



# **Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas**

Janne Sutinen

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

SUTINEN, JANNE:

Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas

Opinnäytetyö 82 sivua, josta liitteitä 48 sivua  
Huhtikuu 2012

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli laatia muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamista ohjaava laatuopas NCC Rakennus Oy:lle. Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja liitteenä olevasta laatuoppaasta. Työn teoriaosuudessa on käsitelty laatua yleisesti, laatujärjestelmiä ja laadun tuotannon vaikutuksia rakentamisessa. Lisäksi teoriaosuudessa on kerrottu yleisesti maakaasusta ja maakaasuputkilinjoista.

Liitteenä olevassa laatuoppaassa on esitetty muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen prosessia urakoitsijan näkökulmasta. Laatuoppaassa on käsitelty muovisten jakeluputkilinjojen rakentamiseen liittyviä käytännön toimenpiteitä sekä laatu- ja turvallisuuskysymyksiä. Käsiteltäviä aiheita ovat esimerkiksi työ- ja liikenneturvallisuus, urakan osapuolten yhteistoiminta, maarakennustyöt sekä putkilinjojen hitsaus- ja asennustyöt. Havainnoinnin helpottamiseksi opas sisältää paljon luotelmia, kuvia ja muistilistoja

Laatuoppaan tarkoituksena on toimia työntekijöitä opastavana ja ohjaavana teoksena muovisten maakaasun jakeluputkilinjojen rakentamisessa. Opasta on myös tarkoituksena käyttää työntekijöiden perehdytykseen. Lisäksi laatuopasta voidaan soveltaa yrityksen muihin rakentamisprosesseihin kuten kaukolämpö- ja biokaasuputkistojen rakentamiseen.

Opinnäytetyöhön ja laatuoppaaseen käytetyt tiedot on koottu voimassa olevista kirjallisista lähteistä ja alan toimijoiden internet-sivustoilta. Laatuoppaan runkona toimii valtioneuvoston asetus 551/2009 maakaasun käsittelyn turvallisuudesta.

Opinnäytetyö on tehty NCC Rakennus Oy:n, infrarakentamisen vesihuollon työpäällikön Mikko Palanderin toimeksiannosta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Department Of Construction Technology  
Civil Engineering

SUTINEN, JANNE:

Quality Manual for the Construction of Plastic Natural Gas Pipelines

Bachelor's thesis 82 pages, appendices 48 pages  
April 2012

---

The subject of this thesis was to create a quality manual for NCC Construction Ltd about the construction process of plastic natural gas pipelines. The thesis consists of theory section and from quality manual which is attached to the end. Issues which are dealt with in the theory section include quality generally, quality systems and the effects of quality based functions in construction process. Also in theory section is described the basics of natural gas and natural gas pipelines.

The quality manual has been made from the contractor's point of view. Objective was to make a manual that provides information and guidance for the construction process of plastic natural gas pipelines. The quality manual can also be used to orientate employees. The idea was to make it clear, simple and easy to read so the manual contains lots of instructions, checklists, charts and pictures. Issues which are dealt with in the manual include things like safety on construction sites, excavation, quality control, welding- and assembly of the plastic natural gas pipelines.

The subscriber of the thesis was Mikko Palander from NCC Construction Ltd.

---

Key Words: natural gas, quality, pipelines, gas

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Taustatiedot.....	6
1.2 Tavoitteet ja sisältö .....	6
1.3 Rajaukset.....	7
2 LAATU RAKENTAMISESSA.....	8
2.1 Laatu käsitteenä .....	8
2.2 Laatu politiikka ja laatujohtaminen .....	9
2.3 Laatu kustannukset .....	10
3 LAATUJÄRJESTELMÄ JA SEN ELEMENTIT .....	12
3.1 Laatu järjestelmän periaate ja tavoite .....	12
3.2 Perinteisen laatu järjestelmän elementit .....	13
3.2.1 Laatu käsikirja.....	14
3.2.2 Toiminta- ja menettelyohjeet .....	15
3.2.3 Viiteaineisto .....	15
4 RAKENNUSTYÖMAAN LAATUTOIMINNOT.....	16
4.1 Virheet rakentamisessa .....	16
4.2 Laadunvarmistustoimenpiteet .....	17
4.3 Viranomaisten edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet.....	18
4.4 Rakennuttajan laadunvarmistustoimenpiteet .....	18
4.5 Urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteet .....	20
5 MAAKAASU .....	22
5.1 Maakaasun määrittely .....	22
5.2 Maakaasu Suomessa .....	23
5.3 Maakaasuputkistot ja niiden jaottelu .....	26
5.3.1 Siirtoputkisto .....	27
5.3.2 Jakelu- ja käyttöputkisto .....	27
5.3.3 Venttiili- ja linkkiasemat.....	27
5.3.4 Paineenlisäysasemat.....	28
5.3.5 Paineenvähennysasemat.....	28
5.4 Putkilinjosten sijoitus- ja suunnitteluperusteet.....	28
5.5 Maakaasulainsäädäntö ja lupamenettely.....	29
6 POHDINTA.....	31
6.1 Johtopäätelmät .....	31

6.2	Jatkotoimenpiteet.....	31
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET .....	34
	Liite 1. Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas.....	34

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustatiedot

Heinäkuussa 2009 julkaistiin maakaasun käsittelyn turvallisuutta koskeva valtioneuvoston asetus 551/2009. Asetuksessa säädetään maakaasun varastoinnista ja teknisestä käytöstä sekä maakaasun siirtoon, jakeluun, käyttöön ja ajoneuvojen tankkaukseen tarkoitettuista putkistoista ja laitteistoista (VNa 551/2009). Kyseinen valtioneuvoston asetus säätelee maakaasuputkilinjojen rakentamisen prosessia luvan hakemisesta valmiin putkilinjan käyttöönottoon asti.

Asetuksen julkaisemisen myötä NCC Rakennus Oy:lle syntyi tarve ajantasaisesta muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamista ohjaavasta laatuoppaasta. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on täyttää tuo tarve. Työn toimeksiantaja on NCC Rakennus Oy.

## 1.2 Tavoitteet ja sisältö

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia NCC Rakennus Oy:lle laatuopas muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisesta. Laatuoppaan avulla maakaasuputkilinjojen rakentamiselle luodaan yhteiset pelisäännöt yrityksen sisällä, joilla rakentamista ohjataan ja valvotaan. Oppaan tarkoituksena on koota laadulliset vaatimukset yhteen muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamiselle sekä toimia ohjaavana apuvälineenä prosessin aikana. Lisäksi laatuoppaan on tarkoitus toimia urakoitsijan ja tilaajan välisenä laadun tarkkailun välineenä. Oppaassa käsitellään maakaasuputkilinjojen rakentamisen näkökohtia kuten esimerkiksi liikenne- ja työturvallisuutta, valvontaa, raportointia, työtapoja sekä materiaaleja.

Laatuopas laaditaan soveltuen valtioneuvoston asetuksessa maakaasun käsittelyn turvallisuudesta (VNa 551/2009) oleviin määräyksiin, jotka ohjaavat oppaassa käsiteltäviä asioita ja toimivat oppaan runkona. Opas sovitetaan osaksi NCC Rakennus Oy:n laatu-järjestelmää ja valmista laatuopasta voidaan soveltaa myös yrityksen muihin rakentamisprosesseihin kuten kaukolämpö- ja biokaasuputkistojen rakentamiseen. Laatuopas on opinnäytetyön liitteenä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään laatua rakentamisessa sekä siihen liittyviä tekijöitä kuten laadunhallintaa ja laatu-järjestelmiä. Lisäksi teoriaosuudessa tutustutaan maakaasun ja maakaasuputkilinjojen rakentamiseen yleisesti sekä maakaasua koskevaan lainsäädäntöön.

### **1.3 Rajaukset**

Työssä ei huomioida maakaasun jalostamista tai energian tuotannon prosessia vaan opinnäytetyössä keskitytään maakaasuputkilinjojen rakentamiseen ja maakaasuun yleisellä tasolla. Maakaasun käyttöä polttoaineteollisuudessa ei myöskään käsitellä. Putkimateriaalien osalta työ rajataan muoviputkiin, joten työssä ei käsitellä teräs – tai kupari-putkiin liittyviä teknisiä asioita.

## 2 LAATU RAKENTAMISESSA

### 2.1 Laatu käsitteenä

Jokaisessa liikevoittoa tavoittelevassa yrityksessä laatu ja sen tavoittelu ovat liiketoiminnan ydinasioita. Tämä pätee myös rakennusalan yrityksiin, joiden toiminnassa laatu korostuu erityisen paljon. Esimerkiksi rakennusurakoiden kilpailutuksessa laatupisteet toimivat usein valintakriteereinä tarjoushinnan lisäksi urakoitsijaa valittaessa. Käsitteenä laatu on moniulotteinen ja laadulla ei tarkoiteta ainoastaan virheetöntä tuotetta tai palvelua vaan nykyään laatuajattelu ohjaa yrityksen koko toimintaa. Laadun tuotanto palvelee yrityksen ulkoisten asiakkaiden lisäksi myös sisäisiä asiakkaita. Rakennusalalla sisäisillä asiakkailla tarkoitetaan esimerkiksi

- yrityksen työntekijöitä
- työnjohtoa
- tavarantoimittajia
- palveluntuottajia
- aliurakoitsijoita. (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 9.)

Laatu voidaan jakaa käsitteenä toiminnalliseen ja tekniseen laatuun. Toiminnallinen laatu kuvastaa miten ja millä keinoin yritys harjoittaa liiketoimintaa. Toiminnallinen laatu palvelee yrityksen sisäistä toimintaa esimerkiksi aikataulun, kustannusten sekä toimintatapojen osalta. Toiminnallisen laadun tavoittelu luo yritykselle yhteisen toimintamallin, jonka puitteissa toimitaan ja tuotetaan palveluita sekä tuotteita. Yrityksen sisäinen laatupolitiikka ja ajattelumalli luovat laadulliset tavoitteet, joita tarkennetaan yrityksen laatujärjestelmän elementeissä kuten laatukäsikirjassa sekä toiminta- ja menettelyohjeissa. (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 9.)



Tekninen laatu kuvastaa tuotetun palvelun tai tuotteen lopputulosta ja sitä täyttääkö se vaaditut laatuvaatimukset sekä asiakkaan toiveet. Teknistä laatua voidaan seurata esimerkiksi mittauksilla ja valvonnalla, mutta tärkein tekijä hyvän teknisen laadun tuottamisessa on tuotantoprosessin huolellinen suunnittelu. Tarkasti suunnitellulla tuotantoprosessilla varmistetaan laadukkaan lopputuotteen tai palvelun tuottaminen kustannustehokkaasti ja ajankäytön kannalta järkevästi. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 6.)

Laatutoimintojen avulla varmistetaan yrityksen sisäisten, asiakkaan tilaamien sekä viranomaisten asettamien laatuvaatimusten saavuttaminen. Laatutoiminnoilla tarkoitetaan keinoja, minkä avulla yrityksen laadun tuotanto varmistetaan. ”Laadukas lopputuote syntyy varmemmin, helpommin ja taloudellisemmin kuin tuotantoprosessi on kunnossa” (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 11). Laatujärjestelmä on yleisin yrityksen laatutoiminto.

## **2.2 Laatupolitiikka ja laatujohtaminen**

Yrityksen johdolla on laadun tuottamisessa ja kehittämisessä keskeinen rooli. Laatu on tärkeä tekijä nykyaikaisessa liiketoiminnassa ja siksi sen tuottaminen vaatii valvontaa ja johtamista. Johdon tehtävänä on selvittää organisaatiolle:

- yrityksen laadulliset tavoitteet
- laadunparannuksen periaatteet ja sen ohjaus
- palautteen antaminen henkilöstölle.

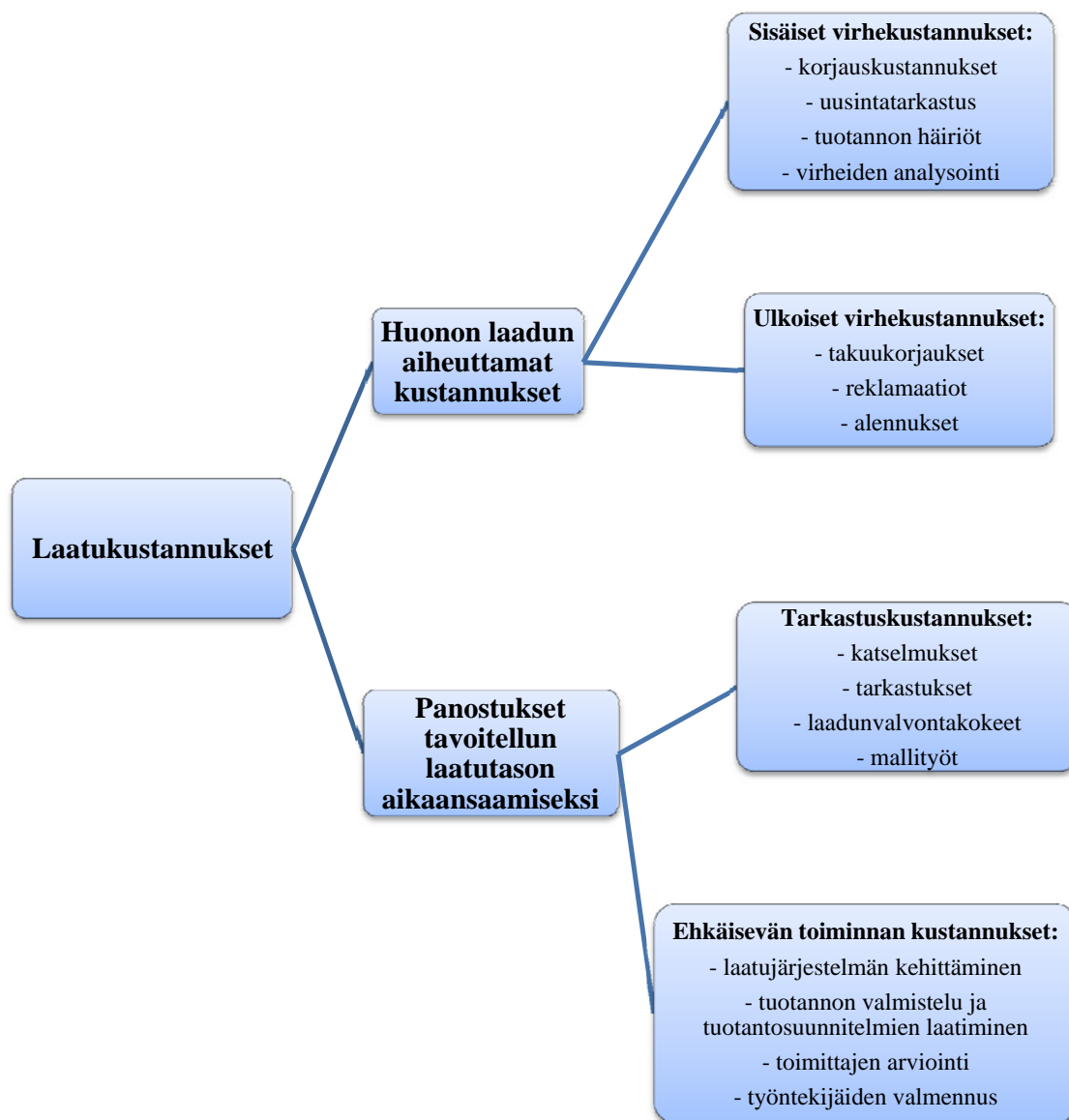
Laatupolitiikan ja laatujohtamisen avulla yrityksen johto ohjaa organisaation laatutoimintoja ja laadunparannusta. Laatupolitiikalla tarkoitetaan organisaation yleistä suhtautumista laatuun ja sen tuottamiseen. Laatupolitiikka määrittelee yrityksen laadulliset tavoitteet ja toimintaperiaatteet, joilla tavoitteet saavutetaan. Yleensä laatupolitiikan määrittämisessä ilmaistaan yrityksen suhtautuminen laatuksymyksiin koskien esimerkiksi tuotantoa, asiakassuhteita, eettisiä periaatteita, ympäristöä ja yhteistyökumppaneita. Laatujohtaminen on johtamismalli, jossa laatua pyritään hallitsemaan ja johtamaan strategisesti. (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 9.)

### 2.3 Laatuksannukset

Laadulla on merkittävä vaikutus yrityksen talouteen ja prosessien kannattavuuteen. Laadun tavoittelusta yritykselle aiheutuvat laatuksannukset voidaan ryhmitellä kahdeksan pääryhmään: tavoitellun laatuksen saavuttamiseksi tehtävien panostuksien kustannuksiin ja huonon laadun aiheuttamiin kustannuksiin. Tehokkain ja edullisin tapa hallita laatuksannusten syntymistä on tunnistaa ja ennaltaehkäistä mahdolliset häiriötekijät tuotantoprosessista. Kehittämällä ehkäisevää toimintaa sekä investoimalla toiminnan vaatimiin laitteisiin ja kehitysohjelmiin voidaan virhekustannuksia vähentää huomattavasti panostuksen lisäystä enemmän. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 23–24; Laatuakatemia.)

Kustannukset, mitkä johtuvat tavoitellun laatuksen saavuttamisesta syntyvät ehkäisevästä toiminnasta sekä tarkastus- ja valvontatoiminnasta. Puutteellinen laatu aiheuttaa kustannuksia, mitä ennaltaehkäisemällä saadaan sekä taloudellisia, että ajankäytöllisiä säästöjä. Ehkäisevän toiminnan tarkoituksena on poistaa virheet ja häiriötekijät prosessista, jotta haluttu laatu saavutetaan ja saadaan ylläpidettyä. Ennaltaehkäisevien toimintojen kustannuksiin kuuluvat myös laadunvarmistuksen vaatimat mittaukset ja analyysit. Tarkastus- ja valvontatoiminnan kustannukset syntyvät tuotteen, palvelun tai prosessin vaatimustenmukaisuuden varmistamisesta. Tavoitteena on saavuttaa yrityksen toiminnassa taso, jossa annetut tehtävät suoritetaan oikeaoppisesti ensimmäisestä kerästä asti. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 23; Laatuakatemia.)

Tuotteen, palvelun tai prosessin huonosta laadusta johtuvat kustannukset jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin virhekustannuksiin. Ennen valmiin tuotteen luovuttamista syntyneet virheet ja niistä aiheutuneet kustannukset lasketaan sisäisiin virhekustannuksiin. Ulkoisilla virhekustannuksilla tarkoitetaan luovutuksen jälkeen tulleita kustannuksia kuten takuukorjausten kustannukset. Kuviosta 1 ilmenee laatukustannusten ryhmittely. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 23; Laatuakatemia.)



KUVIO 1. Laatukustannusten ryhmittely. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 23)

### 3 LAATUJÄRJESTELMÄ JA SEN ELEMENTIT

#### 3.1 Laaturjärjestelmän periaate ja tavoite

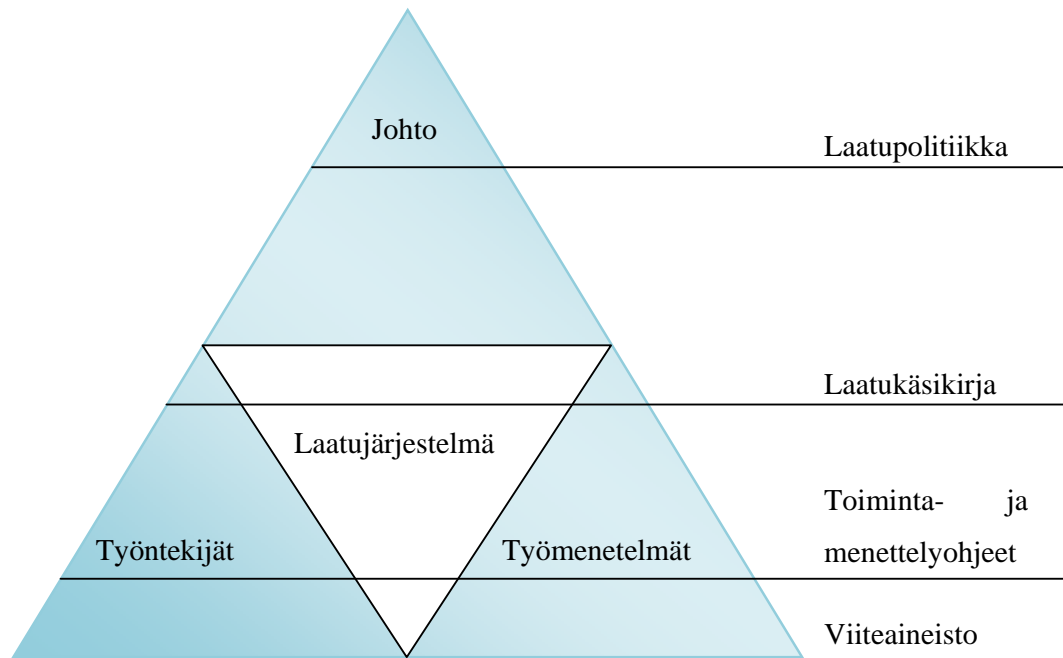
Yrityksen laadunhallinnan- ja varmistuksen avuksi luodaan yleensä laaturjärjestelmä, minkä avulla ohjataan yrityksen toiminnallista- sekä teknistä laatua. Laaturjärjestelmän käyttöönotolla on tavoitteena saavuttaa huomattavia kustannus- ja aikataulusäästöjä sekä luoda turvallinen ja tehokas toimintaympäristö yrityksen työntekijöille. Laaturjärjestelmä on työkalu, jolla yrityksen laadunhallinta toteutetaan ja toimintaa kehitetään. Laaturjärjestelmässä kuvataan organisaation toimintatavat sekä sisäisen laaturpolitiikan tavoitteet. (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 10.)

Laaturjärjestelmiä on erilaisia ja ne koskevat yleensä koko yrityksen toiminta-, ympäristö- ja työturvallisuusjärjestelmiä. Tunnetuimmat ja käytetyimmät pohjautuvat yleiseurooppalaiseen ISO 9001, ISO 14004 ja OHSAS 18001 standardeihin. Standardin vaatimusten mukaisesti toteutetulle ja dokumentoidulle järjestelmälle voidaan hakea virallinen sertifikaatti eli hyväksyntä. Sertifioitua laaturjärjestelmää käytetään erityisesti silloin, kun asiakkaat on vakuutettava tuotteen tai palvelun laadusta. Yrityksen käytännön toimintaa valvotaan sertifiointin myöntäjän puolesta ulkoisilla auditoinneilla. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 457.)

Dokumentoitu ja toimiva laaturjärjestelmä on:

- yrityksen ja projektien johtamisen väline
- yrityksen opas toimintaa ja kehittämistä varten
- kehitysprojektien tulosten tallennuspaikka.

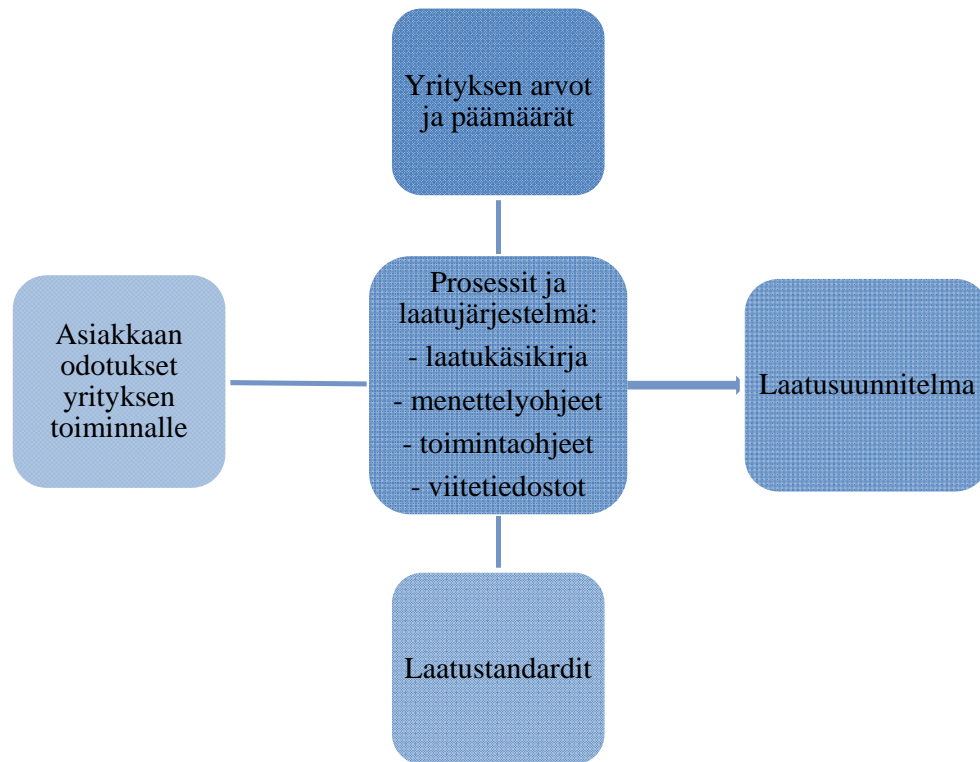
Kuviossa 2 on havainnollistettu tyypillisen laatujärjestelmän elementit ja laatujärjestelmän asema laatujohtamisessa.



KUVIO 2. Laatujärjestelmän elementit (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 10)

### 3.2 Perinteisen laatujärjestelmän elementit

Laatujärjestelmät koostuvat toisiaan tukevista laadun tuotannon elementeistä, joiden keskeinen periaate on, että kaikki laatuun liittyvät ongelmat käynnistävät korjaavat toimenpiteet ja järjestelmän päivittämisen. Tärkeä osa laatujärjestelmä on jatkuva laadun parantamisen periaate, jonka tarkoituksena on virheen uusiutumisen estäminen sekä ennaltaehkäisy. Perinteinen laatujärjestelmä koostuu laatukäsikirjasta, menettely- ja toimintaohjeista sekä viiteaineistosta. Laatujärjestelmästä käytetään myös nimeä toimintajärjestelmä. (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 10.) Kuviossa 3 on esitetty perinteisen laatujärjestelmän rakenne ja toimintaympäristö.



KUVIO 3. Laatujärjestelmän rakenne ja ympäristö (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 17)

### 3.2.1 Laatukäsikirja

Laatujärjestelmän päädokumentti on yleensä laatukäsikirja. Laatukäsikirja toimii yrityksen käyntikorttina ja osoituksena laaduntuohtokyvystä asiakkaalle. Sisäisiä asiakkaita eli yrityksen työntekijöitä ja johtoa, laatukäsikirja palvelee työn tekemistä ohjaavana ja tukevana oppaana. Laatukäsikirja sisältää yleensä yrityksen laadulliset tavoitteet sekä tiiviin yhteenvedon laatupolitiikasta ja – järjestelmästä. Rakennusalalla viranomaiset sekä tilaajan osapuolet vaativat usein laatukäsikirjan urakoitsijalta todisteena laaduntuohtokyvystä. ( Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 17.)

### 3.2.2 Toiminta- ja menettelyohjeet

Toiminta- ja menettelyohjeet ovat tuotteen tai palvelun laadun kannalta laatujärjestelmän tärkeimmät dokumentit. ”Menettelyohjeissa kuvataan toimintaprosessit eli kuka tekee, mitä ja milloin. Menettelyohjeita tarkentavat toimintaohjeet, joissa kuvataan miten toimitaan käytännössä. Rakennusalan laatujärjestelmissä menettely- ja toimintaohjeet on yhdistetty useimmiten samaan kokonaisuuteen” (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 10).

Toimintaohjeet kuvaavat miten toimimalla vältetään virheet prosessissa ja noudatetaan hyvää rakentamistapaa. Merkittävä lähde hyvää rakennustapaa määriteltäessä on rakennusalan yhdessä sopima Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (RYL) – sarjan teokset. Toimintaohjeissa kuvataan työvaiheen suorittaminen, vastuuhenkilöt sekä viittaukset ohjemateriaaliin. Toimivilla ja kattavilla toimintaohjeilla voidaan vähentää tai välttää kokonaan rakentamisen aikaiset virheet, jotka aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia ja aikataulumuutoksia. ”Toimintaohjeita voidaan luonnehtia pysyväksi suunnitelmaksi siitä, miten toimimalla virheet vältetään tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa tai palvelujen tuottamisessa” ( Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 18).

### 3.2.3 Viiteaineisto

Toimintaohjeisiin liittyy kiinteästi viiteaineisto, millä tarkoitetaan varsinaisen laatujärjestelmän ulkopuolista ohje- ja tukimateriaalia. Viiteaineisto toimii rakentamista tukevana apuvälineenä. Viiteaineistoon kuuluu

- toimintaan vaikuttavia laite ja asetukset
- määräykset
- standardit
- yleiset sekä yrityksen sisäiset ohjeet
- ammattikirjallisuus
- rekisterit
- lomakkeet. (Talonrakennusteollisuus ry 2008, 11.)

## 4 RAKENNUSTYÖMAAN LAATUTOIMINNOT

### 4.1 Virheet rakentamisessa

Ongelmat ja virheet rakennusprosessissa aiheuttavat urakan eri osapuolille ylimääräisiä kustannuksia ja aikataulumuutoksia. Mahdollisten virheiden tunnistaminen ja ennaltaehkäisy onkin elintärkeätä laadukkaan prosessin toteuttamiseksi. Keskeisintä virheiden ennaltaehkäisyssä on saada yrityksen työntekijät noudattamaan järjestelmällisesti hyväksi todettuja toimintatapoja, jolloin virheitä ei pääse syntymään. Huolellinen työvaiheiden suunnittelu ja työnjohdon rooli korostuvat virheiden ennaltaehkäisyssä. Rakennusprosessissa tapahtuvat virheet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

- suunnittelussa tehtyihin virheisiin
- rakentamisen aikaisiin virheisiin
- käytöstä ja huollosta johtuviin virheisiin. ( Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 30.)

Rakentamisen aikaiset virheet johtavat työn uudelleen tekemiseen, mistä syntyy ylimääräisiä kustannuksia ja aikataulumuutoksia. Suurin osa tuotantoprosessin aikaisista virheistä voidaan välttää kunnollisella ohjauksella ja ohjeistuksella. Työvaiheiden ongelmat sekä uhkakuvat tulee kuvata mahdollisimman kattavasti toimintaohjeissa, jotta työntekijät osaavat välttää niitä. Erityistä vaaraa aiheuttavista tai muuten hankalista työvaiheista tehtävät riskianalyysit auttavat myös ennaltaehkäisemään virheiden syntymistä. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 18.)



Rakentamisen aikaiset virheet johtuvat usein

- työntekijöiden ja työnjohdon kokemattomuudesta
- viallisista materiaaleista
- puutteista ja häiriöistä tiedonkulussa
- kone- ja laiterikoista
- huolimattomuudesta ja laiminlyönneistä
- kiireestä
- huonosta tuotannon ohjeistuksesta ja suunnittelusta.

## 4.2 Laadunvarmistustoimenpiteet

Laadulla ei tarkoiteta vain tuotteen tai palvelun virheettömyyttä, vaan koko rakennusprosessin laadukasta toteuttamista. Lakien ja asetusten lisäksi työn tehokkuus, sääolosuhteet ja työntekijöiden sekä ulkopuolisten osapuolten turvallisuus rakennustyömaalla asettavat laatuvaatimuksia työtapoihin ja käytettäviin resursseihin. Laadun tuotanto vaatiikin rakennustyömaalla jokapäiväistä valvontaa ja työn ohjausta.

Rakennusalan yleiset sopimusehdot edellyttävät eri osapuolilta jatkuvaa laadunvarmistusta koko rakennusurakan aikana. Sopimusehdot sitovat kaikkia urakan osapuolia ja edesauttavat rakentamisen laatua. Yhteiset pelisäännöt vähentävät erimielisyyksiä ja riitatilanteita. Rakennusprosessin toteuttamista seurataan laadunvarmistuksen eli laatuvaatimusten täyttymisen varmistamisen avulla. ”Laadunvarmistus sisältää kaikki suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että tuote täyttää asetetut laatuvaatimukset” (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 36).

Urakan eri osapuolilla eli tilaajalla, rakennuttajalla, urakoitsijalla ja viranomaisilla on kaikilla omat laadunvarmistustoimenpiteensä. Toimenpiteet vaihtelevat osapuolten intressien mukaan urakan eri vaiheissa, mutta tukevat kuitenkin toisiaan. ”Laadunvarmistus voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen laadunvarmistukseen. Sisäisellä laadunvarmistuksella annetaan varmuus laatujärjestelmän mukaisesta toiminnasta yrityksen omalle johdolle. Ulkoisella laadunvarmistuksella annetaan varmuus em. toiminnoista asiakkaille.” (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 36.)

### **4.3 Viranomaisten edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet**

Ensisijainen tehtävä viranomaisille on varmistaa, että rakennushankkeen osapuolet ovat ammattitaitoisia ja hankkeessa noudatetaan lakia tai määräviä asetuksia. Valtioneuvoston asetukset ja lait asettavat rakennusprosessille paljon vaatimuksia laadun suhteen. Lait ja asetukset määräävät vähimmäistason, mitä rakentamisen laadussa tulee noudattaa. Tarkemmat rakentamista ohjaavat tekniset vaatimukset löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmasta. Rakennuttajan ja urakoitsijan välisissä urakka-asiakirjoissa vaatimuksia voidaan nostaa ja tarkentaa hankekohtaisesti. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 39.)

### **4.4 Rakennuttajan laadunvarmistustoimenpiteet**

Rakentamisvaiheessa rakennuttajan oman toiminnan laadunvarmistus perustuu viranomaisten vaatimuksiin sekä rakennuttajan omaan laatujärjestelmään. Rakennuttajan omaa laadunvalvontaa varten laaditaan hankekohtainen laatu- ja laadunvalvontasuunnitelma, jotka ohjaavat rakentamisvaiheessa rakennuttajan toimintaa ja yhteistyötä urakoitsijan kanssa. ( Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 42.)

Tärkeimmät rakennuttajan laadunvarmistustoimenpiteet laadukkaan rakennusurakan läpiviemiseksi ovat työmaavalvonta ja rakennuttajan myötävaikutusvelvollisuus. Työmaavalvontaa voidaan pitää rakennuttajan pääasiallisena laadunvarmistustoimenpiteenä, mutta myötävaikutusvelvollisuudella on myös paljon vaikutusta rakennusprosessin laadun näkökulmasta. Rakennuttajan myötävaikutusvelvollisuus on edellytys sille, että urakoitsija voi täyttää sopimuksen perusteella hänelle kuuluvat velvollisuudet. Rakennuttajan laiminlyödessä myötävaikutusvelvollisuuttaan voi urakoitsijalta puuttua joko osaksi tai kokonaan mahdollisuudet omien velvollisuuksien täyttämiseen. ( Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 43.)

Rakennusurakan yleisten sopimusehtojen (YSE 1998, 8 §) mukaan rakennuttajan myötävaikutusvelvollisuuden piiriin kuuluvat:

- viranomaisten lupien hankkiminen
- viranomaisten lupien tarkastus ja lupien edellyttämien katselmusten sekä mittauksen kustannuksista vastaaminen
- suunnitelma-aikataulun laatiminen yhteistyössä urakoitsijan kanssa
- urakoitsijan tarvitsemien asiakirjojen toimittaminen ajoissa ja sisällöllisesti sopimuksen mukaisesti tehtynä
- rakennuttajan hankittavaksi sovitujen tarvikkeiden toimittaminen sopimuksessa määrättyä aikana urakoitsijalle
- urakkaan kuulumattomista töistä urakoitsijalle aiheutuvien häiriöiden estäminen.

Rakennuttaja käyttää työmaavalvonnassa usein ulkopuolista konsulttipalvelua, joka varmistaa urakkasopimuksen mukaisten laatuvaatimusten täyttymisen. Valvoja toimii rakennuttajan edustajana, jonka valtuudet selvitetään urakka-asiakirjoissa. Valvojan pääasiallinen tehtävä on urakoitsijan sopimuksen mukaisten suoritusten varmistaminen. Valvoja myös ohjeistaa urakoitsijaa mahdollisten ongelmien ja virheiden ennaltaehkäisemiseksi. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 44.)

Rakennuttaja esittää laatuvaatimuksensa usein viittauksina yleisiin laatuvaatimuksiin, normeihin, standardeihin tai kohdekohtaisiin erillisiin suunnitelmiin. Rakennusalalla yleisiä laatuvaatimuksia on esitetty esimerkiksi seuraavissa julkaisuissa:

- rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (RYL 2000 – sarja)
- tuotestandardit ja tuotteiden ominaisuuksia käsittelevät ohjeet
- työ- ja asennustapoja käsittelevät standardit ja ohjeet
- suunnitteluohjeet, jotka sisältävät myös rakennustarvikkeiden laatuvaatimuksia tai työnsuoritusohjeita
- ministeriöiden ohjeet ja keskustavirastojen määräykset, ehdot ja ohjeet
- tuotteen valmistajan ohjeet. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 37.)

#### 4.5 Urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteet

Urakoitsijalla on rakennusurakan sopimusten mukaisten laadullisten tavoitteiden täytymisessä prosessin suurin rooli. Etenkin työnjohdon rooli korostuu työmaiden laadun tuotannossa ja työntekijöiden ohjauksessa. Työnjohdon laadunvalvonnan täytyy olla kokonaisvaltaista ja jatkuvaa, jotta laatuvaatimukset saavutetaan ja mahdolliset virheet saadaan ennaltaehkäistyä. Työnjohdon tulee hoitaa työntekijöiden opastus ja ohjeistus perusteellisesti, jotta tuotannon taso ei laskisi oleellisesti työnjohdon poissa ollessa.

Urakka-asiakirjat määrittävät hankekohtaiset velvollisuudet ja laatuvaatimukset urakoitsijalle. Hankekohtaisten vaatimusten lisäksi laadunvalvonnan osalta annetaan yleisiä vaatimuksia rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot (YSE 1998, 11 §) asettavat urakoitsijan laadunvalvonnan osalta seuraavia määräyksiä:

- Urakoitsijan on tehtävä itselleluovutus ennen rakennuttajalle tapahtuvaa luovutusta.
  - Havaituista vakavista laatuvirheistä ja niiden korjaamiseksi tehdyistä toimenpiteistä on informoitava tilaajalle.
  - Rakennusmateriaalit on tarkistettava ennen asennusta ja viallisia materiaaleja ei saa käyttää.
  - Järjestelmien ja laitteistojen tarkoituksenmukainen toimivuus pitää varmistaa ennen käyttöönottoa.
  - Urakka-asiakirjojen mukaisten laatuksien kustannuksista vastaaminen.
- (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 47.)

Rakennuttaja vaatii usein urakoitsijalta kirjallisen laatusuunnitelman ennen töiden aloittamista, missä urakoitsija kirjallisesti osoittaa, miten rakentamisen laatu toteutetaan ja varmistetaan. Lisäksi ennen jokaisen työvaiheen aloittamista vaaditaan erikseen työvaihekohtaiset työ- ja laadunvarmistussuunnitelmat.

Laatusuunnitelmasta pitää käydä ilmi vähintään urakan vastuuhenkilöt ja vastuujako, mutta tyypillisessä työmaan laatusuunnitelmassa selostetaan myös esimerkiksi

- käytettävät menetelmät ja työtavat
- tuotannon ajallinen ohjaus ja suunnittelu
- riskien kartoitus
- työturvallisuus
- laadunvarmistus
- kohdetiedot ja vastaavat henkilöt
- kokouskäytäntö. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 51.)

Urakoitsijan laadunvarmistuksen keinot voidaan jakaa koko työmaata koskeviin sekä yksittäisen tehtävän laadunvarmistustoimenpiteisiin. Kuviossa 4 on esitelty urakoitsijan laadunvarmistuksen keinoja. (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 47.)



KUVIO 4. Urakoitsijan laadunvarmistuksen keinot (Kankainen, J. & Junnonen, J-M 2001, 48)

## 5 MAAKAASU

### 5.1 Maakaasun määrittely

Maakaasu on fossiilista polttoainetta, mitä käytetään energian- ja lämmöntuotannossa, liikenteen polttoaineena sekä teollisuuden raaka-aineena. Luonnontilassaan maakaasu on väritön ja hajuton luonnonkaasu, mikä on syntynyt maan sisällä eloperäisen aineksen hajotessa hapettomassa ympäristössä kuten öljy. Maakaasun pääkomponentti on metaani, mutta se sisältää myös etaania, propaania, butaania, pentaania ja muita raskaita hiilivetyjä. Toisinaan maakaasu sisältää myös typpeä ja heliumia. (Energiateollisuus ry: Maakaasu.)

Maakaasua saadaan poraamalla maaperästä. Suurimmat maakaasuesiintymät löytyvät entiseltä Neuvostoliiton alueelta ja Lähi – idästä, mutta myös Norjalla, Kanadalla ja Yhdysvalloilla on merkittäviä maakaasuesiintymiä. Maakaasun riittävydestä ei ole varmaa tietoa, mutta arvioiden mukaan hyödynnettävissä olevaa maakaasua esiintyy maapallolla enemmän kuin öljyä. (Energiateollisuus ry: Maakaasu.)

Maakaasun hyvinä puolina pidetään sen ympäristöystävällisyyttä, mahdollisuutta nesteyttää kuljetusta varten ja korkeata energian käytön hyötysuhdetta. Maakaasun poltosta ei synny rikkidioksidipäästöjä, vaan prosessin tuloksena syntyy ainoastaan hiilidioksidia, vesihöyryä ja typenoksideja. Maakaasun käyttö vaatii maakaasuverkon, millä kaasua siirretään käyttökohteeseen. Nesteytetyssä olomuodossa maakaasua voidaan kuljettaa myös esimerkiksi laivalla tai muulla kuljetusajoneuvolla. (Energiateollisuus ry: Maakaasu.)

Maakaasun kemiallinen koostumus vaihtelee eri tuotantolähteiden mukaan, mikä vaikuttaa saatavilla olevan kaasun käyttötarkoitukseen. Metaanin suhde raskaisiin hiilivetyihin koostumuksessa määrää maakaasun käyttötarkoituksen- ja kohteen. Mitä enemmän maakaasussa on metaania, sitä paremmin se sopii poltettavaksi energiantuotannossa, lämmityksessä ja liikenteen polttoaineena. Raskaiden hiilivetyjen osuus vaikuttaa taas maakaasun käytettävyyteen teollisuuden raaka-aineena. Taulukossa 1 on esitetty esimerkkejä eri alueilta saatavien maakaasujen koostumuksista. (Energiateollisuus ry: Maakaasu.)

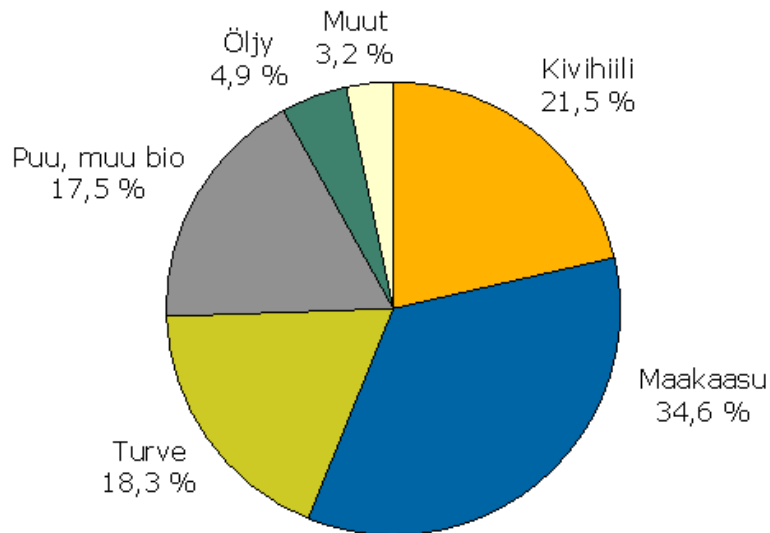
TAULUKKO 1. Esimerkkejä eri maakaasujen koostumuksista (Suomen kaasuyhdistys 2010, 6)

Kenttä		Venäjä Urengoi	Saksa Goldenstedt	USA Kansas	Hollanti Groningen	Norja Troll
Metaani	CH <sub>4</sub>	98%	88,0%	84,1%	81,3%	93,2%
Etaani	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,8%	1,0%	6,7%	2,8%	3,7%
Propaani	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%
Butaani	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,02%	–	–	0,4%	0,5%
Typpi	N <sub>2</sub>	0,9%	10,0%	8,4%	14,3%	1,6%
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	0,1%	0,8%	0,8%	0,9%	0,6%

## 5.2 Maakaasu Suomessa

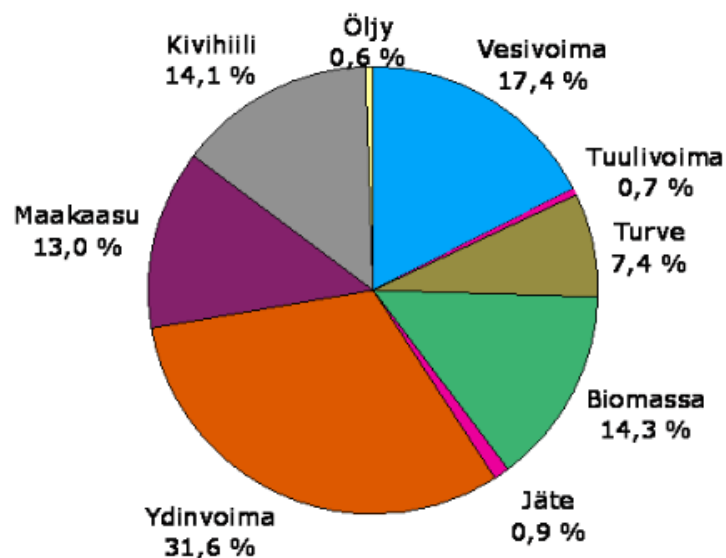
Suomessa ei esiinny luonnostaan maakaasua, mutta maantieteellisesti Suomi on laajojen maakaasuesiintymien lähellä. Suomessa käytettävä maakaasu tulee Venäjältä, millä on arvioitu olevan kolmannes maailman kaasuvarannoista. Maakaasua on tuotu Suomeen vuodesta 1974 yksityisen maahantuojan kautta Länsi-Siperiasta kahdella rinnakkaisella putkella. Paikalliset energiayhtiöt ja paikallisjakeluyhtiöt huolehtivat alueellisesta vähittäismyynnistä ja jakelusta. Maakaasua käytetään Suomessa enimmäkseen teollisuuden raaka-aineena ja kaukolämmön- ja yhteistuotantosähkön energian lähteenä. (Energiateollisuus ry: Suomi tarvitsee maakaasua.)

Suomen yleisin lämmitysmuoto on kaukolämpö, minkä vaatiman energian tuotannon yleisin polttoaine on maakaasu. Energiateollisuus ry:n mukaan vuonna 2010 kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyistä polttoaineista oli 34,6 % maakaasua. Maakaasua hyödynnetään kaukolämmön tuotannossa kaasuturbiinilaitosten polttoaineena sen hyvän tehollisen lämpöarvon ja hyötysuhteen takia. Kuviossa 5 on esitetty kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannon polttoaineet. (Kaukolämmön käsikirja 2006, 265, 300–301.)



KUVIO 5. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannon polttoaineet (Energiateollisuus ry: kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet)

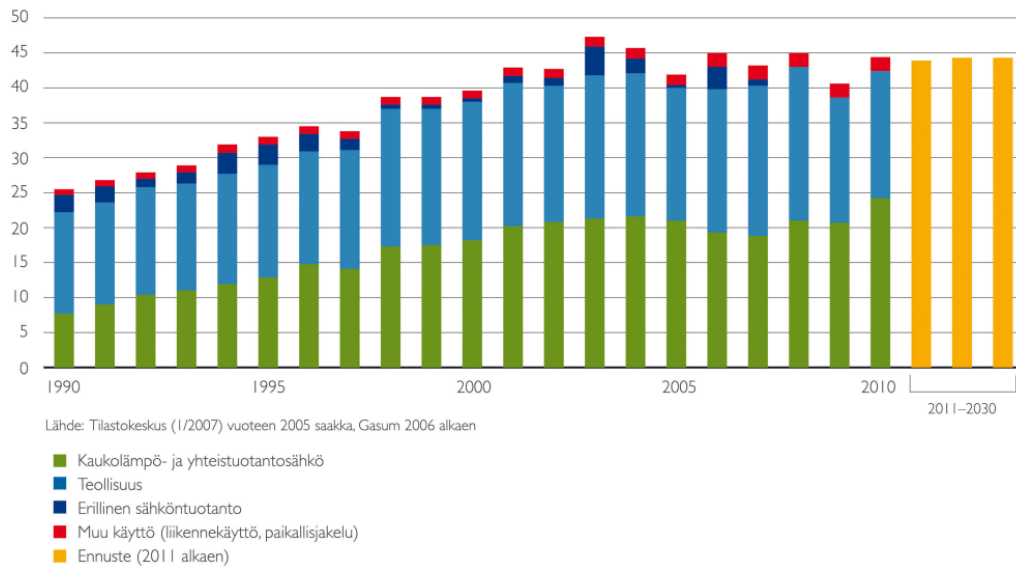
Kansallisesta sähköntuotannosta maakaasulla on 13 % osuus, joka on samaa luokkaa kivihiihen, vesivoiman ja biomassan osuuksien kanssa. Suurin osa Suomessa tuotetusta sähköstä on ydinvoimalla tuotettua. Kemianteollisuus käyttää maakaasua esimerkiksi ammoniakkin valmistukseen. Kuviossa 6 on esitetty sähköntuotanto Suomessa energialähteittäin.



KUVIO 6. Sähköntuotanto Suomessa energialähteittäin (Energiateollisuus ry: Sähköntuotanto.)



Gasum Oy:n mukaan maakaasun käytön Suomessa ennustetaan pysyvän seuraavan 20 vuoden aikana samalla tasolla. Maakaasun käyttö liikenteen polttoaineena uskotaan kasvavan autoteollisuuden etsiessä korvaavaa vaihtoehtoa öljylle. Lisäksi maakaasun nesteyttäminen jäädyttämällä sen lämpötila alle metaanin kiehumispisteen – 161,5 °C tuo maakaasun käsittelylle uusia mahdollisuuksia. Nesteyttäminen vähentää maakaasun tilantarvetta ja poistaa maakaasuverkoston tarpeen maakaasun siirrossa. Nesteytettyä maakaasua voidaan kuljettaa käyttäjille laivoilla ja muulla kuljetuskalustolla. Kuviossa 7 on esitetty maakaasun käytön jakaantuminen Suomessa vuosilta 1990–2010 ja ennuste vuoteen 2030. (Gasum Oy: Suomi tarvitsee maakaasua, Suomen kaasuyhdistys 2010, 8.)



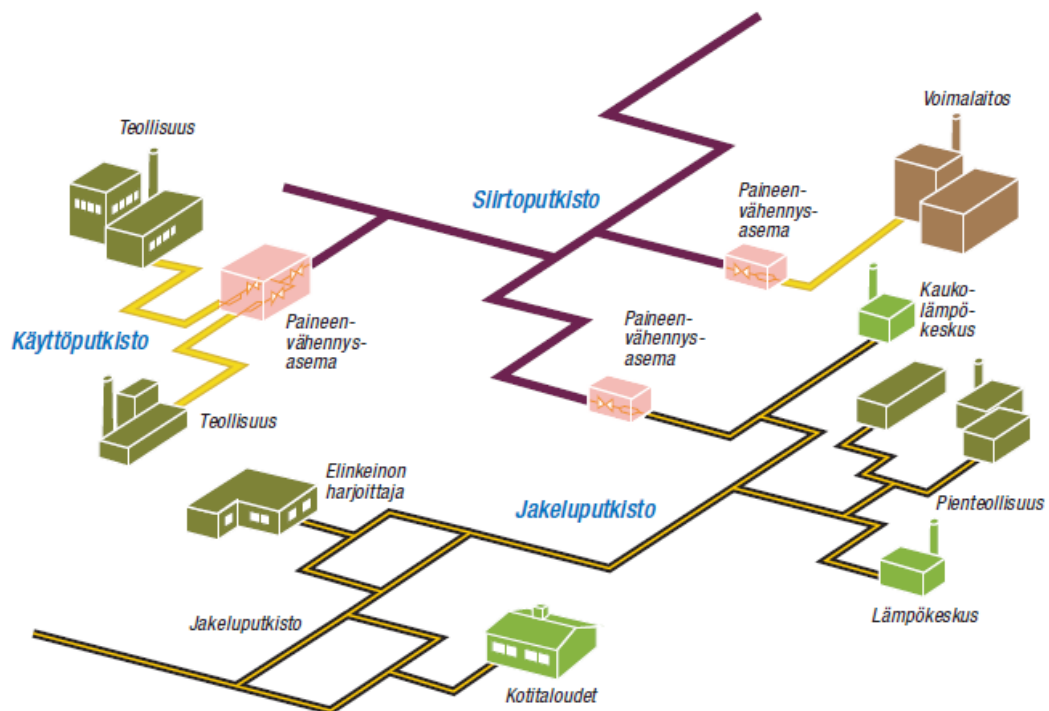
KUVIO 7. Maakaasun käyttö Suomessa 1990–2010 ja ennuste vuoteen 2030  
(Energiateollisuus ry: Maakaasu)

### 5.3 Maakaasuputkistot ja niiden jaottelu

Maakaasu siirretään maakaasukentiltä loppukäyttäjälleen paineistettujen putkistojen avulla. Maakaasuputkiston eri osuuksien materiaalit ja koot riippuvat putkiston käyttötarkoituksesta sekä olosuhteiden-, välimatkan- ja turvallisuuden asettamista vaatimuksista. Putkiston rakenneaineiden tulee kestää ympäristön ja maan paineen aiheuttamaa kulutusta. Lisäksi on huomioitava maakaasun käsittelystä aiheutuvat lämpötilat ja painetasot sekä putkimateriaalin työstettävyys. (Suomen maakaasuyhdistys 2010, 24.)

Maakaasuputkistot jaotellaan kuvan 1 mukaisesti kolmeen osaan käyttötarkoituksensa mukaan:

- siirtoputkistoon, jolla maakaasua siirretään käyttöön jaettavaksi
- jakeluputkistoon, jolla maakaasua jaetaan siirtoputkistosta vähennetyllä paineella alueelliseen kulutukseen
- käyttöputkistoon, jolla maakaasua johdetaan vähennetyllä paineella kaasulaitteelle tai muuhun käyttökohteeseen. (Suomen kaasuyhdistys 2010, 24.)



KUVA 1. Maakaasuputkistojen jaottelu (Suomen kaasuyhdistys 2010, 24)

### 5.3.1 Siirtoputkisto

Siirtoputkiston avulla maakaasu siirretään korkeapaineisena käyttöalueiden läheisyyteen edelleen toimitettavaksi. Siirtoputkisto kulkee maanalaisena 1 – 2 metrin syvyydessä. Materiaaleina siirtoputkistoissa käytetään hitsattuja tai saumattomia paineenalaiseen käyttöön soveltuvia polyeteenimuovilla pinnoitettuja teräsputkia. Siirtoputkisto muodostaa venttiiliasemien kanssa maakaasuverkoston tärkeimmät elementit. Siirtoputkistoon kuuluvat myös paineenlisäysasemat, paineenvähennysasemat sekä kaavinasema. (Gasum Oy; Suomen kaasuyhdistys 2010, 24.)

### 5.3.2 Jakelu- ja käyttöputkisto

Jakeluputkiston tarkoitus on jakaa maakaasua siirtoputkistosta alueellisen kulutukseen. Maakaasun painetaso alennetaan paineenvähennysasemien kautta ennen sen siirtymistä siirtoputkistosta jakeluputkistoon. Valtioneuvoston asetuksen maakaasun käsittelyn turvallisuudesta mukaan (VNa 551/2009) ”Jakeluputkiston tulee olla joko muovia tai terästä. Muoviputkia saa käyttää maanalaisiin asennuksiin, vesistöjen alituksiin sekä rakennukseen tulevaan nousuputkeen pääsulkuventtiilin asti. Maanpäällisen jakeluputkiston on oltava terästä.”

Jakeluputkesta maakaasu johdetaan vähennetyllä paineella loppukäyttäjän käyttöputkistoon. Käyttöputkiston pääasiallinen materiaali on terästä, mutta myös kuparia tai muuta maakaasukäyttöön soveltuvaa materiaalia voidaan käyttää tapauskohtaisesti käyttöpaineen ollessa enintään 200 mbar. Myös käyttöputkistoon liittyvien laitteiden, venttiileiden, tiivisteiden sekä liitoskappaleiden pitää kestää paineesta ja käytöstä johtuvat rasitukset sekä aiheuttaa mahdollisimman vähän painehäviöitä. (Suomen kaasuyhdistys 2010, 25.)

### 5.3.3 Venttiili- ja linkkiasemat

Venttiiliasemien avulla maakaasun siirtoputkisto voidaan tyhjentää kohtuuajassa ja turvallisesti tarvittaessa. Ulospuhallusjärjestelmä on toteutettava niin, että se ei haittaa putkistoon kuuluvien laitteiden käyttöä eikä toimintaa. Linjasulkuventtiilien keskinäinen

etäisyys määräytyy alueluokan mukaan. Alueluokan 1 alueella linjasulkuventtiilien suurin sallittu keskinäinen etäisyys on 32 km, alueluokan 2 alueella 24 km, alueluokan 3 alueella 16 km ja alueluokan 4 alueella 8 km. Venttiiliasemien vieressä sijaitsevat aina linkkiasemat, mitkä välittävät siirtoverkoston varrelta valvonta- ja hälytystiedot keskusvalvomoon maakaasuverkoston omaan tiedonsiirtojärjestelmään. (VNa 551/2009.)

#### **5.3.4 Paineenlisäysasemat**

Paineenlisäysasemien avulla maakaasun painetta nostetaan siirtokapasiteetin lisäämiseksi ja maksimaalisen hyötysuhteen saamiseksi, koska maakaasun siirto on taloudellisinta korkeassa paineessa. Paineen lisäämisen käytetään Suomessa kaasuturbiinikäyttöisiä turbokompressoreita. Siirtoverkoston painetta lisätään tarpeen mukaan riippuen painetilanteesta. Painetilanteeseen vaikuttavat maakaasun vuorokautinen menekki, alueellinen käyttöjakauma ja paineenlisäysasemalla saapuvan maakaasun tulopaine. Paineenlisäysasemasta käytetään myös nimeä kompressoriasema. (Gasum Oy: Maakaasun siirtoverkosto; VNa 551/2009.)

#### **5.3.5 Paineenvähennysasemat**

Ennen maakaasun siirtoa käyttäjälle täytyy sen painetasoa laskea. Painetason laskuun käytetään paineenvähennysasemia, joiden avulla säädetään siirtoputkiston- tai jakelu-putkiston lähtevän kaasun painetta ja seurataan kuluttajille meneviä kaasumääriä. Paineenvähennysasemien materiaalien tulee olla palonkestäviä ja asema tulee varustaa kahdella erillisellä varolaitejärjestelmällä.

### **5.4 Putkilinjojen sijoitus- ja suunnitteluperusteet**

Suunnittelun lähtökohdat ja rakennettavan maakaasuputkiston sijoitusperuste määräytyvät turvallisuuden, maankäytön ja ympäristötekijöiden mukaan. Maakaasuverkostoa laajennetaan alueellisen tarpeen sekä olemassa olevan maakaasuverkoston sijainnin ja rakenteen perusteella. Maastossa maakaasuputki pyritään sijoittamaan paikkaan, missä ei ole turvallisuusriskejä putkella eikä lähiympäristölle. Sijoituksen huolellinen suunnit-

telu on tärkeää, koska putken siirtäminen asennuksen jälkeen on kallista ja hankalaa sekä aiheuttaa ongelmia asutukselle ja maanomistajille. Sijoituksessa pyritään aina mahdollisimman helppoon ratkaisuun, missä käytetään hyväksi maaston muotoja ja huomioidaan putken rakennettavuus. Maakaasuputkea ei voida sijoittaa sähköistettyjen rautateiden tai suurjännitelinjojen kanssa samaan maastokäytävään, koska ne aiheuttavat häiriöitä putkiston korroosionsuojajärjestelmässä. (Gasum Oy: Maakaasun siirtoputkiston suunnittelu.)

Maakaasuputken suunnittelussa on seuraavat kolme vaihetta:

- 1) esiselvitysvaihe, missä selvitetään onko putkelle tarvetta, hankkeen toteutumismahdollisuus, reittivaihtoehdot, rakentamistekniset reunaehdot sekä ympäristön aiheuttamat reunaehdot.
- 2) putkilinjan alustava suunnittelu, missä tehdään tarkempi linjaussuunnittelu, tarvittavat maastotutkimukset, ympäristöselvitykset, neuvotellaan sidosryhmien ja maanomistajien kanssa.
- 3) rakennustekninen suunnittelu ja tarvittavien lupien hakeminen. (Gasum Oy: Maakaasun siirtoputkiston suunnittelu.)

## **5.5 Maakaasulainsäädäntö ja lupamenettelyt**

Maakaasulainsäädäntö kuuluu vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyä koskevien lakien alaisuuteen, joka on varsin kattava. Keskeisin maakaasua koskeva säädös on valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta (VNa 551/2009), joka perustuu lakiin vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (VNa 390/2005). Asetuksessa säädetään maakaasun varastoinnista ja teknisestä käytöstä sekä maakaasun siirtoon, jakeluun, käyttöön ja ajoneuvojen tankkaukseen tarkoitetuista putkistoista ja laitteistoista. (VNa 551/2009; Suomen kaasuyhdistys 2010, 104.)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) säätelee maakaasuputkiston rakentamisen sekä maakaasun varastoinnin lupamenettelyjä. Maakaasuputkiston rakentaminen ja maakaasun varastointi vaativat aina rakentamisluvan pienimpiä kohteita lukuun ottamatta. ”Lupamenettelyllä pyritään varmistamaan maakaasulaitteistojen turvallinen sijoitus, vaatimustenmukaisuus, rakentaminen ja varustelu sekä ulkopuolisen toiminnan huomioon ottaminen” (Tukes).

Valtioneuvoston asetuksen 551/2009 mukaan ”maakaasun siirtoputkistoja saa asentaa vain asennusliike, jolla on riittävät tekniset toimintaedellytykset, jotka ovat seuraavat:

- 1) liikkeellä on maakaasun siirtoputkiston rakentamista ja asentamista koskeva toimintajärjestelmä,
- 2) liikkeellä on riittävät henkilöresurssit ja kalusto,
- 3) liikkeellä on valmistusmenetelmien ja niihin liittyvien menetelmäkokeiden hyväksyntä,
- 4) liikkeellä on nimettynä maakaasun asetuksen mukainen vastuuhenkilö, jolla tulee olla tehtävään tarvittava tekninen koulutus, työkokemus ja maakaasusäännösten tuntemus (VNa 551/2009).”

## **6 POHDINTA**

### **6.1 Johtopäätelmät**

Laatu on tärkeä osa rakentamista ja laadun tuotannon tueksi tarvitaan erilaisia standardeja, ohjeita, oppaita sekä määräyksiä ja lakeja. Opinnäytetyön tuloksena tehty ”Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas” antaa toimeksiantajalle työkalun, minkä avulla muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamista voidaan jatkossa ohjata laadun tuotannon ehdoilla.

Opinnäytetyö täytti todellisen tarpeen toimeksiantajalta, mikä oli tärkeätä itselleni, kun valitsin aiheita opinnäytetyölleni. Mielestäni opinnäytetyö saavutti tavoitteensa pieniä yksityiskohtia lukuun ottamatta. Itselläni ei ole omakohtaista kokemusta maakaasulinjojen rakentamisesta, joten työstä puuttuu työmaakokemuksen kautta saatavat käytännön esimerkit ja hyväksi todettujen toimintatapojen esittely. Laatuopas on kuitenkin laajuudeltaan ja käsiteltäviltä aiheiltaan riittävä normaalin maakaasu-urakan ohjeistukseen, mutta kaiken kattava julkaisu muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisesta se ei ole. Opasta tulisi käsitellä enemmänkin suuntaa antava teoksena.

### **6.2 Jatkotoimenpiteet**

Laatuopas vaatii tietojen päivittämistä tasaisin väliajoin ja silloin, kun maakaasua-, rakentamista-, työturvallisuutta- tai liikenneturvallisuutta koskevat lainsäädännöt ja toimintatavat muuttuvat. Laatuoppaassa käsiteltävät asiat perustuvat valtioneuvoston asetukseen 551/2009 maakaasun käsittelyn turvallisuudesta, minkä tueksi oppaaseen on kerätty tietoa rakennusalan kirjallisuudesta ja alan toimijoiden ohjeista sekä – esitteistä. Käytännön kokemuksiin perustuvaa tietoa oppaassa on niukasti. Opasta voidaan kuitenkin päivittää ja muokata jatkossa paremmin toimeksiantajalle sopivaksi. Opasta voidaan myös soveltaa yrityksen muihin rakentamisprosesseihin kuten kaukolämpö- ja biokaasuputkistojen rakentamiseen sopivaksi.

## LÄHTEET

- Energiateollisuus ry. Maakaasu. Luettu 5.3.2012.  
<http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/maakaasu>
- Energiateollisuus ry. Sähköntuotanto. Luettu 5.3.2012.  
<http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>
- Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.
- Energiateollisuus ry. Kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet. Luettu 7.3.2012.  
<http://www.energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>
- Gasum Oy. Maakaasun siirtoverkosto. Luettu 6.3.2012.  
<http://www.gasum.fi/kaasuverkostot/siirto/Sivut/default.aspx>
- Gasum Oy. Maakaasun siirtoputkiston suunnittelu. Luettu 12.3.2012.  
<http://www.gasum.fi/kaasuverkostot/Suunnittelu/Sivut/Siirtoputkistonsuunnittelu.aspx>
- Gasum Oy. Suomi tarvitsee maakaasua. Luettu 5.3.2012.  
<http://www.gasum.fi/tuotteet/maakaasu/Sivut/Kaytto.aspx>
- Holmes K. 1992. Total quality management. Pira international.
- InfraRYL 2006. 2009. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset osa 2. Järjestelmät ja täydentävät osat. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kankainen, J. & Junnonen, J-M. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kaupp- ja teollisuusministeriö. 1993. Kaasulaiteasetus. Suomen säädöskokoelma 1993/1434. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931434>
- Laatuakatemia. Laatu kustannukset. Luettu 6.3.2012.  
<http://www.kotiposti.net/tuurala/LaatuKustannukset.htm>
- Rakennustietosäätiö. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. YSE 1998.
- Suomen kaasuyhdistys ry. 2010. Maakaasukäsikirja.  
<http://www.maakaasu.fi/kirjat/maakaasukasikirja>. Helsinki.
- Talonrakennusteollisuus ry. 2010. Rakennustöiden turvallisuusohjeet. Raturva 2. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Talonrakennusteollisuus ry. 2008. Rakennustöiden laatu 2009. 9. uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Maakaasu. Lupa-asiat. Luettu 10.3.2012.  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-ja-kaasu/Maakaasu/lupa-asiat/>



Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. Tulostettu 31.1.2012. Suomen säädöskokoelma 551/2009. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551>.

Wikipedia. Laatujohtaminen. Luettu 4.3.2012. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Laatujohtaminen>

**LIITTEET**

Liite 1. Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas



## **Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas**

Laatija: Janne Sutinen

## 1 JOHDANTO

Tämän laatuoppaan tarkoituksena on toimia NCC Rakennus Oy:n muovisten maakaasun jakeluputkilinjojen rakentamista tukevana ja työntekijöitä ohjaavana teoksena. Laatuoppaassa käsitellään muovisten maakaasun jakeluputkilinjojen rakentamiseen liittyviä käytännön toimenpiteitä sekä laatu- ja turvallisuuskysymyksiä. Oppaan runkona toimii valtioneuvoston asetus 551/2009 maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. Oppaan on tarkoitus olla mahdollisimman helppolukuinen ja selkeä. Käsiteltävät asiat ovat esitetty usein luetelmien, muistilistojen, kuvien ja taulukoiden avulla.

Oppaassa esitetyt työtavat ja toimintamenetelmät ovat vain suuntaa antavia ja jokaisessa urakassa yksilöidään käytettävät menetelmät erikseen urakka-asiakirjoissa. Oppaan liitteenä on rakentajan muistilista muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisesta, missä on listattuna urakoitsijan tehtävät urakka-asiakirjojen allekirjoituksen jälkeisestä hetkestä luovutushetkeen asti.

Laatuopas vaatii tietojen päivittämistä tasaisin väliajoin ja silloin, kun maakaasua-, rakentamista-, työturvallisuutta- tai liikenneturvallisuutta koskevat lainsäädännöt ja toimintatavat muuttuvat. Tätä teosta voidaan soveltaa myös yrityksen muihin rakentamisprosesseihin kuten kaukolämpö- ja biokaasuputkistojen rakentamiseen.

Opas on tehty osaksi Tampereen Ammattikorkeakoululle laadittua opinnäytetyötä ”Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentamisen laatuopas” keväällä 2012 NCC rakennus Oy:n, infrarakentamisen vesihuollon työpäällikön Mikko Palanderin toimeksiannosta.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	2
2	URAKOITSIJAN PÄTEVYYDET JA TEHTÄVÄT.....	5
2.1	Vaaditut pätevyudet ja koulutukset.....	5
2.2	Muovisten maakaasuputkien hitsaus- ja asennus pätevyys.....	6
2.3	Urakoitsijan tehtävät.....	6
3	MAARAKENNUSTYÖT.....	7
3.1	Noudatettavat ohjeet.....	7
3.2	Maakaivannot.....	8
3.3	Kaivannon kuivatus.....	11
3.4	Kaivantojen alusrakenteet ja täytöt.....	12
3.4.1	Kaivannon pohja ja asennusalusta.....	12
3.4.2	Alkutäyttö.....	14
3.4.3	Lopputäyttö.....	14
3.5	Maakaasuputkiston merkinnät.....	15
4	PUTKILINJOJEN HITSAUS- JA ASENNUSTYÖT.....	17
4.1	Hitsausmenetelmät ja materiaalit.....	17
4.2	Putkien vastaanotto ja varastointi työmaalla.....	17
4.3	Puskuhitsaus.....	18
4.3.1	Muoviputket ja niiden valmistelu puskuhitsausta varten.....	19
4.3.2	Puskuhitsausta edeltävät toimenpiteet.....	20
4.3.3	Puskuhitsauksen työvaiheet.....	21
4.3.4	Puskuhitsauksen laadunvarmistus.....	22
4.4	Sähkömuhvihitsaus.....	23
4.4.1	Sähkömuovihitsausta edeltävät toimenpiteet.....	24
4.4.2	Sähkömuovihitsauksen työvaiheet.....	26
4.4.3	Sähkömuhvihitsauksen laadunvarmistus.....	27
4.5	Suojaputket ja -rakenteet.....	28
4.6	Alitusten työmenetelmät.....	29
4.7	Käyttöönottotarkastus.....	30
4.7.1	Painekoe.....	31
4.7.2	Tiiviyskoe.....	31
5	LIIKENNE- JA TYÖTURVALLISUUS.....	32
5.1	Työnaikaiset liikennejärjestelyt.....	32
5.1.1	Liikennealueella työskentelyyn vaaditut pätevyudet.....	32
5.1.2	Liikennemerkit ja sulkulaitteet.....	33
5.1.3	Putoamissuojaukset.....	34
5.2	Työturvallisuus.....	35
5.2.1	Rakennuskohteen ja ympäristön olosuhteet.....	36
5.2.2	Henkilökohtaiset turvavarusteet.....	37
5.2.3	Maarakennustyöt.....	37
5.2.4	Putkilinjojen hitsaus-, asennus- ja nostotyöt.....	38
5.3	Ensiapuohjeet.....	39
6	URAKAN OSAPUOLTEN YHTEISTOIMINTA JA VALVONTA.....	40
6.1	Tarkastukset.....	40
6.2	Valvontakirja.....	41
6.3	Työmaapäiväkirja.....	41
6.4	Kokoukset ja katselmukset.....	42
6.5	Laadunvarmistus.....	43

LÄHTEET .....	44
LIITTEET .....	45
Liite 1. Esimerkkipiirustus tien alituksen liikennejärjestelyistä (NCC).....	45
Liite 2. Rakentajan muistilista 1(2) .....	46
Liite 2. Rakentajan muistilista 2(2) .....	47
Liite 3. Malli Gasum Oy:n turvatarkastus–asiakirjasta (Gasum Oy) .....	48

## 2 URAKOITSIJAN PÄTEVYYDET JA TEHTÄVÄT

### 2.1 Vaaditut pätevyudet ja koulutukset

Maakaasun jakeluputkistojen rakentamisessa vaaditaan yleensä seuraavia pätevyys- ja koulutusvaatimuksia projektiin liittyviltä henkilöiltä:

- Työtä johtavalla projektipäälliköllä on riittävä kokemus projektiin liittyviin töihin ja hänellä on yhdyskuntatekniikan tai vastaavan koulutuksen insinööritutkinto.
- Työmaapäälliköllä (vastaava työnjohtaja) on riittävä kokemus sekä vähintään tekniikan tutkinto.
- Työmaalla on riittävä työnjohto.
- Projektin toteutukseen osallistuvalla henkilöstöllä on työturvallisuuskortit.
- Työntekijöillä on Tieturva 1- kortti ja työnjohdolla Tieturva 2- kortti, jos työn aikana toimitaan liikennealueella.
- Henkilöstöllä on projektin töiden edellyttämä ensiapu- ja tulityöosaaminen.
- Projektiin sisältyvien erikoistöiden toteutukseen osallistuvalla henkilöstöllä on tarvittavat pätevyudet seuraaviin töihin:
  - o louhinta- ja räjäytystöiden edellyttämät pätevyudet
  - o nosturien kuljettajat
  - o muovisten maakaasuputkien hitsaus- ja asennustyöt.

Turvatekniikan keskus (Tukes) vastaa muovisten kaasuputkistojen rakentamisen lupasäädöksistä. Turvatekniikan keskuksen mukaan ”asennusliikkeellä tulee olla riittävästi ammattitaitoista henkilöstöä, toiminnan edellyttämät laitteet, välineet ja järjestelmät sekä palveluksessaan pätevä, asetuksen mukainen vastuuhenkilö” (Turvatekniikan keskus).

Tilaaaja voi myös vaatia urakoitsijalta sertifioitua tai muulla hyväksyttävällä tavalla todettua maakaasuputkiston rakentamista tai asentamista koskevaa laatujärjestelmää, ammattitaitoista henkilöstöä, tarvittavaa kalustoa ja hyväksytyjä valmistusmenetelmiä.

## 2.2 Muovisten maakaasuputkien hitsaus- ja asennus pätevyys

Muovisten maakaasuputkilinjojen hitsaukseen ja asentamiseen vaaditaan erillisen koulutuksen kautta saatava pätevyys, mitä ilman putkia ei saa asentaa tai hitsata. Tällä hetkellä koulutuksesta vastaa Hyria koulutus – yhtiö. Koulutuksen tavoitteena on saada pätevyys hitsata ja asentaa muovisia maakaasuputkia Turvatekniikan keskuksen hyväksymän asennusliikkeen palveluksessa tai saada pätevyys valvoa em. töitä. Koulutus kestää noin viikon ja pitää sisällään näyttökokeen. (Hyria koulutus.)

## 2.3 Urakoitsijan tehtävät

Urakoitsijalle kuuluvat maakaasun rakennusurakan aikaiset työt riippuvat urakkamuodosta ja urakka-asiakirjoista. Urakoitsijalle kuuluvat työt voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia:

- kaivu- ja maarakennustyöt
- rakentamisen aikaiset mittaukset
- merkintäpaalujen, apupaalujen sekä varoitusnauhan asennus
- kuljetusten hoitaminen ja työmaateiden rakentaminen
- työmaan liikennejärjestelyt
- työmaan aitaaminen ja merkitseminen
- putkien asennus- ja hitsaustyö
- putkijohtojen paine- ja tiiveyskokeiden suorittaminen
- lähialueiden asuin- ja yritys kiinteistöjen tiedotus
- olemassa olevien putkien ja kaapeleiden sijaintien selvittäminen
- tilaajan tiedottaminen, jos esim. olemassa olevien putkien/kaapeleiden suojaetäisyydet alittavat määritetyn vähimmäisetäisyyden.



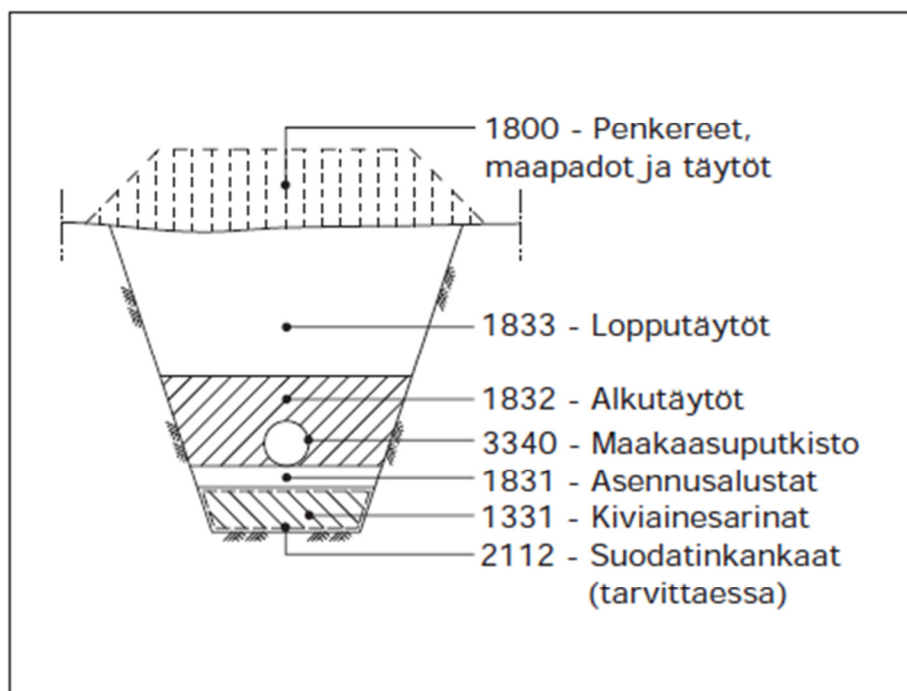
### 3 MAARAKENNUSTYÖT

#### 3.1 Noudatettavat ohjeet

Maarakennustyöt tehdään valtioneuvoston asetuksen 551/2009 (Vna 551/2009)- sekä seuraavien julkaisujen mukaisesti:

- 13300 Arinarakenteet, InfraRYL osa 1
- 16200 Maakaivannot, InfraRYL osa 1
- 17210 Kalliokanaalit ja -kuopat, InfraRYL osa 1
- 18300 Kaivantojen täytöt, InfraRYL osa 1.

Kuvassa 1 on esitelty maakaasuputkistojen rakentamisessa noudatettavat InfraRYL nimikkeet.



KUVA 1. Johtokaivanto, InfraRYL nimikkeet (InfraRYL Osa 2, 201)

### 3.2 Maakaivannot

Muoviset maakaasun jakeluputkistot asennetaan useimmiten maakaivantoon. Kallioalueella vaihtoehtona voi olla kalliokaivantoon asentaminen. Maakaivanto tehdään tarkoituksen mukaisella kaivinkoneella, lapiolla ja muilla tarvittavilla työkaluilla. Maakaivantojen rakentamisessa tulee huomioida seuraavia asioita:

- Ennen kaivuun aloittamista on kaivupaikasta selvitettävä:
  - o olemassa olevat putket ja kaapelit
  - o työnaikaiset liikennejärjestelyt
  - o maa-ainesten läjitys.
- Tarkistetaan suunnitelmissa ja urakka-asiakirjoissa olevat kaivantojen laatuvaatimukset ja tekniset vaatimukset (sijainti, syvyys, leveys jne.).
- Arvioidaan kaivannon mahdollinen kuivatustarve sekä kaivuun vaikutus lähialueen kaivoihin ja vedenlaatuun.
- Maarakennustyöt alkavat pintamaiden poistolla ja kasvillisuuden raivauksella.
- Kaivannon mitat ja luiskakaltevuudet määräytyvät maalajin, asennettavan putken koon, kaivantosuunnitelman ja olosuhteiden mukaan. Käytännössä putkikaivannon luiskat ovat yleensä lähes pystysuorat pienistä syvyyksistä johtuen. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty eri maalajeille ohjeelliset kaivannon luiskakaltevuudet.
- Maanalaisten jakeluputkistojen vähimmäispeitesyvyys on 0,8 metriä, kun putkiston suurin sallittu käyttöpaine on enintään 4 bar. Yli 4 barin jakeluputkistojen vähimmäispeitesyvyys on 1 metri.
- Putkikaivannon leveys on vähintään 200 mm putken halkaisijaa leveämpi.
- Kaivutyön yhteydessä maan laatua verrataan suunnitelma-asiakirjassa esitettyyn. Jos ilmenee poikkeamia, selvitetään niiden vaikutus työhön ja suunnitelma-asiakirjoihin.
- Kuvassa 2 on esimerkki maakaasuputkiston kaivannosta ja sen osista. (VNa 551/2009 liite 2.)

TAULUKKO 1. Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon ohjeelliset luiskakaltevuudet karkearakeisissa maalajeissa sekä moreenissa ja karkeissa silttimaalajeissa (InfraRYL osa 1, 195)

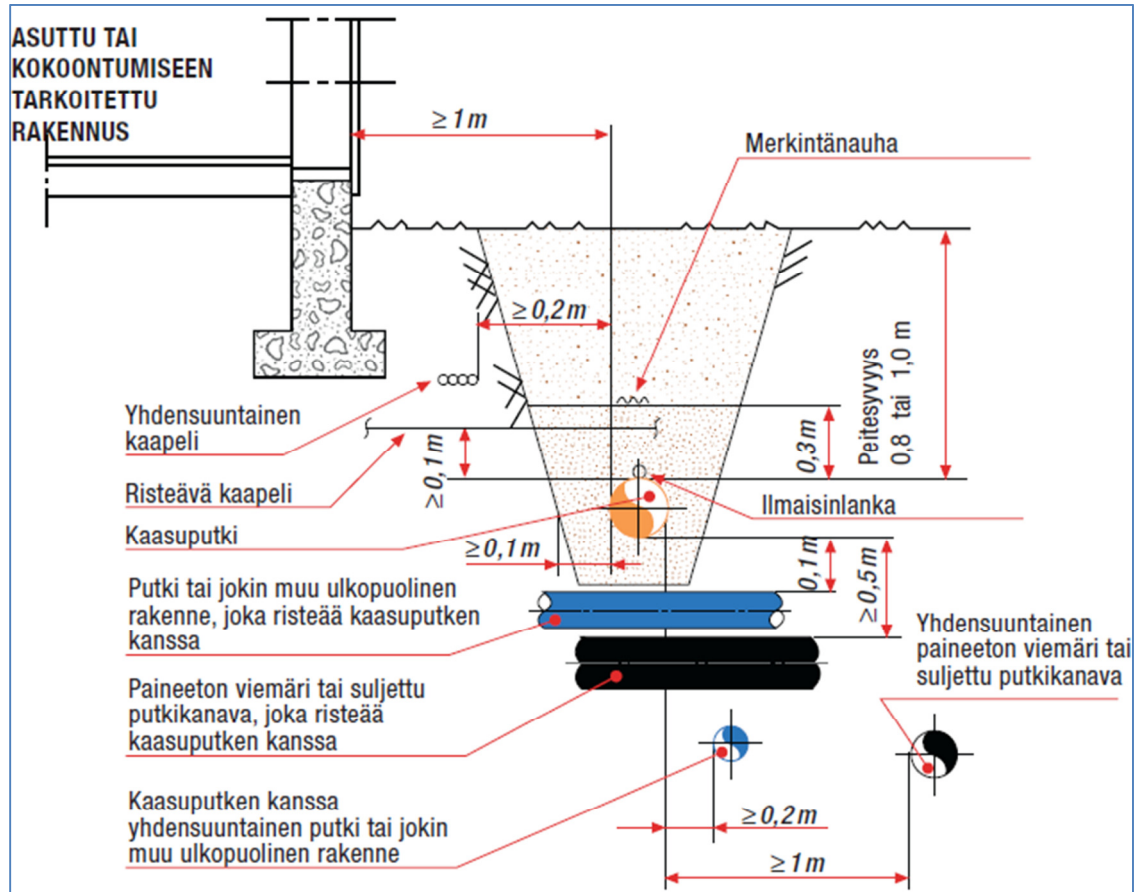
Maapohja	Kaivannon syvyys H, m <sup>1)</sup>		
	1,2	1,2...2,0	2,0
	Luiskan kaltevuus		
Löyhä ja keskitiivis siltti Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	pystysuora	20...45° maa-aineksen laadun ja ominaisuuksien mukaan	
Tiivis siltti <sup>2)</sup> Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni <sup>2)</sup>	pystysuora	< 2:1...3:1	< 1:1...2:1
Tiivis sora Tiivis moreeni	pystysuora	< 4:1...5:1	< 3:1...4:1
Kun on olemassa sortumavaara ja yli 2 m korkeasta kaivannosta on aina tehtävä kaivantosuunnitelma.			
<sup>1)</sup> Yli 2 m syvissä kaivannoissa tulee suurin mahdollinen kaivussyvyys ja luiskan kaltevuus tarkistaa tapausittain paikallisten olosuhteiden mukaan.			
<sup>2)</sup> Jos kaivetaan pohjaveden pinnan tuntumassa tai sen alapuolella, on käytettävä löyhän maan mukaisia kaltevuuksia.			

TAULUKKO 2. Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon suurin syvyys ja luiskan kaltevuus koheesiomaissa (InfraRYL osa 1, 195)

Maapohja	Luiskan kaltevuus					
	5:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3
	Suurin kaivussyvyys, m					
IV Hyvin pehmeä savi (su = 7...< 10 kPa)	–	–	–	1,7	1,9	2,1
V Pehmeä savi (su = 10...< 20 kPa)	1,6	1,7	1,9	2,3	2,5	2,7
VI Sitkeä savi (su ≥ 20 kPa)	2,0	2,5	3,0	3,2	3,7	4,0
Kun on olemassa sortumavaara ja yli 2 m korkeasta kaivannosta on aina tehtävä kaivantosuunnitelma.						

Jakeluputkiston etäisyydet maanalaisiin putkistoihin, kaapeleihin ja muihin rakenteisiin on valittava siten, etteivät ne aiheuta huomattavaa haittaa toistensa käytölle, korjaukselle tai kunnossapidolle. Vähimmäisetäisyys yhdensuuntaisasennuksissa on 1 metri ja risteilyissä 0,5 metriä, kun putkiston suurin sallittu käyttöpaine on yli 8 bar. Suurimman sallitun käyttöpaineen ollessa 8 bar tai alle, on vähimmäisetäisyys yhdensuuntaisasennuksissa 0,2 metriä ja risteilyissä 0,1 metriä. Vähimmäisetäisyys maanalaiseen paineettomaan viemäriin, salaojaputkeen, suljettuun putkikanavaan tai vastaavaan on kuitenkin yhdensuuntaisasennuksissa 1 metri ja risteilyissä 0,5 metriä. (Vna 551/2009 liite 2, 6.6.)

Jakeluputkiston etäisyys rakennuksesta, kun putkella ei johdeta kaasua kysymyksessä olevaan kohteeseen, on vähintään 1 metri. Yli 4 bar jakeluputkistoille etäisyydeksi suositellaan 4 metriä. Etäisyyttä voidaan tarvittaessa pienentää, ei kuitenkaan alle kahden metrin. Tilaajan ja viranomaisten suostumuksella vähimmäisetäisyyksiä voidaan pienentää esim. asettamalla kaasuputki tiiviiseen suojaputkeen. Kuvassa 2 on esitetty alle 4 barin jakeluputken vähimmäisetäisyyksistä muihin rakenteisiin. (VNa 551/2009 liite 2, 6.7.)



KUVA 2. 4 barin jakeluputken vähimmäisetäisyydet muihin rakenteisiin (Suomen maakaasuyhdistys 2010, 39)

Jakeluputken minipeitesyvyys päältä maanpinnalle mitattuna on 0,8 metriä käyttöpaineeltaan 4 barin putkistoissa. Yli 4 barin putkistoissa minimipeitesyvyys on 1 metri. Kalliokaivannossa peitesyvyydeksi riittää 0,6 metriä putken päältä kallion pinnalle. Taulukossa 3 on esimerkkejä putkiston vähimmäispeitesyvyyksistä. (Vna 551/2009 liite 2, 6.3.)

TAULUKKO 3. esimerkkejä maakaasuputkiston vähimmäispeitesyvyyksistä (InfraRYL osa 2, 202)

Maasto tai erityiskohteet	Peitesyvyys min, m
Viljellyt, viljelyskelpoiset tai kuivatettavat alueet	1,20
Rautatien alitus maanpinnasta mitattuna	1,35 <sup>1)</sup>
Rautatien alitus ojan pohjasta mitattuna	0,80 <sup>1)</sup>
Moottori-, moottoriliikenne-, valta- ja kantateiden sekä muiden raskaasti liikennöityjen teiden ja katujen alitus	1,35
Muiden teiden ja katujen alitus	1,00
Teiden ja katujen alitus ojan pohjasta mitattuna	0,80
Purojen ja ojen alitus niiden peratusta pohjasta mitattuna	0,60

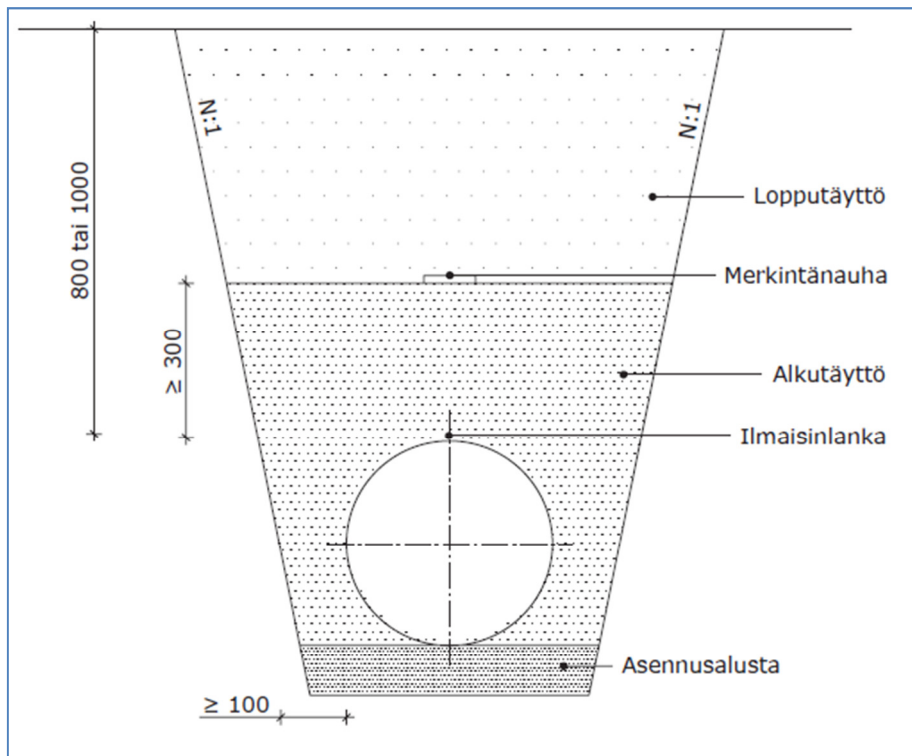
### 3.3 Kaivannon kuivatus

Kaivannon kuivatustarve ja pohjaveden taso arvioidaan jo ennen kaivutyön aloitusta. Samalla arvioidaan vaikuttaako kuivatus kaivannon vakavuuteen tai lähiseudun kaivojen vedenpintaan. Tarvittaessa lähikaivojen vedenpinta ja vedenlaatu selvitetään ennen työhön ryhtymistä. Työn aikana seurataan kuivatuksen vaikutuksia em. seikkoihin.

Kaivanto on pidettävä riittävän kuivana, jotta kaivannossa tehtävät työt voidaan suorittaa asianmukaisesti ja pohjamaa pysyy mahdollisimman häiriintymättömänä. Ulkopuolisten pintavesien pääsy kaivantoon estetään niskaojien, kaivannon reunan muotoilun tms. avulla. Kaivantoon kertyvä vesi pumpataan pois, ellei suunnitelma-asiakirjoissa ole muuta määrätty. Maa-aineksia sisältävää vettä ei työn aikana saa johtaa jo rakennettuihin putkistoihin ja avoimet putkien päät pitää suojata tulppaamalla. (InfraRYL osa 1, 195.)

### 3.4 Kaivantojen alusrakenteet ja täytöt

Muoviset maakaasun jakeluputket voidaan asentaa maanvaraisesti tai asennusalustan päälle maakaivantoon, penkereeseen tai kalliokaivantoon. Muoviputkia ei voida asentaa maanpäällisinä. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki maakaasuputkiston kaivannosta ja sen osista.



KUVA 3. Esimerkki maakaasuputkiston kaivannosta (InfraRYL osa 2, 202 )

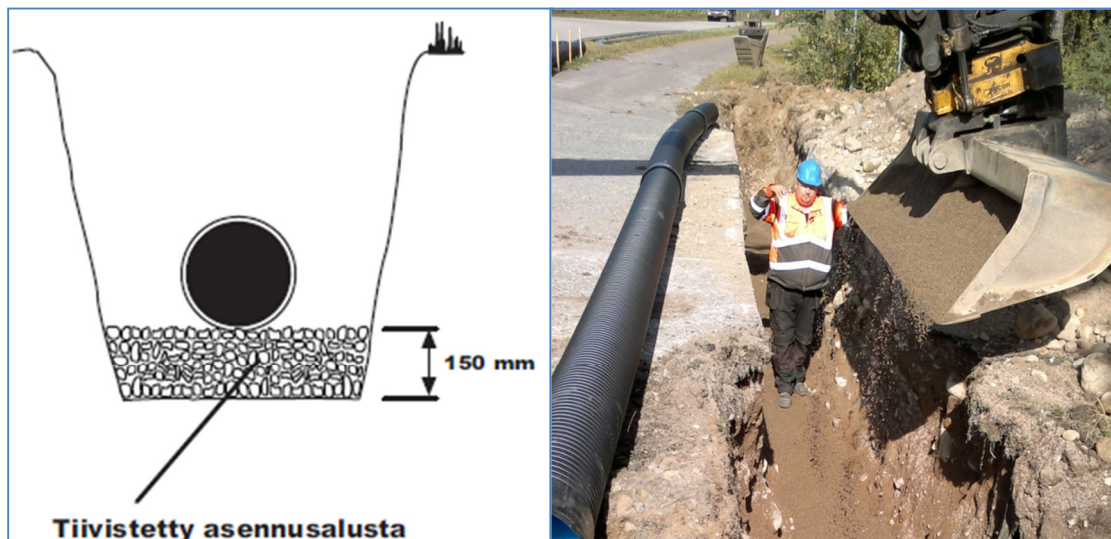
#### 3.4.1 Kaivannon pohja ja asennusalusta

Kaivannon pohjan pitää olla tasainen, oikean mittainen, kivetön ja tiivistetty alusrakennetta vastaavaksi. Lisäksi pohjalta pitää poistaa lumi ja jää. Kaivannon pohjan liikakaivu tasataan kaivumailloilla tai alkutäyttömateriaalilla enintään 150 mm:n kerroksissa hyvin tiivistäen esimerkiksi täryttimellä. Poistetuista kivistä syntyneet aukot paikataan asennusalustaan käytettävällä materiaalilla.

Asennettaessa putkia kallioon tai louhikkoiseen- ja kiviseen maaperään kaivannon pohjalle pitää rakentaa asennusalusta. Asennusalusta tasataan kivettömällä kitkamaalla ts. luonnonsoralla (raekoko 0/32 mm) tai hiekalla. Asennusalustaan voidaan käyttää myös raekooltaan 0/20 mm olevaa murskettä. Paksuus asennusalustassa on oltava

vähintään 150 mm ja suurin sallittu poikkeama suunnitelma-asiakirjoissa ilmoitetusta tasosta on 30 mm. Asennusalustan tiivyyden tulee vastata ympäröivän rakennekerroksen tiiviystvaatimusta. Tarvittaessa pohjan ja asennusalustan väliin asetetaan käyttöluokan N3 suodatinkangas sekoittumisen estämiseksi. Suodatinkangas tarvitaan aina kallio- tai louhikkoalueella. Asennusalustaa ei tarvita, mikäli pohjamaa vastaa asennusalustan vaatimuksia raekoon ja kivisyyden suhteen. (VNa 551/2009, 6.4, InfraRYL osa 1, 271.)

Asennusalustan taso ja tasaisuus varmistetaan ennen putken asennusta. Asennusalustan tiiviyssaste todetaan mittauksin 100 m:n välein, kuitenkin vähintään yksi mittaus työkohdetta kohti. Samalla tarkastetaan alustan tasaisuus ja paksuus. Asennusalustan tiiviyssuhde todetaan mittauksin 20 m:n välein esim. kannettavalla pudotuspainolaitteella. Alustan tiiviyssuhteen pitää olla keskimäärin 2,9 ja yksittäisen mittaustuloksen 3,0 kannettavalla pudotuspainolaitteella mitattaessa. Tiiviyssasteen pitää olla parannetulla Proctor-kokeella tutkittaessa keskimäärin vähintään 90 % ja yksittäisessä tuloksessa 88 %. Ratarakenteissa radan alla tehdään vähintään yksi tiiviyssuhde jokaista erillistä kaivantoa kohden tai 100 m:n välein kaivannon kulkiessa radan pituussuunnassa. Kuvassa 4 on esitetty asennusalustan rakentamista. (InfraRYL osa 1, 271.)



KUVA 4. Asennusalustan rakentaminen (Muoviteollisuus Ry no 36, 7;NCC)

### 3.4.2 Alkutäyttö

Kaivannon alkutäyttö ulottuu vähintään 300 mm putken tai sen suojaputken yläpuolelle. Alkutäytön materiaalina käytetään ensisijaisesti kivetöntä kaivumaata (turve, savi, siltti, hiekka tai sora), mikä ei voi vahingoittaa putkea. Alkutäyttöön voidaan käyttää myös mursketta, jonka raekoko on 0/20 mm. Alkutäyttö ei saa sisältää yksittäisiä luonnonkiviä, joiden koko on yli 50 mm. (VNa 551/2009 liite 2, 6.4.)

Alkutäyttö pitää tehdä heti putken asennuksen jälkeen putken liikkumisen ja vahingoittumisen estämiseksi. Ensiksi putki tuetaan levittämällä alkutäyttömateriaalia koneen kauhalla varovasti mahdollisimman matalalta korkeudelta ja tasaisesti molemmille puolille putkea, jotta putki ei pääse liikkumaan. Alkutäyttö levitetään 100–200 mm:n kerroksissa (max. 0,5 x putken halkaisija), kunnes putken päällä on vähintään 300 mm:n täyttökerros. Alkutäyttö tiivistetään täyttökerrosten välissä. Taulukossa 4 on tiivistämisen vaatimat yliajokerrat alkutäytön materiaalista ja tiivistyslaitteesta riippuen. (InfraRYL osa 2, 203.)

TAULUKKO 4. Alkutäytön tiivistys (Muoviteollisuus ry 2008 no 36, 9)

Materiaalin tyyppi	Sora, hiekka, murske	Pienin määrä ajokerroksia
Tamppauslaite, 70 kg	300	4
Tärylevy, 100 kg	150	6
Tärylevy, 200 kg	200	6

### 3.4.3 Lopputäyttö

Kaivannon lopputäytön materiaalina käytetään ensisijaisesti kaivumaata. Kaivumaat eivät saa sisältää yli 200 mm kokoisia luonnonkiviä. Lopputäyttö voidaan tehdä myös murskeesta, jonka raekoko on 0/150 mm. Lopputäyttöä ei tarvitse tiivistää, jos ei olla liikennealueella. Liikennealueella lopputäytön materiaali ja tiivistystarve riippuvat tien- tai kadun rakennekerroksista. Alku- ja lopputäytön väliin asennetaan suodatinkangas, jos rakennekerrosten materiaalien sekoittuminen halutaan välttää. (VNa 551/2009 liite 2, 6.4.)



### 3.5 Maakaasuputkiston merkinnät

Maakaasuputkistot tulee merkitä tahattoman vahingoittamisen estämiseksi. Merkintään käytetään merkintänauhaa, maanpäällistä merkintäpaalua ja merkintäkilpeä (kuva 5). Lisäksi asennuksen jälkeen muoviputken ulkopintaan kiinnitetään ilmaisnlanka tai viestikaapeli putken paikantamista varten.



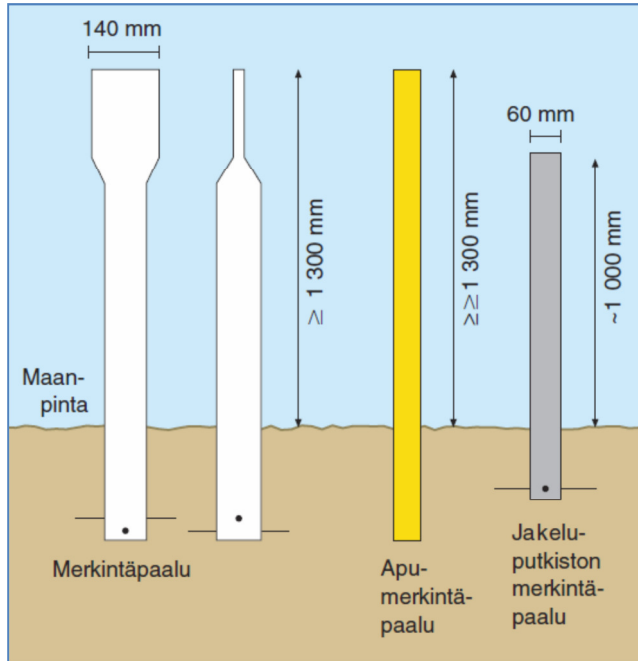
KUVA 5. Maakaasun merkintäkilpi (Gasum Oy)

Merkintänauhana käytetään keltaista vähintään 100 mm leveää merkintänauhaa, joka sijoitetaan alku- ja lopputäytön väliin (kuva 6) tai merkintäverkkoa, missä lukee tasaisin väliajoin "MAAKAASU", "NATURGAS" tai "NATURAL GAS".



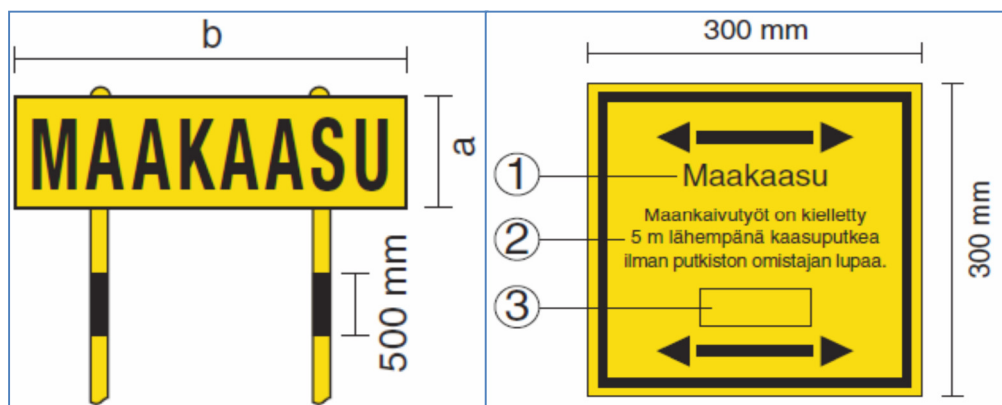
KUVA 6. Jakeluputkiston merkintänauha (Suomen maakaasuyhdistys 2010, 50;NCC)

Jakeluputkiston kulku merkitään maanpäällisillä merkintäpaaluilla (kuva 7) enintään 250 m jaolla. Peltoaukealla tai vastaavalla avonaisella alueella merkkien välistä etäisyyttä voi pidentää kaksinkertaiseksi. Paalujen sijoittelusta pitää pystyä todentamaan putkiston sijainti ja suunnan muutokset. Merkinä voidaan tarvittaessa käyttää myös keltaista apumerkintäpaalua (kuva 7), jossa ei tarvitse olla merkintäkilpeä.



KUVA 7. Siirto- ja jakeluputkiston merkintäpaalut sekä apumerkintäpaalu (Suomen kaasuyhdistys 2010, 48)

Kuvassa 8 on esitetty maakaasulinjan kaivukieltoauku ja vesistön alittavasta putkesta ilmoittava taulu. Maanalaisen jakeluputkiston venttiilit paikallistetaan sopivilla merkinnöillä, esimerkiksi venttiilikaivon kansimerkinnällä. Venttiilin käyttökaraasta tulee ilmetä venttiilin ”auki/kiinni” -asento. (Suomen kaasuyhdistys 2010, 53.) Liikenneväylän ylittävä jakeluputkisto merkitään maakaasuputkea osoittavilla merkintäteipeillä sekä tarvittaessa alikulkukorkeutta osoittavalla kilvellä. (Suomen kaasuyhdistys 2010, 54.)



KUVA 8. Vesistön varoitustaulu ja kaivukieltoauku (Suomen kaasuyhdistys 2010, 50–51)

## 4 PUTKILINJOJEN HITSAUS- JA ASENNUSTYÖT

### 4.1 Hitsausmenetelmät ja materiaalit

Käytetyimmät muovisten maakaasuputkien hitsausmenetelmät ovat pusku- ja sähkömuhvihitsaus. Tässä oppaassa käsiteltävät työvaiheet ovat WIDOS-puskuhitsauskoneelle ja Wawin MSA350-sähkömuhvihitsauskoneelle, mutta toimivat suuntaa antavasti myös muita sähkömuhvi- ja puskuhitsauskoneita käytettäessä.

Tässä oppaassa esiteltävät hitsausmenetelmät ovat tarkoitettut nimelliskooltaan DN90–DN400 ja materiaalityypiltään PE 80–100 kaasuputkilinjojen pusku- ja sähkömuhvihitsaukseen. Hitsauksen virtalähteenä käytetään teholtaan yli 5 kilowatin generaattoria. Kappaleessa kuvataan hitsauksen etenemistä, materiaalien käyttöä ja varastointia, laadunvarmistusta sekä virheellisten hitsausseamojen korjausta.

### 4.2 Putkien vastaanotto ja varastointi työmaalla

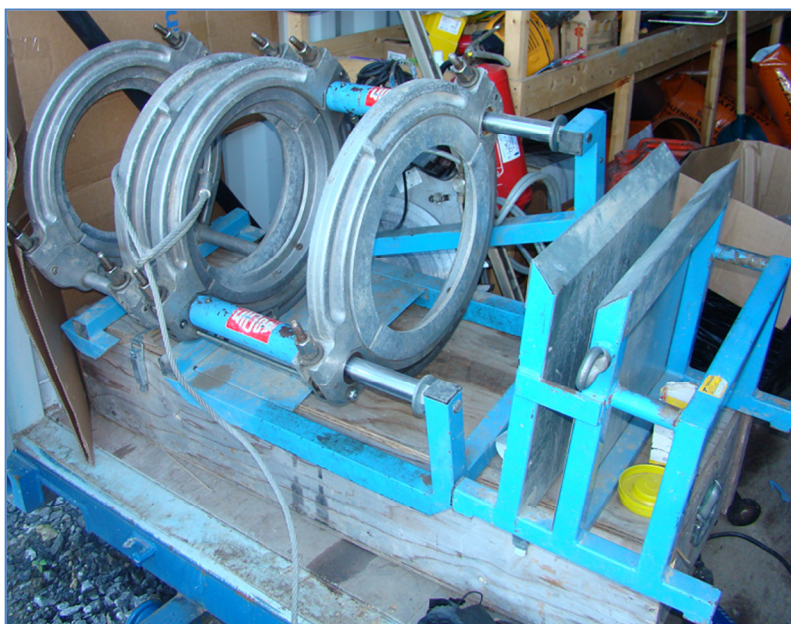
Putkille tehdään aina vastaanottotarkastus työmaalla, missä tarkastetaan, että putket vastaavat tilausta ja ovat käyttökelpoisia. Tarkistettavia asioita ovat

- putkien koot
- määrä
- materiaali
- SDR-luokka (ulkohalkaisija/seinämänpaksuus)
- putkien kunto (naarmut, soikeus, puhtaus jne.)
- putkien päät on suljettu.

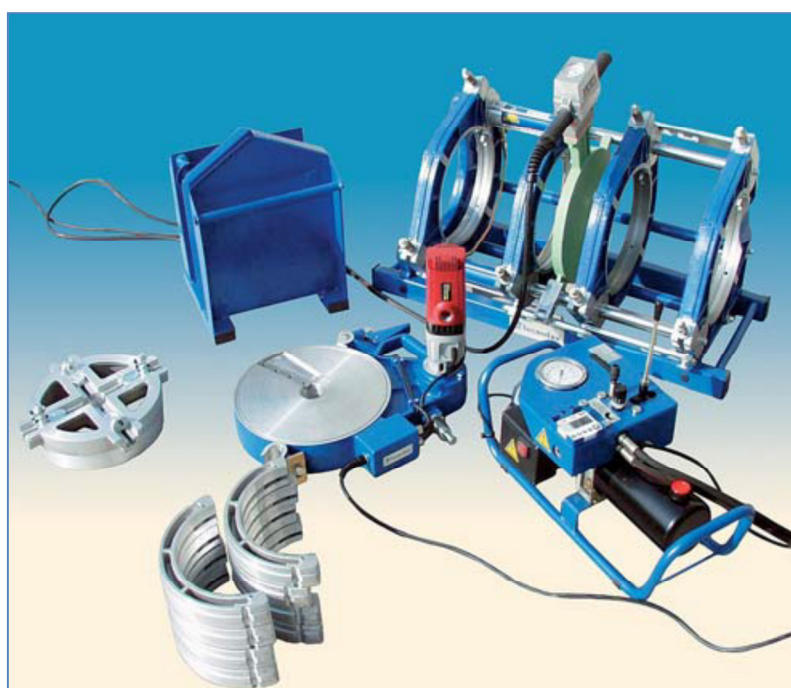
Putket tulee varastoida puhtaalla ja tasaisella alustalla korkeintaan 2,6 metrin korkuisena pinona. Varastointikehikoiden päät on pidettävä suljettuina ja pinottujen putkien kaatuminen on estettävä. Myös irralliset putket varastoidaan tasaisella alustalla. (Muoviteollisuus ry no 40, 1).

### 4.3 Puskuhitsaus

Puskuhitsaus on yleisin PE-putkien liitosmenetelmä. Puskuhitsausmenetelmässä tasaiseksi höylätyt putkien päät hitsataan yhteen lämmityksen ja puristusvoiman avulla. Hitsaukseen käytetään lämmityslevyä ja puskulaitteistoa. Tässä oppaassa esitetyt puskuhitsauksen työvaiheet ja vaadittavat työvälineet ovat WIDOS-puskuhitsauskoneelle. WIDOS-puskuhitsauskone on esitetty kuvassa 9 ja kuvassa 10 on PT-sarjan puskuhitsauskone.



KUVA 9. WIDOS-puskuhitsauskone

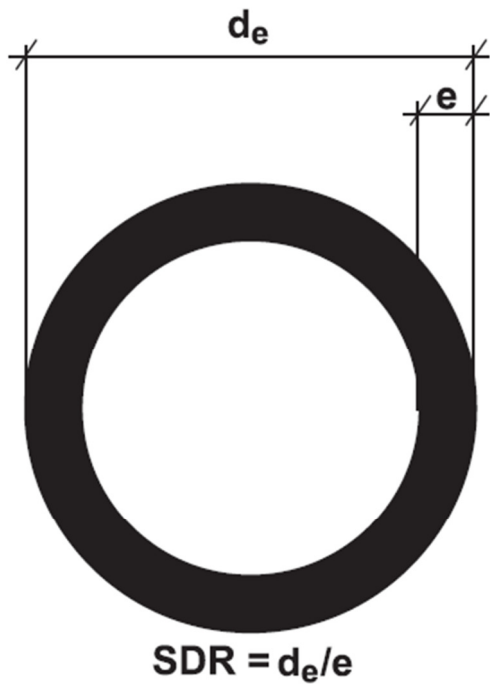


KUVA 10. PT-sarjan puskuhitsauskone ja sen osat (KWH Pipe, 2)

### 4.3.1 Muoviputket ja niiden valmistelu puskuhitausta varten

Käytetyin materiaali jakeluputkistoissa on polyeteeni. Standardissa SFS-EN 1555 PE-putket ja putkiyhteet määritellään seuraavien ominaisuuksien mukaan (kuva 11):

- PE raaka-aineen tyyppi (esim. PE 80, PE 100)
- Ulkohalkaisija ( $d_e$ )
- SDR-luokka (ulkohalkaisija/seinämänpaksuus)



KUVA 11. Putken määrittely (Muoviteollisuus Ry no 39, 2)

Urakka-asiakirjoissa ja suunnitelmissa putken vaatimukset voidaan määrittellä esimerkiksi ”maakaasun syöttöjohto 160+90, (PE 100) 4bar”, jossa:

- maakaasun syöttöjohto= putkiston tyyppi.
- 160+90= putken ulkohalkaisija 160 mm ja haara 90 mm
- PE 100= raaka-aineen tyyppi.
- 4bar= valmiin putkiston käyttöpaine.

Muoviputket tulee käsitellä seuraavan listan mukaisesti ennen puskuhitsausta:

- 1) Putkien päissä olevia tulppia ei poisteta ennen varsinaista asennustyötä.
- 2) Varmistetaan, että käsiteltävät putket ovat suunnitelmien mukaisia.
- 3) Putkien päät tarkistetaan silmämääräisesti ja havaitut vauriot poistetaan katkaisemalla viallinen putkiosuus esim. puukkosahalla. Putkien soikeus ei saa aiheuttaa ristikkäisyyttä.
- 4) Putkien päät valmistellaan hitsausta varten esim. sähköhöylällä lastuamalla. Tasaisen pään tunnistaa siitä, että höylästä tulee pitkä ja katkeamaton suora lastu.
- 5) Putkien sisä- ja ulkopinnat puhdistetaan vähintään 300 mm:n matkalta esim. sinolilla tai asetonilla. Höylätyn putken pää on terävä.

#### **4.3.2 Puskuhitsausta edeltävät toimenpiteet**

Hitsauspaikan pitää olla kuiva ja riittävän tilava hitsauskalustolle sekä putkille. Hitsattavan pinnan tulee olla kuiva ja puhdas sekä suojattuna sateelta vähintään hitsaus- ja jäähtymisajan keston verran. Tarvittaessa tuulisella ja/tai sateisella säällä käytetään hitsausteltoa. Hitsauspaikan tulee sijaita keskeisesti hitsattujen putkien kuljetuksen ja käsittelyn helpottamiseksi. Hitsausta ei suoriteta alle  $-15\text{ °C}$  lämpötilassa. Jos mahdollista, niin käytetään rekisteröivää hitsauskoneetta. (Muoviteollisuus ry no 39, 3.) Hitsauslaitteisto tulee tarkistaa seuraavan listan mukaisesti aina ennen hitsausta:

- 1) Hitsauskoneen ja kuumennuslevyn pinnat ovat puhtaat.
- 2) Koneeseen on säädetty oikean kuumennus- ja hitsausparametrit.
- 3) Tarkistetaan virtalähteen kunto ja tarvittaessa lisätään polttoainetta.
- 4) Määritetään tarvittava kitkapaine hitsauskoneeseen.
- 5) Tarkistetaan pidikkeiden toimivuus ja koko.
- 6) Varmistetaan, että putket ovat höylätty ja putkien sisäpinnat on puhdistettu vähintään 300 mm:n matkalta putkien päistä
- 7) Suoritetaan koehitsaus hitsauskoneella ennen sen käyttöönottoa.

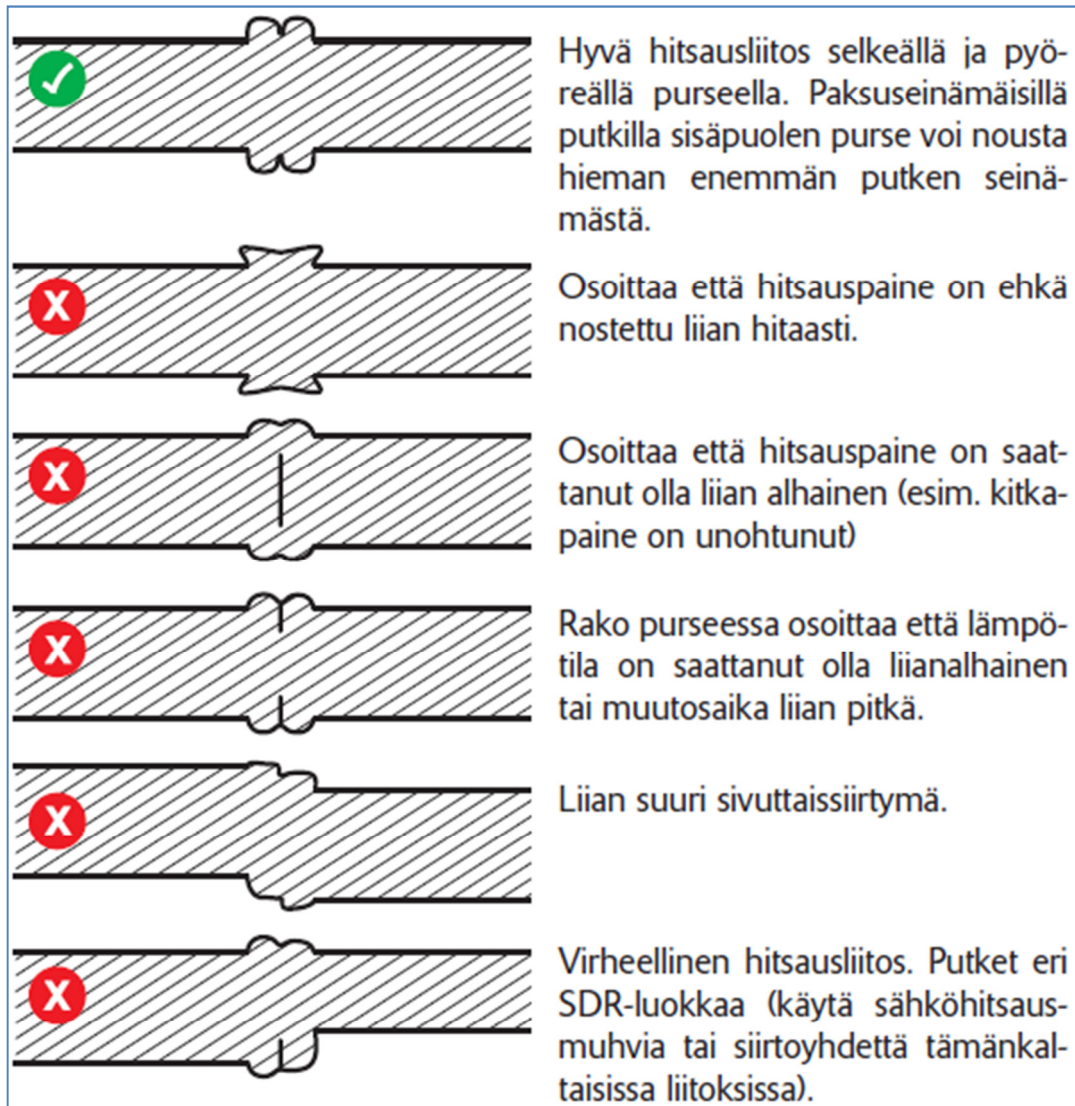
### 4.3.3 Puskuhitsauksen työvaiheet

Puskuhitsaus suoritetaan seuraavien vaiheiden mukaisesti:

- 1) Muoviputket ja hitsauslaitteisto tarkistetaan edellä mainittujen kappaleiden 4.3.1 ja 4.3.2 listojen avulla.
- 2) Tasatut päät kiristetään hitsauskoneeseen ja väliin asetetaan kuumennuslevy.
- 3) Putkien päät painetaan kuumennuslevyä vasten ja levy kytketään päälle.
- 4) Tarkistetaan oikeat puskupaineet ja kuumennusajat koneen mukana tulevista taulukoista.
- 5) Lämmitetään putket lähelle niiden sulamispistettä, kunnes päihin syntyvät ns. pusuhuulet. Varmistetaan putkien kohdistus ja tasainen puskeva paine.
- 6) Lämmityksen jälkeen kohdistuva paine ja kuumennuslevy poistetaan valmistajan taulukon määrittelemässä ajassa. Aikaa on yleensä noin 10 sekuntia.
- 7) Kuumennettujen päiden hitsaus tapahtuu painamalla putkien päitä taulukon mukaisella puskupaineella yhteen, kunnes jäähtymisaika on saavutettu.
- 8) Hitsauksen jälkeen saumat tarkastetaan ja merkataan tilaajan kanssa sovitulla tavalla.
- 9) Putkien irroitus hitsauskoneesta ei ole sallittua ennen jäähtymisajan päättymistä.
- 10) Merkitään hitsauspöytäkirjaan tekijä, ajankohta ja käytetyt hitsausparametrit.

#### 4.3.4 Puskuhitsauksen laadunvarmistus

Hitsauksesta pidetään pöytäkirjaa, mistä selviää työn tekijä, ajankohta sekä käytetyt hitsausparametrit. Hitsausliitoksen laatu tulee varmistaa silmämääräisesti sekä paine- ja tiiviyskokeiden avulla. Tarkempaa laadunvarmennusta varten voidaan hitsausliitoksesta otetuille koekappaleille tehdä valvotuissa olosuhteissa taivutus- ja vetokokeita. Vetokokeessa putkea vedetään pituussuunnassa murtumispisteen ja venymän selvittämiseksi. Taivutuskokeessa selvitetään putken taivutuskestävyyttä ja taipumaa. Kuvassa 12 on esitetty silmämääräisen tarkastamisen avuksi erilaisia hitsausliitoksia ja niissä esiintyvien virheiden syitä.



KUVA 12. Hitsausliitosten silmämääräinen tarkastelu (Muoviteollisuus Ry no 39, 18)



#### 4.4 Sähkömuhvihitsaus

Sähkömuhvihitsauksessa putken päät liitetään yhteen sähkömuhvin avulla. Sähkömuhvi sisältää vastuslangan, joka kuumennetaan pienjännitevirralla. Lanka sulattaa ja laajentaa ympäröivän materiaalin, joka aiheuttaa putken ja putkiyhteen välisen hitsauspaineen. Tässä oppaassa esitetyt työvaiheet ovat Wawin MSA350-merkkiselle sähkömuhvihitsauskoneelle tarkoitettut, mutta toimivat suuntaa antavasti myös muita koneita käytettäessä. Kuvassa 13 on esitetty Wawin MSA350-sähkömuhvihitsauskone ja kuvassa 14 on tyypillinen sähkömuhvi.



KUVA 13. Wawin MSA350-Sähkömuhvihitsauskone



KUVA 14. Tyypillinen sähkömuhvi

#### 4.4.1 Sähkömuovihitsausta edeltävät toimenpiteet

Hitsauspaikan valinnassa ja sääolosuhteiden suhteen noudatetaan kappaleen 4.3.2 ohjeita. Putket varastoidaan kappaleen 4.2 mukaisesti. Sähkömuhvi on säilytettävä suojattuna pussissa kunnes itse hitsaustyö aloitetaan. Ennen sähkömuovihitsausta tulee suorittaa seuraavat laatuun vaikuttavat työvaiheet hitsattaville putkille ja muhville:

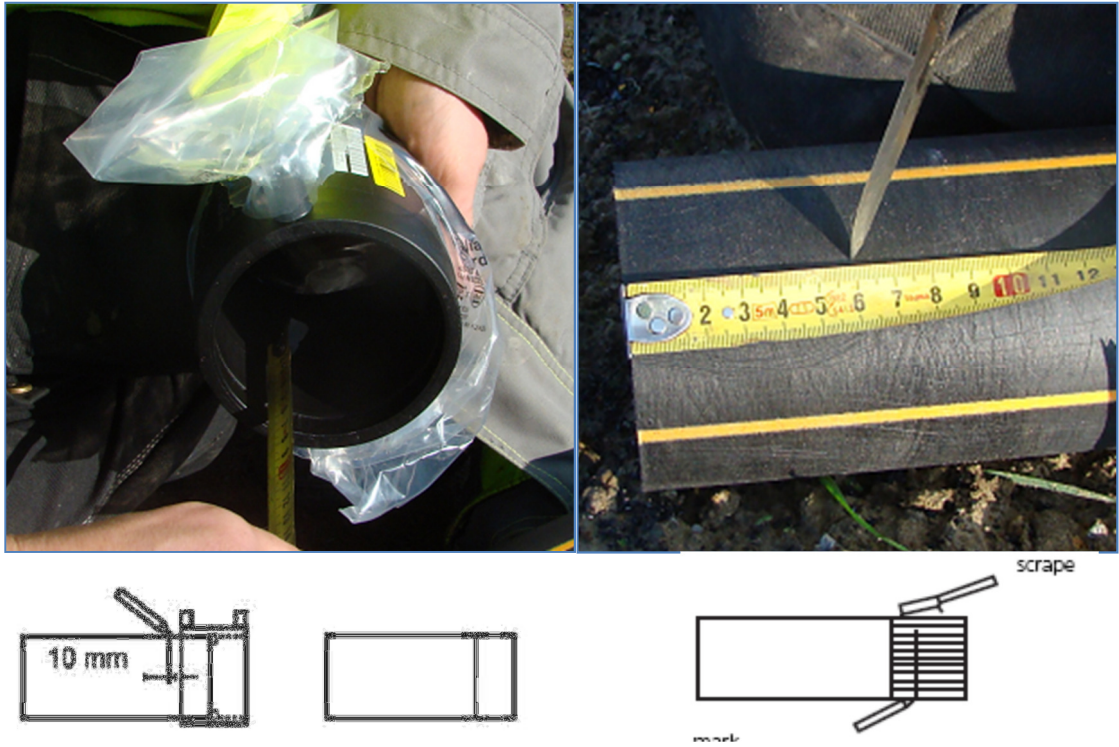
- 1) Hitsattavat putkien pinnat kaavitaan pyörivällä kaapimistyökalulla (kuva 15). Vaihtoehtoisesti putket voidaan karhentaa puukolla ja hiomapaperilla (kuva 16).
- 2) Mitataan muhvin sisällä olevien lovien etäisyydet muhvin päästä ja merkataan etäisyydet putkien päihin kohdistuksen varmistamiseksi (kuva 17).
- 3) Puhdistetaan putkien päät sekä muhvin sisäpinta nukkaamattomalla paperilla/liinalla sekä puhdistusaineella esim. sinolilla tai asetonilla (kuva 18).
- 4) Putket asetetaan sähkömuhvin sisään ja tarkistetaan, että putkiin merkatut kohdat asettuvat täsmälleen muhvin reunojen kohdalle. Putkien pitää olla suorassa muhvin sisällä.



KUVA 15. Pyörivä kaapimistyökalu (Muoviteollisuus Ry no 40, 10)



KUVA 16. Pintojen karhennus puukolla ja hiomapaperilla



KUVA 17. Hitsausliitoksen mitoitus



KUVA 18. Putkien ja sähkömuhvin puhdistus

#### 4.4.2 Sähkömuovihitsauksen työvaiheet

Sähkömuovihitsaus suoritetaan seuraavien vaiheiden mukaisesti:

- 1) Putket kohdistetaan paikoilleen muhvin sisällä ja muhviin kiinnitetään sähköjohdot (kuva 19). Plusnapa on punainen ja miinusnapa musta.
- 2) Hitsausparametrit luetaan hitsauskoneen skannerilla muhvin kyljestä koneen tietokantaan (kuva 19). Vaihtoehtoisesti hitsausparametrit syötetään manuaalisesti.
- 3) Hitsauskone käynnistetään ja varmistetaan, että putket eivät pääse liikkumaan hitsauksen aikana (kuva 20). Hitsausta on valvottava jatkuvasti. Hitsaus on valmis, kun kone antaa signaalin.
- 4) Onnistuneen hitsauksen tunnistaa siitä, että muhvin sarvet ovat työntyneet tasaisesti ulos ja muhvi on hyvin lämmin.
- 5) Muhvin sähköjohdot irrotetaan, jotta jäähtyminen voi alkaa. Hitsattu kohta pidetään paikallaan jäähtymisen aikana ja putkia ei saa muutenkaan siirtää tai häiritä jäähtymisen aikana. Jäähtymisaika katsotaan valmistajan ilmoituksesta.
- 6) Jos hitsaus epäonnistuu, virheellinen hitsausliitos tulee poistaa ja hitsaus on aloitettava alusta. Samaa kohtaa ei saa hitsata toista kertaa sulamisen välttämiseksi.
- 7) Tarkastetaan saumat ja merkataan ne tilaajan kanssa sovitulla tavalla.
- 8) Putkien hitsaamattomia päitä voidaan valmistella hitsausta varten, jos valmistelut eivät vaikuta jäähtymässä olevaan hitsausliitokseen.
- 9) Hitsauksen jälkeen hitsauspöytäkirjaan kirjoitetaan työn tekijä, ajankohta ja käytetyt hitsausparametrit.



KUVA 19. Sähköjohtojen kiinnitys muhviin ja hitsausparametrien lukeminen



KUVA 20. Sähkämuhvin hitsaus Wawin MSA350-koneella

#### 4.4.3 Sähkämuhvihitsauksen laadunvarmistus

Hitsattujen saumojen tarkastus tapahtuu silmämääräisesti ja painekokeen avulla. Joissakin tapauksissa sähkämuhviliitos tarkastetaan ultraäänellä. Tarkastukset suorittaa tilaajan nimittämä valvoja. Havaitut puutteet korjataan katkaisemalla viallinen osuus ja valmistamalla uusi hitsausauma. Varman laaduntarkistuksen voi tehdä ainoastaan ns. rikkovana kokeena, missä viallinen osuus leikataan irti putkijohdosta ja koetetaan murtoon asti. Sähkämuhvihitsauksen virheelliset hitsausliitokset johtuvat usein puhtauteen ja tarkkuuteen liittyvistä työvirheistä. (Muoviteollisuus Ry no 40, 15.)

#### 4.5 Suojaputket ja -rakenteet

Maakaasuputki vaatii tietyissä olosuhteissa suojaputken tai vastaavan suojarakenteen ympärilleen. Suojaputken avulla vähennetään raskaasti liikennöidyn liikenneväylän tai muun alueen alituksessa putkistoon aiheutuvaa lisäkuormitusta. Suojaputken avulla voidaan myös pienentää maakaasuputken vaadittuja vähimmäisetäisyyksiä muista putkista, kaapeleista ja rakenteista.

Suojaputkeksi kelpaa materiaaliltaan riittävän kestävä, tiivis ja helposti käsiteltävä muoviputki tai teräsputki esim. lujuusluokan SN 8 muoviputket. Suojarakenteen materiaali voi olla betonia, terästä tai muovia. Rautatien alitukseen tulee aina teräksinen suojaputki. Suojaputkien päät tulpataan, ettei vierasta materiaalia (kiviä tms.) pääse putken ja suojaputken väliseen tilaan. Suojakerros tehdään humusvapaasta hiekasta tai sorasta, minkä raekoko on 0–20 mm. Kuvassa 21 on esimerkki suojaputkesta ja sen asennuksesta. (Vna 551/2009, 3.4.1.)

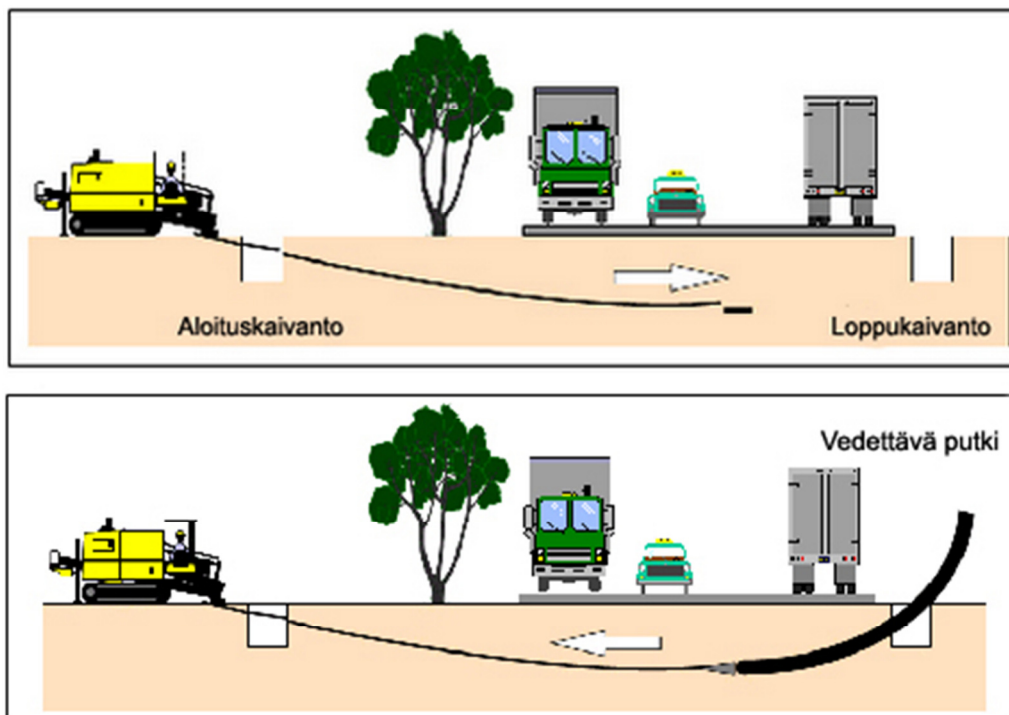


KUVA 21. Suojaputken asennus (NCC)

#### 4.6 Alitusten työmenetelmät

Tiealueiden aukikaivamista tulisi välttää mahdollisimman paljon. Aukikaivuu häiritsee olemassa olevia tien rakenteita ja liikennettä eikä ole taloudellisesti paras ratkaisu. Teiden alituksiin käytetään yleensä suuntaporausta tai työntö- ja porausmenetelmää. Menetelmän valinta riippuu maaperäolosuhteista, työtilasta ja alitusmatkasta. (Tiehallinto 2009: maakaasuputket ja maantiet, 15.)

Suuntaporausessa alitettavan osuuden läpi porataan reikä, josta putki vedetään läpi. Poraus alkaa pilottireiän porauksella, millä saadaan ohjattua poratangot kulkemaan haluttuun kohteeseen ja oikeassa syvyydessä. Poratun reiän seinämiä stabiloidaan samassa yhteydessä esim. bentoniitilla. Pilottireiän porauksen jälkeen poranteräksi vaihdetaan avarrin, millä reikä saadaan halutun kokoiseksi. Lopuksi asennettava putki vedetään paikalleen avartimen perässä. Kuvassa 22 on esitelty suuntaporausmenetelmän periaate. (Tiehallinto 2009: maakaasuputket ja maantiet, 15.)



KUVA 22. Suuntaporausmenetelmän periaatekuva (Uhkoilan vesi)

Suuntaporaus soveltuu vähäkivisille koheesio- ja kitkamaalajeille kuten siltille ja savelle. Porauksella alitettavan tien pitää olla maanvaraisesti perustettu ja tien painumisen vähäistä. Suuntaporausmenetelmä vaatii paljon työtilaa, vähintään porattavan osuuden pituuden verran. Suuntaporausta käytettäessä ei tiealituksissa käytetä suojaputkea tai suojalaattoja, kun peitesyvyys tien pinnasta on vähintään 2,5 m. Peitesyvyys on yleensä tätäkin suurempi. (Tiehallinto 2009: maakaasuputket ja maantiet, 15.)

Maakaasuputken suojaputki voidaan myös työntää tai porata tien ali. Maaperässä ei saa olla isoja kiviä ja kallionpinnan tulee sijaita riittävän syvällä maanpinnasta. Työntömenetelmässä maa on poistettava putken kautta, jos suojaputken halkaisija on yli 500 mm. Alle 500 mm työnnetty putki aiheuttaa joissain tapauksissa tien pintaan kohouman, joka jyrksitään tasaiseksi työn jälkeen tai korjataan jollain muulla menetelmällä, mikäli jyrksintävara on pieni. Siltapaikoilla maakaasuputken pitää olla terästä ja putken sijoitus ei saa estää sillan ylläpitoa. (Tiehallinto 2009: maakaasuputket ja maantiet, 14.)

#### **4.7 Käyttöönottotarkastus**

Maakaasuputkistolle pitää tehdä käyttöönottotarkastus ennen sen käyttöönottoa. Käyttöönottotarkastuksessa tulee tarkastaa, että maakaasuputkisto on voimassa olevien säännösten sekä rakentamisluvassa asetettujen ehtojen mukainen. Tarkastukseen kuuluu putkiston sijoituksen, rakenteen ja käyttövalmiuden tarkastaminen. Viranomaiset antavat käyttöönottotarkastuksesta tarkastustodistuksen.

Putkiston tarkastus voidaan tehdä yhdellä kertaa tai useassa osassa. Tarkastukseen sisältyy painekoe, joka tehdään vedellä, ilmalla tai inerttikaasulla. Painekokeen saa tehdä kaasunpainekekeena yli 8 baarin putkistolle vain, jos olosuhteet ja koejärjestelyt ovat sellaiset, että kokeesta ei aiheudu vaaraa tarkastukseen osallistuville eikä ulkopuolisille.



#### 4.7.1 Painekeo

Putkistolle tehdään sen mekaanisen lujuuden testaamiseksi painekoe ennen käyttöönottoa. Painekeo kuuluu yleensä urakoitsijan tehtäviin. Painekeo suoritetaan standardin SFS 1775 ja SFS-EN 12327 mukaisesti. Uudessa jakeluputkistossa painekokeeseen käytetään ilmaa tai typpeä. Jos painekoetta tehtäessä ei ole jäätymsvaaraa, voidaan koe suorittaa vedellä tai muulla vaarattomalla nesteellä. Korjatun tai muutetun muovisen jakeluputkiston koestuskaasuna käytetään typpeä. Painekeokeessa käytetty paine on 1,3 kertaa suurin sallittu käyttöpaine. Jos putkiston varusteiden painetaso on rajoitettu käyttöpaineeseen, niitä ei tarvitse huomioida painekokeessa. Painekekeen jälkeen putkisto on tyhjennettävä mahdollisimman suurella virtausnopeudella. (Suomen maakaasuyhdistys 2010, 89.) Painekeojärjestelyistä laaditaan ja esitetään tarkastajalle suunnitelma ennen kokeen aloittamista, mistä ilmenee:

- ehdotetut testauskohteet
- mittaus- ja testausmenetelmät
- selvitys käytettävistä laitteista
- selvitys vedensaannista. (VNa 551/2009, 4.3.)

#### 4.7.2 Tiiviyskeo

Painekekeen yhteydessä suoritetaan urakoitsijan toimesta tiiviyskeo, missä varmistetaan saumojen tiiviys ennen peittämistä esim. hankalissa paikoissa ja alitusputkissa. Tutkittava osuus paineistetaan käyttöpaineeseen ja saumojen tiiviys tarkistetaan esim. saippualliuoksen avulla tai vuodonetsimellä. Koe tehdään peittämättömille saumoille ja kestää yhden tunnin. Kaikki putkistoon kuuluvat osat ja varusteet pitää olla mukana tiiviyskeokeessa. (VNa 551/2009, 4.3.)

## 5 LIIKENNE- JA TYÖTURVALLISUUS

### 5.1 Työnaikaiset liikennejärjestelyt

Liikennealueella työnaikaiset liikennejärjestelyt tulee hoitaa niin, että tienkäyttäjille, kevyelle liikenteellä tai työmaan henkilöille ei aiheudu vaaratilanteita ja liikenne olisi mahdollisimman sujuvaa. Jos on mahdollista, niin liikenne ohjataan aina työmaan ohitse kiertotietä pitkin. Työnaikaisista liikennejärjestelyistä pitää tehdä suunnitelma ennen töiden aloittamista, mistä selviää:

- työmaan tiedot (paikka, aika, vastaava henkilö, työtehtävä jne. )
- kuva/piirros liikennejärjestelyistä
- tarvittavat materiaalit (liikennemerkkit, ohjauslaitteet, liikennevalot jne.)
- liikennejärjestelyjen ylläpito/tarkastaminen
- henkilöstön pätevyysvaatimukset
- muut liikennejärjestelyihin liittyvät asiat.

Liitteenä 1 on työmaakäyttöön tarkoitettu esimerkkipiirustus kevyen liikenteen väylän alituksen työnaikaisista liikennejärjestelyistä, Lahti Energia Oy:n tilaamasta Kukonkankaan maakaasun syöttöjohdon- urakasta.

#### 5.1.1 Liikennealueella työskentelyyn vaaditut pätevydet

Liikennevirasto vaatii liikennealueella sekä sen välittömässä läheisyydessä työskentelevältä henkilöltä ja työnjohdolta Tieturvatuokinnosta saatavan Tieturva – pätevyden. Liikenneviraston mukaan Tieturva 1 -pätevyys vaaditaan:

- henkilöltä, joka osallistuu tiellä tehtävään tienpitoon liittyvään työhön
- tie- ja päällystysmateriaaleja kuljettavan auton kuljettajalta
- työkoneen kuljettajalta muussa kuin kertaluonteisessa työssä
- muussa työssä tiellä työskentelevältä
- Tieturva 2- koulutukseen osallistuvilta.

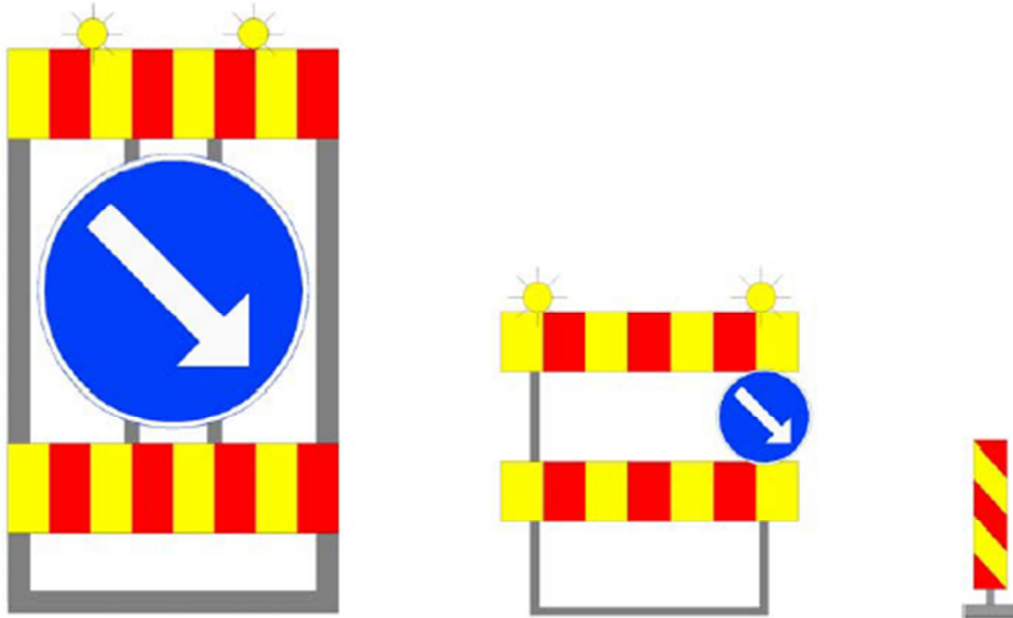
Tieturva 2 -koulutus ja tutkinto vaaditaan päätoteuttajan työ- ja liikenneturvallisuudesta vastaavalta henkilöltä. Rata-alueella tehtäviin töihin tarvitaan erillisen koulutuksen kautta saatava rataturvapätevyys. Erikoistapauksissa kuten esimerkiksi satamissa, lentokentillä tai historiallisesti arvokkaissa kohteissa työskentelyyn voidaan vaatia erillistä koulutusta.

### 5.1.2 Liikennemerkit ja sulkulaitteet

Liikennealueella työskenneltäessä pitää liikennettä ohjata liikennemerkkien sekä sulkulaite- ja varoituslaitteiden avulla. Merkit ja laitteet pystytetään paikoilleen liikennejärjestelysuunnitelman mukaisesti. Tehostuskeinona voidaan käyttää varoitusvaloja. Merkkien, laitteiden ja putoamissuojausten pitää olla liikenneviraston hyväksymiä. Liikennemerkkien pystytyksessä noudatetaan seuraavia ohjeita:

- kaksiajorataisella- ja vilkasliikenteisellä tiellä merkit pystytetään molemmin puolin tietä.
- Liikkuvassa/lyhytkestoisessa työssä merkit voidaan pystyttää matalaan telineeseen, jos se ei häiritse kevyttä liikennettä tai tien kunnossapitoa.
- Pääasiana on hyvä havaittavuus ja vähäinen häiriö liikenteelle.
- Varrellisen merkin alareunan korkeus ajoradasta pitää olla 1,5 – 3,2 metriä ja kevyen liikenteen väylällä 2 metriä.
- Tien poikkisuunnassa merkin etäisyys ajoradasta voi olla enintään 3,5 metriä tai 1,5 metriä pientareen ulkoreunasta.
- Ajoradalle pystytettävien merkkien jalustojen pitää olla törmäysturvallisia, joten esim. betoniporsaita ei ajoradalla saa käyttää. Pientareella sijoitetun porsaan edessä pitää olla keltaisin juovin varustettu autonrengaspino.
- Merkkien pituussuuntainen etäisyys on oltava vähintään 50 metriä havainnoinnin takia. Tilapäiset merkit eivät saa estää tiellä olemassa olevien liikennemerkkien tai muiden liikenteenohjauslaitteiden havaitsemista.
- Nopeusrajoituksen tiputus työmaa-alueelle porrastetaan sujuvasti.
- Tarpeettomat merkit tulee peittää/poistaa. Merkin kääntäminen ei riitä vaan merkki tulee peittää tarkoituksenmukaisella harmaalla peitteellä tai suojalla.

Sulkulaitteet luokitellaan kolmeen vaativuusryhmään S1, S2 ja S3. S1 tarkoittaa luokituksessa alinta ja S3 korkeinta vaatimusta. Käytettävä vaativuusluokka riippuu tien liikennemääristä ja tieluokasta. Pystytyksessä pitää huomioida, että laitteet pysyvät pystyssä kaikissa tavanomaisissa tilanteissa eivätkä haittaa liikennettä kohtuuttomasti. Kuvassa 23 on esitetty liikenteen ohjaamiseen tarkoitettuja sulkuaitoja ja sulkupylväs.



KUVA 23. S3- luokan sulkuaita, S2- luokan sulkuaita (KVL<3000) sekä sulkupylväs (Liikennevirasto 2011, 13)

### 5.1.3 Putoamissuojaukset

Kaivantojen suojaus putoamisen välttämiseksi on erittäin tärkeätä työmaan henkilökunnan ja ulkopuolisten turvallisuuden vuoksi. Kaivannot tulee suojata suoja-aidoilla, sulkupuomeilla ja – pylväillä. Lippusiima tai varoitusnauha ei riitä kaivantojen suojaukseen, mutta niitä voidaan käyttää optisen ohjauksen apuna. Putoamissuojien pitää olla riittävän tukevia ja kestävä nojausta.

Mahdollisten kaivantojen ylittämistä varten on asennettava väliaikaiset siltarakenteet, mitkä on varustettu kaiteilla ja varoitusmerkeillä. Optinen ohjaus tulee toteuttaa suoja-aidoilla, lippusiimalla ja kartioilla, ettei tahaton sillan ohi ajaminen ole mahdollista. Putoamissuojien- sekä siltojen kuntoa pitää valvoa päivittäin ja havaitut puutteet on korjattava välittömästi.

## 5.2 Työturvallisuus

Jokaisella projektissa työskentelevällä henkilöllä on velvollisuus huomioida työturvallisuusasiat ja ilmoittaa työturvallisuuspuutteista lähimmälle esimiehelle. Ilmoitusvelvollisuus koskee myös läheltä piti- tilanteita. Maakaasutöissä vaaraa aiheuttavat ympäristön olosuhteet, maarakennustyöt, putkien hitsaus-, asennus- ja nostotyöt, yksin työskentely sekä liikenne. Ennen töiden aloittamista ja töiden aikana tarkistettavia työturvallisuuteen liittyviä asioita ovat:

- henkilökohtaisten suojainten saatavuus ja käyttö
- pätevyysvaatimukset
- telineiden, kaiteiden, koneiden ja laitteiden kunto
- alkusammutuskaluston saatavuus ja kunto
- ympäristön suojausrakenteet
- ensiapuvälineet ja ohjeistus
- työmaapalvelut (sähkö, vesi, valaistus ja varavalaistus)
- varoituskilvet ja liikennejärjestelyt
- lähialueiden tiedotus
- luvat ja ilmoitukset
- työmaan yleinen siisteys ja jätehuolto. (Talonrakennusteollisuus ry 2010, 23.)

Tärkeä osa työturvallisuutta on perehdyttäminen ja työnopastus. Erityistä vaaraa aiheuttavista töistä kuten nosto- ja tulitöistä on laadittava yhdessä työntoteuttajan ja muiden osapuolien kanssa työsuunnitelma, missä käydään läpi työvaiheen turvallisuusriskit, työn toteutus ja turvallisuuden varmistaminen. Kaikille työmaan työntekijöille ja työnjohdolle pidetään perehdytys lähimmän esimiehen toimesta ennen itsenäisen työskentelyn aloittamista. Perehdytys pitää dokumentoida. Perehdyttämisen ja työnopastuksen tavoitteena on, että työmaalla toimivat henkilöt:

- tuntevat työmaan ja sen organisaation
- tietävät omat tehtävänsä ja vastuunsa
- tunnistavat työhön ja työympäristöön liittyvät vaaratekijät
- tietävät keskeiset työhön liittyvät turvallisuusmääräykset- ja ohjeet
- osaavat toimia oikein hätätilanteessa ja vaaratilanteiden ilmetessä

- tietävät kenelle työturvallisuutta vaarantavista puutteista ilmoitetaan
- osaavat käyttää työhön tarvittavia koneita ja laitteita
- tietävät työmaan kulkureitit sekä purkaus-, lastaus- ja varastointipaikat
- tiedostavat henkilösuojaimien merkityksen. (Talonstrakennusteollisuus ry 2010, 8)

### **5.2.1 Rakennuskohteen ja ympäristön olosuhteet**

Rakennuskohteen ja ympäristön olosuhteet aiheuttavat työmaan henkilökunnalle lähes päivittäin haittavaikutuksia. Maakaasutöissä melu, lämpötila, pöly, liikenne ja käytettävissä olevan tilan puute aiheuttavat merkittäviä olosuhdehaittoja. Olosuhteiden vaikutuksia voidaan vähentää henkilökohtaisilla turvavarusteilla ja huolellisella turvallisuussuunnitelmalla.

Meluhaitat syntyvät maakaasutöissä työkoneista, huoltoautoista ja liikenteestä. Kuulosuojaimilla voidaan vähentää meluhaittoja huomattavasti. Lämpökuormaa voidaan vähentää riittävällä tauotuksella ja raitisilmapuhaltimilla. Pakkassäällä kerrospukeutuminen on erittäin tärkeää. Kaivutöistä syntyvää työmaapölyä estetään esim. pölynsidonnalla ja kastelulla.

Työmaan suojaus, merkintä ja liikenteen ohjaus pitää tehdä huolellisesti, jotta liikenne ja jalankulkijat saadaan ohjattua turvallisesti työmaan ohitse. Yleisen järjestyksen ja työmaan toimivuuden vuoksi työmaasta laaditaan työaluesuunnitelma ja siihen liittyvä liikennejärjestelysuunnitelma. Edellä mainituissa suunnitelmissa selvitetään työmaan aluekäyttöön liittyviä asioita ja liikennejärjestelyjen toteutus. Suunnitelmat on hyväksyttävä tilaajalla.

### 5.2.2 Henkilökohtaiset turvavarusteet

Kaikilla työmaalla olevilla henkilöille tulee olla seuraavat henkilökohtaiset turvavarusteet:

- turvakypäri
- turvakengät
- heijastava vaatetus
- suojalasit
- kuvallinen tunniste
- muut työvaiheen edellyttämät turvavarusteet esim. hitsausmaski, kuulonsuojaimet, suojakäsineet, hengityssuojain jne.

### 5.2.3 Maarakennustyöt

Kaivutöissä on huomioitava maan geotekniset ominaisuudet, kaivannon syvyys, luiskan kaltevuus ja kuormitus sekä vedestä ja liikenteen tärinästä aiheutuvat vaaratekijät. Etenkin kaivantoa pitää tarkkailla jatkuvasti sortumisvaaran takia. Ennen maarakennustöiden aloittamista on käytävä läpi seuraava lista:

- Arvioi riskit (esim. kaivannon/rakenteiden sortuminen, puiden kaatuminen, liikenne) ja mieti miten riskit poistetaan.
- Selvitä olemassa olevien maanalaisten putkien ja -kaapeleiden sijainnit sekä ilmajohtojen läheisyydessä huomioitavat asiat (varoalueet, työjärjestys, merkitseminen).
- Huolehdi, että työnaikaiset liikennejärjestelyt ovat kunnossa ja hyväksytyt tilaajalle.
- Tutustu koneiden ja laitteiden käyttöohjeisiin. Älä käytä koneita, joita et osaa käyttää vaan kysy neuvoa!
- Tarkkaile koneiden ja laitteiden kuntoa. Älä käytä viallisia koneita tai laitteita.
- Kaivinkoneen kuljettajalla ja perämiehellä pitää olla jatkuva näköyhteys toisiinsa työskentelyalueella. Varo peruuttavia koneita.

- Tue kaivanto kaivusuunnitelmien mukaisesti ja varmista sortumavaara. Tukematon kaivanto tulee luiskata riittävän loivaksi maan laatuun ja olosuhteisiin nähden. Huomioi kaivannon kulkutiet.
- Älä työskentele yksin, jos työssä on tapaturman vaara.
- Muista, kaivannon sortumavaara kasvaa:
  - o sateesta
  - o kuivumisesta
  - o roudan sulamisesta
  - o tärinästä
  - o löysää maata kaivettaessa
  - o syvissä kapeissa kaivannoissa (yli kaksi metriä).
- Huomioi, että kaivinkonetta ei saa ajaa liian lähellä kaivannon reunaa ja kaivumaat läjitetään riittävän kauas sortumisriskin välttämiseksi.
- Huolehdi kaivantojen putoamissuojauksesta ja tarvittavista vaara-alue merkinnöistä.
- Noudata erityistä varovaisuutta täryttäessäsi ahtaita ja hankalia paikkoja. Varaa täryttämiseen riittävästi tilaa.
- Muista henkilökohtaiset turvavarusteet. (Talonrakennusteollisuus ry 2010, 46–47,51.)

#### **5.2.4 Putkilinjojen hitsaus-, asennus- ja nostotyöt**

Putkilinjojen hitsauksen ja asennuksen aikana tulee huomioida erityisesti seuraavia työturvallisuuden näkökohtia:

- Käy läpi kappaleen 6.3.1 listaus maarakennustöiden työturvallisuuden näkökohdista.
- Suunnittele putkien nostotyöt huolella ja tarkista nostoapuvälineet ennen käyttöä.
- Huolehdi, että putket ovat varastoitu oikein. Putket eivät saa päästä vierimään kaivantoon ja varastopinojen pitää olla tukevia.
- Kaivinkoneelle on suoritettava käyttöönottotarkastus, jos sitä käytetään nostotöihin.



- Hitsauspaikka tulee valita huolella. Muoviputkien hitsauspaikan pitää olla kuiva, riittävän tilava hitsauskalustolle sekä putkille ja sijaita keskeisesti turhien kuljetusmatkojen välttämiseksi. Hitsauspaikalla ei saa olla mitään syttyviä nesteitä tai rakennustarvikkeita.
- Hitsauslaitteisto ja putket tulee tarkistaa kappaleen 5.3.3 mukaisesti ennen hitsausta.
- Hitsaustyön tekijällä pitää olla tulityökortti ja tulityölupa.
- Muista henkilökohtaiset turvavarusteet. (Talonrakennusteollisuus ry 2010, 46–47,51.)

### 5.3 Ensiapuohjeet

Tärkeintä onnettomuustilanteessa on pysyä rauhallisena ja hälyttää apua paikalle nopeasti. Hätälmoituksen teko hätänumeroon 112:

- Kerro lyhyesti, mitä on tapahtunut.
- Anna mahdollisimman tarkka osoite ja kuvaus paikasta.
- Älä sulje puhelinta ennen kuin saat siihen luvan. Pidä puhelin vapaana lisätietoja varten.
- Anna ensiapua.
  - Jos tapaturman uhri hengittää, aseta hänet kylkiasentoon.
  - Jos et havaitse elintoimintoja, avun hälyttämisen jälkeen aloita elvytys.
  - Käännä uhrin pää taaksepäin ja puhalla suusta suuhun menetelmällä kaksi tavallista puhallusta hänen keuhkoihinsa.
  - Jos et tunne sykettä etkä näe muita verenkierron merkkejä, aloita paineluelvytys.
  - Jatka elvytystä 2 puhalluksen ja 15 painelun rytmillä. Painelunopeus on noin 100 kertaa minuutissa.
  - Elvytystä jatketaan tauotta ensihoidon saapumiseen asti.
- Huolehdi tarvittaessa pelastushenkilöstön opastuksesta ja varmista, että kulkureitti on selvä.
- Ilmoita tapahtuneesta välittömästi esimiehellesi.

## 6 URAKAN OSAPUOLTEN YHTEISTOIMINTA JA VALVONTA

### 6.1 Tarkastukset

Rakentamisen laatua ja työmaan turvallisuutta valvotaan tarkastusten avulla. Yleisimpiä työnaikaisia tarkastuksia ovat turvallisuus- ja työsuojelutarkastukset sekä työvaihekohtaiset laatutarkastukset. Myös laadunvarmistuksen takia tehtävät mittaukset ovat tarkastuksia.

Liikennejärjestelyjen ja työturvallisuuden toteutumista valvotaan viikoittain työnjohdon toimesta esim. MVR-mittauksen tai vastaavan avulla. Mittauksessa kierretään koko työmaa jalkaisin ja kirjataan tukkimiehen kirjanpidolla mahdolliset työ- ja liikenneturvallisuuspoikkeamat ylös. Virheiden kokonaismäärä lasketaan yhteen ja mittauksesta saatu tulos ilmoitetaan prosenttilukuna. Lisäksi lomakkeeseen kirjataan virheiden korjaamiseen tarvittavat jatkotoimenpiteet, toimenpiteistä vastaavat henkilöt ja korjausten aikataulu. Mittausten tuloksista raportoidaan tilaajalle sovitulla tavalla. MVR-mittauksessa seurataan esimerkiksi seuraavia asioita:

- henkilökohtaisten turvavarusteiden käyttö
- kaivantojen putoamissuojaukset
- liikennejärjestelyt (liikennemerkkit, liikenteen sujuvuus, ohjauslaitteet jne.)
- koneiden- ja laitteiden kunto
- työmaan järjestys ja yleinen siisteys

Työntekijöiden perehdytyksestä, turvallisuuskoulutuksesta ja vaadittavista pätevyyksistä kuten työturva- ja tulityökorttien voimassaolosta on ylläpidettävä listaa. Oppaan liitteenä 3 on esimerkkinä Gasum Oy:n käyttämä työmaan turvatarkastusasiakirja.

## 6.2 Valvontakirja

Urakoitsijan tehtäviin kuuluu valvontakirjan ylläpito. Valvontakirjaan kootaan rakentamisen aikana kertyvät asiakirjat, asennustodistukset ja tarkastuspöytäkirjat. Myös lupien ja muutosten hallinta on osa valvontakirjaa. Valvontakirjan ylläpitäminen on olennainen osa maakaasuputkiston rakentamisen, -tarkastusten ja -laadun dokumentointia sekä turvallisuuden varmistamista. Urakan päätyttyä valvontakirja luovutetaan tilaajalle.

Valvontakirjassa tulee olla sisällysluettelo, selvitys rakentamisen seurannasta sekä kulloinkin kysymykseen tulevat asiakirjat alla mainituista:

- 1) jäljennös rakentamisluvasta
- 2) linjauskartat ja asemapiirustukset
- 3) todistus asennusliikkeen toimintajärjestelmästä
- 4) tarkastuslaitoksen pöytäkirjat
- 5) selvitys menetelmäkokeista
- 6) muut piirustukset ja kaaviot. (VNa 551/2009 liite 2, 2;Tukes, 10.)

## 6.3 Työmaapäiväkirja

Työnjohtajan pitää täyttää työmaan tapahtumista päivittäin työmaapäiväkirjaa. Työmaapäiväkirjan avulla seurataan urakan etenemistä. Urakoitsijan- sekä tilaajan edustajan pitää kuitata työmaapäiväkirja. Työmaapäiväkirjasta ilmenee esimerkiksi

- rakennuskohde, päivämäärä ja sääolosuhteet
- työmaan vahvuus (rakennusmiehet, työnjohto jne.)
- käytetyt koneet ja kalusto
- selostus työmaan tapahtumista
- merkintä tilaajan kanssa sovituista lisä- ja muutostöistä
- eri osapuolten muistutukset ja huomautukset
- materiaalitulokset (tilattu, saapunut, kunto jne.)
- allekirjoitukset.

## 6.4 Kokoukset ja katselmukset

Ennen urakkasopimuksen allekirjoittamista johtoreitin varrella pidetään suunnitelmakatselmus, missä tarkastetaan työhön tarvittavien suunnitelmien riittävyys, virheettömyys ja toteutettavuus. Lisäksi ennen varsinaisten rakennustöiden aloittamista urakasta pidetään alkukatselmus, missä käydään läpi urakan käytännön toteutuksen näkökohtia. Urakoitsijan- ja tilaajan edustajien lisäksi alkukatselmuksessa on yleensä mukana myös valvontaviranomaisten edustaja. Ennen urakan luovuttamista tilaajalle urakasta pidetään loppukatselmus, missä tarkastetaan, että työn tulos on sopimusasiakirjojen mukainen ja sovitaan mahdollisista jatkotoimenpiteistä. Yksittäisten työvaiheiden takia joudutaan myös välillä järjestämään katselmuksia esim. jos urakkaan sisältyy louhinta- tai räjäytystöitä tulee lähialueen rakennukset katselmoida ja dokumentoida mahdollisten vaurioiden vuoksi. Katselmuksista tehdään aina merkintä vähintään työmaapäiväkirjaan.

Urakan etenemistä valvotaan työmaakokouksien avulla. Työmaakokoukset ovat urakkaan kuuluvia virallisia tilaisuuksia, joihin osallistuvat vähintään urakoitsija, tilaaja sekä valvoja. Myös suunnittelijat ja aliurakoitsijoiden edustajat voivat osallistua työmaakokouksiin. Työmaakokousten avulla urakan osapuolet pysyvät selvillä esim. aikataulusta ja muutoksista. Jokaisesta kokouksesta laaditaan pöytäkirja. Työmaakokouksissa voidaan käsitellä esimerkiksi seuraavia asioita:

- työvaihetilanne
- aikataulutilanne
- kustannukset
- lisä- ja muutostyöt
- tarkastukset
- liikenne- ja työturvallisuus
- laatu
- tarvittavat koneet, laitteet, erikoisosaaminen jne.

Jos alkuperäisistä suunnitelmista joudutaan poikkeamaan, on ennen kyseisen kohdan toteutusta neuvoteltava tilaajan kanssa ja saatava muutokseen suostumus.

## 6.5 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen avuksi käytetään ensisijaisesti urakka-asiakirjoissa esitettyjä toimenpiteitä ja määräyksiä. Tässä oppaassa esitetyt muistilistat ovat vain suuntaa-antavia. Työnjohdon rooli korostuu erityisesti laadunvarmistuksen ylläpitämisessä. Työvaiheiden dokumentointi ja laatusuunnitelman tekeminen ovat tärkeitä laadunvarmistuksen kannalta. Laatusuunnitelmasta selviää:

- 1) organisaatio ja nimetyt vastuuhenkilöt,
- 2) kuvaus henkilöiden tehtävistä ja vastuista,
- 3) luettelo rakennustöissä noudatettavista säädöksistä ja suosituksista,
- 4) luettelo asennustöissä noudatettavista säädöksistä ja suosituksista.

Dokumentoinnin apuvälineinä voidaan käyttää esim. valokuvausta, videokuvausta sekä raporttien- ja asiakirjojen laatimista. Urakan aikana kertyvät laadunvarmistusdokumentit (esim. putkimateriaalin ainestodistukset) liitetään erilliseen laadunvarmistusaineistoon. Käytetyt rakenneaineet on merkittävä siten, että merkinnän perusteella voidaan todeta yhteys rakenneaineen ja ainestodistuksen välillä. Asennuksen yhteydessä, kun rakenneaine ositetaan, tulee huolehtia siitä, että merkinnät siirretään asianmukaisesti.

Standardisoitujen putkien, putken osien, venttiilien, laippojen, ruuvien ja muttereiden merkitsemiseen riittävät kuitenkin sellaiset kirjain- ja numerotunnukset, joiden perusteella voidaan tunnistaa käytetty aines ja joista valmistaja tarvittaessa antaa ainestodistuksen. Maakaasuputkistoa asennettaessa on huolehdittava siitä, etteivät eri rakenneaineet pääse sekaantumaan keskenään. (VNa 551/2009 4.3.)

## LÄHTEET

Gasum Oy. 2010. Muista maakaasulinja. Ohjeita maakaasulinjalla työskenteleville. [http://www.maakaasu.fi/sites/default/files/pdf/oppaat/muista\\_mk\\_linja.pdf](http://www.maakaasu.fi/sites/default/files/pdf/oppaat/muista_mk_linja.pdf)

Hyria koulutus. Muovisten maakaasuputkien hitsaus- ja asennuskoulutus. [http://hyria.fi/koulutukset/aikuiset/muu\\_koulutus/muovisten\\_maakaasuputkien\\_hitsaus\\_ ja\\_asennuskoulutus/](http://hyria.fi/koulutukset/aikuiset/muu_koulutus/muovisten_maakaasuputkien_hitsaus_ ja_asennuskoulutus/)

InfraRYL 2006. 2009. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset osa 2. Järjestelmät ja täydentävät osat. Helsinki: Rakennustieto Oy.

InfraRYL 2010. 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset osa 1. Väylät ja alueet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

KWH Pipe. Puskuhitsauskoneet kenttäkäyttöön. Sarjat PT ja WHA. Esite. Luettu 11.4.2012.

Liikennevirasto. 2011. Liikenne tietyömaalla. Pätevyysvaatimukset ja työturvallisuuden perusteet. Luettu 1.4.2012. Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)).

Muoviteollisuus Ry. 2008. Muoviputkien asennus. Putkijaoston julkaisu no 36.

Muoviteollisuus Ry. 2011. PE-putkien puskuhitsaus. Putkijaoston julkaisu no 39.

Muoviteollisuus Ry. 2011. PE-putkien sähköhitsaus. Putkijaoston julkaisu no 40.

NCC Rakennus Oy:n materiaalit.

Suomen kaasuyhdistys Ry. 2010. Maakaasukäsikirja. <http://www.maakaasu.fi/kirjat/maakaasukasikirja>. Helsinki.

Talonrakennusteollisuus ry. 2010. Rakennustöiden turvallisuusohjeet. Raturva 2. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tiehallinto. 2009. Maakaasuputket ja maantiet. Luettu 31.3.2012. [http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100064-v-maakaasuputket\\_ ja\\_maantiet.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100064-v-maakaasuputket_ ja_maantiet.pdf)

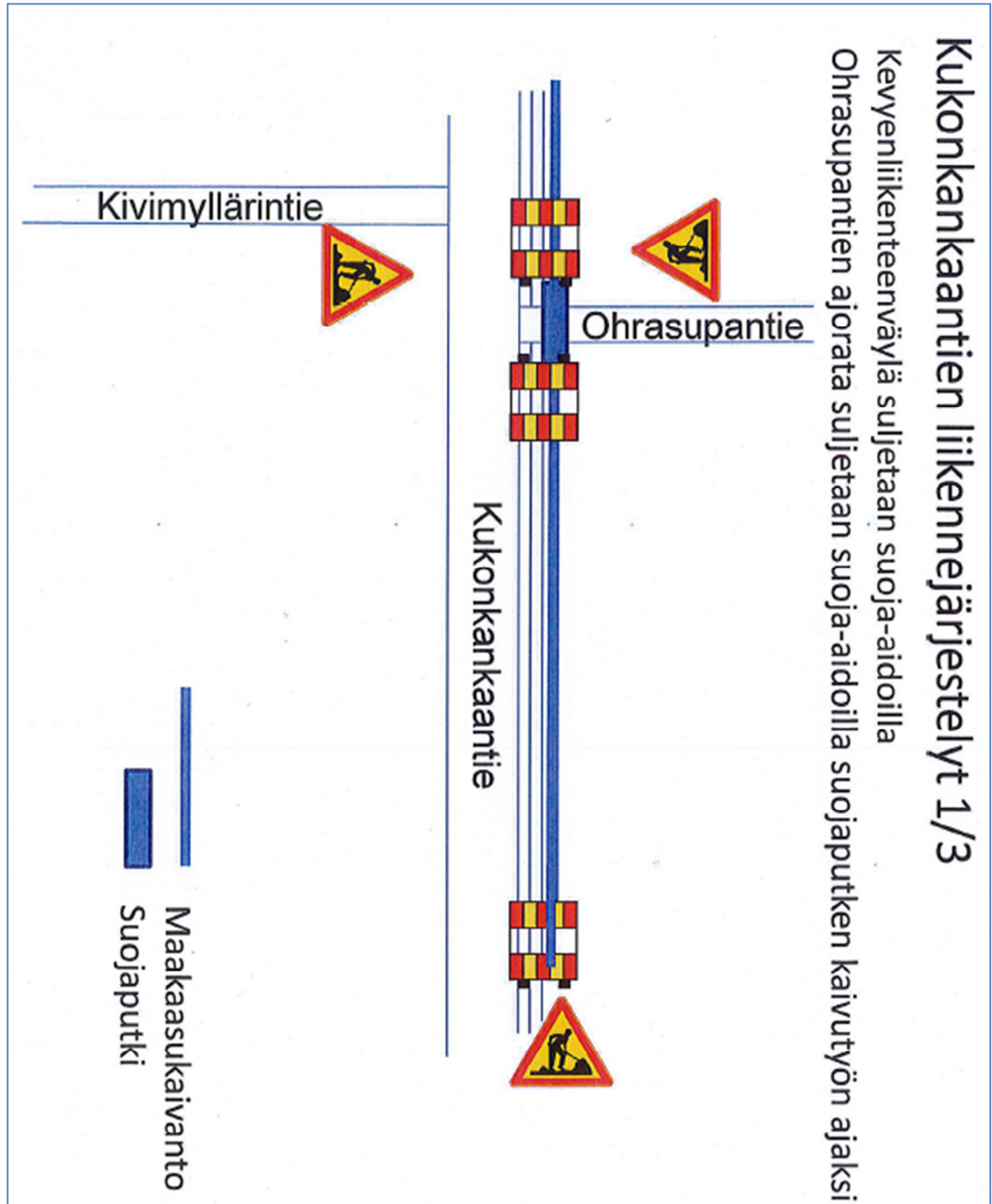
Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta. Tulostettu 31.1.2012. Suomen säädöskokoelma 551/2009. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551>.

Tiehallinto. 2009. Sulku- ja varoituslaitteet. Laatuvaatimukset ja käyttö. Luettu 1.4.2012. Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)).


Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). K1 – 10. Maakaasun käsittelyn turvallisuus (asetuksen soveltamisohjeita). Luettu 10.4.2012. <http://www.tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/2Kemikaalit- ja-kaasu/Maakaasun- kasittelyn-turvallisuus/>

## LIITTEET

Liite 1. Esimerkkipiirustus tien alituksen liikennejärjestelyistä (NCC)



## Liite 2. Rakentajan muistilista 1(2)


Rakentajan muistilista	Kohde:		
<b>Muovisten maakaasuputkilinjojen rakentaminen</b>		<b>OK</b>	<b>Muuta huomioitavaa/pvm</b>
<b>Dokumentit ja tarvittavat luvat</b>		<input type="checkbox"/>	
Vakuudet ja vakuutukset		<input type="checkbox"/>	
Viranomaisilmoitukset		<input type="checkbox"/>	
1. työsuojeluilmoitus		<input type="checkbox"/>	
2. tarkastuslaitos		<input type="checkbox"/>	
3. muut viranomaisluvut		<input type="checkbox"/>	
Haettavat luvat		<input type="checkbox"/>	
1. kaivulupa		<input type="checkbox"/>	
2. tilapäinen liikennejärjestelylupa		<input type="checkbox"/>	
3. alitusluvut		<input type="checkbox"/>	
4. muut luvat		<input type="checkbox"/>	
Tiedottaminen lähialueen asukkaille		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
<b>Suunnitelmat</b>		<input type="checkbox"/>	
Materiaalihankintasuunnitelma		<input type="checkbox"/>	
1. tarvittavat materiaalit, määrät ja toimitusajat		<input type="checkbox"/>	
2. tarjouspyynnöt ja/tai tilaukset		<input type="checkbox"/>	
3. varastointi ja työmaakopit		<input type="checkbox"/>	
Laatusuunnitelma		<input type="checkbox"/>	
Työaikataulu		<input type="checkbox"/>	
Työmaan aluesuunnitelma		<input type="checkbox"/>	
Turvallisuussuunnitelma		<input type="checkbox"/>	
Työnaikainen mittausuunnitelma		<input type="checkbox"/>	
Työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat		<input type="checkbox"/>	
Liikennejärjestelysuunnitelma		<input type="checkbox"/>	
Maa-aineiden kelpoisuustodistus(rakeisuuskäyrät, laatu)		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
<b>Aliurakoitsijoiden hankkiminen</b>		<input type="checkbox"/>	
Aliurakkasopimus		<input type="checkbox"/>	
Tilajaavastuulain mukaiset dokumentit (tilaajavastuu.fi)		<input type="checkbox"/>	
1. rekisteriselvitykset (alv, työnantaja, ennakkoperintä)		<input type="checkbox"/>	
2. kaupparekisteriote		<input type="checkbox"/>	
3. todistus verojen maksamisesta/verovelkatodistus		<input type="checkbox"/>	
4. selvitys työehdoista		<input type="checkbox"/>	
Työntekijöiden kortit (tieturva, tulityö, työturvallisuus)		<input type="checkbox"/>	
Muovisen maakaasuputken hitsaus- ja asennuspätevyys		<input type="checkbox"/>	
Työntekijöiden perehdyttäminen		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	



## Liite 2. Rakentajan muistilista 2(2)

<b>Maarakennustyöt/Putkien hitsaus- ja asennustyöt</b>	<input type="checkbox"/>	
Putki- ja kaapelikartoitus	<input type="checkbox"/>	
Suojausmateriaalit	<input type="checkbox"/>	
1. liikennemerkkit	<input type="checkbox"/>	
2. aidat ja putoamissuojat	<input type="checkbox"/>	
3. opasteet	<input type="checkbox"/>	
4. työmaataulut	<input type="checkbox"/>	
5. kaivantotuet (tarvittaessa)	<input type="checkbox"/>	
6. rakenteiden ja kasvillisuuden suojaus	<input type="checkbox"/>	
Läjitysalueen ja kaatopaikan hankinta	<input type="checkbox"/>	
Kaivussyvyyden varmistus	<input type="checkbox"/>	
Pohjanvahvistus	<input type="checkbox"/>	
Asennusalusta	<input type="checkbox"/>	
Peitesyvyyden varmistus	<input type="checkbox"/>	
Suojaetäisyydet muihin rakenteisiin	<input type="checkbox"/>	
Alkutäyttö	<input type="checkbox"/>	
Merkintänauha, ilmaisnlanka, ylösotot	<input type="checkbox"/>	
Lopputäyttö	<input type="checkbox"/>	
Merkintäpaalut, -kilvet,	<input type="checkbox"/>	
Viimeistelytyöt	<input type="checkbox"/>	
1. vihertyöt	<input type="checkbox"/>	
2. päällystys	<input type="checkbox"/>	
3. reunakivet	<input type="checkbox"/>	
4. muut viimeistelytyöt	<input type="checkbox"/>	
Painekoe	<input type="checkbox"/>	
Tiiviyskoe	<input type="checkbox"/>	
Koekäyttö	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
<b>Yhteistoiminta/Laadunvalvonta</b>	<input type="checkbox"/>	
Valvontakirja	<input type="checkbox"/>	
Työvaiheiden dokumentointi/raportointi	<input type="checkbox"/>	
1. valokuvaus	<input type="checkbox"/>	
2. kirjalliset selostukset	<input type="checkbox"/>	
3. edistymäraportit	<input type="checkbox"/>	
4. hitsaustöiden raportointi	<input type="checkbox"/>	
5. asennustöiden raportointi	<input type="checkbox"/>	
6. koekuoppakortti	<input type="checkbox"/>	
6. poikkeamaraportointi	<input type="checkbox"/>	
Työmaapäiväkirja	<input type="checkbox"/>	
Katselmukset	<input type="checkbox"/>	
1. alkukatselmus	<input type="checkbox"/>	
2. loppukatselmus	<input type="checkbox"/>	
Asennusliikkeen todistus tilaajalle	<input type="checkbox"/>	
Itselleluovutus	<input type="checkbox"/>	
Käyttöönottotarkastus	<input type="checkbox"/>	
Takuutarkastus	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	

## Liite 3. Malli Gasum Oy:n turvatarkastus-asiakirjasta (Gasum Oy)

				Projekti	
		<b>TURVATARKASTUS</b>			
Työturvallisuuslaki 738/2002, VNa 205/2009				Pvm	
Työmaan urakoitsijat		Projekti / Työkohde		Vahvuus	
<b>Tarkastuskohde</b>	<b>Kunnossa</b>	<b>Korjattava</b>	<b>Tarkastuskohde</b>	<b>Kunnossa</b>	<b>Korjattava</b>
01 Turvakoulutus			22 Nosturit / nostimet		
02 Henkilökortit			23 Nostoapuvälineet		
03 Työluvut (venttiiliasemat)			24 Nostosuunnitelma		
04 Kaivuluvat (käytössä oleva putki)			25 Taakkojen kiinnitys		
05 Henkilökohtaiset suojavälineet			26 Kuljetukset		
06 Käsin työskentelyn turvallisuus			27 Työvälineet		
07 Käytössä olevan putken merkintä			28 Hitsauslaitteet		
08 Käytössä olevan putken ylityspaikat			29 Kaasupullot		
09 Työalueen merkintä			30 Paloturvallisuus		
10 Ajoneuvot ja koneet			31 Sammuttimet		
11 Pysäköinti			32 Louhinnan täkkäys		
12 Polttoaineen varastointi			33 Louhinnasta varoittaminen		
13 Siisteys/ järjestys/ jätehuolto			34 R-aineiden varastointi		
14 Kulkutiet ja portaat			35 Sähkölaitteet ja jatkojohdot		
15 Telineet			36 Työmaan valaistus		
16 Putoamissuojaus			37 Putkiletkan päiden tulppaus		
17 Kaivannot			38 Työmaatiet		
18 Tuennat			39 Lumityöt, hiekoitus		
19 Kulkuesteet/varomerkit			40 Vesistöналituskalusto		
20 Liikenteenohjaus			41		
21 Varastoalue			42		
Puutteet / Korjattavat				Vastuhenkilö	
Urakoitsijan vastuhenkilö	Allekirjoitus				
Rakennuttajan edustaja	Allekirjoitus				
Työntekijöiden edustaja	Allekirjoitus				
Seuraava tarkastuspvm:					
Edellisen tarkastuksen puutteet korjattu				Liitteet kpl	