

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
LUT Kone
BK10A0401 Kandidaatintyö ja seminaari

LAYOUT-HISSISUUNNITTELUN PERUSTEET
BASICS OF LAYOUT DESIGN PROCESS FOR ELEVATORS

Lappeenrannassa 19.1.2015
Antti Piipponen
Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Kimmo Kerkkänen

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	5
1.1	Kone organisaatio	5
1.2	Aiheen rajaus	6
2	KONEEN HISSITYYPIT JA LAYOUT-SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	7
2.1	Yleisimmät hissityypit	7
2.1.1	MonoSpace	7
2.1.2	Transys	8
2.1.3	MiniSpace.....	9
2.1.4	Jumplift.....	9
2.2	Vetopyörähissin toiminta	10
2.3	Major Projects.....	10
2.4	Standardin SFS-EN 81-1 käyttö hissisuunnittelussa	12
2.4.1	Turvatilat ja hypyn laskenta	12
2.4.2	Tekninen piirustus.....	14
2.5	Delfoi-menetelmä	15
3	LAYOUT-SUUNNITTELUOHJE HISSEILLE.....	17
3.1	LO-suunnittelun nykytila	17
3.2	Lähtötiedot ja luonnostelu	18
3.3	Hissin LO-suunnittelu	18
3.3.1	Pohjapiirustus takavastapainoiselle hissille.....	19
3.3.2	Pystyleikkaus takavastapainoiselle hissille	22
3.4	Hissin LO-suunnitelman tarkastus.....	28
4	LO-SUUNNITELMAN TARKASTELU	29

4.1	Suunnitelman käytettävyys ja epäkohdat	29
4.2	LO-suunnittelun jatkokehitys	30
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	31
	LÄHDELUETTELO	32
	LIITTEET	
	LIITE 1: Pohjapiirustus, tarjousvaihe	
	LIITE 2: Pystyleikkaukset, tarjousvaihe	

LYHENNELUETTELO

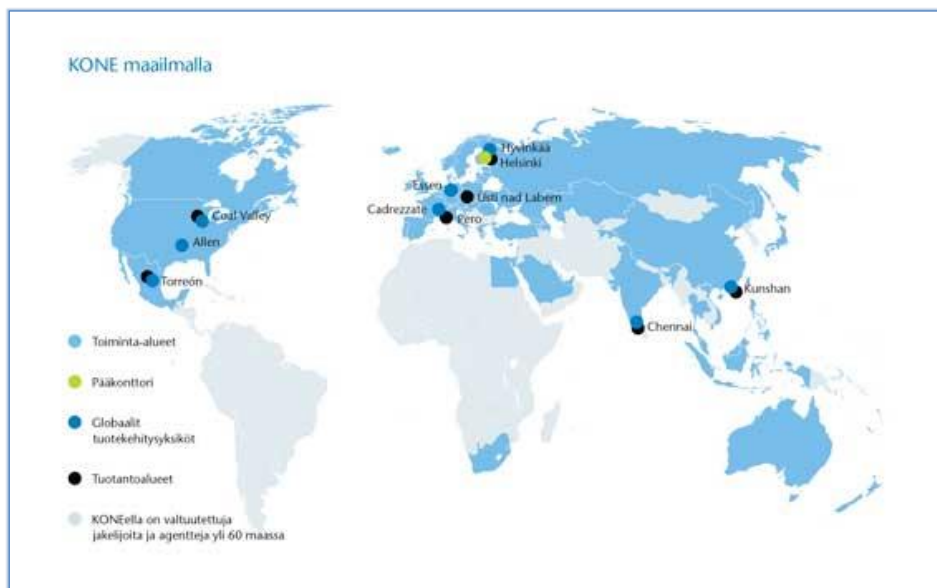
Bracket	Johteen seinä- tai palkkikiinnike
Byygeli	Yhdistelmäkiinnike johteille sivuvastapainollisessa hississä. Voidaan kiinnittää korin sekä vastapainon johteet. (Combination double bracket)
CAR	Hissikori
Compensator	Vaimennuslaitteella varustettu tasausköysien kiristyspaino
CSP	Lähtötietodokumentti
CWT	Vastapaino
DBG	Distance Between Guides (Johteiden välinen etäisyys)
Fishplate	Johteiden jatkopala
Flybracket	(nykyisin Sway beam for CWT ropes) Vastapainon puolen köysien huojunnansuojausrauta
Frontline	Asiakasrajapinnassa toimiva myyntiyhtiö
KTO	Kone Technology Organization (Tuotekehitys)
LO	Layout
MP	Suurprojektit (Major Projects)
Network module	Signalisaatiovahvistin
Nopra / OSG	Nopeuden rajoitin
PDM	Tuotetiedon hallinta järjestelmä
PIT / Pitti	Monttu / Kuilun pohja
PDF	Portable Document Format
Rope hole silencer	Äänenvaimennin
Slingi	Korin kehys, joka liikkuu johteilla
SOF	Supply Operations Finland (Hyvinkään tehdas)
TW	Nopeuden rajoittimen köyden kiristyspaino
v	Hissin nimelliskoosteus

1 JOHDANTO

Tämän kandidaatintyön toimeksianto on tullut insinööritoimisto ALTE Oy:ltä ja on tehty yhteistyössä Kone Industrialin kanssa. Työn tarkoituksena on saada dokumentoitua materiaalia uusien Koneen Major Projects osaston layout-suunnittelijoiden perehdytykseen sekä antaa perustietoa hissisuunnittelusta.

1.1 Kone organisaatio

Kone on yksi maailman suurimmista hissi, liukuporras ja automaattiovi valmistajista. Tämän lisäksi Kone tarjoaa myös modernisointi ja huoltopalveluita edellä mainituille tuotteille. Yritys on toiminut yli sadan vuoden ajan ja kehittänyt uusia ratkaisuja ihmisten ja tavaroiden liikuttamiseen rakennuksissa turvallisesti ja sujuvasti. Koneen liikevaihto vuonna 2013 oli noin 6,9 miljardia euroa ja työntekijöitä yrityksellä on yhteensä n. 43 000. Koneella on yli 1000 toimipaikkaa noin 50 maassa. Koneella on myös seitsemän tuotantolaitosta ja kahdeksan eri tuotekehityslaitosta. Koneen tuotteita voi ostaa 60 eri maasta. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä. (Kone lyhyesti, 2014.) Alla olevasta kuvasta (kuva 1) näkyy Koneen toimipaikat ja tuotantolaitokset maailmalla.



Kuva 1. Kone maailmalla-kartta (Kone lyhyesti, 2014).

1.2 Aiheen rajaus

Laajan hissitarjonnan takia, kandidaatintyö keskittyy Koneen Major Projects osastolla suunniteltavan hissien, MiniSpacen, suunnitteluun. Tämä on Koneen oma nimitys konehuoneelliselle hissille. Muiden hissityyppien esittely on tehty tukemaan uuden suunnittelijan ymmärrystä yrityksen sisäisestä termistöstä. Työn suunnitteluohje on muodostettu käyttämällä tutkimukseen Delfoi-menetelmää.

2 KONEEN HISSITYYPIT JA LAYOUT-SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Hissien layout-suunnittelun oppimiseksi on tiedettävä Koneella tarjottavista tuotteista ja hissien toimintaperiaatteista. Hissisuunnittelu ohjataan suurelta osin EN81-1 standardilla, vaikkakin osastojen välillä voi olla eroavaisuuksia vaatimuksien suhteen. Usein Koneen isoimmat projektit näkyvyyden kannalta ovat Major Projects osastolla suunniteltuja.

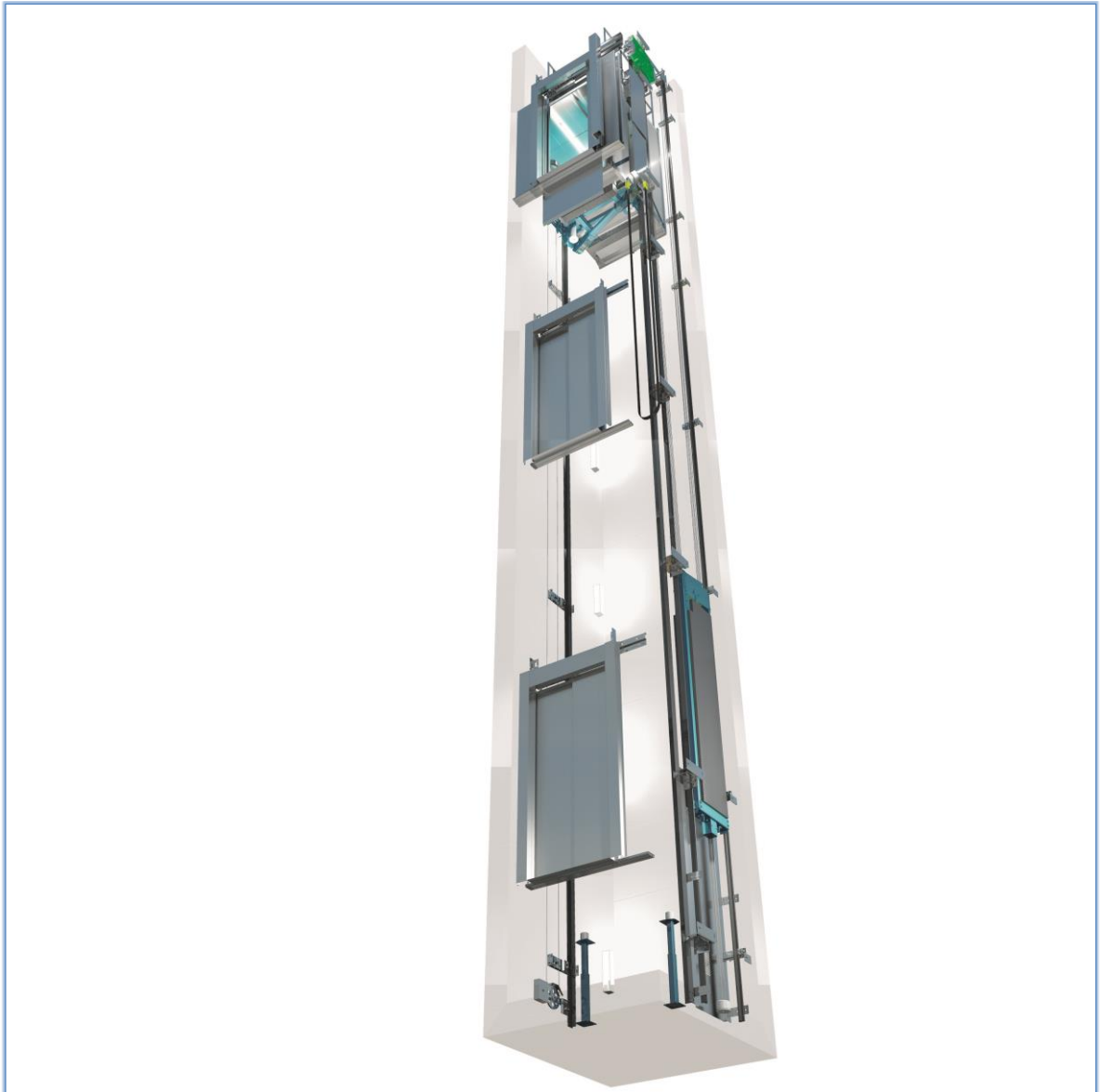
2.1 Yleisimmät hissityypit

Koneella on useita erilaisia hissityyppejä eri käyttötarkoituksiin, jolloin tuotteiden standardointi ja myynti helpottuu. Tarvittavan tyyppin määrittämiseen vaikuttavat mm. kuorma, käyttökohde, nopeus ja mahdollinen olemassa oleva hissikuilu.

2.1.1 MonoSpace

MonoSpace on Koneen vuonna 1996 lanseeraama maailman ensimmäinen kaupallinen konehuoneeton hissityyppi, jolloin Kone loi aivan uudenlaiset standardit hissiteollisuudelle. Innovatiivisen hissin sydämenä toimii EcoDisc-nostokoneisto, kestromagneettisähkömoottori, jossa ei ole vaihteita eikä öljyä. Näin kitkat sekä moottorin fyysinen koko saadaan pidettyä maltillisena. Koneiston välitysten muuttaminen tapahtuu taajuusmuuttajalla, jolloin koneistoa voidaan käyttää myös energiantalteenottoon. Koska moottorin koko on kompakti, voidaan se asentaa suoraan hissikuiluun johteen taakse kiinni konehuoneen sijaan. Tämä pienentää kuilun rakentamisen kustannuksia, sillä seinien kantama kuorma ei ole yhtä suuri kuin konehuoneellisessa hississä. MonoSpace hisseissä on pyritty parantamaan energiatehokkuutta moottorin lisäksi myös hissikorin (eng. CAR) kutsujen optimoinnilla sekä rajoittamalla paikallaan olevan hissin sähkönkäyttöä esimerkiksi sammuttamalla valot ja ilmastointi, jos niitä ei tarvita. (Kone MonoSpace brochure, 2008.)

Nykyisin MonoSpacesta on saatavilla kahta eri versiota: MonoSpace 500 ja 700, jotka on standardoitu nostokorkeuden ja nostettavan henkilömäärän mukaan. Hissityypin maksiminosto Mono700 sarjalla on 90 m ja nostokapasiteettia n. 2500 kg verran 2:1 köysityksellä, joka vastaa 33 henkilöä. (Koneen hissiratkaisut, 2014.) Kuvassa 2 on esitetty MonoSpace hissi kuiluineen.



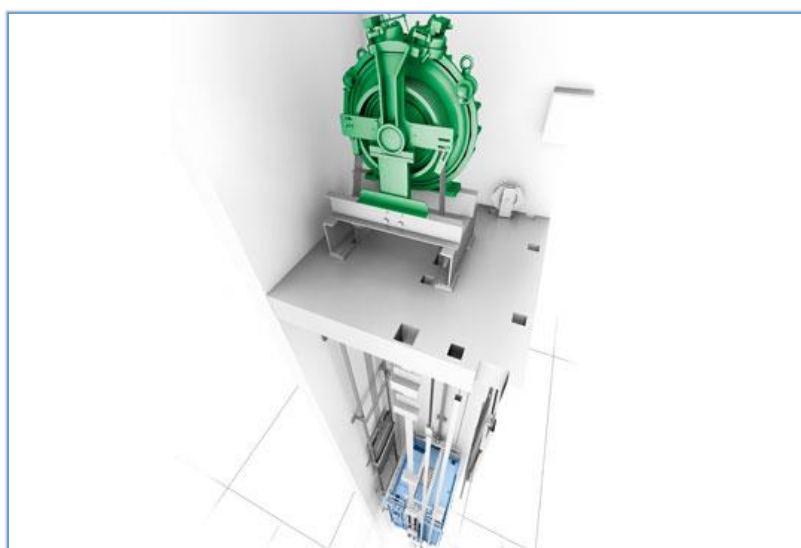
Kuva 2. MonoSpace hissi (Kone Media Library, 2012).

2.1.2 Transys

Transys hissi on konehuoneeton tavarahissi, joka perustuu MonoSpace alustaan. Suurimpana erona MonoSpaceen on köysitys, jonka suhde on 4:1. Eli kori sekä vastapaino (eng. CWT) on varustettu kaksilla väkipyörillä. (Malinen, 2014.) Näin nostokapasiteettia saadaan aina 5000 kg asti, tosin hissin nopeus on tällöin puolet MonoSpacen vastaavalla EcoDisc- moottorilla varustetusta. (Kone Transys brochure, 2004.)

2.1.3 MiniSpace

Kone MiniSpace tuoteryhmä edustaa perinteisiä konehuoneellisia hissiratkaisuja. MiniSpace-hissit on varustettu konehuoneettomista ratkaisusta tutuilla EcoDisc moottoreilla. Näin konehuoneesta saadaan pienempi mutta pystytään tarjoamaan suuremmalla nostokorkeudella olevia energiatehokkaita hissejä. (Kone MiniSpace brochure, 2012) MiniSpace-hissi on suunniteltu erityisesti yli 100 metrin nostokorkeuksiin. Konehuoneellisen MiniSpace-hissin maksiminopeus voi olla jopa 10 m/s ja nostokapasiteettiä jopa 40 henkilön verran. (Kone Minispace, 2014) Nostokorkeuden maksimi on noin 500 metriä mutta uudella innovatiivisella UltraRope-köysityksellä päästään aina kilometriin asti. MiniSpace-hissejä käytetään yleisesti pilvenpiirtäjissä ja muissa korkeita nostoja vaativissa rakennuksissa. MiniSpace-hissit ovat helposti räätälöitävissä asiakkaan tarpeen mukaan ja rajoittavina tekijöinä toimivat pääasiassa standardit (SFS-EN 81-1/A1). (Mälkki, 2014) Alla olevasta kuvasta näkyy konehuoneen sijainti hissikuilun päällä (kuva 3).



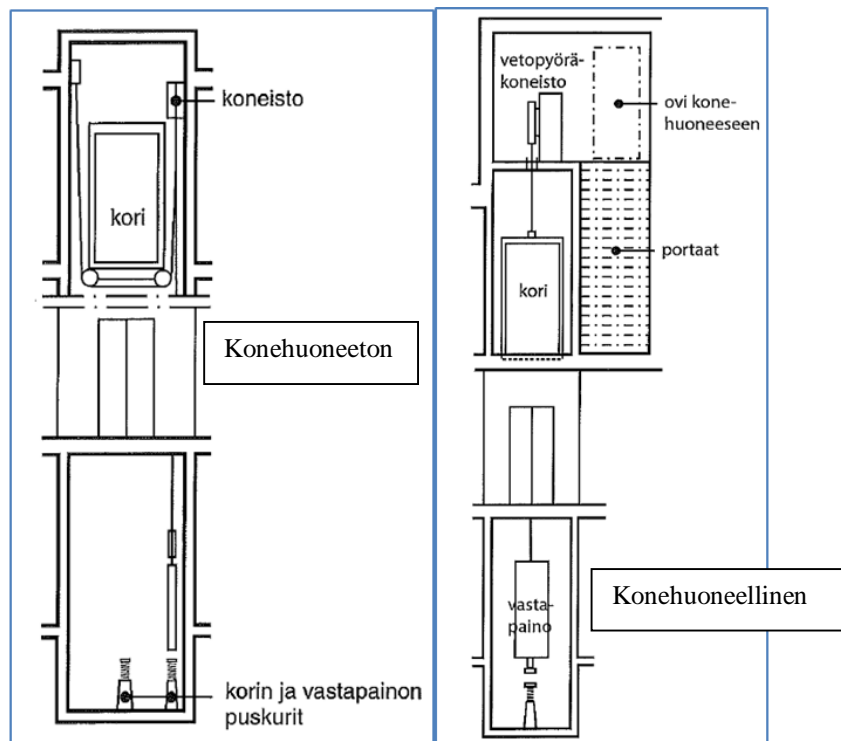
Kuva 3. Minispace hissi ja konehuone (The Future Build, 2010).

2.1.4 Jumplift

Jumplift on keskeneräiseen rakennukseen suunniteltu hissi. Rakennuksen hissikuilua käytetään jo rakennusvaiheessa hyväksi ja konehuonetta nostetaan eli niin sanotusti hyppätetään ylöspäin kerroksien valmistuessa. Tällöin hisseille saadaan lisää palveltavia kerroksia. ”Jumppihissit” auttavat rakennusvaiheessa tavaroiden ja ihmisten liikuttelua. (Kone Jumplift brochure, 2010.)

2.2 Vetopyörähissin toiminta

Vetopyörähissin toiminta perustuu nostoköysiin, jotka on kierretty vetopyörän ympärille niin, että vapaista päistä toinen on kiinnitetty koriin ja toinen pää vastapainoon. Vastapainolla tasapainotetaan korin ja korissa olevan kuorman massaa. Näin koneistolta ei vaadita niin suurta vääntömomenttia kuin, mitä vaadittaisiin ilman tasapainotusta. Tällä ikivanhalla tekniikalla nostokorkeutta ei ole teoriassa rajattu. Tänä päivänä hissejä tehdään konehuoneellisena sekä konehuoneettomana. (Malinen, 2014). Alla kuvassa 4 on esitetty konehuoneellisen ja konehuoneettoman hissin periaate kuva.



Kuva 4. Konehuoneellisen ja konehuoneettoman hissin periaatekuvat (Rakennustieto Oy, 2012, s.13–14).

2.3 Major Projects

Major Projects yksikössä suunniteltavat hissit ovat pääasiassa asiakastarpeisiin räätälöityjä tuotteita ja hissit poikkeavat tyyppihyväksytyistä hisseistä. Useimmiten käyttökohteet voivat olla suuria kauppakeskuksia, pilvenpiirtäjiä tai isoja uudisrakennusalueita, joita projektin kooltaan voidaan luonnehtia suuriksi. Suurprojektit yksikössä on useampi alayksikkö, joista toimitusosaston (Supply line) osaamista myyntiyhtiö (eng. frontline) käyttää hyödyksi projektin sitä vaatiessa.

Myyntiyhtiö hoitaa koko projektia aina asiakkaan yhteydenpitoon ja toimitukseen asti, kun taas toimitusosaston tehtävä on aikatauluttaa projekti ja tuottaa tarvittavat suunnitelmat asiakkaalle. (Mälkki, 2014.)

Esimerkki projekti (kuva 5) MP-osastolla tehdystä hissisuunnittelusta.

- Rakennuksen nimi: Princess Tower
- Sijainti Dubai
- Valmistunut 2012
- Korkeus 414 m
- Kerroksia 101 +6 kellarikerrosta
- Koko 170 000 m²
- 11 KONE MiniSpace hissiä
- 2 KONE MonoSpace hissiä
- 2 KONE Jumplift rakennusvaiheessa käytettävää hissiä.

(KONE References, 2012.)



Kuva 5. Princess Tower Dubaissa (KONE References, 2012).

2.4 Standardin SFS-EN 81-1 käyttö hissisuunnittelussa

SFS-EN 81-1 -standardissa määritellään sähkökäyttöisen vetopyörähissin suunnittelussa ja rakentamisessa käytettäviä turvallisuusohjeita. Ohjeistus on rajoitettu ainoastaan henkilö- ja tavarahisseille, joiden johteiden kallistuma on vähemmän kuin 15 astetta pystysuorasta ja hisseissä on oltava kiinteät pysähdystasot ja kori. (SFS-EN 81-1/A1, 2006, s.20.)

SFS-EN 81-1 -standardissa (2006) on esimerkiksi ohjeet muun muassa seuraavista säädöksistä: hissikorin seinien kestettävä 300 newtonin voima per 5 cm², korin vapaan sisäkorkeuden on oltava vähintään 2 m, veto/taittopyörien halkaisijan on oltava vähintään 40 kertainen kannatusköyden halkaisijaan verrattuna sekä korin liikerata on rajoitettava alapäästään puskureilla. SFS-EN-standardista löytyvät määritelmät toimivat Koneella tärkeänä ohjeena hissisuunnittelussa. Itse layout-piirustuksiin ei ole olemassa omaa standardia, joten hissiyhtiöiden layout-suunnitelmat poikkeavat eri yhtiöiden välillä. Koneella tehdyissä layout-suunnitelmissa ominaista on koneenpiirustuksen ja rakennuspiirustuksen yhdistäminen. Layout-suunnitelmia käytetään myös hissin käyttöönottotarkastuksessa, joten piirtotarkkuuden on oltava suuri.

SFS-EN-standardit eivät ole ainoita hissien suunnittelua koskevia standardeja. Venäläinen GOST (gosudarstvennyy standart) sekä amerikkalainen ASME (American Society of Mechanical Engineers) ovat käytössä myös monessa maassa ympäri maailman. Maan lainsäädännön puitteissa on mahdollista suunnitella hissi esimerkiksi amerikkalaisella standardilla Lähi-itään. (Malinen, 2014)

2.4.1 Turvatilat ja hypyn laskenta

Hypyn laskenta hissin korille ja vastapainolle on yksi tärkeimmistä suunnittelun kulmakivistä, jotta tiedetään pystysuunnan tilantarve hissikomponenteille ja turvatilamääräykset täyttyvät (Malinen, 2014). Taulukossa 1 on esitetty ehdot, jotka korin liikkeen on täytettävä vastapainon ollessa puristuneella puskurilla. Yhtälöissä 1, 2, 3 ja 4 muuttuja v on hissin nimellisa nopeus.

Taulukko 1. Ehdot, jotka on täytettävä vastapainon ollessa puristuneen puskurin päällä (SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 40).

Selite	Yhtälö [m]	Yhtälön nro.
Korin oltava mahdollista liikkua johteilla vielä matka	$0.1 + 0.035 \times v^2$	1
Kuilun katosta korin ylimpään osaan täytyy olla vähintään	$1.0 + 0.035 \times v^2$	2
Etäisyys kuilun katosta korin katossa oleviin laitteisiin oltava	$0.3 + 0.035 \times v^2$	3
Liuku- ja rullaohjainten, köysilukkojen tai muiden pystysuoraan liikkuvien osien, kuten ovien yläpintaan oltava vähintään kuilun katosta.	$0.1 + 0.035 \times v^2$	4

Turvatilana eli hätätapauksessa ihmisen mahdollittavan tilan suuruus korin yläpuolella on $0.5 \times 0.6 \times 0.8$ [m] oleva suorakulmio. Jos hississä on suora ripustus ilman väkipyöriä, saa köydet tippua suorakulmion sisään, kunhan niiden etäisyys köyden keskeltä kulmion pystysuoraan reunaan ei ylitä 0.15 m. (SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 40.)

Vastaavasti korin ollessa puristuneen puskurin päällä, turvatilan suuruus on korin alapuolella $0.5 \times 0.6 \times 1.0$ [m] oleva suorakulmio. Kuilun pohjasta (eng. PIT) korin alimpiin komponentteihin on oltava 0.5 m välimatka. Tätä voidaan kuitenkin pienentää 0.1 m, jos vaakasuora etäisyys ei ylitä 0.15 m sekä:

- a. Välimatka koskee korin alimpia komponentteja sekä johteita
- b. Välimatka koskee korin oven pystysuoraa liikettä ja sen vieressä olevaa seinämää.

Tasausköysien kiristyspainosta (eng. compensator) korin alimpiin komponentteihin on oltava 0.3 m lukuun ottamatta edellä mainittuja kohtia. (SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 44.) Tämän lisäksi hypylle noudatetaan laskentakaavoja alla olevan Taulukon 2 mukaan. Yhtälöissä 5, 6, 7 ja 8 muuttuja v on hissien nimellisa nopeus.

Taulukko 2. Laskentakaavat korin ollessa puristuneen puskurin päällä (SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 42).

Selite	Yhtälö tai arvo [m]	Yhtälön nro.
Vastapainon oltava mahdollista liikkua johteilla vielä matka	$0.1 + 0.035 \times v^2$	5
Jos hissi varustetaan hidastuksen valvonnalla, on yhtälön 5 hypyn osuuden laskentaa mahdollista redusoida:	$0.035 \times v^2$	-
a) kertoimella 1/2, hissin nopeuden ollessa alle 4 m/s, kuitenkin siten että yhtälön kokonaisarvo ei alita 0.25m	$\frac{1}{2} \times 0.035 \times v^2 \geq 0.25$	6
b) kertoimella 1/3, hissin nopeuden ollessa yli 4 m/s, kuitenkin siten että yhtälön kokonaisarvo ei alita 0.28m. Yhtälö viisi saa muodon	$\frac{1}{3} \times 0.035 \times v^2 \geq 0.28$	7

Käytettäessä rajoitetun liikkeen tasausköysien kiristyspainoa, voidaan edellä mainitun yhtälön 5 sijaan käyttää periaatetta, jossa kiristyspainon hyppyyn lisätään arvo, joka vastaa 1/500 osaa hissin kulkemasta kokonaismatkasta. Kun otetaan vielä huomioon köysien elastisuus, joiden oletetaan venyvän 0.2 m saa yhtälö muodon:

$$\frac{1}{500} \times \text{nosto} + \text{kiristyspainon hyppy} \geq 0.2 \quad (8)$$

(SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 42.)

2.4.2 Tekninen piirustus

Layout-suunnitelmat noudattavat koneenpiirustusta. Poikkeuksiakin on sillä usein vaihtuvat komponentit piirretään toistensa päälle ilman katkoviivoja, jolloin saadaan selville komponentin tilanvaraus ja turhaa työtä ei tehdä siistimiseen.

Hissit rakennetaan suurilta osin rakennuksiin, jolloin joitakin vakiintuneita merkintöjä on myös siirtynyt hissien layout-suunnittelun puolelle, kuten korkomerkin käyttö ja seinämateriaalit leikkauksissa.

2.5 Delfoi-menetelmä

Delfoi-menetelmällä ryhmän jokaisen yksilön avulla kommunikointia voidaan suunnata siten, että vaikeille ongelmille löydetään ratkaisu ryhmän avulla (Linstone & Turoff, 2002, s. 3). Delfoi-menetelmä ajatellaan monesti ennustustyökaluna mutta sillä on myös muita käyttökohteita, kuten:

- Monimutkaisen datan keräys
- Voidaan käyttää apuna mallien luomiseen
- Budjetin suunnittelu

(Linstone et al., 2002, s. 4.)

Delfoita käytetään yleisesti kahdella eri tapaa. Ensimmäinen ja yleisin näistä on niin kutsuttu Delfoi harjoitus. Tämän ideana on, että pieni tarkkailuryhmä luo kyselykaavakkeen, joka esitetään kaavakkeeseen vastaavalle asiantuntijaryhmälle. Vastaukset kerätään takaisin ja tarkkailuryhmä luo uuden kyselykaavakkeen käyttäen apuna edellisestä kierroksesta saatuja tuloksia. Asiantuntijoille annetaan mahdollisuus arvioida vastauksiaan ainakin kerran prosessin aikana, kun tiedossa on myös muun asiantuntijaryhmän yleinen mielipide ongelmasta. Edellä kuvattua tapaa kutsutaan perinteiseksi Delfoiksi. (Linstone et al., 2002, s. 5.)

Delfoista on olemassa myös uudempi versio, josta käytetään nimitystä Delfoi kokous. Tässä tavassa vastauksia analysoiva tarkkailuryhmä on korvattu tietokoneella, joka muodostaa vastaukset. Koska ihmisiä ei käytetä vastausten prosessointiin, on kyselykaavake muodostettava siten, että tietokoneen on mahdollista tulkita vastauksia yksiselitteisesti. Hyvänä puolena voidaan pitää tietokoneen nopeutta tulosten prosessoinnissa kyselykierroksen jälkeen. (Linstone et al., 2002, s. 5.)

Vaikka Delfoi-menetelmä vaikuttaa yksinkertaiselta on epäonnistuminen mahdollista muun muassa seuraavista syistä:

- Liian tarkoin aseteltu näkemys ongelmasta, jolloin asiantuntijalta viedään vapaus omaan näkemykseen
- Tarkasteltavan ongelman ympärillä oleva yhteydenpito ja keskustelu korvataan täysin Delfoi-menetelmällä
- Tarkkailuryhmän epäonnistuminen vastausten tulkinnassa
- Jätetään huomiotta mahdolliset ongelmakohdat, jolloin muodostuu keinotekoinen näkemys ratkaistavaan ongelmaan
- Delfoi projektiin osallistuvien asiantuntijoiden työpanosta ja ajankäyttöä aliarvioidaan

(Linstone et al., 2002, s. 6.)

Tässä kandidaatin työssä on käytetty Delfoi-menetelmää siten, että tutkija on tutustunut layout-suunnitteluprosessiin kohdeyrityksessä ja haastatellut ihmisiä. Oppimisjakson jälkeen tutkija on muodostanut layout-suunnitteluohjeen, joka on rakentunut tutkijan tekemien tutkimusten mukaan. Tämän jälkeen on aloitettu niin sanottu kyselykierros, jossa on haettu tarvittavia muutoksia ja parannuksia ohjeeseen. Näitä kierroksia on tehty kaksi kappaletta, jonka jälkeen suunnitteluohje on saanut lopullisen muotonsa. Delfoissa mukana olivat henkilöt:

- Tarkkailuryhmä
 - Antti Piipponen (opiskelija, tutkija, aloitteleva lo-suunnittelija MP E&S)
- Asiantuntijaryhmä
 - Janne Malinen (vanhempi lo-suunnittelija, pääsuunnittelija, MP E&S)
 - Jari Mälkki (suunnittelujohtaja, MP E&S)
 - Kimmo Kerkkänen (yliopisto-opettaja, LUT Kone)

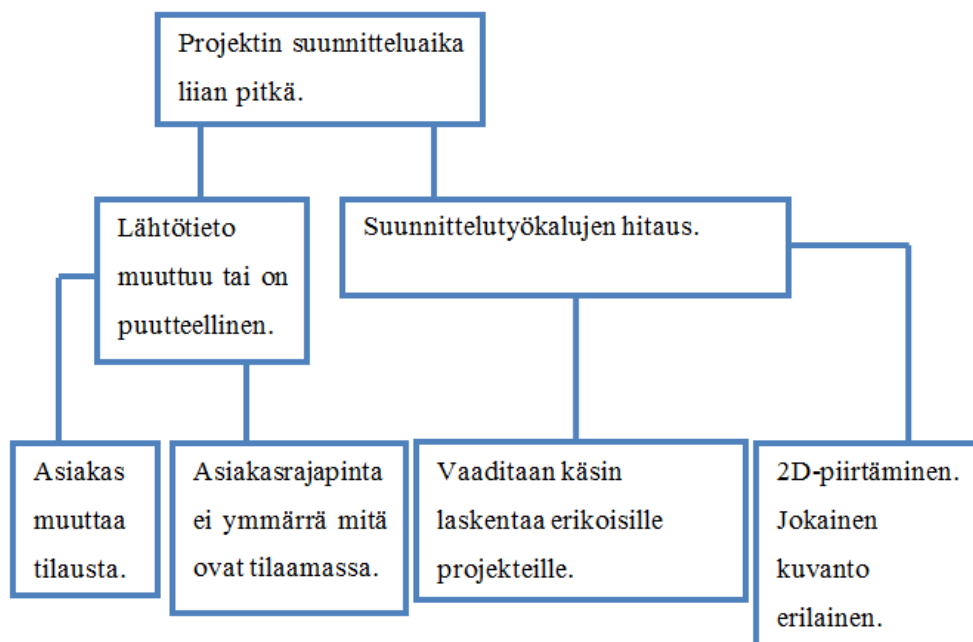
3 LAYOUT-SUUNNITTELUOHJE HISSEILLE

Tässä luvussa on esitetty hissien layout-suunnitteluprosessi aina lähtötiedoista valmiisiin kuvantoihin. Suunnitteluohje perustuu täysin Delfoi-menetelmästä saatuihin tuloksiin. Koska suunnitteluohje ei ole täydellinen, on luvussa 4.1 esitetty mahdolliset puutteet.

3.1 LO-suunnittelun nykytila

Lähtötilanteena suunnittelu-aika hisseillä on noin kaksi kertaa pidempi kuin, organisaation annettu ohjearvo. Itse prosessin kehittäminen ei voi juurikaan nopeutua, joten jäljelle jää työkalujen parantaminen tai täysin uusien toimintatapojen käyttö. Toinen iso asia on puutteelliset lähtötiedot, jolloin suunnittelu vaikeutuu huomattavasti. Tämä osaltaan johtaa siihen, että revisioiden määrä kasvaa, koska joudutaan tekemään useaan kertaan sama projekti tyydyttävän lopputuloksen saamiseksi. (Mälkki, 2014.)

Vikapuuanalyysi on tehty käyttämällä Pahlin ja Beitzin Koneensuunnitteluopin vikapuuanalyysiä (kuva 6).



Kuva 6. Vikapuuanalyysi (Pahl & Beitz, 1990, s. 349-350).

Tällä hetkellä parannusta molempiin asioihin on jo tehty sillä uusi laatudokumentaatio ottaa kantaa lähtötietojen puutteellisuuteen ja ei anna aloittaa suunnittelua ennen kuin dokumentaatio on kunnossa. Suunnittelutyökaluja ollaan parasta aikaa uudistamassa 3D-järjestelmään, jolloin muutokset siirtyvät itse 3D-malliin ja täten myös jokaiseen kuvantoon. Ohjelma keskustelee myös alkuperäisen lähtötietodokumentin kanssa.

3.2 Lähtötiedot ja luonnostelu

Myyntiyhtiön tehtävä on täyttää asiakkaan kanssa lähtötietodokumentti (CSP, Core Specification), josta käy ilmi tärkeimmät hissin tiedot, aina kuilun leveyksistä hissin nopeuteen ja kuormiin. Kaikkia tietoja ei ole aina saatavilla, joten suunnittelijan vastuulle jää joko kysyä apua myyntiyhtiöltä tai jatkaa oman näkemyksen mukaan eteenpäin.

Edellä mainittujen tietojen avulla on myös mahdollista käyttää apuna teknisiä taulukoita, joita on tehty erilaisille hissiparametri kombinaatioille. Sitä voidaan käyttää apuna hissisuunnittelussa. Usein kuitenkin tilanne vaatii täysin projektikohtaista suunnittelua, joten taulukot toimivat vain hyvinä alkuarvauksina komponentti valintaan tai puuttuville kuilun mitoille.

3.3 Hissin LO-suunnittelu

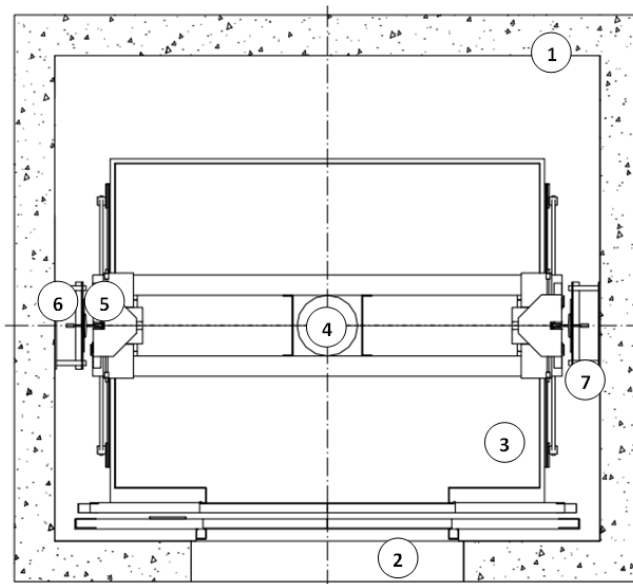
Hissin layout-suunnittelu on iteroimisprosessi eli joskus alkuperäinen komponenttivalinta ei ollut paras valinta, joko tilanvarauksen tai komponentin teknisten ominaisuuksien takia. Näin ollen suunnitelmaa saatetaan joutua muuttamaan prosessin edetessä. On oltava tarkkana, sillä laskujen ja piirrosten on kuljettava aina käsi kädessä. Tämän kohdan ohjeistuksessa keskitytään ennen kaikkea konehuoneellisen hissin suunnitteluun. Näitä oppeja voidaan käyttää myös muita hissityyppejä suunniteltaessa soveltuvilta osin. Tässä osiossa suunniteltavan hissin nopeus on 4 m/s, sillä pystyleikkauksen piirtäminen ilman hissin nimellinopeutta ei voi tehdä täydellisesti. Oletetaan myös, että puskurin iskunpituus on 700 mm ja puskuri on EN koodin mukaan hyväksytty redusoitavaksi. Korin ja vastapainon puskurit ovat lisäksi samanlaiset. Hissin nostokorkeus on 250 m ja ohiajon suuruudeksi on annettu 250 mm. Kuilun raakakoko on 2700 mm x 2400 mm.

3.3.1 Pohjapiirustus takavastapainoiselle hissille

Layout-suunnitelman piirtäminen alkaa pohjapiirustuksella, joka on leikkaus kuilusta ja sen sisällä sijaitsevista komponenteista. Jotta leikkaus olisi mahdollinen, oletetaan, että hissikori on kokonaismatkan puolivälissä. Tällöin myös vastapaino on samalla korkeudella ja näin ollen molemmat peruskomponentit saadaan leikattua ja maksimitilanvaraukset nähdään helpommin.

Suunnitelman piirtojärjestys takavastapainoiselle hissille (kuva 7):

1. Piirretään hissikuilu
 - a. Tarkasta kuilutoleranssi, alle 140 m matkalla ± 25 mm, muutoin ± 40 mm
Jos olemassa oleva kuilu, luotauksen mukaan
 - b. Vakio seinämäpaksuus 200 mm, ellei asiakas toisin ilmoita
2. Piirretään ovet, nähdään samalla kynnysmitta
 - a. Huomioi tässä kuilutoleranssi (vaikuttaa tason oven paikkaan)
3. Piirretään kori ja korin ovet
4. Tehdään laskelmia, valitaan korinkehys (eng. sling)
5. Piirretään korin johteet korin kehyksen viereen
6. Piirretään korin johteiden jatkopalat (eng. fishplate)
7. Piirretään korin johteiden kiinnikkeet (eng. bracket)

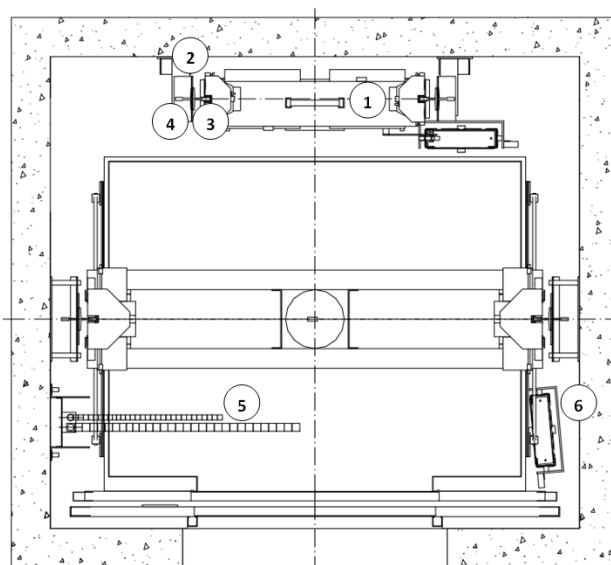


Kuva 7. Pohjapiirustuksen ensimmäinen vaihe.

Tässä vaiheessa käytännössä nähdään mahtuuko hissi leveyssuunnassa kuiluun ja jos ei mahdu, keskustellaan myyntiyhtiön kanssa mahdollisista ratkaisuista. Kun kyseessä on olemassa oleva kuilu, toleransseja ei tarvitse huomioida, koska kuilu on luodattu. Jos tämäkään ei riitä, vaihtoehdoksi jää pienentää koria. Tilanteessa, jossa kori on lähellä sopimista mutta ei kuitenkaan mahdollista toteuttaa vakiokomponenteilla, voidaan harkita erikoiskomponentteja, jotka ovat suunniteltu täten yksittäistä projektia varten. Jos kaikki kuitenkin mahtui hyvin, voidaan suunnittelua jatkaa.

Piirtojärjestys jatkuu seuraavasti (kuva 8):

1. Vastapaino ohjaimineen (myös tarraaja, jos on valittu)
 - a. Tässä vaiheessa tiedetään mahtuuko hissi toimimaan myös kuilun syvyysuunnassa. Jos mahtuu, voidaan jatkaa
2. Johdekiinnikkeet vastapainolle, samalla tarkastetaan pitääkö huomioida rakennuksen huojuntaan liittyvät suojukset
3. Vastapainon johteet
4. Vastapainon johteiden jatkopalat (eng. Fishplate)
5. Korikaapeli ja optiokaapeli (jos tarvitaan)
 - a. Tasapainota hissisuunnitelma annettujen normien mukaisesti. Kiinnitä huomiota kori / optiokaapeleiden paikkaan. Käytä tarvittaessa lisäpainoja.
6. Korin nopeuden rajoitin (eng. OSG) korin tarraaja sekä kiristyspaino tarraajalle.



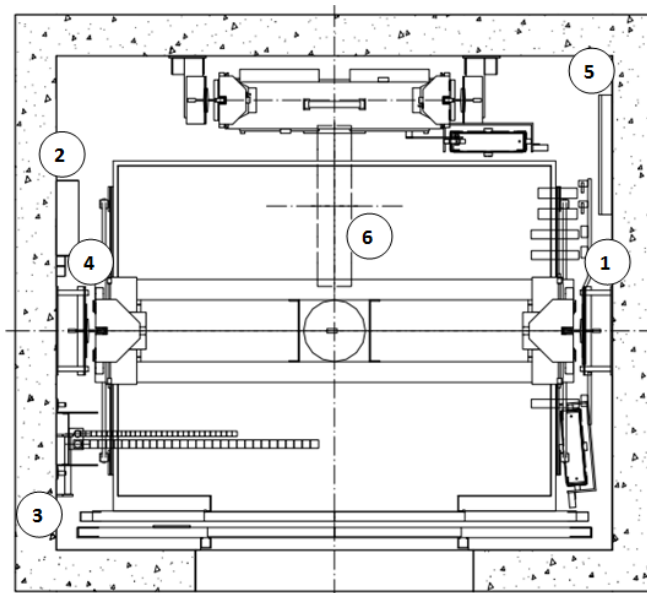
Kuva 8. Pohjapiirustuksen toinen vaihe.

Tässä vaiheessa hissien perusrunko on valmis. Jäljellä on vielä (kuva 9):

1. Korin kytkimet
2. Signalisaatiovahvistin (eng. Network module)
3. Kuilun tikkaat
4. Johdotukset, mielellään samalle puolelle kuin korin kytkimet
5. Kuilun valot
6. Jos tasausköysien kiristyspainoa tarvitaan, piirretään se kuilun pohjalle (lisätietoa SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 98).

Korin kytkimet voidaan paikoittaa molemmille puolille koria sekä ne voidaan kääntää 180 astetta pysty akseliin nähden. Signalisaatiovahvistimen paikoitus on yleensä johdelinjan läheisyydessä paikassa jonne se mahtuu. Jos korin johteiden kiinnikkeet ovat vahvistimen tiellä, voidaan sen puolta myös vaihtaa, sillä ehdolla, että johdotukset sijaitsevat samalla puolella.

Kuilun tikkaille on päästävä tason ovilta, joten maksimi etäisyydet on tarkastettava. Alimman tason korkeus kuilun lattiasta mitattuna vaikuttaa myös tikkaiden pituuteen. Jos montun korkeus on erittäin pieni, (alle 1 m) voidaan tikkaat jättää kokonaan pois. MiniSpace sovelluksissa kuitenkin pienet montut ovat harvinaisia.



Kuva 9. Pohjapiirustus valmiina.

Tässä vaiheessa on hyvä tarkastaa kaikki kertaalleen läpi. Yllä olevaan kuvaan täytyy lisätä vielä mitoitus, joista osa on erittäin tärkeitä:

- Kynnyslinjan mitta
- Oviaukkojen, korin ja kuilun mitat
- Vastapainon johteiden välinen etäisyys (eng. DBG)
- Korin johteiden välinen etäisyys
- Korin keskilinja kuilussa
- Onko vastapainon köyden kiinnityspiste keskellä vastapainoa
 - Jos ei ole, lisätään mitta
- Mitta koneiston vetopyörältä koneistoalustan väkipyörään.
 - Yleensä sama kuin korin kehyksen köysikiinnityspisteestä vastapainon köysikiinnityspisteelle oleva välimatka.
 - Jos mitta on lähellä jotain kokonaiskymmentä tai sataa, voidaan komponentteja tilanvarauksen puitteissa siirtää vastaamaan mieluummin tämänlaista mittalukua (vrt. 1189 ~1200).

Viimeistely tarjousvaiheen kuvanto löytyy liitteestä 1.

3.3.2 Pystyleikkaus takavastapainoiselle hissille

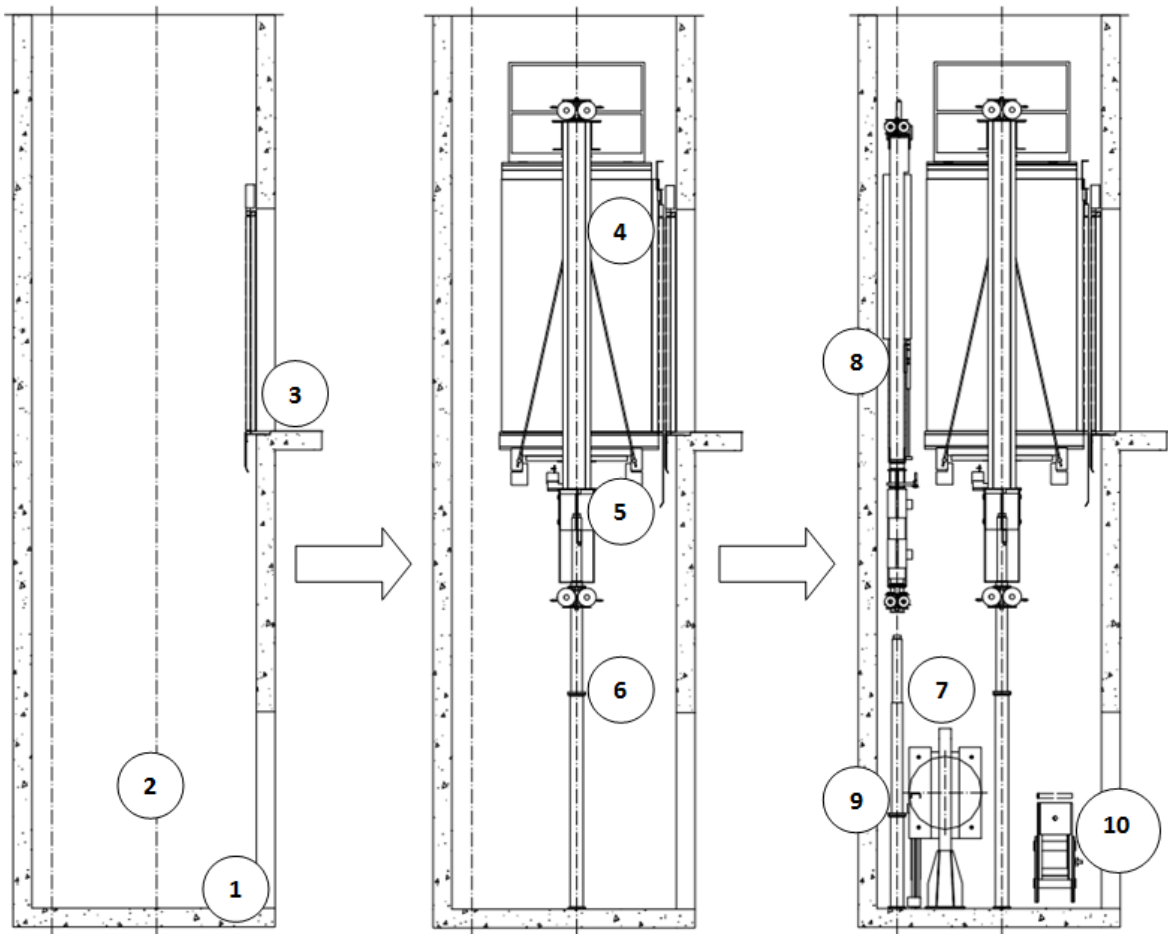
Jos edellisen kappaleen mukainen pohjapiirustus onnistui riittävien tilanvarauksien puitteissa, tiedetään että komponentit mahtuivat kuiluun. Nyt tarkasteltavaksi jää vielä pystysuunta. EN-81 standardi asettaa hissille minimi tilanvarauksia, joten on myös laskettava kuinka hissi käyttäytyy, jos vastapaino tai kori ajetaan puskureille. Hissikuilun yläosan tilanvarauksien laskennasta käytetään termiä hypyn laskenta. Laskelmien jälkeen kuilu sekä komponentit piirretään, jolloin nähdään, että mahtuuko suunniteltu hissi toimimaan korkeussuunnassa.

Piirtojärjestys alatilan pystyleikkaukselle (kuva 10):

1. Kuilu vakiona 200 mm seinämällä. (Piirrä myös montun ovi)
2. Johdelinjat pistekatkoviivalla korille sekä vastapainolle
3. Tason ovet ja kynnykset
4. Korin ovet sekä kori
5. Korin kehys (myös tarrain ja ohjaimet)

6. Korin puskuri(t) ja puskurin jatke(et)
7. Tasausköysien kiristyspaino
8. Vastapaino (myös tarrain ja ohjaimet)
9. Vastapainon puskuri(t) ja puskurin jatke(et)
10. Nopeuden rajoittimen kiristyspainot (eng. TW) korille (myös vastapaino, jos valittu tarrain).

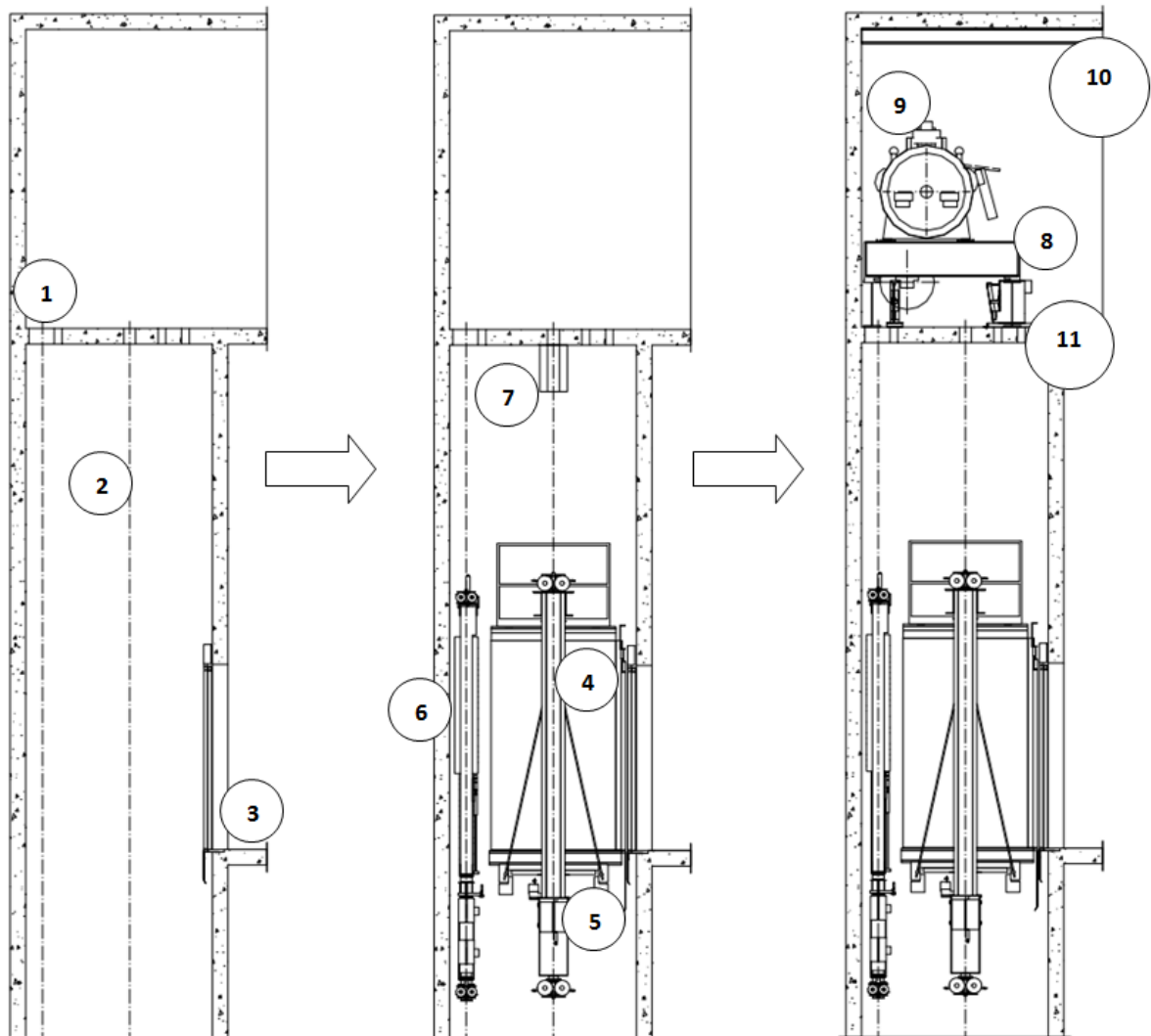
Pystyleikkaus piirretään kahdessa vaiheessa. Ensin piirretään kori alimmalle tasolle, jolloin tiedetään valittujen puskurien jatkeiden korkeudet ohiajo huomioon otettuna. Tämän jälkeen tutkitaan mahtuuko hissi ajamaan puskureille riittävillä turvaväleillä montussa ja varmistetaan, että vastapainon etäisyys kuilun kattoon on riittävä. Sama toistetaan ylätilan tarkastelulle, mutta toisinpäin. Nyt vastapaino ajetaan puskurille ja tutkitaan paljonko tyhjää tilaa jää korin katolta (huom. käsikaiteet) kuilun kattoon. Puskureille ajot sekä hypyt voidaan piirtää samaan kuvantoon osittaisina komponentteina, jolloin säästytään ylimääräisten kuvantojen piirtämiseltä. Ylä- ja alatilat joudutaan kuitenkin käytännön syistä piirtämään erikseen, sillä kuvannosta tulisi muuten liian pitkä korkeilla nostoilla.



Kuva 10. Alatilan pystyleikkaus.

Ylätilan piirtojärjestys (kuva 11):

1. Kuilu vakiona 200 mm seinämällä (Piirrä myös konehuone ja reiät köysille)
2. Johdelinjat pistekatkoviivalla korille sekä vastapainolle
3. Tason ovet ja kynnykset
4. Korin ovet sekä kori (käsikaiteineen)
5. Korin kehys (myös tarrain ja ohjaimet)
6. Vastapaino (myös tarrain ja ohjaimet)
7. Äänenvaimentimet (jos tarvitaan) (eng. Rope hole silencer)
8. Koneistoalusta + väkipyörä
9. Koneisto vetopyörineen
10. Koneiston nostopalkki
11. Nopeuden rajoittimet.



Kuva 11. Ylätilan pystyleikkaus.

Perusrunko ala- ja ylätila kuvannoille on nyt valmis. Jäljellä on vielä hypyn laskenta luvun 2.4.1 yhtälöitä hyväksi käyttäen, jonka jälkeen kuvantoihin voidaan lisätä hypänneet komponentit sekä puskureille ajot. Koska hissien nimellisa nopeus on yli 3.5 m/s, EN 81-1 standardi määrittää, että tasausköysien kiristyspainoa rajoittimella on käytettävä (SFS-EN 81-1/A1, 2006, s. 98). Kiristyspainon hyppy on tässä oletettu 280 mm.

Yhtälön 6 mukaan:

$$\frac{1}{2} \times 0.035 \times 4^2 = 0.28 \text{ m}$$

Yhtälön 8 mukaan:

$$\frac{1}{500} \times 250 \text{ m} + 0.28 \text{ m} = 0.78 \text{ m}$$

Näistä kahdesta arvosta valitaan suunnittelulle hissille edullisempi vaihtoehto eli tässä tapauksessa 0.28 m. Tasolla olevaan hissiin verrattuna kori ja vastapainon kokonaishyppy on yhtälön yhdeksän mukainen.

$$\text{hyppy} + \text{puskurin iskunpituus} + \text{ohiajo} \quad (9)$$

jossa, hyppy on edellä laskettu 0.28 m, puskurin iskunpituus 700 mm ja ohiajo 250 mm. Tästä edelleen sijoittamalla muuttujat yhtälöön yhdeksän saadaan

$$0.28\text{m} + 0.7\text{m} + 0.25\text{m} = 1.23\text{m}$$

Tämän verran siis kori tai vastapaino käy siis hypyn aikana korkeammalla, kuin mitä nyt kuvassa 11 on piirretty. Alatilan kuvantoihin tarvittavalle puskurille ajo taas saadaan yhtälön kymmenen mukaan

$$\text{puskurin iskunpituus} + \text{ohiajo} \quad (10)$$

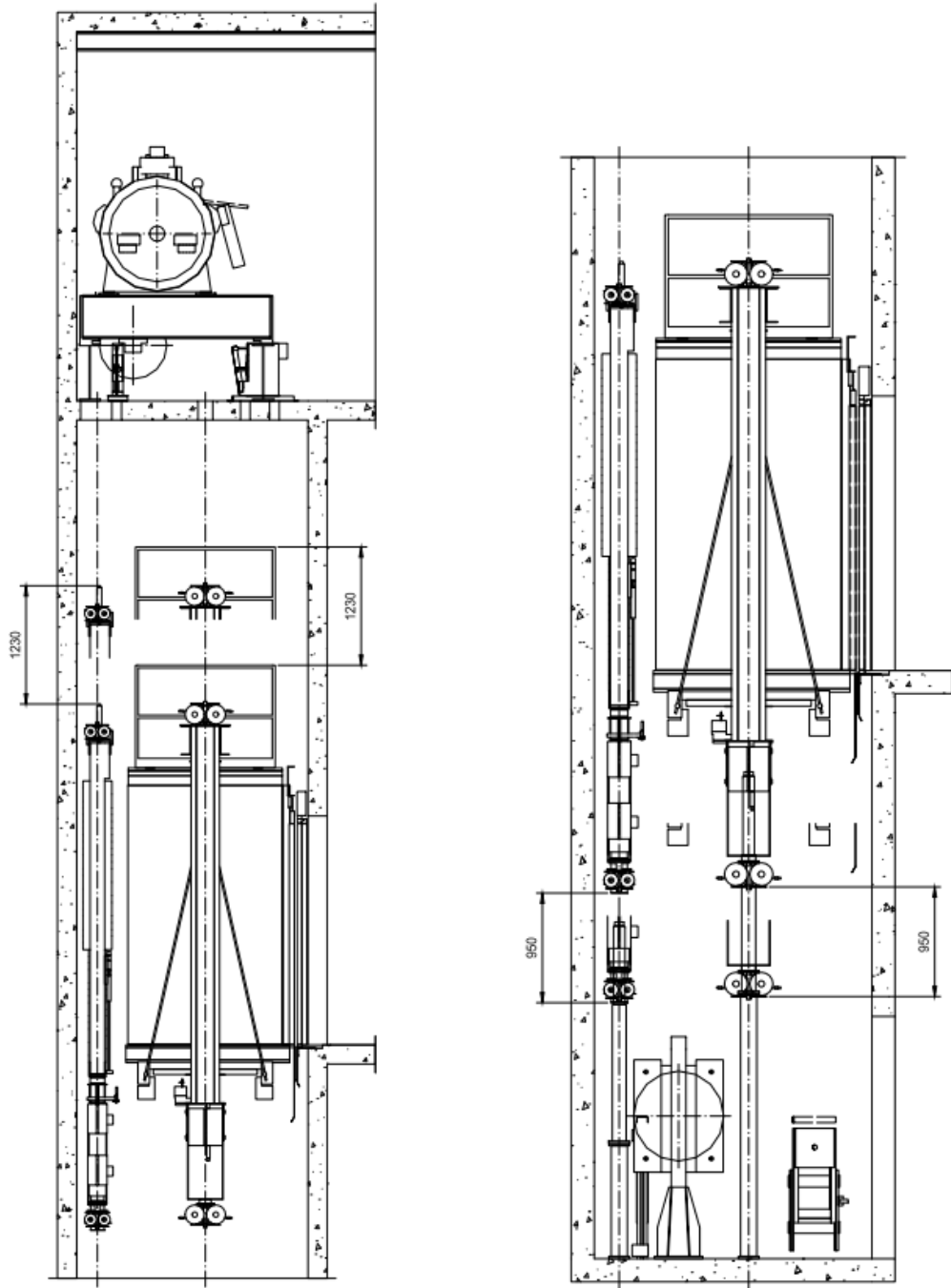
jossa, puskurin iskunpituus 700 mm ja ohiajo 250 mm. Nämä sijoittamalla saadaan

$$0.7\text{m} + 0.25\text{m} = 0.95\text{m}$$

Tämä on taas arvo, jonka verran alempana puskurille ajettaessa kori tai vastapaino käy. Alajä ylätila kuvannot yhdistettäessä (kuva 10 ja kuva 11) sekä hyppy- ja alatilavaraukset päivitettyinä saavat kuvannot muodon, kuten kuvassa 12 on esitetty. Se kuinka suuren osan alkuperäisestä komponentista piirtää puskuureille tai hypänneeksi on suunnittelijan valinta (EN-standardi täytettävä), mutta kuvannosta tulee käydä ilmi mahdolliset komponenttien törmäyskohdat ja etäisyydet toisiinsa.

Tässä vaiheessa on hyvä lisätä mitoitus ja tarkastaa, että ylä- ja alatila riittää hissisuunnitelmalle. Minimi etäisyydet, joista osa on mainittu luvussa 2.4.1, tulee näkyä lopullisessa kuvannossa. Tärkeitä mittoja mm:

- Ylätilan mitta ylimmän tason lattiasta kuilun kattoon
- Alatilan mitta alimman tason lattiasta kuilun pohjaan
- Hypänneen korin ylimmän komponentin etäisyys kuilun katosta tai alimpaan komponenttiin katossa
- Hypänneen vastapainon ylimmän komponentin etäisyys kuilun kattoon tai alimpaan komponenttiin katossa
- Puristuneiden puskuureiden päällä makaavan korin sekä vastapainon alatilan mitoitus
- Korin ja oviaukkojen raakakorkeudet.



Kuva 12. Pystyleikkaukset hyppyineen.

3.4 Hissin LO-suunnitelman tarkastus

Hissisuunnitelman valmistuttua suunnittelija käy sen läpi tarkastuslistan avulla. Tätä varten on verrattava tietoja ristiin lähtötietodokumentista, laskuista sekä piirustuksista. Jos tässä vaiheessa löytyy virheitä, laskut päivitetään ja piirustuksiin tehdään tarvittavat muutokset. Kaiken ollessa kunnossa suunnitelman tarkastaa vielä toinen layout-suunnittelija, mielellään kokeneempi, jolloin minimoidaan suunnitteluvirheiden riski. Isoissa projekteissa myös ulkoasuun on kiinnitettävä huomiota, jotta saataisiin ulkonäöllisesti samannäköisiä suunnitelmia siitäkin huolimatta, että suunnittelija on eri. Tässä tapauksessa projektin pääsuunnittelija voi antaa teknisiä sekä ulkoasullisia ohjeita.

Läpäistyn tarkastusprosessin jälkeen 2D piirtoformaattista tehdään vielä PDF (Portable Document Format) kuvat. Nämä kaikki tallennetaan Koneen tuotetiedonhallinta järjestelmään (eng. PDM) ja suunnittelutehtävä kuitataan tehdyksi.

4 LO-SUUNNITELMAN TARKASTELU

Valmiin layout-suunnitteluohjeen arvioiminen tulisi testata uusien suunnittelijoiden ryhmällä, jotta saataisiin kokeellista tietoa onko ohje tarpeeksi kattava ja havainnollinen. Käytännön syistä tämä ei ole mahdollista, joten tässä osiossa on pyritty keskittymään suunnitteluohjeen käytettävyyteen ja ongelmiin teoreettisesta näkökulmasta.

4.1 Suunnitelman käytettävyys ja epäkohdat

Tässä kandidaatin työssä esitetyn lo-suunnitteluohjeen tarkoituksena on toimia perehdytysmateriaalina ja täten kaikkia elementtejä, joita hissisuunnittelussa tarvitaan, ei ole voitu sisällyttää. Suunnitelmasta saa perusymmärryksen, kuinka hissin lo-suunnitelma muodostetaan ja mikä on yleinen toimintatapa. Vaikka suunnitelmasta puuttuu, kuinka esimerkiksi montun pohjapiirustus sekä konehuoneen kuvanto piirretään, on suunnitteluprosessin kulmakivet kuitenkin kuvattu riittävällä tarkkuudella. Asioiden pitäminen yksinkertaisena on johtanut myös siihen, että nosto- ja tasausköysistöt on jätetty piirtämättä kuvantojen selkeyden vuoksi. Näiden edellisten tietojen valossa tämä materiaali voisi olla esimerkiksi ensimmäinen dokumentti, josta aloittaa tutustumisen hissin lo-suunnitteluun. Tässä työssä ei ole keskitytty antamaan tietoa hissikomponenteista, vaan esitietovaatimuksena on oltava perusymmärrys hissistä ja sen komponenteista. Delfoi-menetelmällä tehty ensimmäinen suunnitteluohje oli lähellä asiantuntijoiden omaa näkemystä, jolloin korjaukset, jotka kierrosten välillä tehtiin, oli ainoastaan pieniä muutoseikkoja.

On myös hyvä ymmärtää, että hissidirektiivi pääasiallisesti määrää hissisuunnittelun suuntaviivat ja sen vaatimusten täyttäminen voidaan toteuttaa useilla eri standardeilla. Standardin määrityksissä on taas usein parametrikohdaisia vaihteluvälejä. Tämä voi aiheuttaa sekaannusta, sillä jos otetaan kolmen suunnittelijan suunnitelmat samoista lähtötiedoista, mitä todennäköisimmin jokaisessa on päädytty erilaiseen tekniseen ratkaisuun. Sama ongelma heijastuu myös suunnitelmien tarkastukseen. Tarkastuksessa ei voida käytännössä kuin todeta, että hissi on toimiva ottamatta kantaa siihen onko kyseessä optimaalisin ratkaisu.

4.2 LO-suunnittelun jatkokehitys

Kandidaatintyö aiheuttaa tiettyjä rajoituksia suunnitelman ohjeistuksen laajuuteen ja siihen, kuinka paljon yrityskohtaista tietoa halutaan esittää. Tästä johtuen välivaiheita esimerkiksi kuvantojen muodostamiseen saisi olla enemmän ja konehuoneen sekä montun pohjapiirustukset voisi lisätä. Delfoi-menetelmää voisi soveltaa myös laajemmalle asiantuntijaryhmälle ja yhteistyö voisi jatkua muidenkin Koneen osastojen kanssa. Näin saisi vielä tarkemman kuvan hissisuunnittelusta. Eräs työn rajoitus oli keskittyä pelkästään konehuoneelliseen hissiin, joten tulevaisuudessa myös konehuoneettomat ja esimerkiksi sivukonehuoneellisen hissin suunnitteluohje olisi hyvä tehdä. Myöskään mitoitus ei ole saanut tarpeeksi huomiota, sillä sen vaikutus lopullisessa suunnitelmassa on erittäin suuri.

Työtä kirjoittaessa uusi EN-81 standardi tekee tuloaan, jossa hydraulinen ja sähköinen hissi on yhdistetty saman standardin alle. Standardia on myös muokattu siten, että tekninen osio ja laskemat on jaettu kahteen osaan. Uudet standardit löytyvät nimillä EN 81-20 ja EN 81-50. Laskemat muun muassa hypyille tulevat muuttumaan. Koska näitä ei ole otettu vielä tässä työssä huomioon, on oltava tarkka, että näillä ohjeilla tehtyä suunnitelmaa käytetään ennen vuotta 2017.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Hissi ja hissin lo-suunnittelu on monimutkainen prosessi ja täten sen hallitseminen täydellisesti ilman ulkopuolista apua vie vuosia aikaa. Kun kyseessä on vielä Koneen niin sanottu ykkösnyrkki eli suurprojektien osasto, jossa tehdään kaikista vaikeimpia projekteja mittatilaustyönä asiakkaalle, on mahdotonta luoda rajatusta aiheesta materiaalia, jolla opettaa henkilö tekemään suunnittelua. Tätä kandidaatintyötä olisikin syytä lähestyä nimenomaan perehdytyksen näkökulmasta ja käyttää apuna uuden suunnittelijan opetuksessa. Perus hissitietämys on lähes välttämätöntä, vaikka luvussa 2.2 onkin lyhyesti esitelty vetopyörähissin toimintatapa. Uusien suunnittelijoiden perehdytystä ei helpota Koneella käytössä oleva valtava määrä ”finglish”-sanoja, joiden oppimiseen menee oma aikansa, termistön ollessa suuressa roolissa asioiden ymmärtämisessä.

Jatkokehityksenä tätä materiaalia voitaisiin jatkaa ja lisätä tarvittavia asioita, kuten konehuone kuvantojen ja montun kuvantojen muodostus, jotta kokonaisuus olisi ehjempi. Hissisuunnitelmat pohjautuvat pitkälle kuitenkin standardeihin ja tässä työssä esitelty EN81-1 standardi määrää suuren osan teknisistä ominaisuuksista. Tästäkin huolimatta suunnittelijoilla on varaa jättää suunnitelmiin oma käden jälki ja tämän takia suunnitelmien tarkastuksessa, sen optimaalisuutta ei ole usein aikaa tarkastella.

Delfoi-menetelmä osoittautui toimivaksi tutkimusmenetelmäksi tässä työssä. Aihealueen ollessa suuri, olisi parempi keskittyä myös pienempiin ongelmiin kerralla kuin kokonaiseen suunnitteluprosessiin. Näin tutkimustulokset olisivat tarkempia ja tarkkailuryhmän rooli pienempi vastausten tulkinnassa. Menetelmälle olisi myös käyttökohteita monissa muissakin ongelmakohtien ratkaisemisissa, sillä objektiivinen tutkiminen ja suuremman asiantuntijaryhmän käyttö voisi usein olla parempi ratkaisu kuin tunnepohjalta päätöksen teko.

LÄHDELUETTELO

Koneen hissiratkaisut. 2014. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2014. [Viitattu 13.11.2013]. Saatavissa: <http://www.kone.fi/hissit/hissiratkaisut/default.aspx>

Kone Jumplift brochure. 2010. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2010. [Viitattu 1.12.2014]. Saatavissa: http://cdn.kone.com/major_projects.kone.com/Images/brochure-kone-jumplift.pdf?v=1

Kone lyhyesti. 2014. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2014. [Viitattu 1.12.2014]. Saatavissa: <http://www.kone.com/fi/yhtio/kone-lyhyesti/?rdrsrc=/corporate/fi/yhtio/KONElyhyesti/Pages/default.aspx&rdrtrg=/fi/yhtio/kone-lyhyesti/>

Kone Media Library. 2012. [Digiatorin www-sivuilla]. Päivitetty 2012. [Viitattu 11.3.2013]. Saatavissa: <http://media.digtator.fi/digtator/public/082674ed13e8440f7894783084b0ac14/>

Kone Minispace. 2014. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2014. [Viitattu 19.1.2015]. Saatavissa: <http://www.kone.fi/hissit/hissiratkaisut/minispace/>

Kone MiniSpace brochure. 2012. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2012. [Viitattu 19.1.2015]. Saatavissa: <http://cdn.kone.com/www.kone.ae/en/Images/brochure-kone-elevator-minispace.pdf?v=2>

Kone Monospace brochure. 2008. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2008. [Viitattu 4.11.2013]. Saatavissa: <http://www.kone.com/countries/SiteCollectionDocuments/Brochures/KONE%20MonoSpace.pdf, 2008>

Kone References. 2012. [Kone Oyj:n www-sivuilla]. Päivitetty 2012. [Viitattu 1.12.2014]. Saatavissa: http://cdn.kone.com/major_projects.kone.com/Images/kone-reference-book-2012.pdf?v=1

Kone Transys brochure. 2004. [Specifierin www-sivuilla]. [Viitattu 3.12.2014]. Saatavissa: http://www.specifier.com.au/media/pdf/4/6/4/0/46491-2_O.pdf

Linstone, H.A & Turoff M. 2002. The Delphi Method: Techniques and Applications. [Viitattu 1.12.2014]. 618 s. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>

Malinen, J.. 2014. Vanhempi layout-suunnittelija. Haastattelut Kone Oyj:n tiloissa vuoden 2014 aikana. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Mälkki, J.. 2014. Suunnittelujohtaja. Haastattelut Kone Oyj:n tiloissa vuoden 2014 aikana. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

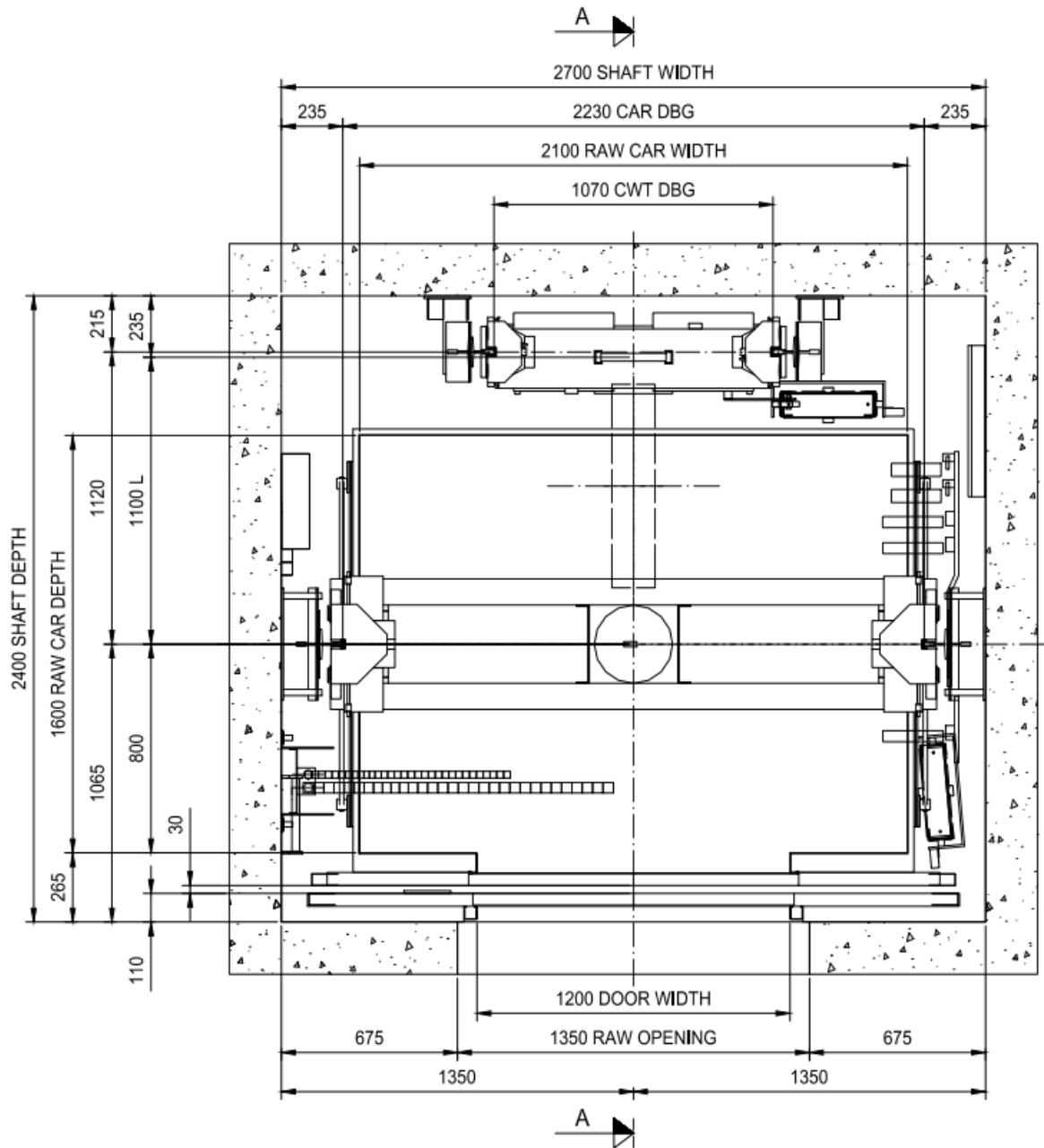
Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metalliteollisuuden kustannus Oy. 608 s.

Rakennustieto Oy. 2012. Hissin valinta, rakentaminen ja kunnossapito. Tampere: Tammerprint Oy.

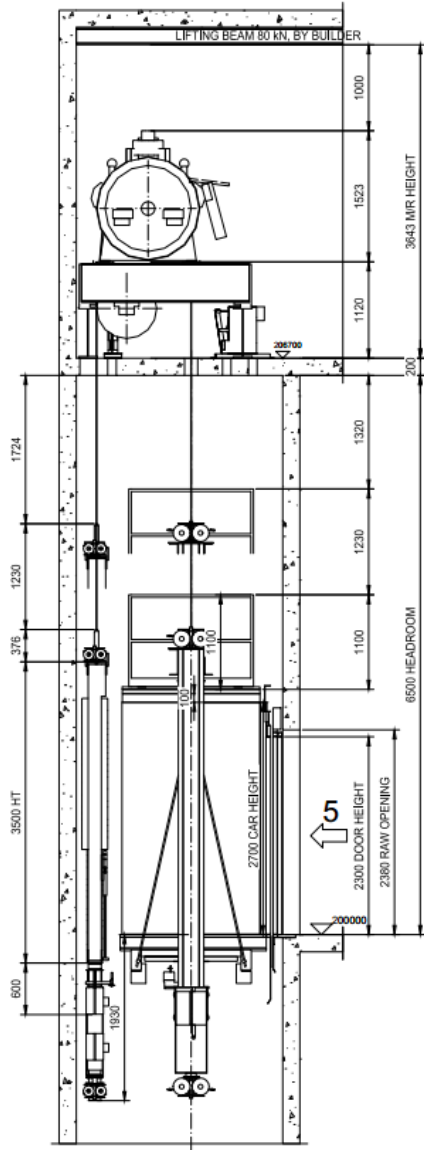
SFS-EN 81-1/A1. 2006. Hissien suunnittelua ja rakentamista koskevat turvallisuusohjeet. Osa 1: Sähkökäyttöiset hissit. 3 painos. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. 38 s. Standardi kumottu 1.7.2011.

The Future Build. 2010. [The Future build www-sivuilla]. Päivitetty 2010. [Viitattu 6.2.2014]. Saatavissa: <http://www.thefuturebuild.com/kone-middle-east-llc/kone-minispace/product-files/minispace.jpg>

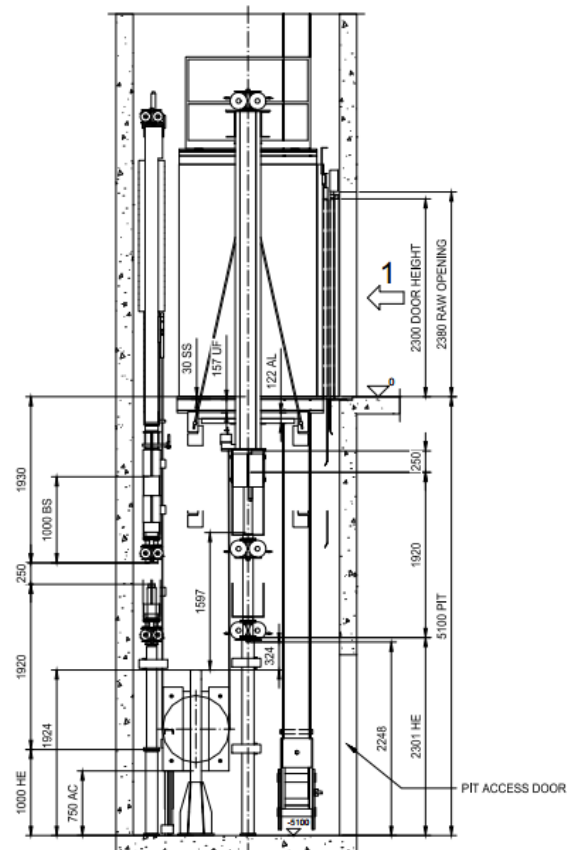
Pohjapiirustus, tarjousvaihe.



Pystyleikkaukset, tarjousvaihe.



SECTION A-A, HEADROOM (1:30)



SECTION A-A, PIT (1:30)