

Ville-Petteri Saarinen

Rivitalotyömaan työnaikainen pölynhallinta ja sähköistäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Rakennustekniikka
Opinnäytetyö
28.4.2011

Tekijä(t) Otsikko	Ville-Petteri Saarinen Rivitalotyömaan työnaikainen pölynhallinta ja sähköistäminen
Sivumäärä Aika	50 sivua + 2 liitettä 28.4.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	Rakennuspäällikkö Iikka Leskelä, NCC Päätoiminen tuntiopettaja Olli Metsäranta
<p>Tämän insinöörityön aiheena oli tuottaa yritykselle uudet ratkaisut rivitalotyömaiden pölynhallintaan ja sähköistämiseen. Nykyisellään yrityksellä ei ollut uusiin määräyksiin soveltuvia järjestelmiä, vaan sähköistäminen ja pölynhallinta toteutettiin perinteisin keinoin.</p> <p>Ohjemallien tekemisessä käytettiin hyödyksi keskuspölynimurijärjestelmiä toimittavan yrityksen tietotaitoa, sekä järjestelmiin liittyviä kirjallisia materiaaleja. Näiden avulla luotiin mallipohjat, joita jatkokehitettiin erilaisten haastatteluiden avulla.</p> <p>Lopputuloksena tuloksena syntyi toimintamalli, joka sisälsi kaksi kappaletta työohjeita. Työohjeet on tarkoitettu työmaalla toimivien työnjohtajien suunnittelun ja toteutuksen avuksi. Keskuspölynimurijärjestelmän ja sähköistämisen toimintamalleilla järjestelmät voidaan rakentaa työmaalla alusta loppuun asti. Järjestelmien testaus suoritetaan työohjeiden pohjalta.</p> <p>Järjestelmien testaus suoritetaan Espoon Ylämyllyn työmaalla, minne molemmat järjestelmät tullaan toteuttamaan kokonaisuudessaan. Testauksessa järjestelmien soveltuvuutta ja toimintaa tarkkaillaan, ja samalla niitä parannetaan tulevaisuuden työmaita varten.</p> <p>Testauksen osittaisessa tarkastelussa havaittiin, että järjestelmien asentaminen sujui ajatellulla tavalla eikä aiheuttanut ylimääräisiä ongelmia. Tarkastelussa havaittiin myös, että runkolinjaston asennus sujui ennakkoon asetetun työnopeuden mukaisesti, vaikka asentajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta putkien asentamisesta.</p> <p>Järjestelmät tullaan ottamaan yrityksen käyttöön ja niitä tullaan käyttämään kaikissa uusissa rivitalokohteissa. Testausta tullaan samalla jatkamaan työmaalla loppuun asti ja jatkokehitystä varten kerättyjä tietoja tullaan hyödyntämään seuraavan kohteen alkaessa. Järjestelmien avulla yritys tulee pitkällä aikavälillä säästämään suuria summia rahaa ja samalla työn tekeminen helpottuu ja nopeutuu.</p> <p>Tulevaisuudessa imurijärjestelmää voidaan käyttää hyödyksi myös rakennusta saneerattaessa. Esimerkiksi kylpyhuoneremonteissa olemassa olevaa putkistoa voidaan käyttää uudelleen materiaalin poistoon ja huoneen alipaineistamiseen.</p>	
Avainsanat	keskuspölynimuri, sähköistäminen, pölynhallinta, kaapeloinnit

Author(s) Title	Ville-Petteri Saarinen Dust Control and Electrification at a Terraced House Worksite
Number of Pages Date	50 pages + 2 appendices 28 April 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Ilkka Leskelä, Construction Manager, NCC Olli Metsäranta, Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to provide new solutions for a company`s terraced house dust control and electrification at construction sites. Currently the company had no suitable systems for new provisions, and the electrification and dust control is carried out by conventional means.</p> <p>The information for the work instructions was gathered from written sources. Also internal company know-how was used to examine with the vacuum systems. Templates were created with this information, and were also further developed as a result of various interviews.</p> <p>As a result of a working pattern, two work instructions were created. Work instructions are intended for on-site supervisors to assist in the design and implementation of the systems. Both systems can be built on site from start to finish with the instructions. The system testing is conducted on the basis of the work instructions.</p> <p>Systems were tested in Espoo Ylämylly worksite, where both systems will be implemented in their entirety. The systems were tested and monitored for future upgrades.</p> <p>In the partial review of the testing it was found that the installation went well, and did not cause additional problems. The review also found that the installation of the main suction line went in pre-set working speed, even though the installer had no previous experience in pipe fitting.</p> <p>Systems will be introduced to the company and will be used for all terraced house projects. Testing will also continue until the end of the site. The information will be gathered and used for further development. Systems will save large sums of money in the long term, while making work easier and faster.</p> <p>In future, the vacuum system can be utilized in construction renovation. For example, an existing pipeline can be re-used for material removal and to create vacuum in bathroom renovations.</p>	
Keywords	central vacuum, electrification, dust control, cabling

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Järjestelmien rakenne ja suunnittelu	4
2.1	Suunnittelunohjaus	4
2.2	Imurijärjestelmien rakenne ja toiminta	7
2.3	Työmaan sähköistämisen suunnittelu	11
3	Sähköistys- ja imurijärjestelmät NCC:n työmaalla	16
3.1	Imurijärjestelmän toteuttaminen	16
3.2	Sähköistyksen toteuttaminen	24
3.3	Toimintamallit	29
4	Testaus	37
4.1	Imurijärjestelmän testaus	37
4.2	Sähköistämisen testaus	45
5	Tulokset	45
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Keskuspölynimurijärjestelmän työohje	
	Liite 2. Sähköistyksen työohje	

Sanastoa

Runkolinja: Keskuspölynimurin imuputkiston "päälinja", johon asuntojen linjat liittyvät.

Ylösnousu: Runkolinjasta nouseva asunnon imuputki, joka toteutetaan usein runkolinjaa pienemmällä putkella.

Kaapeli: Johto, joka sisältää monta johdinta. Esimerkiksi 3x1,5 mm² MMJ sisältää kolme kappaletta 1,5 mm² johdinta. [1.]

Vaihe (sähkö): Vaihejohtimen tehtävänä on tuoda sähkö laitteelle. Sähkö kulkee laitteen läpi ja palaa nollajohdinta pitkin takaisin. [2]

Pääkeskus: Rakennuksen sähköverkko ja ryhmäkeskukset liitetään valtakunnan verkkoon sähköpääkeskuksen kautta. Sähköpääkeskuksessa on aina pääsulakkeet, päämittaus (kilowattituntimittari) ja pääkytkin. [3.]

Alakeskus: Sähkön jakokeskus, joka saa virtansa pääkeskuksesta. Pääkeskukseen voidaan kytkeä useita alakeskuksia.

Valovirta: Suomessa kotitalouksissa käytettävä verkkovirta on sinimuotoista vaihtovirtaa, jonka vaihejännitteen tehollisarvo on nimellisesti 230 voltia ja taajuus 50 hertsiä. Yksivaiheista sähkön käyttöä kutsutaan välillä nimellä *valovirta* tai *seinävirta*. [4.]

Voimavirta: Kolmessa vierekkäisessä johtimessa on sinimuotoinen, saman taajuisen ja yhtä suuri jännite. Jännitteiden välillä on 1/3 jakson (120°) vaihe-ero, jolloin vaiheista yhteensä käytettävissä oleva teho on koko ajan yhtä suuri. Vaiheen ja nollan välistä jännitettä kutsutaan *vaihejännitteeksi*, joka Suomen pienjänniteverkossa on 230 V. Vaiheiden välistä jännitettä kutsutaan *pääjännitteeksi* (Suomen pienjänniteverkossa 400 V). [5.]

Rele: Sähkömekaaninen kytkin, jonka avulla voidaan kytkeä suuria virtoja. Relettä ohjataan erillisellä ohjausvirralla, jota kutsutaan myös herätevirraksi. [6.]

1 Johdanto

Toimeenpanevana voimana työn aloittamiselle on NCC Rakennus Oy:n halu parantaa valtakunnallisia TR-mittaustuloksia ja työn turvallisuutta. Keväällä 2010 TR-mittauksissa alettiin kiinnittää entistä enemmän huomiota alueiden pölyttömyyteen. Nykyisellään rakennuksen ulkovaipan mennessä kiinni, tulee rakennus pitää lähes pölyttömänä. Tämä tarkoittaa sitä, että "mestan" siivoukseen ja imurointiin on käytettävä huomattavasti enemmän aikaa. Perinteisellä rakennusimurilla työ ei ole tarpeeksi tehokasta. Imurit painavat useita kymmeniä kiloja, ja ne ovat hankalia kannettavia huoneistosta toiseen. Pussiperiaatteella toimivien imureiden kanssa työntekijä joutuu suorittamaan säännöllisiä pussinvaihtoja, sekä suodattimien puhdistuksia. Tämä hidastaa työn suorittamista oleellisesti.

Sähköistämisen kehittämällä pyritään helpottamaan työmaan "kaapelikaaosta". Suuret määrät kaapeleita työmaalla aiheuttavat hankaluuksia ja vaaratilanteita. Esimerkiksi lattialla kulkeviin kaapeleihin on helppo kompastua ja loukata itsensä. Vähentämällä turhien kaapeleiden määrää saadaan työmaa siistittyä turvallisemmaksi.

Keskuspölynimuri- ja sähköistysjärjestelmien on tarkoituksenaan helpottaa työmaiden toimintaa. Helpottamalla toimintaa voidaan säästää työaikaa, parantaa työergonomiaa ja vähentää loukkaantumisen riskiä. Sanomattakin on selvää, että nämä toimet säästävät myös merkittäviä summia rahaa pidemmällä aikavälillä. Säästöt saadaan aikaan vuokrakulujen pienentymisellä ja työn tehostamisella.

Jos ratkaisuista saadaan toimivat sekä käytännölliset, ja ne osoittavat hyötynsä työmaalla, otetaan ne käyttöön kaikilla NCC:n rivitalotyömailla.

Soveltuvien järjestelmien luominen

Rivitalotyömaille soveltuvien sähköistys ja pölynimurijärjestelmien luominen yrityksen käyttöön aloitettiin aivan alusta. Yrityksellä ei ollut ennestään käytössä valmiita ratkaisuja keskuspölynimuria varten, vaan imurointi toteutettiin perinteisillä keinoilla.

Keskuspölynimurijärjestelmässä tarkoituksena on liittää useampi rivitalo yhteen keskuspölynimuriin.

Pohjatietoa imurijärjestelmistä kysyttiin suoraan niitä toimittavalta yritykseltä. Tutkimusten mukaan kyseisiin tarkoituksiin parhaiten soveltuvat järjestelmät löytyivät Gles Oy:ltä. Ottaessa yhteyttä yritykseen saatiin selville, että yritys on jo aikaisemmin tehnyt keskuspölynimurijärjestelmiä rivitalokohteisiin muutamalle isolle rakennusyritykselle. Tämä helpotti urakkaa valtavasti, sillä olemassa olevia ratkaisuja voidaan käyttää hyödyksi myös NCC:n järjestelmissä. Samalla voidaan välttää kaikki yleisimmät sudenkuopat, mitä järjestelmän rakentamisessa voisi ilmaantua.

Järjestelmän toimittaneen yrityksen yhteyshenkilönä insinööriyössä toimi Janne Kuulasvu. Hän toimitti kaikki tarvittavat tiedot, mitä järjestelmän rakentamiseen vaaditaan. Esimerkkeinä tärkeimmistä tiedoista ovat imurien maksimitehot ja runkolinjojen suositellut maksimipituudet, sekä runkolinjan putkikoot. Ilman näitä tietoja järjestelmän toteuttaminen työmaalle olisi ollut mahdotonta.

Sähköistyksessä haluttiin päästä eroon työmaan kaapeliviidakosta. Rivitalotyömaan sähköistämiseen tarvitsee valtavan määrän sähkökaapeleita ja sähkökeskuksia laajan alueen takia. Kaapeloinnit aiheuttavat ylimääräistä haittaa kaivuille ja muulle työmaaliikenteelle.

Pitkällisen mietinnän jälkeen päädyttiin ratkaisuun, jossa käytetään hyödyksi asuntojen syöttökaapeleita rakennusaikaiseen sähköistämiseen. Nykyisellään syöttökaapelit pysyvät virrattomina aina luovutusvaiheen tienoille saakka. Idean mukaan syöttökaapelit asennetaan asuntoihin heti perustus- ja runkovaiheessa, ja niihin kytketään alakeskuksia tarpeen mukaan.

Syöttökaapeliin käyttöönotto aiheuttaa muutamia tarkastusvaiheita. Näitä ovat esimerkiksi syöttökaapeleiden koon tarkastaminen, syötön järjestäminen ja pääkeskukseen riittävä virrankesto. Laskennalliset asiat tullaan hoitamaan sähköisellä laskentaohjelmalla, joka syntyy työn tuloksena.

Luonnospohjan luominen/hankkeen aloittaminen

Luonnospohjien luominen aloitettiin tutustumalla aiheisiin syvällisemmin. Varsinkin imu-rijärjestelmissä pohjatiedot olivat hyvin vähäiset. Rakennusaikaiset keskusimurijärjestelmät ovat vielä melko uusi tuttavuus rakennusalalla, joten niistä ei ole vielä oikeastaan mitään kirjallista tietoa olemassa. Varsinkin rivitalotyömaille tulevat järjestelmät ovat vasta testausvaiheessa muutamalla työmaalla. Tämän vuoksi oli luonnosvaiheen suunnitelmat toteutettava Gles Oy:stä saatujen tietojen pohjalta.

Sähköistyksen aineistona tullaan käyttämään Sähköturvakortteja, RATU-kortteja, sekä muita aiheeseen liittyviä materiaaleja. Laskelmiin tullaan käyttämään koulun oppitunneilla käytettyä materiaalia.

Testaus ja haastattelut työmaalla

Koska järjestelmät on tarkoitus ottaa käyttöön helpottamaan työmaiden jokapäiväistä työntekoa, on ennen järjestelmien kehittämistä kuunneltava työmaan näkemyksiä aiheesta. Näkemyksien perusteella mietitään yhdessä parhaat ja helpoimmin toteutettavat ratkaisut molempiin järjestelmiin ja niiden pohjalta työohje, jota on helppo käyttää työmaan edetessä.

Haastattelujen avulla pyritään myös ennaltaehkäisemään mahdollisia työnaikaisia sudenkuoppia ja näin edistämään järjestelmien sujuvaa testausta. Ilman ennakkokatselmuksia järjestelmistä ei voi saada hyvin toimivia.

Haastateltavina henkilöinä toimivat erityisesti työmaiden toimihenkilöt ja imurijärjestelmiä toimittavan yrityksen yhteyshenkilö. Toki kaikkien henkilöiden mielipiteet ovat

tärkeitä ja niitä tullaan kuuntelemaan työn edetessä. Erityisesti työntekijöiltä on odotettavissa hyviä kommentteja.

Haastatteluiden ja kommenttien pohjalta järjestelmiä hiotaan mahdollisuuksien mukaan paremmiksi.

Soveltuvien kohteiden määrittäminen

Insinööriyön tarkoituksena on kehittää järjestelmät, jotka soveltuvat kaikkiin uudisrivitalokohteisiin. Kaikkien rivitalotyömaiden erilaisuuden vuoksi on järjestelmien oltava mukautuvia erilaisiin olosuhteisiin. Varsinkin työmaiden erilaiset pohjaolosuhteet ja pohjarakenteet tulevat vaikuttamaan huomattavasti järjestelmien rakennusvaiheiden toteuttamiseen.

Työn tarkoituksena on kuitenkin luoda sellaiset työohjeet, joiden avulla työmaalla voidaan selviytyä myös ongelmatilanteissa, muokkaamalla järjestelmiä oleellisesti. Kaikkien mahdollisten esteiden määrittäminen tulee olemaan suuri haaste työtä tehdessä. Kohteiden koko tai pohjarakenteet eivät tule siis estämään järjestelmien käyttöä, vaan järjestelmiä mukautetaan sopimaan eri tilanteisiin.

2 Järjestelmien rakenne ja suunnittelu

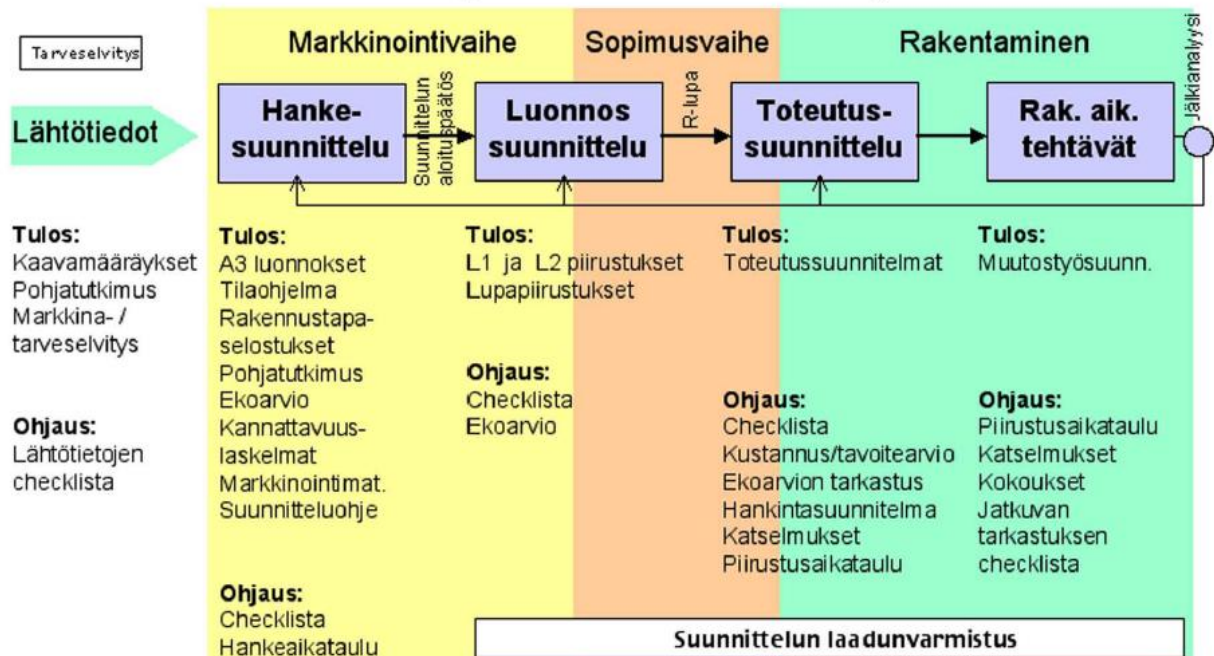
2.1 Suunnittelunohjaus

Suunnittelunohjaus on suunnittelutyön johtamista, jonka tarkoituksena on tavoitteiden asettaminen, tulosten mittaus ja toimenpiteiden tekeminen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteita on yleensä useita, mutta lähes poikkeuksetta ne pyrkivät tuottavuuden parantamiseen. Tuottavuutta voidaan parantaa teknisten, kaupallisten, taloudellisten ja ajallisten tavoitteiden avulla. [7, s.4.]

Suunnittelunohjauksen avulla pyritään luomaan mahdollisimman houkutteleva tuote alhaisimmalla mahdollisella kustannuksella. Liian halvoilla tai kalliilla tehtyjä suunnitteluratkaisuja on erittäin hankala saada kaupaksi. Suunnittelunohjauksella pyritään siis optimoimaan myyvyys ja rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. [7, s.4.]

Suunnittelunohjauksen kannalta hankkeen tärkeimmät vaiheet kronologisessa järjestyksessä ovat hankesuunnittelu, luonnos- ja työpiirustukset, rakentamisen valmistelu, rakentaminen ja käyttöönotto sekä käyttö. Suunnittelunohjauksen vaiheet käyvät tarkemmin ilmi myös kuvasta 1. [7, s.4.]

Suunnittelunohjauksen vaiheet ja tehtävät



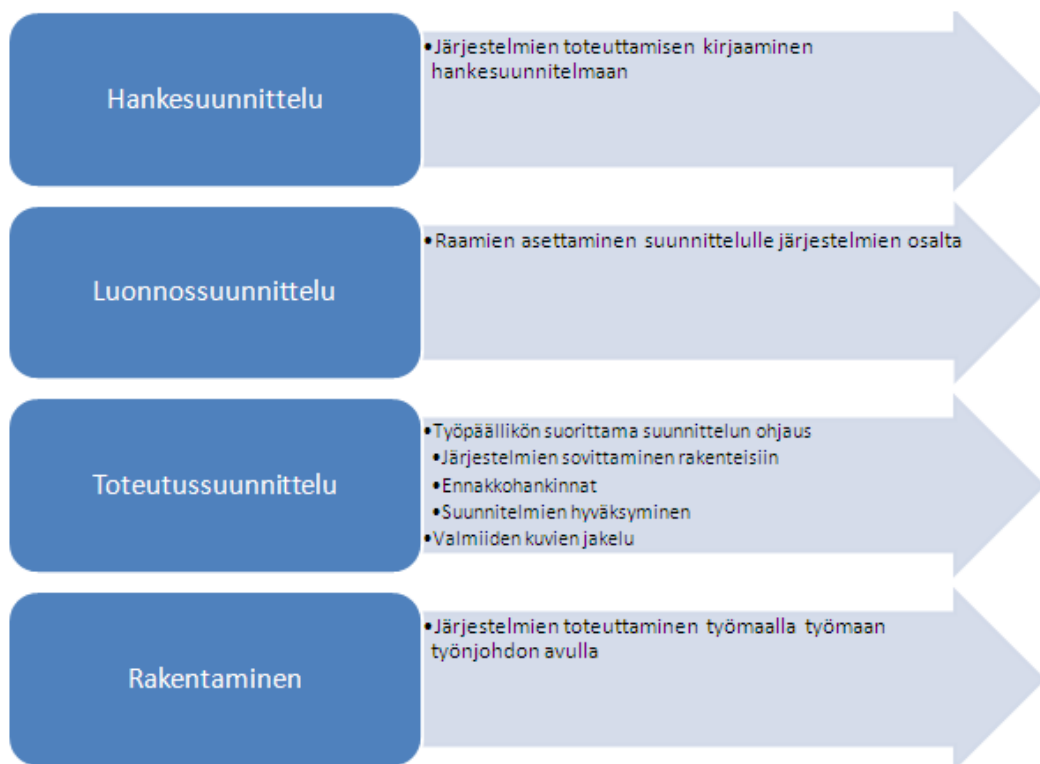
Kuva 1. Suunnittelunohjauksen eri vaiheet [7 s.6]

Tämän insinööriyön aihe liittyy suunnittelun ja rakentamisen vaiheisiin. Järjestelmien suunnittelu täytyy ottaa mukaan jo rakennussuunnittelun yhteyteen. Suunnittelijan on saatava sovitettua järjestelmät kulkemaan rakenteiden sisälle mahdollisimman suorilla vedoilla, aiheuttamatta kuitenkaan ongelmia muille taloteknisille järjestelmille.

Järjestelmien suunnittelun ohjaamisesta vastaavat yrityksen työpäälliköt. Työpäällikkö astuu kuvaan mukaan toteutussuunnitteluvaiheessa, antaen omat määritteensä suun-

nitteluratkaisuille. Tämän jälkeen suunnittelijat siirtävät työpäällikön vaatimukset kuviin.

Suunnitelmien valmistuttua työpäällikkö käy läpi kaikki järjestelmiä koskevat suunnitelmat ja tekee niihin tarvittavat korjausehdotukset. Tarkastuksen jälkeen suunnittelija piirtää lopulliset kuvat. Lopulliset kuvat toimitetaan eteenpäin, esimerkiksi elementti-
tehtaalle ja työmaalle. Suunnittelunohjauksen eri vaiheiden tehtävät näkyvät kuvassa 2.



Kuva 2. Järjestelmät suunnittelunohjauksen eri vaiheissa.

Ilman kunnollista suunnittelua järjestelmien sovittaminen rakenteisiin voi olla mahdollista. Tämän vuoksi suunnittelun ohjaajalta vaaditaan erityistä tarkkaavaisuutta myös näiden asioiden kohdalla. Jos suunnittelunohjaukseen ei panosteta tarpeeksi järjestelmien kohdalla, voidaan epäonnistuneiden rakenteiden takia menettää tuhansia euroja, tai pahimmassa tapauksessa järjestelmää ei voida rakentaa ollenkaan. Tällöin joudutaan turvautumaan perinteisiin ratkaisuihin, jotka korkeampien käyttökustannusten takia lisäävät kustannuksia ja hidastavat työtä. Tämä ei ole kenenkään kannalta edullinen vaihtoehto.

2.2 Imurijärjestelmien rakenne ja toiminta

Imurin toiminta perustuu ilman virtausnopeuteen. Virtauksen avulla materiaali imetään imuputken ja imuletkujen läpi. Imuvirtauksen voimakkuus valitaan käyttötarpeen mukaan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää: mitä painavampaa materiaali on, sitä suurempi virtausnopeus tarvitaan. [8, s.17.]

Ilman virtausnopeuden yksikkönä toimii metriä per sekunti (m/s).

Virtausnopeuden määrittäminen

Imuilman virtausnopeuteen vaikuttavat tekijät ovat imurin tuottama ilmamäärä, imulinjaston halkaisija ja suodattimien aiheuttama vastus. Mitä enemmän ilmaa voidaan imeä, sitä suurempi on virtausnopeus. Samanlainen vaikutus on myös imulinjaston koolla; mitä pienempi on linjaston halkaisijan pinta-ala, sitä isompi on virtausnopeus. Käänteisesti, kasvattamalla linjaston halkaisijan pinta-alaa vähenee linjaston virtausnopeus. [8, s.17.]

Esimerkiksi, jos imurin imuteho on 150 m³/h ja käytetään 40 mm:n imuletkua, paljonko on virtausnopeus imuputkistossa? Laskettaessa ilman virtausnopeus kaavalla

$Q_v = v \cdot A$, jossa

Q_v = virtausnopeus

v = nopeus, m/s

A = putken halkaisijan pinta-ala

saadaan tulokseksi 33 m/s. Kasvatettaessa putken halkaisijaa suuremmaksi laskee putken virtausnopeus. Esimerkiksi jos putken halkaisija nostetaan 40 mm:stä 50 mm:iin, laskee ilman virtausnopeus arvoon 21 m/s. Pienellä halkaisijan muutoksella saadaan siis aikaan noin 37 prosentin pudotus virtausnopeudessa. [8, s.17.]

Liian pienellä virtausnopeudella materiaali ei liiku kunnolla putkessa ja aiheuttaa tukkeutumista. Liian suurella virtausnopeudella imurointi muuttuu mahdottomaksi, suuttimen tarttuessa kiinni imuroitavaan kohteeseen. [8, s.17.]

Materiaalien imurointiin suositeltavat virtausnopeudet m/s löytyvät taulukosta 1.

Taulukko 1. Materiaalien imurointiin suositeltavat virtausnopeudet m/s. [8, s.19]

Hieno puupöly	14-16
Hieno hiekka	15-20
Pölyinen ilma	16-20
Kivipöly	20-25
Jauhot	20-25
Sementtipöly	25-30
Valuhiekka	35-45
Sora 20-30mm	50-60

Suodattimet

Suodattimen tarkoituksena on estää imuroitavan materiaalin pääseminen imuturbiiniin ja moottoriin, aiheuttamaan niille vahinkoa. Suodatusjärjestelmät sisältävät yleensä useampia suodattimia, alkaen karkeasta suodatuksesta ja jatkuen aina hienomman pölyn suodatukseen asti. Imurin käyttötarkoitus määrittää suodattimien laadun ja määrän. [8, s.19.]

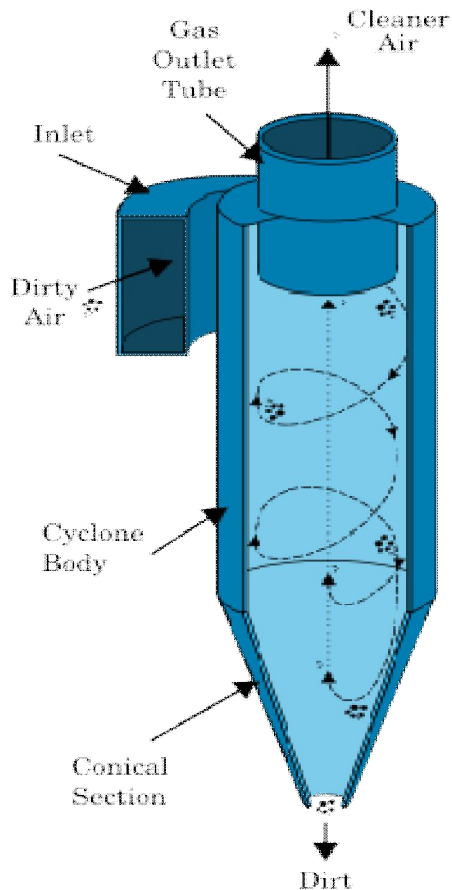
Suodattimet vaikuttavat suuresti imurin imuvoimaan. Jos imurissa käytetään liian pientä suodatinpinta-alaa verrattuna imurin tehokkuuteen, ei suodatin pysty läpäisemään imurin tuottamaa ilmamäärää. Tämän vuoksi suodattimen pinta-alalla ja materiaalilla on erittäin tärkeä rooli imuvoiman määrittämisessä. Maksimaalinen suodatinkuorma on noin 200 kuutiota ilmaa tunnissa, jokaista suodatinneliötä kohden. [8, s.19.]



Kuva 3. Kokonainen imurijärjestelmä. Oikealta ensimmäisenä sykloniesierotin, toisena pussisuodatin ja viimeisenä imuturbiini ja moottori. [9]

Suodattimien toimintaperiaatteita on käytännössä kaksi erilaista: syklonitoiminen ja paperi- tai kangaserotin. Sykloniperiaatetta käytetään useimmin hyödyksi esierotinvaiheessa, jossa erotetaan suuremmat partikkelit hienojakoisemmasta pölystä. Paperi- tai kangassuodattimia käytetään yleensä esierottimen jälkeisinä hienomman pölyn suodattinpuussina. [8, s.19.]

Syklonitoimisen esierottimen toimintaperiaate muistuttaa hyvin pitkälle sentrifugia, jossa keskipakovoiman avulla painavammat partikkelit pakotetaan syklonin sivuille, mistä ne taas putoavat syklonin pohjalla olevaan keräysastiaan. Ilmavirtaus syötetään sylinterimäiseen säiliöön suurella nopeudella, säiliön sivusta, mikä aikaansaa suuren pyörintänopeuden. Suuren pyörintänopeuden vuoksi raskaammilla hiukkasilla on liiaksi inertiaa jatkaakseen matkaa poistoilman mukana, kun ilmavirtaus kääntyy syklonin pohjalla suoraan ylöspäin. Poistuva puhdistettu ilma poistuu suodattimen päältä keskeltä sylinteriä. [8, s.19.]



Kuva 4. Syklonierottimen toimintaperiaate kuvattuna. Ilma virtaa syklonin sivuilta sisään ja aikaansaa pyörimisliikkeen. Pyörimisliikkeen ansiosta materiaalin inertia kasvaa niin suureksi, ettei se pysty nousemaan syklonin pohjalta ilmavirran kääntyessä ylöspäin vaan tippuu erottimen pohjalle. [10]

Suodattimella varustetut syklonisuodattimet voivat kerätä jopa 80–99 prosenttia imuroitavasta materiaalista. [8, s.19.]

Syklonin geometria yhdessä virtausluvun (flow rate) kanssa määräävät syklonin ns. leikkauspisteen (cut point). Tämä tarkoittaa erotettavaa hiukkaskokoa, joka voidaan 50 prosentin tehokkuudella erottaa sykloniesierottimella. Leikkauspistettä suuremmat hiukkaset erottuvat suuremmalla tehokkuudella ja pienemmät vastaavasti pienemmällä tehokkuudella. [8, s.20.]

Ensimmäisenä varsinaisena suodattimena käytetään yleensä suodatinpusseja, joita on olemassa paperi- sekä kangastyyppejä. Useimmiten suodatinpusseja koostuvat kahdesta tai useammasta kerroksesta. Kerrokset ovat yleensä erilaisia paremman suodattavuuden takaamiseksi. Ensimmäinen kerros yleensä poistaa tehokkaasti karkeampaa pölyä ja jälkimmäiset kerrokset aina hienompaa pölyä siirryttäessä kerroksesta toiselle. En-

simmäiset kerrokset estävät samalla ulommaisten kerroksien tukkeutumisen ennen pussin täyttymistä. [8, s.20.]

Toisen vaiheen suodattimena toimii esisuodatin, joka erottaa hienojakoiset hiukkaset. Esisuodatin sijaitsee imuturbiinin edessä viimeisenä turbiinia suojaavana suodattimena. Esisuodattimen ilmanläpäisevyys ratkaisee usein imurin varsinaisen toiminnan ja tehokkuuden. [8, s.20.]

Hyvä esisuodatin puhdistaa itse itsensä paineen aiheuttamilla sykähdyksillä, poistaen suurimman pölyn suodattimesta. Tällöin suodattimen toiminta säilyy hyvänä ja tukkeutuminen estyy mahdollisimman pitkäksi ajaksi. Esisuodatin pyritään tekemään mahdollisimman suureksi suodatinalan maksimoimiseksi. Liian pienessä suodattimessa pöly ei jakaudu tarpeeksi laajalle alueelle, vaan tukkii suodattimen nopeasti. [8, s.20.]

Kolmantena ja viimeisenä suodatusvaiheena voidaan käyttää imuturbiinin jälkeistä HEPA-suodatinta. HEPA-suodattimien suodatuskyky ylittää 99,95 prosenttiin hienoimmasta pölystä, joten imurista poistuva ilma on jopa hengitysilmaa puhtaampaa. HEPA-suodattimia käytetään yleisesti vain vaativissa suodatusolosuhteissa, kuten sisätiloissa tai asbestitiloissa. [8, s.20.]

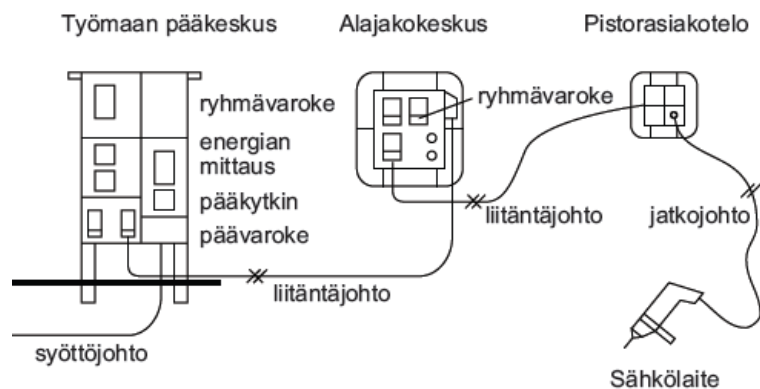
2.3 Työmaan sähköistämisen suunnittelu

Työmaan sähköistämiseksi on työmaalle rakennettava työnaikainen sähköverkko. Työnaikainen sähköverkko suunnitellaan etukäteen ennen työmaan aloittamista käyttäjän tarpeita palvelevaksi ja mahdollisimman luotettavaksi. Yksinkertaisimmillaan työmaan sähköistys koostuu syöttöjohdosta, pääkeskuksesta, jakokeskuksesta, liitäntäjohdosta sekä käyttölaitteesta.

Pääkeskus kytketään syöttöjohdon avulla valtakunnalliseen sähköverkkoon. Pääkeskus sisältää työmaan pääkytkimen, päävarokkeet ja sähkön mittauslaitteet. Pääkeskus asennetaan työmaalle kiinteästi, eikä sitä voi työn aikana siirtää. [11, s.1.]

Jakokeskukset ovat yleensä siirrettäviä keskuksia, jotka liitetään liitäntäjohdolla ja pistotulpalla työmaan pääkeskukseen. [11, s.1.]

Käyttölaite on mikä tahansa sähkö vaativa laite, kuten porakone tai lämmitin. Käyttölaitteet voivat toimia joko 1- tai 3-vaihevirralla.



Kuva 5. Työmaan sähköistäminen yksinkertaisimmillaan [11, s.1].

Työmaan sähköistyksen tärkeimpänä määrityksenä on tehontarpeen laskeminen. Tehontarpeen määrittäminen on yksinkertaista, mutta vaatii pitkänäköistä ajattelukykyä. Sähköverkkoa suunniteltaessa on otettava karkeasti huomioon koko työmaan käytössä olevan sähkökaluston nimellisteho, eikä vai tietyn työvaiheen kalustoa. Riittävän tehon varmistamiseksi yhteenlaskettu nimellisteho kerrotaan vielä 1,5:llä. Tämä kerroin antaa liikkumavaraa vielä suuremmille kulutuksille, joita ei ole osattu huomioida tehontarpeen määrittämisessä, kuten aliurakoitsijoiden koneille ja laitteille. Yhteenlaskettu teho kilowatteina kertoo samalla työmaan pääsulakkeen koon. [11, s.1.]

Tehon määrittäminen

Tehon tarpeen määrittämisessä ratkaisevimmat tekijät ovat työmaan toteutusmenetelmä, sekä toteutusajankohta. Toteutusmenetelmässä sähkönkulutukseen vaikuttavat esimerkiksi torninostureiden aiheuttama sähköntarve, joka usein on hyvin suuri. Rakentamisen ajankohta vaikuttaa mm. lämmitystarpeisiin sekä valaistukseen. Sähkölämmitys on nosturin ohella suuri energiasyöppö, verrattuna työmaan muuhun energiankulutukseen. [11, s.2.]

Kaikki koneet eivät käytännössä tule olemaan koskaan yhtä aikaa käytössä työmaalla. Runkovaiheen aikana sähkönkulutus on yleensä suurinta. Myöskään koneiden liitäntäteho ei aina kerro koko totuutta koneiden tehontarpeesta. Esimerkiksi torninostureissa liikkuminen ja nostot on usein toteutettu erillisillä moottoreilla, jotka eivät ole käytössä samanaikaisesti. Tämän vuoksi laskennassa voidaan käyttää nosturin tehontarpeena 70 % koneen liitäntätehosta. Myös lämmityksessä voidaan käyttää erilaisia laskentakeinoja riippuen energian käyttöajankohdasta. Jos lämmitys tapahtuu pääasiassa öisin, kun työmaalla ei ole muuta kuormitusta, voidaan lämmityksen tehontarve jättää pois laskuista. Jos lämmitys jatkuu myös päivisin, on lämmityksen sähköntarve huomioitava kokonaiskulutuksessa. [11, s.2.]

Pääkeskuksen valinta

Työmaan pääkeskus valitaan kooltaan samankokoiseksi tai suuremmaksi kuin keskuksen pääsulakkeen koko. Pääsulakkeen koko määräytyy kertomalla työmaan kokonaiskuormitus 1,5:llä. Sähköliittymän liittymiskustannukset määräytyvät pääkeskuksen sulakekoon mukaan. Mitä suurempi on sulakekoko, sitä korkeampi on liittymiskustannus. Tämän vuoksi on järkevää valita kerralla sopivan kokoinen pääkeskus oikean kokoisilla pääsulakkeilla, sillä niiden muuttaminen myöhemmässä vaiheessa voi olla mahdotonta. [11, s.2.]

Työmaan energian kulutus on harvoin tasaista, ja kulutuspiikit kasaantuvat yleensä kylmiin talvikuukausiin. Pienentämällä talvikuukausien tehonkulutusta voidaan useimmiten pienentää pääsulakkeiden kokoa. Energian kulutusta voidaan vähentää esimerkiksi muuttamalla lämmitysjärjestelmät polttoöljykäyttöisiksi. Tällaisen muutoksen avulla sulakkeiden koko voi pienentyä oleellisesti ja liittymiskustannukset laskea tuhansia euroja. [11, s.2.]

Syöttökaapelit

Työmaan syöttökaapelit valitaan käyttölaitteiden aiheuttaman tehontarpeen mukaan. Kaapeleiden poikkipinta-ala on saatava vastaamaan kulutusta lämpöhäviöiden välttämiseksi. Samalla jokainen kaapeli on suojattava varokkeella. Rakennuskäyttöön tarkoitettuille sähkökaapeleille asetetaan myös muita vaatimuksia, kuten

Mekaaninen rasituksenkestävyys

Ylivirran kesto

Kosteuden kesto

Lämmön- ja pakkasenkestävyys.

Taulukko 2. Jatkojohtojen yleisimmät poikkipinta-alat sulakekoon mukaan. Vasemmanpuolimmaisessa sarakkeessa on mitoitusvirta ampeereina ja oikeanpuolimmaisessa sarakkeessa johtimen määrät poikkipinta-aloineen. [12, s.6]

Mitoitus- virta A	Taipuisa kaapeli	
	CENELECin mukainen tyyppi	Poikkipinta mm ²
16	A05RN-F, H07RN-F, H05BB-F, H07BB-7	5 × 2,5
32	H07RN-F, H05BB-F, H07BB-7	5 × 6
63	H07RN-F, H07BB-7	5 × 16
125	H07RN-F, A07BB-F	5 × 50
250	H07RN-F, A07BB-F	5 × 95

Kiinteiden keskuksien syöttökaapeleina käytetään useimmiten alumiinisia maakaapeleita joiden tunnus on AMCMK. Ilmavedoissa käytetään alumiinista riippukierrekaapelia AMKA:a. Pienemmissä alakeskuksissa käytetään kumisia kaapeleita ja jatkojohtoja. Rakennuskäyttöön tarkoitetut kumikaapelit ovat tarkoitettu raskaaseen käyttöön ja kestävät hyvin mekaanista rasitusta ja jopa vetoa. Kumikaapelin tunnuksena voi olla VSEB tai VSB-A. Kumikaapelia voidaan käyttää myös ilmavetoihin, mutta silloin ripustuksien täytyy olla huomattavasti tiheämmässä kuin riippukierrekaapelilla. [12, s.5-6.]

Johdonsuojakatkaisimet ja vikavirtasuojat

Johdonsuojakatkaisimet ja vikavirtasuojat ovat käyttäjää suojaavia varolaitteita mahdollisia vikatilanteita varten. Molemmat katkaisevat jännitteen syötettävistä vaiheista vikatilanteen ilmaantuessa. Vaikka molempien suojalaitteiden toimintatavat ovat samankaltaiset, toimivat ne erilaisissa vikatilanteissa täydentäen toisiaan.

Johdonsuojakatkaisimien tarkoituksena on katkaista virransyöttö johtimeen sallitun maksimivirtamäärän ylittyessä, estäen samalla johtimen vioittumisen. Liiallinen virtamäärä voi johtua esimerkiksi käyttölaitteen liiallisesta tehosta, johtimissa aiheutuneesta oikosulusta tai koneen rikkoutumisesta aiheutuneesta oikosulusta. [11, s.7.]

Vikavirtasuojan tarkoituksena on toimia sulaketta herkempänä suojalaitteena. Vikavirtasuojan toiminta perustuu siihen, että menevän ja palaavan virran määrä on yhtä suuri, eikä virtaa katoa suojamaadoitukseen matkalla. Mikäli palaavan virran määrä alittaa sallitun tason, katkaisee vikavirtasuojan virtapiirin. [11, s.7.]

Vikavirtasuojan tarkoituksena on toimia huomattavasti pienemmissä virroissa kuin sulakkeen. Sen tarkoituksena on estää hengenvaarallisen virtamäärän kulkeutuminen kehon lävitse vikatilanteessa. Tavanomaisempina vikavirtasuojina ovat 30 milliampeeria katkaisevat vikavirtasuojat, joita käytetään 10 A ja 16 A pistorasioissa. [11, s.7.]

Virtahäviötä voi esiintyä esimerkiksi jatkojohdoissa, kun ne kulkevat kosteassa maassa. Kosteus voi aiheuttaa pientä vuotovirtaa esimerkiksi liitoksissa tai johdon eristeen läpi. Siksi erityisesti liitoksien suojaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. [11, s.7.]

3 Sähköistys- ja imurijärjestelmät NCC:n työmaalla

3.1 Imurijärjestelmän toteuttaminen

Imurijärjestelmä koostuu lähinnä viidestä pääkomponentista; imurista, esierottimesta, varsinaisesta suodattimesta, herätevirtalinjasta sekä runkolinjasta. Imuri, esierotin ja suodatin liitetään runkoverkkoon ja ne yhdessä muodostavat keskuspölynimurin.

-Imuri sisältää moottorin, imaturbiinin sekä suodattimia. Moottorin avulla pyöritetään imaturbiinia, joka muodostaa alipaineen järjestelmään. Alipaineen avulla materiaalia kuljetetaan imulinjastossa. Suodattimet estävät hienon pölyn kulkeutumisen moottoriin ja moottorin laakereihin.

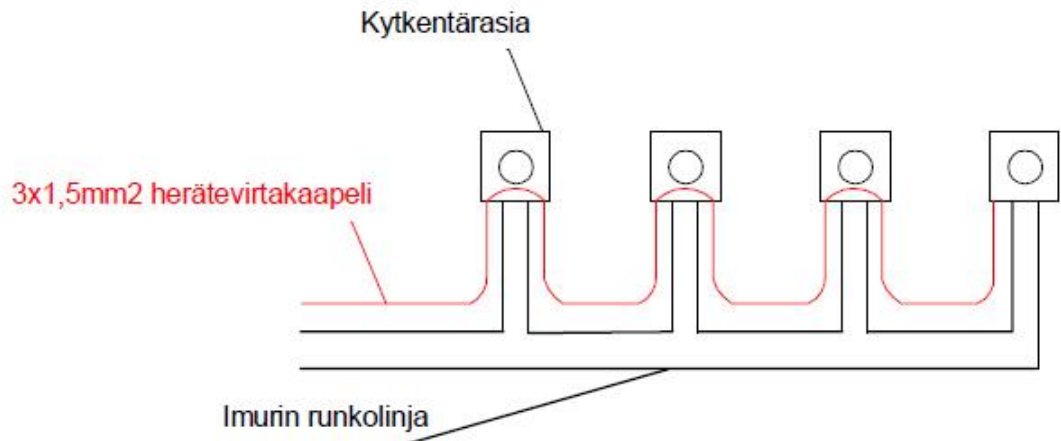
-Esierotin toimii karkeamman jätteen suodattimena, ja se toimii sykloniperiaatteella. Syklonisuodattimessa roskat pyörivät kovalla vauhdilla, jolloin keskipakoisvoima pakottaa roskat syklonin laidoille, josta ne päätyvät suodattimen pohjalle.

-Suodatin estää esierottimelta saapuvan hienomman materiaalin kulkeutumisen imaturbiiniin. Suodattimen tehokkuuteen vaikuttaa mm. suodattimien läpäisevyys ja suodatinpinta-ala. Keskusimureissa suodattimet on varustettu automaattisella puhdistusjärjestelmällä, joka vähentää niiden tukkeutumista. Puhdistus toimii imun aiheuttamilla painesykäyksillä ravistaen suodatinta.

-Runkoverkko toimii järjestelmän kiinteänä "imuletkuna". Runkoverkkona voi toimia mikä tahansa sileäpintainen putki, joka voidaan kytkeä imuriin. Runkoverkolle aiheutuu kuitenkin lujuudellisia vaatimuksia alipaineen takia. Tämän vuoksi putken seinämän on oltava riittävän paksua ja lujaa.

-Herätevirran avulla imuri saadaan kytkeytymään asunnosta päälle ilman, että imurin luo pitää mennä. Herätevirtana toimii 12 voltin jännite, joka on turvallista ihmisille. Herätevirtakaapeli tuodaan ja kytketään asunnon

imulinjaston päässä olevan kytkentärasiaan. Imuri käynnistyy, kun kytkentärasian luukku avataan ja herätevirtakaapelista katkeaa jännite. Tällöin imurilla oleva rele toimii ja käynnistää imurin moottorin. Kytkentäperiaate näkyy kuvassa 6.



Kuva 6. Herätevirran kytkentäperiaate imurasialta toiselle.

Rakennuskäyttöön soveltuvia keskuspölynimureita löytyy useilta eri valmistajilta, ja niitä voidaan joko vuokrata työmaan käyttöön tai jopa ostaa pidemmän aikavälin käyttöä varten. Pidemmällä aikavälillä imurin ostaminen saattaa tulla halvemmaksi kuin vuokraimurien käyttäminen. Toisaalta vuokrakoneen käyttäminen ja huollattaminen on helpompaa kuin yrityksen oman koneen. Jos vuokrattu kone hajoaa, tulee vuokrafirma vaihtamaan koneen toiseen. Näin vältetään pitkiltä käyttökatoilta.

Järjestelmään liitettävien talojen määrä riippuu paljon siitä, kuinka paljon imurijärjestelmän runkoverkkoon kertyy vaakavetoja. Imuilma toimii putkessa liikkuvan materiaalin "voiteluaineena". Jos imurin aiheuttaman imuilman määrä ei ole riittävä, ei materiaali liiku putkessa kunnolla. Tämä aiheuttaa runkoverkon ylimääräistä kulumaa, sekä lisää laitteiston tukkeutumisherkkyttä huomattavasti. Vaakavetojen takia imurin vaadittava teho on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi kerrostaloissa käytetyissä imureissa. Tästä syystä imureita löytyy montaa eri teholuokkaa. Käytännössä koneen

ulkokuoret pysyvät samanlaisina, mutta koneelle imutehon tuottava moottori vaihdetaan aina tehontarpeen mukaan. Moottoreita löytyy aina 3,6 kW:sta yli 65 kW:n asti.

Toinen tehoon vaikuttava tekijä on imuturbiinin siivet ja niiden pyörittämiseen käytetty välitys moottorilta. Imuturbiinin siipien kulmaa muuttamalla voidaan muuttaa imurin luonnetta valtavasti. Siipien avulla vaikutetaan pääasiassa kahteen asiaan: imuvoimaan ja virtausnopeuteen.

Imuturbiinin välityksillä voidaan samalla tavalla vaikuttaa imurin imuvoimaan ja virtausnopeuteen kuten siipien kulmalla. Välitykset moottorin ja turbiinin välissä toimivat samalla tavalla kuin polkupyörän vaihteet. Käyttämällä pientä vaihdetta saadaan takapyörälle välitettyä suuri voima ja vähän nopeutta, kun taas isolla vaihteella voima vähenee, mutta nopeus kasvaa. Turbiinin ja moottorin toiminta on samanlaista. Pienillä välityksillä imuriin saadaan suurin mahdollinen maksimi-imuteho, mutta imurin imuilman virtaama jää vähäiseksi. Suurella välityksellä imurin imuteho pienenee, mutta virtaama kasvaa dramaattisesti.

Parhaan lopputuloksen varmistamiseksi voidaan käyttää erilaisia variaatioita moottorien, turbiinien ja välitysten kanssa. Erilaisilla työmailla vallitsevat erilaiset olosuhteet, joten paras vaihtoehto löytyy kokeilemalla. Esimerkiksi jos työmaalla ei pystytä käyttämään 5,5 kW isompaa moottoria, mutta runkolinja pituus kuitenkin vaatisi 11 kW koneen, voidaan 5,5 kW moottorilla ja erilaisilla välityksillä ja turbiinin siivillä saada pienempi moottori toimimaan teoriassa liian pitkässä runkolinjassa. Useimmiten tämä ei kuitenkaan ole järkevää, sillä kuten ylempänäkin on mainittu, imuilman virtaama pienenee. Tämän jälkeen työmaalla ei välttämättä pysty esimerkiksi käyttämään kahta imupäätä samaan aikaan tukkimatta linjastoa.

Tehon määrittäminen ja imurin sijoittaminen työmaalle

Imurijärjestelmien tehon määrittäminen perustuu lähes suoraan runkolinjan pituuteen. Vaakavedot aiheuttavat vastusta liikkuvassa massassa ja näin ollen aiheuttavat suuremmat vaatimukset imuilman määrälle. Käytännössä rivitalotyömaille on olemassa kolmea eri versiota imurista, jotka ovat järkeviä rakennustyömaalle. Näiden imurien teholuokat

ovat 5,5 kW, 11 kW ja 20 kW. 5,5kW imurin suositeltu maksimirunkolinjan pituus on 30 m, 75 mm putkella. Vastaavasti tehon kaksinkertaistuttua voidaan runkolinjan pituus karkeasti kaksinkertaistaa. Runkolinjan pidentyessä on putken halkaisijaa kuitenkin kasvatettava suuremmaksi virtaavan ilmamäärän kasvettua.

Ilma käyttäytyy putkistossa samalla tavalla kuin virtaava neste putkessa. Putken supistaminen kasvattaa järjestelmän imuvirtausta, samalla kuitenkin kasvattaen putken aiheuttamaa vastusta. Vastuksen kasvaessa imuri joutuu tekemään enemmän töitä. Tästä syystä runkolinjan putken koon määrittäminen on erittäin tärkeää. Liian suurella putkella aines ei virtaa putkessa, ja liian pienellä putkella vastus kasvaa liian suureksi. Runkolinjasta lähtevien asuntojen nousuputkien koon määrittäminen ei ole läheskään niin tarkkaa kuin runkolinjan putken koon määrittäminen. Yleensä nämä nousuputket ovat huomattavasti lyhyempiä kuin itse runkolinja, puhutaan yleensä reilusti alle 10 metristä. Supistamalla nousuputki esimerkiksi 110 mm:stä 75 mm:iin saavutetaan huomattavaa imuvirtauksen kasvu, joka näkyy imurin kasvavana imutehona. Pienissä vedoissa putken aiheuttama virtausvastus ei aiheuta suuria ongelmia varsinkaan, koska asuntojen nousuputket ovat yleensä pystyasennossa.

Imurien sijoittaminen työmaalle on yksi tärkeimmistä päätöksistä järjestelmän rakentamisvaiheessa. Sen sijainti aiheuttaa vaatimuksia koneen teholle, runkolinjaston putkikoolle, koneen sähköistykselle sekä koneen tyhjentämiselle.

Kiinnitysratkaisut ja sähköistäminen

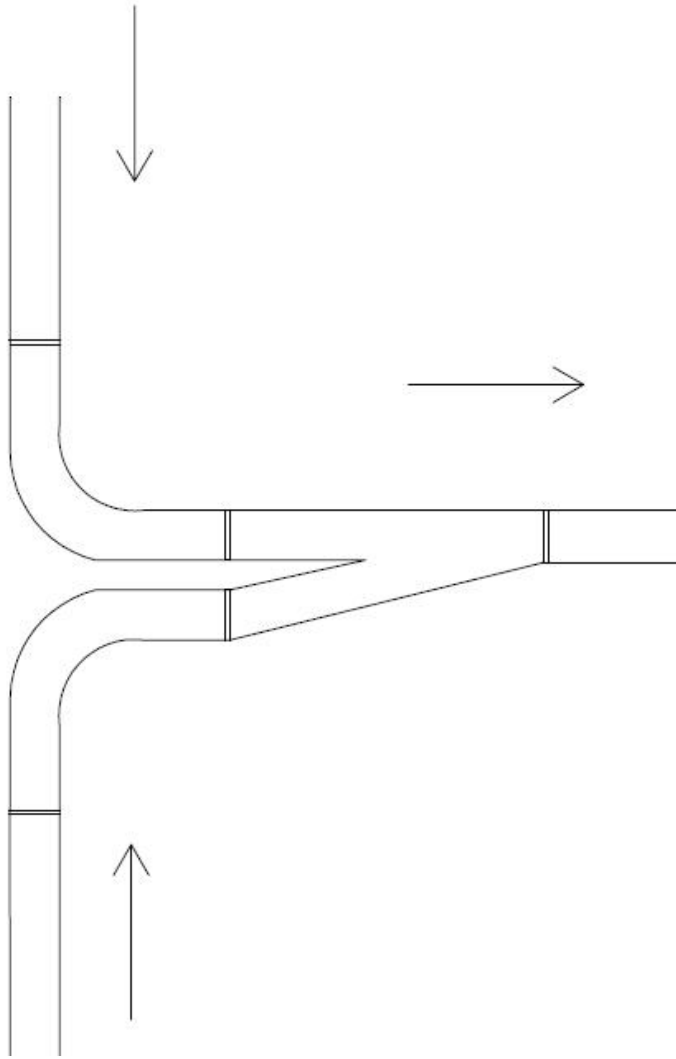
Imurijärjestelmän runkolinjan kunnollinen kiinnittäminen on erittäin tärkeää, sillä rakennustyömaalla imuroidaan usein raskaita materiaaleja kuten betonia ja kiviainesta. Putkistossa liikkuva materiaali aiheuttaa linjastoon painesykäyksiä, ja materiaalin massasta ravistaa putkia etenkin mutkissa. Jos putkisto pääsee liikkumaan tarpeeksi ajan saatossa, voivat putken liitokset irrota toisistaan ja näin aiheuttaa koko järjestelmän lamaantumisen imuvuodon takia. Tavarankuljetuksen helpottamiseksi putkistoon tehdään myös kaadot samalla tavalla kuin viemäreihin, noin 1–2 cm/metri.

Kaato ei kuitenkaan aina ole järjestelmässä välttämätön, mutta kuitenkin suositeltava. Putkistoa voidaan rakentaa vaikka nousemaan ylöspäin tarvittaessa, mutta silloin koneelta vaaditaan suurempaa tehoa materiaalin liikkumisen varmistamiseksi. Ylöspäin nouseva putkisto aiheuttaa myös muita vaatimuksia järjestelmälle, kuten imurin jälkikäytön imuroinnin jälkeen. Tavallisesti imurin imun voi katkaista heti, mutta ylöspäin nousevassa putkistossa on huomioitava muutaman sekunnin jälkikäyttö. Jälkikäytön avulla varmistetaan, ettei putkistoon jää tavaraa haittaamaan seuraavaa käynnistystä. Putkiston pituudesta riippuen jälkikäyttöä tulisi suorittaa noin 2–5 sekuntia.

Putkiston kiinnittäminen tapahtuu kaikkein helpoimmin viemäriputkiin tarkoitetuilla putkikannakkeilla. Varsinkin tuulettuvissa alapohjissa sekä mutkissa kannakkeita tulee olla riittävästi. Maanvaraisessa alapohjassa ei tarvita kannakkeita, koska linjasto on maanmassojen alla, mutta on kuitenkin muistettava, että jos liitos aukeaa maan alla on sitä mahdoton korjata jälkikäteen. Tämän vuoksi putkien on oltava kunnolla liitettynä toisiinsa. Tuulettuvassa välipohjassa putkien korjaus on mahdollista, joskin hankalaa ja aikaa vievää. Jokaisessa pohjaratkaisussa on linjastojen ylösnousut ja liitospää kiinnitettävä erityisen huolella.

Putkikannakkeiden kiinnitysvälin tulisin olla noin 2–3 metriä. Mutkissa ja liitoksissa on suositeltavaa käyttää tiheämpää kiinnitysväliä esimerkiksi niin, että kiinnikkeet asennetaan molemmin puolin liitosta tai mutkaosaa.

Turhien mutkien rakentamista linjastoon tulisi välttää niin paljon kuin suinkin vain on mahdollista. Varsinkin jyrkät mutkat aiheuttavat tarpeetonta vastusta putkistoon. Teoriassa yksi mutka aiheuttaa noin 10 prosentin tehonhukan, joka vastaa 3–5 metrin suoraa putkea. Mutkien tulisikin olla mahdollisimman loivia, esimerkiksi loivalla 90 asteen mutkalla tai kahdella loivalla 45 asteen mutkalla rakennettuja. Tämä vähentää samalla putkiston tukkeutumisriskiä. Haaroituksia tehtäessä on otettava samat asiat huomioon kuin mutkissa, sillä niissä tukkeutumisriski on vielä suurempi. Haarana tulisi mieluiten käyttää Y-haaraa, joka asennetaan niin, että materiaali pääsee kulkeutumaan mahdollisimman helposti imusuuntaan päin. Kuva 7 toimii havainnollisena apuna.



Kuva 7. Liittyvien putkien yhdistämisen periaate tukkeutumien estämiseksi. Liikkuvan materiaalin tulee kulkeutua aina helpointa reittiä, eikä tehdä ylimääräisiä mutkitteluja. Huomaa putkiston imusuunta.

Tuulettuvassa alapohjassa runkolinjasto on maadoitettava säännöllisin välimatkoin. Putkistossa kulkeutuva hiontapöly aiheuttaa staattista sähköä, joka maadoittamattomana aiheuttaa pieniä sähköiskuja imuroijalle. Maadoittaminen tapahtuu asentamalla kuvassa 8 olevan kiinnikkeen yhteyteen maadoituskaapeli, jonka toinen pää asennetaan maahan. Kaapelia pitkin staattinen sähkö pääsee purkautumaan vapaasti maahan. Toisena vaihtoehtona on käyttää antistaattista viemäriputkea, mutta se on kalliimpaa kuin normaali viemäriputki ja sitä ei löydy aivan kaikkialta.

Maanvaraisessa lattiassa putken maadoituksen ei tulisi aiheuttaa ongelmia, sillä putki kulkee maan sisällä ja on näin ollen maadoitettuna.



Kuva 8. Putkikannake, jota käytetään runkolinjaston kiinnittämiseen tuulettuvassa yläpohjassa. Tarvittaessa kiinnikkeeseen voidaan kytkeä maadoituskaapelit järjestelmän niin vaatiessa. [13]

Myös itse imurin imuletku kerää staattista sähköä itseensä, jos se ei ole antistaattista materiaalia. Antistaattinen imuriletku on mustaa ja sen haittapuolena on, että se aiheuttaa helposti mustia jälkiä seiniin ja lattiaan. Tämä on ikävä haittapuoli varsinkin viimeistelyvaiheessa. Toinen letkuvaihtoehto on harmaa yleisletku, joka ei aiheuta hankautumisjälkiä, mutta johtaa staattista sähköä antaen pieniä sähköiskuja säännöllisin väliajoin.

Imurijärjestelmän sähköistämiseen käytetään kolmivaihesähköä. Käytettävät sähkömoottorit ovat niin suuritehoisia, ettei niitä voida liittää yksivaiheiseen sähköjärjestelmään perinteisiä kaapeleita ja sulakekokoja käyttämällä.

Järjestelmän sähköistämiseen käytetään yleisesti joko 16 A tai 32 A sulakkeilla olevia sähkökeskuksia. Alle 11,5 kW:n moottorit voidaan kytkeä 16 A sulakkeiden taakse, kun taas 20 kW moottoriin joudutaan käyttämään jo 32 A sulakkeita.

Imurijärjestelmät kytketään sähköverkkoon tavanomaisilla pistokkeilla, jotka soveltuvat sulakekokoon. Tämän vuoksi imurin kytkemistä varten ei tarvita sähkömiestä, vaan imurin johto kytketään normaalisti pistorasiaan.

Linjaston rakentaminen perustus- ja runkovaiheessa, sekä käyttöönotto

Tuulettuvassa alapohjassa linjaston rakentaminen talon alle ei ole niin tarkkaan ajoittua kuin maanvaraisessa alapohjassa. Putkistot asennetaan mieluiten heti alapohjan valmistumisen jälkeen ja kannakoidaan huolellisesti siihen. Asuntojen ulkopuolelle putkistot asennetaan muun maankaivuun yhteydessä.

Maanpäällisiä putkivetoja ei tarvitse eristää. Lämpöeristämättömyys saattaa kerryttää kondensiovettä putkiston maanpäälliseen osaan, mutta se ei aiheuta ongelmia edes jäätyessään imurin suuren tehon vuoksi.

Maanvaraisessa lattiassa linjaston rakentaminen aloitetaan heti maankaivu- ja perustusvaiheessa. Linjastoille kaivetaan tai louhitaan tarvittavat putkikanaalit talojen alle. Linjojen rakentamisessa on otettava huomioon kaadot, jos ne voidaan rakentaa linjastoon. Maanvaraisessa lattiassa linjastoa ei tarvitse kannakoida muualla kuin rakenteen sisällä, esimerkiksi asuntojen ylösnousuissa. Maan alla putkistossa ei tapahdu imuroitavan massan aiheuttamaa liikehdintää.

Perustusvaiheessa putkistot tuodaan hieman lattian tasoa ylemmäs. Linjastoa ei kannata tuoda liian pitkälle, sillä se on vielä muun rakentamisen tiellä. Putkisto jatketaan loppuun väliseinän tai putkikotelon rakennusvaiheessa.

Putkisto voidaan ottaa käyttöön jo ennen lopullista sijaintiaan, käytännössä missä vaiheessa tahansa. Putkiin on saatavilla erikokoisia muhveja, joilla imurin liitántärsäviä voidaan kiinnittää.

3.2 Sähköistyksen toteuttaminen

Tehontarpeen määrittäminen ja kaapelikoot

Työmaan tehontarve määrittää pääkeskuksen ja syöttökaapeleiden poikkipinta-alojen koon. Mitä enemmän työmaalla tarvitaan tehoa, sitä suuremmaksi kasvavat kaapelikoot ja keskuksen koko.

Sähkön virtaaminen kaapelissa aiheuttaa kaapeliin vastusta kuten putki imurijärjestelmässä. Vastus taas aiheuttaa lämpöä, joka heikentää kaapelin hyötysuhdetta väärin mitoitetuna. Pahimmassa tapauksessa kaapeli saattaa palaa käyttökelvottomaksi, jos sulakekoko on liian suuri verrattuna kaapelin kokoon. Tämän takia onkin erittäin tärkeää, että kaapelit mitoitetaan oikean kokoisiksi.

Mitoittaminen ei itsessään ole hankalaa. Pohjatiedoksi tarvitaan oikeastaan vain syöttökaapelin päässä oleva maksimitehon tarve. Maksimiteho lasketaan aina jokaiselle kaapelille erikseen.

Esimerkiksi 63 ampeerin työmaakeskuksesta lähtevän kaapelin 16 ampeerin keskukselle mitoitetaan 16 ampeerin keskuksen maksimitehon mukaan. 16 ampeerin keskuksessa käytetään voimavirtaa, mikä tarkoittaa sitä, että keskukselle virta tulee kolmen vaiheen kautta. Jokaisessa vaiheessa kulkee 230 voltin jännite. Voimavirran takia 63 ampeerin keskukseseen kytketty 16 ampeerin alakeskus vaatii siis 3x16 ampeerin sulakkeet. Maksimiteho lasketaan kaavalla $3 \times 16 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 11\,040$ wattia.

Mitoituksen periaate

Teho [P], yksikkönä watti:

$$-P=U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$\cos \varphi =$ tehokerroin 0.7.....1.0

Jännite [U], yksikkönä voltti:

- $U = P/I$

-Valovirralla 230 V

-Jännite tulee yhdestä vaihejohtimesta, jonka jännite on 230 V.

-Voimavirralla 400 V

- Lasketaan kuitenkin $3 \cdot 230$ V, koska jännite tulee kolmesta vaihejohtimesta, joiden jokaisen jännite on 230 V.

Virta [I], yksikkönä ampeeri:

- $I = P/U$

-Määrittää sulakkeen koon

Esimerkki 1.

Rakennustyömaalle hankitaan sähköpääkeskusta. Maksimitehontarpeeksi on laskettu 150 kW. Minkä kokoinen pääkeskus tarvitaan?

Jännite syötetään tontille aina kolmivaiheisena, joten

$$P = U \cdot I \rightarrow I = P/U \quad 150\,000 \text{ w} / (230 \text{ V} \cdot 3) = 217,4 \text{ A}$$

Vastaus: Työmaan virrantarve on 217,4 ampeeria, joten pääkeskukseksi tulee valita tätä lukua suurempi keskus, esimerkiksi 250 ampeerin työmaakeskus. Tässä ei oteta huomioon tehokerrointa tai korotuskerrointa 1,5, koska työmaan tarkka tehontarve on tiedossa.

Taulukko 3. Sulakkeiden kuormitettavuus 1- ja 3-vaihevirralla. Taulukon arvoissa sallittua kuormaa on pienennetty ylivirtasuojan kestävyden varmistamiseksi. [12, s.5]

Sallittu ylivirtasuojan nim.virta A	Yksivaihekuorma kW	Kolmivaihekuorma kW
10	2,2	
16	3,5	10,0
20		12,5
25		15,6
35		21,8
50		31,2
63		39,3
80		49,9
100		62,4
125		77,9
160		99,8
200		124,7
250		155,9
315		196,4
400		249,4
630		392,8

Esimerkki 2.

Paljonko 16 A yksivaiheisesta pistorasiasta voidaan ottaa jatkuvaa tehoa?

Jännite syötetään keskukselle yhdessä vaihejohtimessa, joten

$$P = U/I \quad 230 \text{ V} \cdot 16 \text{ A} = 3,68 \text{ kW}$$

Vastaus: 16 A sulakkeella varustetusta työmaakeskuksesta voidaan ottaa jatkuvaa tehoa 3,68 kW. Hetkellistä tehoa sulake kuitenkin kestänee enemmän, mutta suositeltua enimmäistehoa ei tulisi ylittää (sulakkeet palavat jossain vaiheessa).

Kaapeleiden koko

Kaapeleiden mitoittamiseen ei kannata käyttää mitään erillistä laskukaaviota, sillä niistä on olemassa valmiiksi tehdyt taulukot, joista ilmenee kaapelin koko käytetyn sulakkeen mukaan. Sulakkeen tarkoituksena on katkaista jännitteensyöttö kaapeliin, jos siinä ha-

vaitaan jotain vikaa tai sitä kuormitetaan liian suurella virralla. Jos annetulla sulakkeella käytetään pienempää kaapelia, aiheuttaa se tehohäviötä lämpenemisen myötä. Lämmöntuotto laskee kaapelin hyötysuhdetta. Pahimmassa tapauksessa kaapeli saattaa kuumentua niin paljon, että se palaa poikki ja aiheuttaa tulipalon rakenteiden sisään. Sulakkeen on siis tarkoitus toimia virran katkaisevana kojeena eikä kaapelin. Tämän takia kaapelikoon mitoittaminen suhteessa sulakekokoön on erittäin tärkeää.

Maanalaisissa väliaikaisissa asennuksissa, kuten alakeskusten syöttökaapeleissa, voidaan käyttää kumieristeisiä liitântäkaapeleita. Kumieristeisten kaapeleiden tyyppimerkintöinä voivat olla esimerkiksi VSKN tai VSN. Kiinteisiin maan sisälle tapahtuviin asennuksiin näitä ei saa kuitenkaan käyttää. Kiinteään asennukseen soveltuvia kaapeleita ovat AMCMK-alumiinimaakaapeli tai AXMK-alumiinimaakaapeli. AMCMK-kaapelin kuormitettavuuden ja poikkipinta-alan suhdetta voi verrata kuvassa 9.

Kaapeleita valittaessa on muistettava aina valita yhtä kokoa suurempi kaapeli kuin laskelmat osoittavat. Tämä määräys tulee SFS 6000 -standardista ja sen avulla varmistetaan kaapelin kuormituksenkestävyys. Toisin sanoen tämä määräys toimii ns. turvaker-toimena.

Keskuksen pääsulake A	Keskuksen nimellisvirta A	Liitântäkaapelin AMCMK poikkipinta-ala mm ²
25	25	3 x 16 + 10 Cu
35	63	3 x 16 + 10 Cu
63	63	3 x 25 + 10 Cu
80	125	3 x 35 + 10 Cu
100	125	3 x 50 + 15 Cu
125	125	3 x 70 + 21 Cu
160	250	3 x 120 + 29 Cu
200	250	3 x 150 + 41 Cu
250	250	3 x 185 + 57 Cu
315	400	2 x (3 x 120 + 41 Cu)
400	400	2 x (3 x 150 + 41 Cu)
500	630	2 x (3 x 185 + 57 Cu)
630	630	2 x (3 x 240 + 72 Cu)

Kuva 6. Liittymiskaapelien määritellyt poikkipinta-alat. Erillinen luku liityntäkaapelin perässä kertoo maadoitusjohtimen poikkipinta-alan. [11, s.6]

Paksun kaapelin käyttämistä voidaan välttää myös käyttämällä useampaa pienempää kaapelia. Kaapeleiden tulisi kuitenkin olla keskenään saman paksuisia. Esimerkiksi 200 ampeerin keskukselle voisi tuoda kaksi pienempää kaapelia yhden ison kaapelin sijaan.

Sähköpääkeskuksen sijoittaminen väliaikaista sähköistämistä varten

Työmaalla tarvitaan sähköä jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Tästä syystä sähköistäminen tulee vastaan hyvin nopeasti työn alettua. Sähköpääkeskus on ensimmäisiä hankintoja liittymän hankinnan jälkeen. Sähköpääkeskuksia löytyy useita eri kokoja eri käyttötarpeiden mukaan 32 ampeerin keskuksista aina yli 1000 ampeerin keskuksiin asti.

Sähköpääkeskuksia voi olla työmaalla useampiakin. Useimmiten on helpompaa jakaa sähköverkon kuormitusta kahdelle pienemmälle sähköpääkeskukselle kuin yhdelle isolle pääkeskukselle. Samalla helpottuu työmaan kaapeleiden hallinta. Kaapelivedot lyhentyvät ja samalla voidaan käyttää pienempiä kaapeleita. Pienempiä kaapeleita voidaan käyttää siitä syystä, että kuormitus jakaantuu tasaisemmin keskusten välillä. Esimerkiksi puolet työmaasta voi olla toisen sähköpääkeskuksen takana ja toinen puoli työmaasta toisen keskuksen takana. Yhdellä pääkeskuksella pitäisi lopulle työmaalle tuoda iso alakeskus isolla kaapelilla kuormituksen kestävyuden varmistamiseksi.

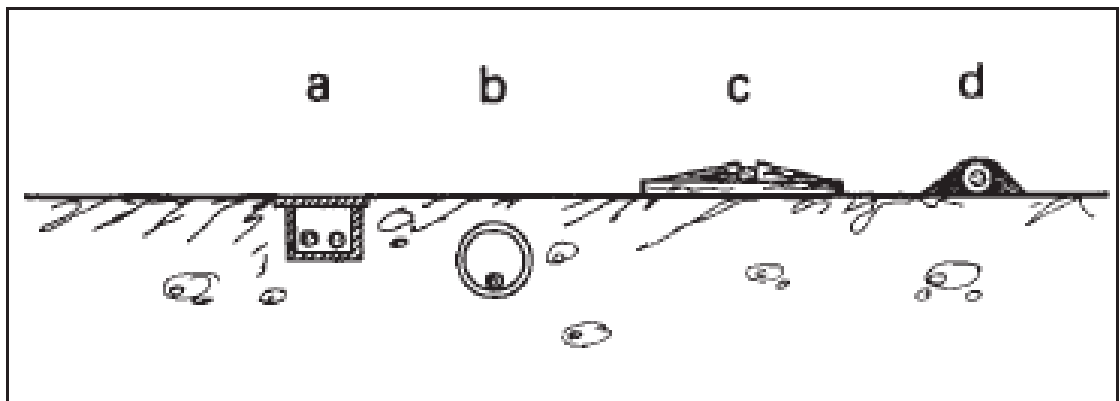
Syöttökaapelin asentaminen perustusvaiheessa

Syöttökaapelit voidaan asentaa pääasiassa kolmella eri tavalla: maanpinnalla suojattuna tai suojaamattomana, maan alla suojaputkessa tai ilmassa. Suosituimmat tavat näistä ovat maanpinnalle asennus ja suojaputkeen asennus. Ilmassa roikkuvat johdot ovat yleensä melko hankalia työmaalla, jossa käytetään korkeita koneita kuten kurottajia ja kaivinkoneita. Tällöin ilmassa kulkevat kaapelit aiheuttavat huomattavasti suurempia riskejä kuin maassa tai maan alla kulkevat kaapelit.

Maan päällä kulkevat kaapelit ovat helppoja asentaa ja nopeita purkaa. Ne ovat kuitenkin varsin alttiita mekaaniselle rasitukselle, kuten ylhäältäpäin vaikuttavalle kuormalle

ja vedolle. Ajan saatossa maan päällä kulkevien suojaamattomien kaapeleiden johtimet katkeavat kaapelin sisällä, kun niiden yli ajetaan raskailla ajoneuvoilla. Kaapelit tulisivat tämän vuoksi suojata esimerkiksi laudoilla. Laudat asennetaan kaapelien molemmille puolille ja ne sidotaan toisiinsa aina määrävälein. Näin ajoneuvojen kuormitus kohdistuu lautoihin, eikä itse kaapeliin.

Alueilla, joissa on suurta liikennekuormaa, tulisi työnaikaiset kaapelit sijoittaa maan alle. Esimerkiksi työmaan tiealueet on helppo alittaa putkittamalla kaapeli suojaputkeen. Näin kaapeliin ei kohdistu kuormia ja se säilyy helpommin ehjänä. Asennukseen kuluu tietysti maan päälle asennettavaa kaapelia enemmän aikaa, mutta purku taas on yhtä helppoa. Putkeen asennettuna kaapeli ei ole niin herkkä esimerkiksi kosteuden aiheuttamille läpivuodoille, jotka laukaisevat vikavirtasuojia hyvinkin herkästi. Kaapeleiden erilaisia suojausvaihtoehtoja näkyy kuvassa 10.



Kuva 7. Erilaisia kaapelinsuojaustapoja. a. suojakotelossa maanpinnalla b. suojaputkessa maan sisällä c. lautarakenteisessa suojassa d. tehdasvalmisteisessa suojassa. [14 s.12]

3.3 Toimintamallit

Järjestelmien toimintamallit koostuvat työohjeesta, sekä prosessikaaviosta. Toimintamallien tarkoituksena on ohjata järjestelmien suunnittelua ja toteutusta koko prosessin ajan.

Työohjeet on tarkoitettu ensisijaisesti rakennusaikaisen työnjohdon käyttöön. Työohjeiden avulla työnjohto voi valvoa ja suunnitella järjestelmien rakentamista. Ohjeita voidaan kuitenkin käyttää myös työntekijöiden apuna turhien virheiden välttämiseksi.

Suunnittelunohjauksen apuna toimivat prosessikaaviot, joista selviää töiden tekemisjärjestys ja järjestelmien kannalta tärkeät vaiheet. Koska suunnittelunohjauksessa toimivilla työpäälliköillä ei ole suurta kokemusta järjestelmistä, on prosessikaavioiden antama informaatio erittäin tärkeääärkevien suunnitteluratkaisuiden saavuttamiseksi.

Imurijärjestelmän toimintamalli suunnittelusta toteutukseen

Imurijärjestelmän luonnospohjaa alettiin työstää Gles Oy:n antamien tietojen perusteella.

Toimintamalli on kaksiosainen ja se sisältää prosessikaavion koko hankkeen ajalle, sekä tarkan työohjeen järjestelmän rakentamisesta. Prosessikaaviossa asiat käydään läpi pintapuoleisesti, mutta se antaa kuitenkin hyvän kuvan, missä vaiheessa mikäkin asia tulisi toteuttaa ja mitä asioita pitää käydä läpi.

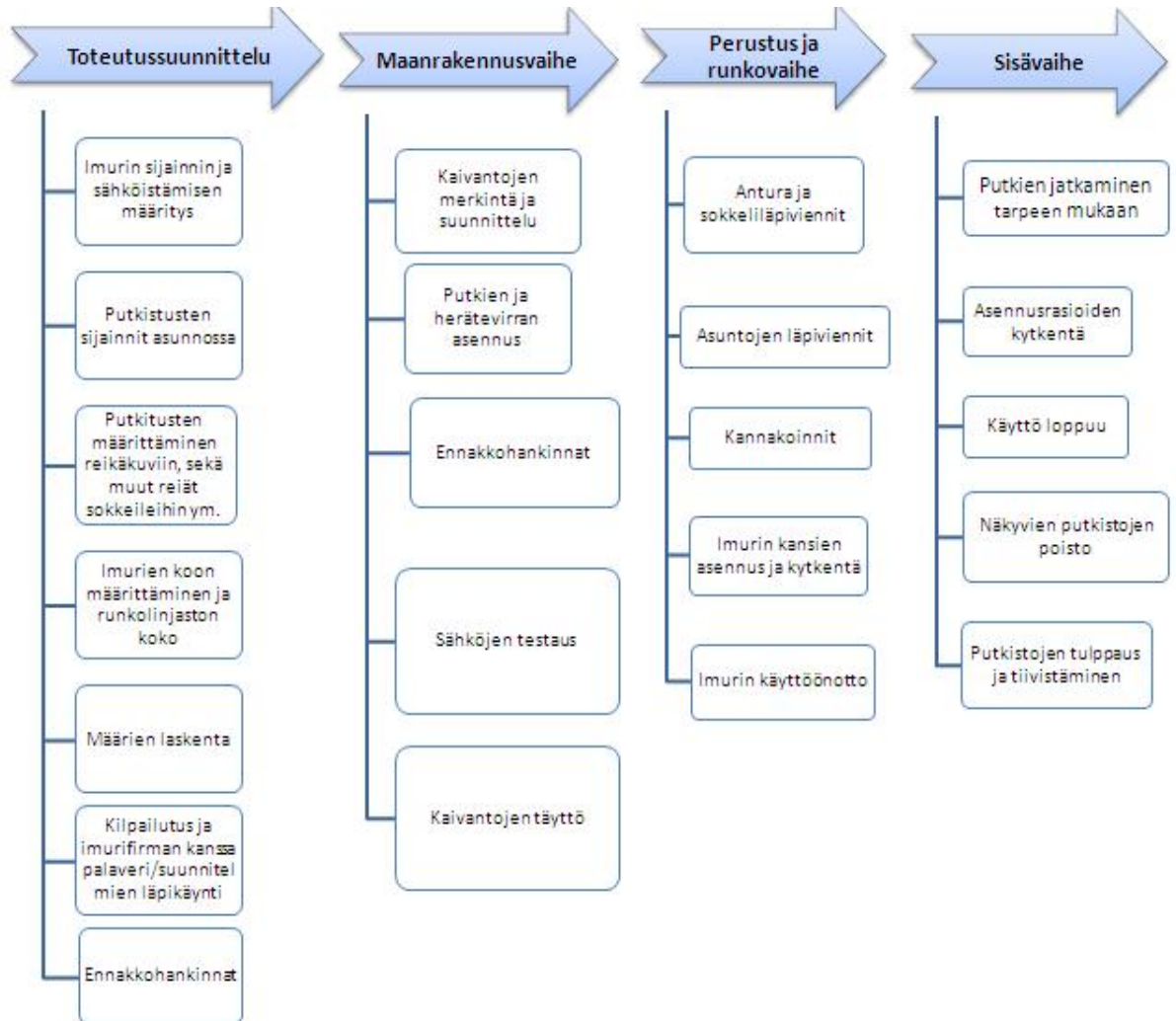
Imurijärjestelmän prosessikaavio

Prosessikaaviossa (kuva 11) kuvataan hanke suunnitteluvaiheesta kohteen valmistumiseen. Suunnitteluvaiheessa tulee huomioida, että imurijärjestelmän toteuttamiselle luodaan edellytykset. Tämä tarkoittaa, että elementteihin suunnitellaan reiät valmiiksi ja putkituksille luodaan mahdollisimman helpot reitit rakenteissa ilman ylimääräisiä mutkitteluita. Hankkeen suunnitteluvaiheessa voidaan tehdä myös alustavia hankintoja, jolloin laskentatyö jää pois työmaan harteilta.

Seuraavana vaiheena on maanrakennusvaihe. Tässä vaiheessa putket kaivetaan maahan ja asennetaan talojen alle. Samalla testataan asennettujen herätevirtakaapeleiden toiminta ennen kaivantojen täyttämistä.

Perustus- ja runkovaiheessa imurien runkolinjasto asennetaan talojen sisälle samaa tahtia kun runko valmistuu. Imuri voidaan ottaa jo tässä vaiheessa käyttöön, vaikka sitä ei olisi asennettu lopulliseen paikkaansa.

Sisävalmistusvaiheessa imuria tarvitaan kaikkein eniten. Tässä vaiheessa imuri on jo tuotu lopulliseen sijoituspaikkaansa ja se on kytketty käyttöön. Järjestelmää voidaan käyttää aina hankkeen valmistumishetkeen asti, jonka jälkeen näkyvät putkistot poistetaan ja rakenteisiin jäävät putket tulpataan ja tiivistetään. Jäljelle jäävät reiät piiloteetaan peitelevyillä.



Kuva 8. Imurijärjestelmän prosessikaavio.

Imurijärjestelmän työohje

Työohje keskittyy ainoastaan runkojärjestelmän asennukseen ja antaa neuvoja sen toteutukseen.

Työohje alkaa imurin paikan valinnalla. Paikan valinta määrää imurin tehon, sekä aiheuttaa omat vaatimuksensa runkolinjan pituudelle ja koolle. Imuri ja esierotin pitää saada sellaiseen paikkaan, jossa ne on helppo tyhjentää ja ne eivät ole muun työmaaliikenteen tiellä. Ohje auttaa myös suunnittelijaa käyttämään omaa harkintaansa imurien lukumäärän määrittämisessä. Esimerkiksi teoriassa kohteessa voisi pärjätä yhdellä imurilla, mutta käytännössä tämä ei olisi järkevää esimerkiksi sähköistyksen kannalta. Isomman imurimoottorin korvaajana on tällöin järkevämpää käyttää kahta pienempää imuria.

Kokous suunnitelmien ja ratkaisujen läpikäymisestä 23.2.2011

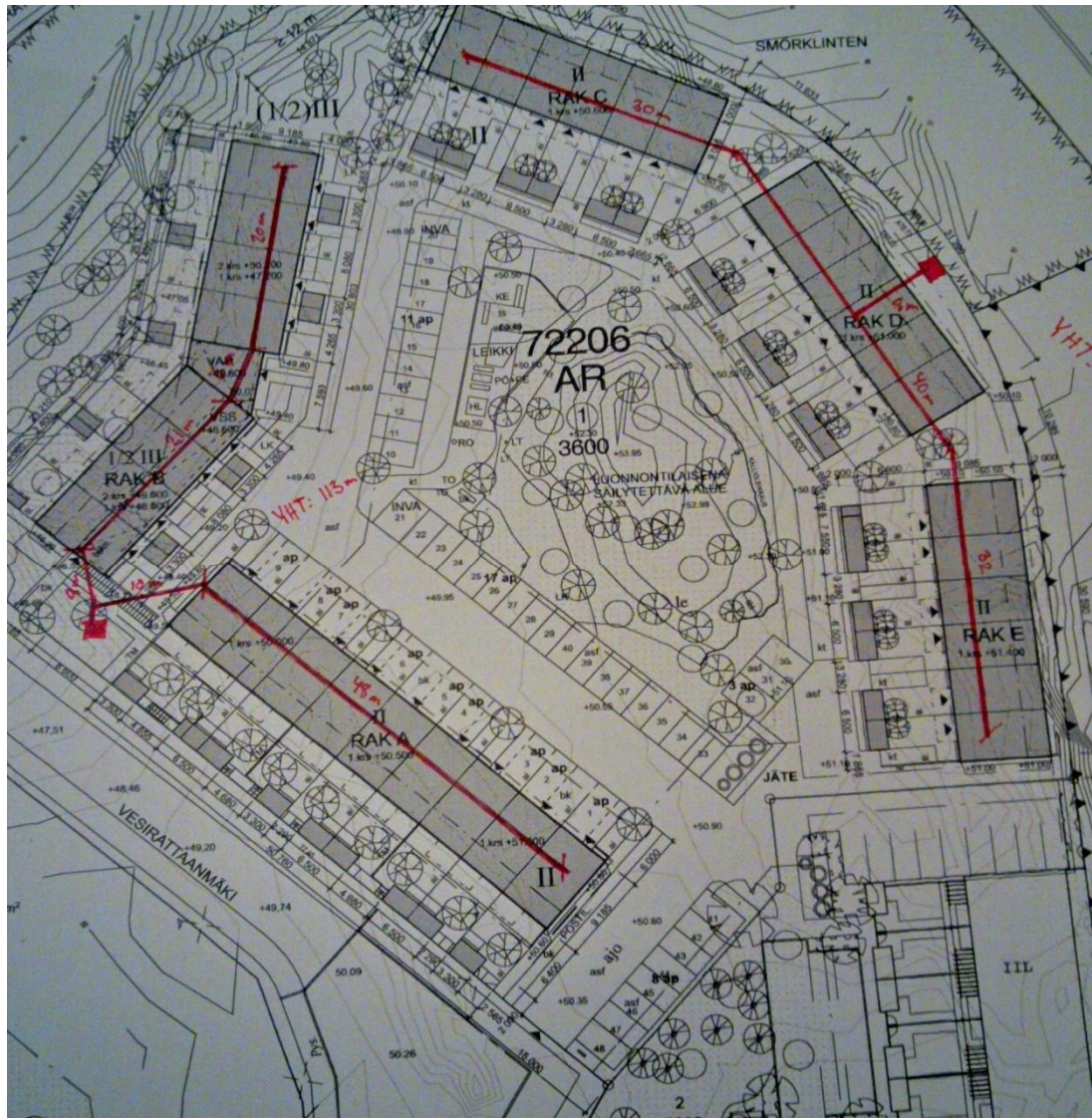
Alustavien suunnitelmien valmistuttua päätettiin ne käydä läpi yhdessä Gles Oy:n Janne Kuulasvuon kanssa Ylämyllyn työmaalla. Paikalla oli myös kohteen vastaava mestari Pekka Koivu. Tarkoituksena oli kuulla Janne Kuulasvuon mielipiteet runkolinjaston toteutuksesta, sekä muista suunnitelluista ratkaisuista. Samalla varmistettiin, ettei samoja virheitä tehdä, mitä on jo aikaisemminkin tehty.

Palaverissa tuli esiin useampia mielenkiintoisia asioita, joita ei oltu aikaisemmin harkittu.

Tärkeimpänä muutoksena oli imurien lukumäärän lisääminen kahdesta neljään. Teoriassa työmaalla olisi voinut käyttää ainoastaan kahta imuria kasvattamalla niiden moottorien tehoa. Jannen mukaan tämä ei kuitenkaan käytännössä ole järkevää. Isommalla imuteholla ei pienestä 50 mm:n putkesta saada riittävästi ilmaa läpi, jolloin moottori ei pääse täyteen hyötysuhteeseensa. Käytännössä järjestelmälle olisi pitänyt rakentaa digitaalinen ohjausjärjestelmä, joka olisi säädellyt imurin tehoa käyttötarpeen mukaan. Liian isolla moottorilla on myös vaarana imeä runkolinja lyttyyn.

Uuden suunnitelman mukaan A-, B- ja C-taloille rakennetaan kokonaan erilliset imujärjestelmät ja D- sekä E-talot yhdistetään samaan imuriin. Vertailun vuoksi kuvassa 12 näkyy vanha suunnitelma putkistojen ja imureiden sijainneista.

Neljän imurin käyttäminen lisää kustannuksia, muttei kuitenkaan dramaattisesti. Samalla imurien sähköistäminen helpottuu, koska voidaan käyttää pienempitehoisia imureita.



Kuva 9. Putkien ja imureiden sijoittuminen työmaalla vanhalla suunnitelmalla.

Seuraava hyvä ehdotus oli rakentaa imulinjasto niin, että toiseen päähän voitiin asentaa tulppa, joka tarvittaessa voitiin poistaa. Tämän tarkoituksena on auttaa sellaisessa tilanteessa, jossa imurin runkolinjasto jostain syystä tukkiutuu. Avaamalla linjasto kokonaan auki toisesta päästä saadaan imurin koko imukapasiteetti käyttöön ja näin voi-

daan "huuhdella" runkolinjaston tukokset pois. Käytännössä runkolinjaston tukkeutuminen on kuitenkin lähes mahdotonta.

Tulppauksen avulla voidaan myös säädellä runkolinjaston imuvirtaamaa normaalikäytössä. Toisin sanoen poraamalla tulppaan sopivankokoinen reikä saadaan linjaston virtaamaa kasvatettua paremmaksi ja tavaran liikkuvuutta helpotettua.

Keskustelua syntyi myös järjestelmän maadoittamisesta. Samaa mieltä oltiin siitä, ettei linjastoa kannata sen kummemmin maadoittaa koska, se kulkee suurimmaksi osaksi maassa. Janne Kuulasvuo kuitenkin oli sitä mieltä, että asunnon nousuputken päähän tuleva asennusrasia tulisi maadoittaa. Vaikka muu linjasto onkin maadoitettu, voi rasia ja letku johtaa ikäviä sähköiskuja käyttäjälle. Tähän ongelmaan keksittiin yksinkertainen ratkaisu vaihtamalla kaksinapainen 12 V herätevirtakaapeli kolminapaiseen kaapeleihin, jonka yhtä ylimääräistä napaa voidaan käyttää rasian maadoitukseen. Ylimääräinen johdin tuodaan muiden kaapeleiden mukana ulos ja asennetaan maahan. Näin imurasiat on yksinkertaisesti maadoitettu.

Runkolinjaston toteuttamisesta ei ollut muuta kommentoitavaa kuin se, että asuntojen ylösnousut on pyrittävä tekemään 75 mm:n putkella mahdollisimman ylös asti. Alkuperäisenä ajatuksena oli, että ylösnousut olisi voinut tehdä 50 mm:n putkella jo runkolinjastosta asti tilansäästämiseksi. Pyrkimyksenä on kuitenkin nyt tuoda 75 mm:n putki toisen kerroksen lattian alapintaan asti, ja siitä eteenpäin 50 mm:n putkella. Tämä toisen kerroksen lattian läpivienti on kaikkein ahtain kohta, koska siitä menee paljon sähköputkia yläpuolella olevaan ryhmäkeskukseen. Tällä ratkaisulla 50 mm:n putkea ei tarvitse vetää montaa metriä rakenteisiin ja tukkeutumisriski pienenee oleellisesti.

Janne Kuulasvuo oli myös sitä mieltä, että kun järjestelmä saadaan käyttökuntoon ja sitä aletaan käyttää, tulisi yksi henkilö määrätä tarkastamaan imurin jätepuolen toiminta päivittäin. Esierotin ei saisi koskaan täyttyä liikaa. Monesti sen tarkastaminen kuitenkin unohtuu, ja se voi aiheuttaa imurin ja esierottimen pahan tukkeutumisen. Tukkeutuminen ei riko mitään, mutta aiheuttaa mittavan suodattimien puhdistusoperaation.

Näiden uusien näkökulmien ja toteutustapojen avulla järjestelmästä saadaan varmasti hyvä ja varmatoiminen.

Sähköistyksen toimintamalli suunnittelusta toteutukseen

Sähköistyksen luonnospohjaa alettiin työstää RATU- ja ST-korteista saatujen tietojen pohjalta.

Sähköistyksen toimintamalli on perusilmeeltään samanlainen kuin imurijärjestelmässä, joten se sisältää prosessikaavion ja tarkemman työohjeen, jonka avulla sähköistys toteutetaan. Imurijärjestelmästä poiketen sähköistys sisältää myös tehontarpeen määrittämiseen tarkoitettuja laskentaohjeita.

Tämän ohjemallin tavoitteena ei ole sähköistää koko työmaata, vaan ainoastaan asunnot sisältä uudella ratkaisulla.

Sähköistyksen prosessikaavio

Toteutussuunnittelu on sähköistyksen tärkein vaihe. Toteutussuunnitteluvaiheessa valmistellaan kaikki tarpeelliset suunnitelmat työmaan sähköistämistä ja sen toteuttamista varten. Toteutussuunnitteluvaiheessa työmaalle luodaan sähköistysuunnitelma, jonka avulla laaditaan työmaan tehontarve. Tehontarpeen määrittämiseksi kerätään yhteen työmaan kaikkien arvioitujen työkoneiden yhteisteho kilowatteina. Määritetyn tehontarpeen avulla valitaan työmaalle optimoitu pääkeskus.

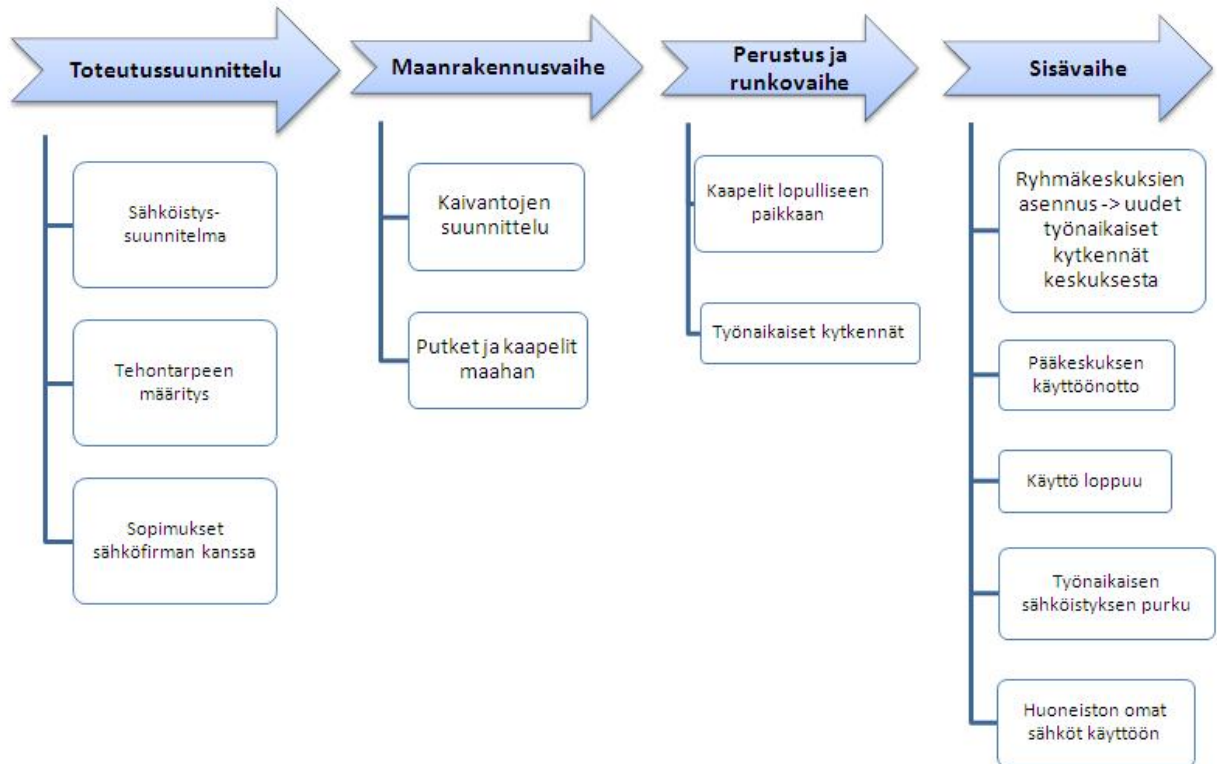
Toteutussuunnitteluvaiheessa tulee valita myös sähköurakoitsija, jonka kanssa sähkötyöt toteutetaan. Sopimukseen täytyy myös sisällyttää väliaikaisen sähköistyksen vaatimat kytkennät ja johdotukset.

Maanrakennusvaihe säilyy samanlaisena kuin ennenkin. Maanrakennusurakoitsija tekee kaivannot kaapeleille ja sähköurakoitsija asentaa kaapelinsa kaivantoon.

Perustus ja runkovaiheessa kaapelit viedään ja asennetaan lopulliseen sijaintiinsa. Kaapelien päähän kytketään pistoke, jonka avulla alakeskus voidaan kytkeä kaapelin.

Sisävaiheessa syöttökaapeli asennetaan ryhmäkeskukseen ja keskukselta otetaan uusi työnaikainen kaapeliveto. Rakennuksen valmistumisen yhteydessä työnaikaiset kaapeloinnit ja kytkennät puretaan ryhmäkeskuksesta ja asunnon omat sähköt otetaan lopulliseen käyttöön.

Prosessin eri vaiheet näkyvät aikajärjestyksessä kuvassa 13.



Kuva 10. Sähköistuksen prosessikaavio.

Sähköistuksen työohje

Sähköistämisen työohje käsittelee ainoastaan asunnon sisäisen sähköistämisen. Uutena ratkaisuna asunnon sähköistämässä käytetään hyödyksi asunnon omia syöttökaapeleita työnaikaiseen sähköistämiseen.

Ensimmäisessä osiossa kerrotaan kaapeleiden asentamisesta perustuksiin ja maan alle. Tärkeimpänä asiana on kaapelien poikkipinta-alan varmistaminen, jotta kuormitus ei ylitä kaapelin kestävyyskykyä.

Toisessa osiossa kerrotaan kaapelin asentamisesta asuntoon. Syöttökaapeliin on jätettävä riittävästi vapaata kaapelia, jotta työnaikainen keskus voidaan kytkeä helposti kaapeliin. Asunnon kiinteiden ryhmäkeskusten saapuessa ylimääräinen kaapelin pää katkaistaan ja kytketään keskukseen. Ryhmäkeskuksesta otetaan uusi kaapeli työnaikaista kytkentää varten. Tässä vaiheessa asunnon sisäisiä pistorasioita ei oteta vielä käyttöön.

Viimeisessä osiossa kerrotaan väliaikaisten kaapelien purkamisesta rakenteissa. Työnaikainen kaapeli irrotetaan ryhmäkeskuksesta ja vedetään kokonaan pois. Sähkömies suorittaa tarvittavat muutokset. Tämän jälkeen asunnon omat sähköt voidaan ottaa käyttöön ja asunto luovuttaa asiakkaille.

4 Testaus

4.1 Imurijärjestelmän testaus

Imurijärjestelmän testausta ei pystytty tähän insinööriyöhön toteuttamaan niin, että koko järjestelmää olisi voitu testata alusta loppuun asti. Käytännössä tämä olisi tarkoittanut muutaman vuoden testijaksoa, kun testauksen aloittaminen olisi lähtenyt liikkeelle toteutussuunnittelusta ja päättynyt rakennuksen valmistumiseen. Tämän vuoksi testauksen lähtökohdaksi otettiin putkistojen asentaminen maahan, mikä on toimivuuden kannalta yksi tärkeimmistä vaiheista projektissa.

Arvioidut kustannukset ennen rakentamisen aloittamista

Taulukko 4. Runkolinjaston perustamiskustannukset.

Nimike	Määrä	Yksikkö	Hinta/yks. sis.alv	€	YHT:
Viemäriputki 110mm	145	m		4,98	722,58
Viemäriputki 75mm	90	m		4,3	387,00
Mutka 110mm 90 astetta, loiva	40	kpl		9,05	362,00
Mutka 110mm 45 astetta, loiva	10	kpl		4,95	49,50
Y-haara 75mm	70	kpl		5,65	395,50
Y-haara 110mm	10	kpl		12,5	125,00
Mutka 75mm 90 astetta, loiva	40	kpl		5,45	218,00
Mutka 75mm 45 astetta, loiva	10	kpl		3,09	30,90
Kannake 75mm	30	kpl		3,05	91,50
Kannake 110mm	20	kpl		5,05	101,00
Kierretanko 8mm	20	m		1,63	32,60
Ankkuri 8mm	50	kpl		0,69	34,50
Muhvi 110mm->75mm	35	kpl		3,89	136,15
3x1,5 mm ² suojaputkessa	250	m		0,75	187,50
Työ	40	h		30	1200,00
					YHT: 4073,73

Taulukko 5. Perinteisen imurin ja keskuspölynimurin kustannusten vertailua.

Kustannukset 200 päivän työmaalla:					
<i>Perinteinen rakennusimuri</i>					
Nimike	yksikkö	määrä	hinta	€	
Imurivuokra	kpl	5	3	15	
Siirtelyt päivässä		5,83333	30	175	
Jätteen tyhjennykset	h	0,4	30	12	
Pölypussit	kpl	6	3	18	
			yht:	220	
<i>Keskuspölynimuri</i>					
Nimike	yksikkö	määrä	hinta	€	
Imurivuokra	kpl	4	16	64	
Siirtelyt päivässä	h	2	30	60	
Jätteen tyhjennykset	h	0,1	30	3	
Pölypussit	kpl		3	0	
Runkolinjaston rakennuskustannukset jaettuina päivälle	€	1	16,29	16,29	
			Yht:	143,29	
Erotus	76,71	€/pvä			
200 päivän säästö	15341,01	€			

Yllä olevassa taulukossa 5 on laskettu perinteisen rakennusimurin ja uuden keskuspölynimurijärjestelmän arvioidut päivittäiset kustannukset 35 asunnon työmaalla. Tarkastelussa on käytetty lähtökohtana 200 työpäivää. Nämä päivät ovat siis tehollisia työpäiviä, eivätkä sisällä vapaapäiviä. Laskennassa on käytetty tiettyjä lukuarvoja, jotka eivät näy taulukossa. Laskuissa on oletettu, että perinteisellä rakennusimurilla asuntojen

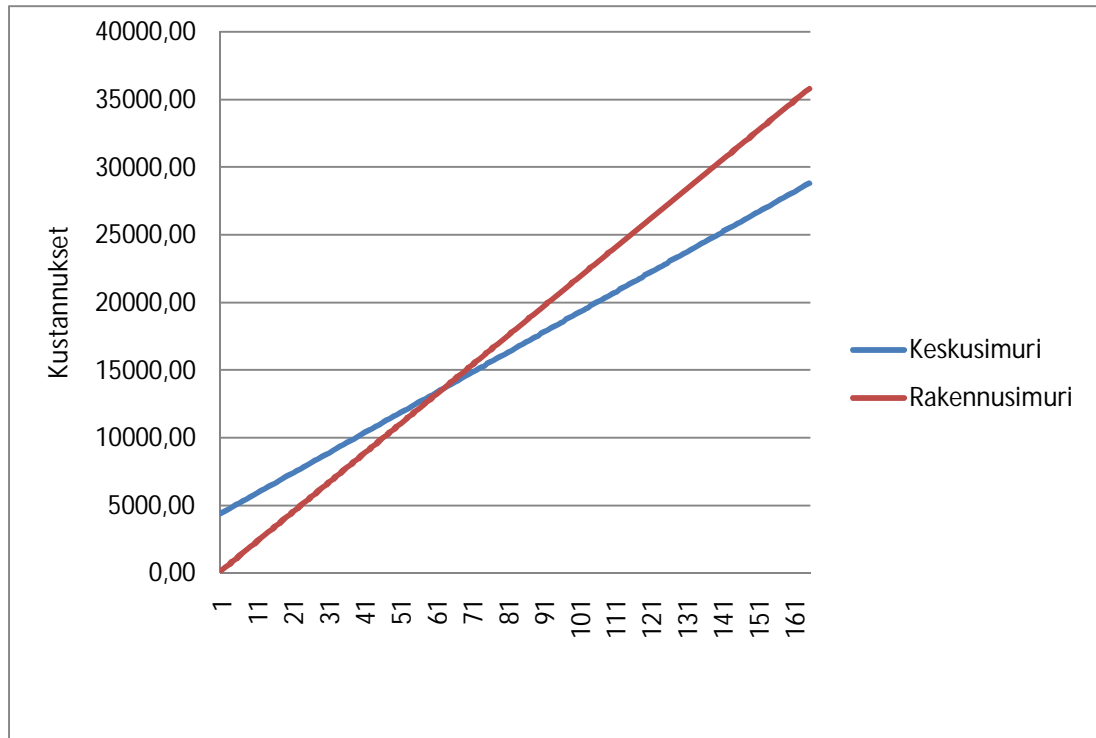
väliseen siirtymään käytetään kymmenen minuuttia, kun keskuspolynimurilla siirtymät kestävät vain kaksi minuuttia. Arvot vaikuttavat realistisilta, kun otetaan huomioon, että perinteisen imurin paino vaikeuttaa huomattavasti siirtymää.

Laskuissa ei ole otettu huomioon imuroinnin tehostumista uudella järjestelmällä, koska sen arvioiminen olisi liian hankalaa. Tämän vuoksi imuroimiseen käytettyä aikaa ei ole huomioitu laskelmissa. Käytännössä tämäkin vaikuttaa kustannuksiin melko suuresti. Todellisuudessa keskusimurijärjestelmä siis säästäisi laskelmia suurempia summia rahaa.

Perinteisellä imuriratkaisulla 200 tehollisen työpäivän kustannuksiksi tulisi 44 000 €. Suurimman osan tästä kustannuksesta aiheuttavat siivoajan tuntipalkan kustannukset laitteiden siirrossa.

Keskuspolynimurijärjestelmällä 200 tehollisen työpäivän kokonaishinnaksi tulisi 28 658 €, joka sisältää runkolinjaston rakentamiskustannukset 4 344,73 € (taulukko 4). Suurimman osan hinnasta aiheuttaa itse imurien päivävuoakra, joka on 64 € päivässä.

Laskelmat osoittavat, että uudella keskuspolynimurijärjestelmällä voidaan saavuttaa säästöjä, jotka ovat tuhansia euroja työmaan aikana. 200 päivän työmaalla tämä 15 300 € säästö on suuri summa rahaa.



Kuva 14. Keskusimurijärjestelmän kustannusten kuoleentuminen verrattuna perinteiseen rakennusimuriin. Vaaka-akselilla teholliset työpäivät. Kustannukset kohtaavat noin 60 tehollisen työpäivän kohdalla.

Yllä olevassa kuvassa 14 kuvataan kustannusten kuoleentuminen ajan funktiona. Vaaka-akselilla on aika päivinä ja pystyakselissa kustannukset euroissa. Kuvaajan avulla näemme, että kustannukset kohtaavat 60 tehollisen työpäivän tienoilla, jonka jälkeen keskusimuri alkaa tuottaa voittoa.

Putkistojen asentaminen työmaalla

Putkistojen asentaminen alkoi jo rakennusten perustamisvaiheessa. Koska putkistot kulkevat asunnosta toiseen maan alla, on asuntojen välisiin sokkeleihin tehtävä reiät putkia varten. Tässä kohteessa sokkelit valettiin työmaalla, joten putkivaraukset piti rakentaa muotteihin ennen valamista.

Varauksien tekemiseen käytettiin 160 mm:n putkea, jotta runkolinjastoa asennettaessa olisi hieman "pelivaraa" putken liikutteluun (kuva 15). Ilman tätä pientä pelivaraa putket pitäisi asentaa käyttämällä ylimääräisiä mutkia, jotta linjasto saataisiin jatkettua



Kuva 15. Sokkelin läpivienti muotissa. Imurijärjestelmän käyttöön tuleva läpivienti on kuvassa oikeanpuolimmainen varaus.

seuraavaan kohteeseen. Mutkat taas aiheuttavat vastusta putkeen, mikä ei ole virtaaman kannalta hyvä asia.

Sokkelivalujen jälkeen putkistojen asentaminen voi alkaa. Linjaston perustukset tehdään samaan tapaan kuin viemäriputkille. Pohjat tehdään tasaisiksi ja kallistukset oikeanlaisiksi. Maa-aineksen täytyy olla tarpeeksi hienoa eikä se saa sisältää isoja kiviä, jotka voivat rikkoa putken tärytysvaiheessa.

Runkolinjana käytetään 110 mm:n viemäriputkea ja asuntojen ylösnousuissa 75 mm:n putkea. Suunnitteluvaiheessa pelkona oli se, että lattian läpimenoissa jouduttaisiin käyttämään 50 mm:n putkea. Onneksi näin ei kuitenkaan tarvinnut tehdä, ja tukkeutumismahdollisuudet saadaan minimiin.

Runkolinjastojen ylösnousujen paikalleen mittaamisessa joudutaan käyttämään avuksi mittamiestä. Ylösnousujen täytyy olla tarkalleen oikealla paikalla, jottei se aiheuta jatkossa ongelmia. Koska putkistot nousevat suoraan lattian läpi väliseinän sisään, ei virhetolaranssia ole muutamaa senttiä enempää.

Putken asennuksen yhteydessä runkolinjastoon kiinnitetään herätevirtakaapeli. Kaapelina käytetään suojaputkessa olevaa MMJ-kaapelia. Valmiina suojaputkessa oleva kaapeli on nopein ja helpoin tapa suorittaa asennus. Suojaputki kiinnitetään putkeen nipusiteillä ja tuodaan putken mukana riittävän pitkälle asuntoon (kuva 16).



Kuva 16. Putkisto asennettuna. Ylösnousuna on 75 mm:n putki, johon herätevirtakaapelit on kiinnitetty. Toinen herätevirtakaapeli jatkaa matkaansa toiseen asuntoon, jotta jännitteen suljettu kierto säilyy. Putket täytyy kiinnittää kunnolla, etteivät ne pääse liikkumaan valun aikana. Kuvassa näkyvät myös asunnon syöttökaapelin suojaputki sekä muita suojaputkia.

Putkien asennuksen jälkeen putket peitetään ja maa tärytetään tiiviiksi. Putken päälle tuleva maa-aines tulee olla samanlaista kuin putkien alle laitettava, etteivät putket rikoontu.

Tässä kohteessa putkien ulostuonteja helpottaa antura, joka ei ole jatkuva. Koska anturaa ei joissain kohdin ole ollenkaan, voidaan putket tuoda ulos helposti sokkelin alta (kuva 17). Normaalisti ulosvienneille pitäisi tehdä samanlaiset varaukset kuin asuntojen

välisiin läpimenoihin. Putket viedään läpi talojen molemmista päistä, joista toiseen päähän kytketään imuri ja toinen pää tulpataan. Tulpatun päään avulla voidaan säädellä putken imuvirtaamaa poraamalla tulppaan sopivankokoinen reikä. Toinen hyöty, jonka tulpattu pää mahdollistaa, on putken huuhtelu tukkeutumistilanteessa.



Kuva 17. Sokkelin alapuolelta tulevan runkolinjaston pää. Linjaston tämä pää tulee asennettavaksi imurille, jonne kytketään myös herätevirta, sekä rasioiden maadoitus. Putki on tuotu maasta ylöspäin 45 asteen mutkalla imuvastuksen pienentämiseksi.

Kommentit asennuksesta

Työmaan näkemykset putkistojen asentamisesta olivat lähinnä positiiviset. Asentamiset olivat sujuneet ilman suurempia ongelmia ja päänvaivaa. Suurimman murheen aiheuttivat putkien ylösnousut asuntoon, jonka paikkojen mittaamiseen tarvittiin mittamiehen apua.

Putkiston asentaminen onnistui kuitenkin hyvin, vaikka putkia asentaneella työmiehellä ei ollut aikaisempaa kokemusta viemäriputkien asentamisesta. Tämän vuoksi työ oli alussa hieman ajateltua hitaampaa, mutta oikean työtavan löytyessä työtahti muuttui paremmaksi. Asuntojen keskimääräiseksi asennusnopeudeksi tuli noin yksi talo päivässä, joka oli suunniteltu asennusnopeus.

4.2 Sähköistämisen testaus

Insinööriyön asettamien ajallisten rajoitusten vuoksi asuntojen työnaikaista sähköistystä ei päästy testaamaan. Yrityksellä ei ollut sellaisia kohteita, joissa sähköistystä olisi voitu testata.

Sähköistäminen tullaan kuitenkin toteuttamaan Ylämyllyn työmaalla, vaikkakaan se ei tämän insinööriyön aikatauluun sopinut. Työmaalla ehdittiin asentamaan asuntojen syöttökaapeleiden suojaputket, muttei kaapeleita niiden sisään.

Työnaikainen sähköistys tullaan ottamaan käyttöön välittömästi, kun kaapelit saadaan asennettua ja kytkettyä.

Testauksesta saatavien kokemusten ja tulosten perusteella järjestelmää kehitetään ja jalostetaan paremmin rivitalorakentamiseen soveltuvaksi. Jatkossa sitä tullaan myös käyttämään kaikissa yrityksen rivitalokohteissa.

5 Tulokset

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tuottaa yritykselle uudet ratkaisut rivitalotyömaiden pölynhallintaan ja sähköistämiseen. Nykyisellään yrityksellä ei ollut uusiin TR-vaatimuksiin soveltuvia järjestelmiä, vaan sähköistäminen ja pölynhallinta toteutettiin perinteisin keinoin rakennusimureilla ja työmaakaapeloinneilla.

Ohjemallien tekemisessä käytettiin hyödyksi keskuspölynimurijärjestelmiä toimittavan Gles Oy:n tietotaitoa, sekä järjestelmiin liittyviä kirjallisia materiaaleja kuten RATU- ja

ST-kortteja. Näiden avulla luotiin työhjeet ja prosessikaaviot, joita jatkokehitettiin erilaisten haastatteluiden avulla.

Lopputuloksena tuloksena syntyivät toimintamallit, jotka sisälsivät kaksi kappaletta työhjeita ja prosessikaavioita. Työhjeet on tarkoitettu työmaalla toimivien työnjohtajien suunnittelun sekä toteutuksen avuksi ja prosessikaaviot suunnittelunohjauksen avuksi. Keskuspölynimurijärjestelmän ja sähköistämisen toimintamalleilla järjestelmät voidaan rakentaa työmaalla alusta loppuun asti.

Järjestelmien testaus suoritettiin Espoon Ylämyllyn työmaalla, minne molemmat järjestelmät tullaan toteuttamaan kokonaisuudessaan. Insinööriyön aikataulun takia järjestelmiä pystyttiin kuitenkin testaamaan vain osittain. Testaus tulee kuitenkin jatkumaan työmaan loppuun asti. Testauksessa järjestelmien soveltuvuutta ja toimintaa tarkkailaan, ja samalla niitä parannetaan tulevaisuuden työmaita varten.

Testauksen osittaisessa tarkastelussa havaittiin, että järjestelmien asentaminen sujui ajatellulla tavalla eikä aiheuttanut ylimääräisiä ongelmia. Tarkastelussa havaittiin myös, että runkolinjaston asennus sujui ennakkoon asetetun työnopeuden mukaisesti, vaikka asentajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta putkien asentamisesta. Tämä oli erittäin järjestelmien toimintahelpouden kannalta tärkeä tulos.

Järjestelmät tullaan ottamaan yrityksen käyttöön ja niitä tullaan käyttämään kaikissa uusissa rivitalokohteissa. Testausta tullaan samalla jatkamaan Ylämyllyn työmaalla loppuun asti ja jatkokehitystä varten kerättyjä tietoja tullaan hyödyntämään seuraavan kohteen alkaessa. Seuraavassa kohteessa järjestelmien suunnittelu aloitetaan jo tuotannosuunnitteluvaiheessa. Tämän avulla pystytään järjestelmät asentamaan helpommin, kuin Ylämyllyn työmaalla.

Järjestelmien avulla yritys tulee pitkällä aikavälillä säästämään suuria summia rahaa ja samalla työn tekeminen helpottuu ja nopeutuu. Jos jokaisella työmaalla pystytään säästämään samanlaisia summia rahaa kuin Ylämyllyn työmaan laskelmissa on havaittu, tarkoittaa se yritystasolla satojen tuhansien eurojen säästöjä vuodessa.

Kehitys lähitulevaisuudessa

Ylämyllyn työmaan testauksessa havaituista virheistä ja puutteista otetaan opiksi, ennen seuraavan työmaan aloittamista. Tärkeimpänä kehityksenä on saada suunnittelu- ratkaisut sellaisiksi, ettei niitä tarvitse enää työmaalla miettiä. Esimerkiksi ylimääräisten reikien ja läpivientien teko aiheuttaa ylimääräistä työtä ja päänvaivaa, kun ne voisi suunnittelun avulla saada tehtyä valmiiksi jo elementtitehtaalla.

Toisena tärkeänä asiana on saada järjestelmät ja niiden asennukset työnjohdon, sekä työntekijöiden tietoisuuteen. Tällä hetkellä järjestelmistä ei vielä ole suurempaa tietoisuutta edes yrityksen sisällä. Kun tietoa saadaan jaettua eteenpäin, saavuttavat järjestelmät varmasti suosiota, sillä ne ovat perinteisiä ratkaisuja helpompia käyttää, sekä säästävät rahaa pitemmällä aikavälillä.

Yhteistyö imureita toimittavan Gles Oy:n kanssa tulee myös jatkumaan. Järjestelmään kuuluvia komponentteja tullaan kehittämään työmailta saadun palautteen perusteella niin, että niistä saadaan entistä helppokäyttöisempiä ja toimintavarmempia. Yhtenä kehitysehdotuksena voisi olla esimerkiksi jousikuormitetun venttiilin tekeminen imulinjaston huuhtelutulppaan. Venttiili avautuisi päästäen lisää ilmaa putkistoon, jos imuläp- piä ei ole tarpeeksi auki suhteessa koneen tehoon. Tämän avulla imuri toimisi aina maksimaalisella teholla ja ilmamäärällä, poistaen moottorin ylimääräisen rasituksen, joka aiheutuu liian pienestä imuilman määrästä.

Kehitys pidemmällä tähtäimellä

Ihanteellisena tavoitteena olisi saada imurijärjestelmä käyttöön kaikilla yrityksen rivita- lotyömailla. Tämä vaatii kuitenkin lisää kokemusta erilaisista perustus- ja pohjaratkai- suista, jotka vaikuttavat järjestelmien asennukseen ja toimintaan. Teoriassa erilaisten perustus- ja pohjaratkaisujen ei tulisi aiheuttaa minkäänlaisia ongelmia, mutta tästä voidaan olla varmoja vasta, kun järjestelmiä on testattu käytännössä eri olosuhteissa. Samalla kun järjestelmiä testataan uusilla työmailla, saadaan luonnollisesti samalla ko- kemusta erilaisista vaihtoehdoista.

Järjestelmien suunnitteluun liittyvät asiat pitää saada myös suunnittelijoiden tietoisuuteen. Heidän pitää ottaa järjestelmien asettamat vaatimukset huomioon suunnittelussa ja ratkaisuissaan. Kun järjestelmien vaatimat reitit on suunniteltu kunnolla, voidaan tulevaisuudessa järjestelmät suunnitella valmiiksi asti jo ennen työmaan aloittamista. Samalla osat ja materiaalit voidaan kilpailuttaa ja tilata valmiiksi. Tällöin säästetään aikaa ja vältetään ylimääräisiltä yllätyksiltä.

Imurijärjestelmällä voisi olla tulevaisuudessa käyttöä myös kohteiden saneerauskäytössä. Kun järjestelmät on rakennettu, pitäisi niiden teoriassa toimia myös esimerkiksi 20 vuoden kuluttua. Varsinkin kylpyhuoneremonteissa imurijärjestelmän käyttö olisi suuri helpotus. Järjestelmä voidaan jo nykyisellään varustaa murskaimella, jolloin esimerkiksi laatat voidaan murskauksen jälkeen imeä pois kohteesta, eikä niitä silloin tarvitse kantaa pois. Samalla imuri muodostaisi kohteeseen alipaineen, jolloin pöly ei leviä muualle asuntoon. Tällaisessa käytössä järjestelmä antaisi käytännön hyötyjä sekä asukkaalle että urakoitsijalle.



Kuva 18. Saneerausmurskain. Murskaimen avulla jäte on helppo imeä kohteesta ulos, aiheuttamatta pölyhaittaa muualle asuntoon. [15, s.8]

Lähteet

1. Sähköjohdin. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6johdin>. Luettu 26.4.2011.
2. Vaihe. Verkkodokumentti. Napsu.
<http://www.napsu.fi/vastaukset/kysymys/4652>. Luettu 26.4.2011.
3. Sähköpääkeskus. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6p%C3%A4keskus>.
Luettu 26.4.2011
4. Vaihtovirta. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Vaihtovirta>, luettu 26.4.2011
5. Voimavirta. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Voimavirta>, luettu 26.4.2011
6. Rele. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Rele>, luettu 26.4.2011
7. Kerkkänen, Esko. Suunnittelunohjaus liike- ja toimitilarakentamisessa. 2002
8. Seppälä A. Imuroinnin ja kohdepoiston käsikirja.
9. Gles-systems 2010 esite.
10. Syklonin toimintaperiaate. Verkkodokumentti. Wikipedia.
[http://fi.wikipedia.org/wiki/Sykloni_\(laite\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Sykloni_(laite)). 26.4.2011.
11. Kone-RATU 02-3038 Työmaan sähköistys. 2003.
12. ST-kortti 51.35 Rakennustyömaan sähköverkon suunnittelu. 15.2.2009.

13. Putkikiinnike. Kuva. Taloon.com verkkokauppa.

<http://www.kauppa.taloon.com/kuvat/k/lvi/putkipidin.jpg>. 26.4.2011.

14. ST-kortti 96.40 Rakennustyömaan sähköverkon käyttö ja hoito. 15.9.2003.

15. Sairaaloiden korjausprosessin kehittäminen. Verkkodokumentti. VTT.

http://www.vtt.fi/liitetiedostot/cluster6_rakentaminen_yhdyskuntateknikka/Valsai_Kalustokortit.pdf. luettu 26.4.2011.

Keskuspölynimurijärjestelmän työohje

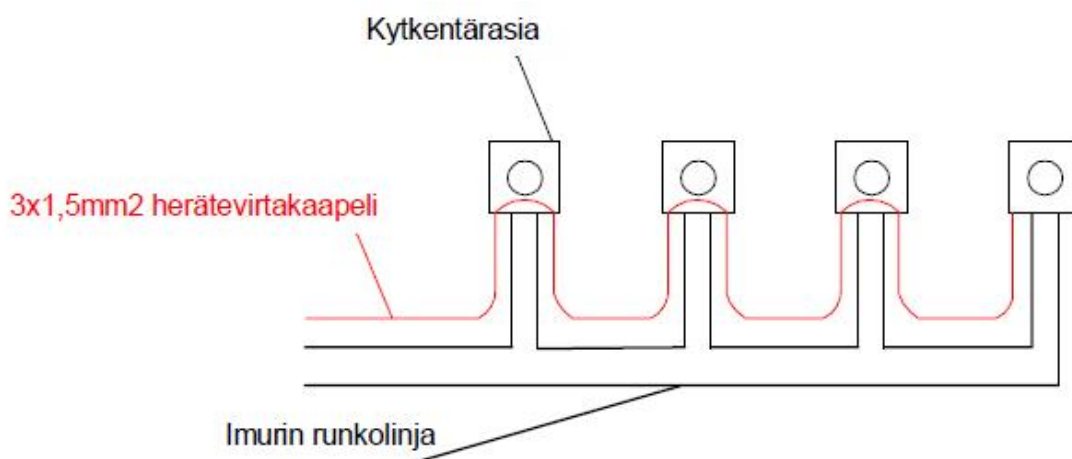
1. Asennuspaikka

- a. Runkolinjan suositeltu maksimipituus on 60 m 11,5 kW koneella. Tämän jälkeen imurin teho heikkenee liikaa.
 - i. Imurien tehot suhteessa runkolinjan pituuteen
 1. 5,5 kW kone = 30 m runkolinjaa
 2. 11,5 kW kone = 60 m runkolinjaa
- b. Runkolinjan koot ovat 75 mm/30 m asti ja 110 mm/30-60 m. Runkolinjana voi käyttää tavallista viemäriputkeä. Runkolinjasta asuntojen ylösnousut kannattaa tehdä esimerkiksi pienemmällä 75mm putkella. 50mm putki on pienintä mahdollista, mutta sitä ei pitäisi käyttää kuin muutaman metrin vedoissa ja ainoastaan linjan loppupäässä.
- c. Runkoputkeen tehdään kaadot kuten viemäriputkiin.
- d. Imuri asennetaan vaihtolavalla (tai muuhun astiaan), johon se puhaltaa jätteen. Varmista, että vaihtolavalle on tilaa ja että sen pystyy täyttyttyään hakemaan pois. Varmista myös, ettei lava häiritse muuta työmaaliikennettä.
- e. Varmista, että imurille on sähköistysmahdollisuus.
- f. Suunnittele asennuspaikka niin, että yhdelle imurille saadaan kytkettyä mahdollisimman monta taloa. Joissain tapauksissa voi olla järkevämpää käyttää esimerkiksi kahta imuria yhden sijaan, toiminnan varmistamiseksi.
- g. Vältä turhan runkolinjan rakentamista, sillä se heikentää imutehoa.

2. Asennus

- a. Runkolinjan kannakointi on tehtävä huolellisesti ja tarpeeksi tiheään. Putkistossa liikkuva materiaali aiheuttaa suuria liikkeitä runkolinjaan. Eri-tyistä huolta kannattaa kiinnittää mutkakohtiin. Suorilla osuuksilla kiinnikeväli voi olla 2-3 m. Maan alla kulkevaa putkistoa ei tarvitse kannakoida.
- b. Sokkeliläpiviennit tulee suunnitella ajoissa, ettei tarvitse turhaan piikata tai porata reikiä. Anturan lävistykset kannattaa tehdä varausputkella.
- c. Päätä, mihin kerrokseen liitäntäpistoke tulee. Useampikerroksisissa taloissa pistoke voidaan joutua tuomaan kahteen eri kerrokseen. Päätä samalla, miten kuljetat linjaa talon sisällä. Vaihtoehtoina voivat

- olla esimerkiksi väliseiniä sisällä tai putkikoteloissa. Imuriletku voi olla esim. 30 m pitkä, joten ylimääräisiä liitäntäpuisteita ei kannata tehdä.
- d. Asennuspaikan pitää olla sellainen, että putken pää voi olla esillä mahdollisimman pitkään ja paikkaaminen voidaan toteuttaa helposti. Esim ryhmäkeskuksen alle, josta se peitetään peitelevyllä. Samasta reiästä voidaan ottaa vaikka työnaikainen sähköistys.
 - e. Mittamies tarkistaa putkien oikeat sijainnit.
 - f. Asennuksen yhteydessä imurille pitää vetää 12 V herätevirta. Kaapelointi kannattaa toteuttaa esimerkiksi 3x1,5 mm² kaapelilla, josta yhtä johdinta käytetään kytkentärasian maadoitukseen. Kaapeli kannattaa vetää suojaputkeen. Kaapeli viedään aina jokaiseen liitäntärasiaan ja ketjutetaan siitä eteenpäin. Kytkennät suorittaa yleensä imuritoimittaja, joka toimittaa kytkentärasiat.



- g. Maadoitusjohtimen pää asennetaan maahan. Ilma-asenteisessa putkessa maadoituksia tulisi asentaa myös kannakkeisiin.
- h. Runkolinja ulotetaan talon läpi myös toisesta päästä ja sinne asennetaan tulppa. Poistamalla tulppa voidaan runkolinja "huuhdella" mahdollisessa tukkeutumistapauksessa. Avaamalla tulppa saadaan imuri imemään täydellä ilmamäärällä.

3. Käyttö

- a. Runkolinjassa voi olla 2–3 imulettoa kytkettynä samanaikaisesti. Useampien imuletkujen kytkentä vähentää imua ja aiheuttaa tukkeutumisvaaran.

- b. Huomioi, että käytettävissä on riittävän pitkä liitosletku esim. 30 m.

4. Huolto

- a. Imurin huoltotoimet rajoittuvat käyttäjältä ainoastaan yksinkertaisiin suodattimen putsauksiin ja jätelavojen tyhjennyksiin. Isommat huollot suorittaa laitetoimittaja.

Sähköistyksen työohje

1. Asennuksen valmistelu

- a. Varmistetaan rakennusaikaisen sähköpääkeskuksen riittävä koko (virrankesto).
- b. Pyritään tuomaan kaapelit putkessa (helpottaa purkamista, eikä aiheuta haittaa työmaaliikenteelle).
- c. Tuodaan syöttöjohdot rakennusaikaiselta pääkeskukselta, talon sähköpääkeskukseen putkessa.
 - i. Varmista, että syöttökaapelin kestävä syötettävän virtamäärän! Liitteenä kattavampi kaapeleiden kuormitustaulukko.

2. Asunnon syöttökaapelit

- a. Varmistetaan asunnon syöttökaapeleiden riittävä poikkipinta-ala työmaaikaiseen sähköistykseen.
 - i. Yleisenä riittävänä asuntokohtaisena keskuksena on 16 A keskus, tälle keskukselle riittävä kaapeli on $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$
 - ii. Epäselvissä tapauksissa kannattaa kääntyä yrityksen työmaasähköistykseen erikoistuneiden henkilöiden puoleen.
 - iii. Asunnon syöttökaapeli asennetaan suojaputkeen.
- b. Asunnon puoleiseen päähän on jätettävä riittävästi vapaata johtoa, noin 1,5 m.
 - i. Työmaakeskus kytketään asunnon syöttöjohtoon
- c. Lopullinen kytkentä ryhmäkeskukseen.
 - i. Ylimääräinen pää katkaistaan lopullista ryhmäkeskusta kytkettäessä.
 - ii. Sähkömies kytkee ryhmäkeskuksen kuntoon.

3. Syöttökaapelien purkaminen pääkeskuksesta

- a. *Irrota kaapelin liittimet molemmista päistä ennen purkamisen aloittamista.*
- b. Avaa kaapelin liitin toisesta päästä ja vedä kaapeli suojaputkesta pois.
- c. Anna sähkömiehen kytkeä johdon päät takaisin johtoon!