsausasento/Welding position	H-L045	PA, PC, PE, PF, PH, H-L045
Hitsausyksityiskohdat/Welding details	ss gb, sl	ss mb, ss, ss gb
Virta(t) ja napaisuus/Current and polarity	DC-	
Muuta/Other	Palvelusalue/direktiivin (PED 2014/68/EU) mukainen hitsauspätevyys.	

Testausmenetelmä/Type of test	Suoritettu ja hyväksytty/Performed and accepted	Ei vaadita/ Not required	Koe suoritettu/ Test performed	28-10-2019, Helsinki
Silmämääräinen/Visual	X		Valvoja/Examiner	[REDACTED]
Röntgenkuvaus/Radiography	X		Hyväksytty/Issued	13-11-2019, Helsinki
Makrohe/Macro		X	Huom/Note	
Murtokoe/Fracture		X	Voimassa asti/Valid to	28-10-2022
Taivutuskoee/Bend		X	Ilmoitettu laitos/ Issuing Body	Inspecta Tarkastus Oy
Ultraääni/Ultrasonic		X	Hyväksytty/Issued by	[REDACTED]
Velokoe/Tensile		X	Allekirjoitus/Signature:	[REDACTED]
Muu koestus/Additional tests				
Työntekijä on vahvistanut todistuksen voimassaolon seuraavaksi 6 kuukaudeksi/Prolongation for 6 months, 9.3a mukaisesti/According to 9.3a.				
Päivämäärä, vahvistettu/Date, confirmed				
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				

Tämän todistuksen on antanut Inspecta Tarkastus Oy ilmoitettu laite 0424.  
 This document is issued by Inspecta Tarkastus Oy Notified Body 0424.

Trust Quality Progress

LIITE 2

Huomioita, kommentteja, muistutuksia		

**Ajoneuvon tarkastuslista** **PVM:**

**Ajoneuvo:** \_\_\_\_\_ **Tarkastaja:** \_\_\_\_\_

Tarkastuksen kohde	Merkinnät	Huomioita
1. Yleinen siisteys, vauriot		
2. Öljy- ja nestevuodot		
3. Renkaat, pyöräkiiilat 2kpl (kiinnitys, ilmanpaine, kulutuspinnta)		
4. Moottoriöljy- ja muut neste-pinnat		
5. Hallinta- ja turvalaitteet (mm turvavö)		
6. Sammuttimet (kahva ehyt, mittari vihreällä)		
7. Valot (valomasto, keltavilkuu, lisäperuutusvalo)		
8. EA-välit ja tarvittavat suojaimet		
9. Ooenco (mittari, sinetti, ei kosteulta)		
10. Jarrut		

Liisätietoja: \_\_\_\_\_

Allekirjoitus: \_\_\_\_\_

Merkinnät: x= kunnossa o=korjattu v=ei kunnossa =ei ole

**PROJEKTIT**

**TURVALLINEN TUOTANTO**

Päivä \_\_\_\_\_ Työvuoro \_\_\_\_\_

Nro \_\_\_\_\_ Työntekijän nimi: \_\_\_\_\_ Työnjohtajan nimikirjaimet, Yritys: \_\_\_\_\_

**TYÖSKENTELYALUE JA TYÖTEHTÄVÄT**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Työnjohtajan huomioit työtehtävästä ja siihen liittyvistä riskeistä:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Työkohteen tila vuoron jälkeen: (huomioitavat asiat)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tarvittavat työkalut, materiaalit ja laitteet:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**TYÖNTEKIJÄN KOMMENTIT (TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖ)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Työnjohtajan allekirjoitus: \_\_\_\_\_

**TARKASTUS**

Symbolit	Kunnossa	x Korjattu	O

Kulureitti ja työpaikka	Paikka		Ei VASTAA	Paikka
	Työntek.	Korj.		
1 Henkilökoht. suojaravustus ja radio				
2 Kulukiet ja hätäpoistumisreitit				
3 Kallteet				
4 Ilmanvaihto				
5 Varotusmerkit				
6 Erityissuojavarusteet				
7 Valaistus ja ilmastointi				
8 Siisteys ja järjestys				
9 Erikoisluvat				
10 Sähköasennukset				
11 Palosammuttimet ja -pelitteet				
12 O-energiamenettely, lukitus				
13 Näkyvyys / Raskas kalusto				
14 Tuotantoa tukevat tuotteet (öljy, polttoaineet jne.)				
15 Tekninen tarkastus (siirrettävät laitteet)				
16 Telineet, portaat, tikkaat				
17 Erikoistyökälyt				
18 Työkälujen kunto				
19 Nostolaitteet (silto nosturit, ketjut, kaapelit, turkkij (ne.)				
20 Kytit (paikoillisen ja puhtaas)				
22 Näkyvyys / Raskas kalusto				
21 Työmenetelmät ovat turvallisset ja tehokkaat (Työnjohtaja) kommentti:			Kyllä	Ei

**SUUNNITTELU**

1 Havaitut epäkohdat

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ensimmainen käynti: Työnjohtaja merkitsee suunnitelman epäkohtien korjaamiseksi (pakollinen)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Toinen käynti: Työnjohtaja merkitsee suunnitelman epäkohtien korjaamiseksi (pakollinen)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3 Erityiset riskit: Työntekijä merkitsee työssä tehtävän suurimman riskin (pakollinen)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4 Korjattavat toimenpiteet: Työntekijän ehdotukset riskin korjaamiseksi (pakollinen)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**PÄÄTÖS**

1 Vahvistat, että olemme ymmärtäneet toisiamme.	Kyllä	
2 Vahvistat, että työ voidaan tehdä turvallisesti.	Kyllä	
3 Valtuutan työntekijän jatkamaan työtään.	Kyllä	

Työnjohtaja: \_\_\_\_\_ Työntekijä: \_\_\_\_\_

**TOTEUTUS**

Vastaako työ tehtyjä päätöksiä? Työnjohtaja täyttää

	Kyllä	
		Ei

Työnjohtajan käynnin kellonajat

Työntekijän ja työnjohtajan kuittauksat:	
------------------------------------------	--