

Antti Lindsten

**Paikallavalurakenteiden laatu- ja
Doka-holvimuottijärjestelmien
soveltuvuusvertailu**

Insinööri

Rakennustekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Lindsten Antti

Työn nimi: Paikallavalurakenteiden laatu- ja Doka-holvimuottijärjestelmien soveltuvuusvertailu

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Asiasanat: muottityö, tukitelineet, muotit, paikallavalurakenteiden laatu, betonirakentaminen, holvi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on vertailla Doka Finland Oy:n kolmea holvimuottijärjestelmää neljässä erilaisessa holvityypissä. Opinnäytetyön tilaaja Doka Finland Oy on muottiteknologian kehittäjä, valmistaja ja jakelija. Yhtiö on kansainvälinen muottivalmistaja ja toiminut Suomessa yli 20 vuotta.

Tämän opinnäytetyön painopisteenä ovat myös erilaiset muottityypit sekä paikallavalurakenteiden laatuvaatimukset, joita käsittelem pääasiassa välipohjien kannalta. Työssä käydään yksityiskohtaisesti läpi erilaisia ohjeistuksia, joihin rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset käsikirja viittaa, sekä muottityöhön liittyviä työvaiheita ja turvallisuuden liittyviä asioita. Kaikki edellä mainitut ovat oleellisia osa-alueita, koska niitä noudattamalla työn lopputuloksesta saadaan halutunlainen ja alan standardien mukainen.

ABSTRACT

Author(s): Lindsten Antti

Title of the Publication: Quality of In-situ Structures and Suitability Comparison of Doka Finland Oy's Formwork Technology

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Keywords: formwork, slab, vault, construction, manufacture

The thesis was commissioned by Doka Finland Oy that is a developer, manufacturer and distributor of formwork technology. The company is a well-known international manufacturer and supplier of formwork and has functioned for more than 20 years in Finland. The main target of the thesis is comparing three case samples of the commissioner.

The primary focus of the thesis also concerns the general quality requirements and instructions of formwork technology in terms of material choices, working steps and safety, because they are all important elements that have a great impact on the outcome and its quality. The main target of this thesis is formwork technology concerning the intermediate slabs.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 MUOTIT.....	2
2.1 Vaakarakenteiden muotti, ”holvimuotit”.....	5
2.1.1 Paikalla tehty lauta- ja levymuottijärjestelmä	5
2.1.2 Holvikasettijärjestelmämuotti.....	6
2.1.3 Vakiopalkit ja muottilevy-järjestelmä	7
2.1.4 Pöytämuotti.....	8
2.1.5 Kannatinpalkkijärjestelmä	9
2.1.6 Tukitorni muottijärjestelmä	9
2.1.7 Palkkimuotit.....	10
2.2 Pystyrakenteiden muotit, ”seinämuotit”.....	12
2.2.1 Paikalla tehty lauta- ja levymuottijärjestelmät	13
2.2.2 Järjestelmämuotti.....	14
2.2.3 Pilarimuotti	14
2.2.4 Vakiopalkit ja muottilevyjärjestelmä	16
2.2.5 Lämmitettävä suurmuotti.....	17
2.2.6 Kaarevien seinien muotit.....	18
2.2.7 Muottisiteet, ”sidepultit”	19
2.3 Erytysmuotit	22
2.3.1 Kuorilaatat.....	22
2.3.2 Liittolaatat	22
2.3.3 Betonointi- eli muottiverkot.....	22
2.4 Muottipinta	23
3 HOLVIMUOTTIJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT OSA- ALUEET	25
3.1 Osapuolet ja tehtävät	26
3.2 Muottijärjestelmässä käytettävät materiaalit	27
3.2.1 Puu	28
3.2.2 Metallit	28
3.3 Rakenteiden suunnittelu, ”eurokoodi”	29
3.3.1 Kuormituksien suunnittelu.....	30
3.4 Muottijärjestelmän rakenteet ja niiden perustaminen	31

3.5 Turvallisuuskontrollointi	32
4 PAIKALLAVALURAKENTEIDEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET	33
4.1 Vaatimukset valmiille paikalla valetulle betonirakenteelle	34
4.1.1 Betonirakenteen sallitut mittapoikkeamat by 47	35
4.1.2 Betonilattioiden laatuvaatimukset by 45 mukaan	37
4.1.2.1 Suoruus ja tasaisuus.....	38
4.1.2.2 Kulutuskestävyys	41
4.1.3 Betonirakenteiden pinnan laatuvaatimukset by 40 mukaan	42
4.1.4 Betonirakenteiden halkeilu	46
4.2 Muottityö	50
4.2.1 Muottia vasten valetut pinnat.	50
4.2.2 Muottipintojen pintakäsittelyaineet	51
4.2.3 Lämmöneristelevyt.....	52
4.2.4 Reiät, varaukset sekä muottien tai raudoituksen osat.....	53
4.2.5 Liikunta- ja työsaumat.....	53
4.2.6 Muottien ja telineiden purkaminen	58
4.3 Raudoitus.....	59
4.4 Betonointi	63
4.4.1 Betonimassa	64
4.4.2 Valu ja tiivistys	66
4.4.3 Jälkihoito.....	71
5 HOLVIMUOTTIJÄRJESTELMIEN VERTAILU.....	73
5.1 Lähtötiedot	73
5.2 Muottijärjestelmät	74
5.2.1 Doka-palkit ja muottilevy	74
5.2.2 Dokaflex 1 – 2 – 4	75
5.2.3 Dokaflex Pöytä.....	79
5.2.4 Staxo 100 Tukitorni	80
5.2.5 Muottijärjestelmien vertailu.....	82
6 YHTEENVETO	84
LÄHTEET	85
LIITTEET	

Sanastoa

Betoni on materiaali, joka on valmistettu sekoittamalla sementtiä, karkeaa ja hienoa kiivainesta ja vettä ja mahdollisesti lisäaineita ja seosaineita ja jonka ominaisuuksien kehittyminen aiheutuu siitä, että sementti kovettuu (hydratoituu) veden avulla. [16, s. 197]

Betonipeite on raudoitusta suojaavan betonikerroksen paksuus. Betonipeitteen nimellisarvo on betonipeitteen vähimmäisarvon ja sallitun mittapoikkeaman summa. Betonipeitteen nimellisarvoa käytetään rakenteen ja raudoituksen mittoja valittaessa, vähimmäisarvona käytetään halkeamaleveyttä laskettaessa. Betonipeitteen vähimmäisarvo ei saa alittua valmiissa rakenteessa. [16, s. 197]

Esivalmisteisia telineosia ovat semmoiset toistuvaan käyttöön tarkoitetut osat, joista teline kootaan niihin pääasiallista pysyvästi kiinnitettyjen liitoskappaleiden avulla. [19, s. 8]

Jälkihoitoa ovat betonoinnin jälkeen suoritettavat toimenpiteet betonin lujuuden ja muiden ominaisuuksien saavuttamiseksi. [16, s. 198]

Lisäaine on materiaali jota lisätään betonia sekoittaessa sementin massaan verrattuna pieniä määriä betonimassan tai kovettuneen betonin ominaisuuksien muuttamiseksi. [16, s. 200]

Lujuusluokka on tietyn nimellislajuuden omaava betonin merkintä. [16, s. 200]

Muottien pääasiallinen tehtävä on kannattaa ja tukea betonimassaa sen kovettumisen ajan sekä antaa rakenteelle suunniteltu asema ja muoto. [19, s. 7]

Ryl käsikirjat käsittelevät rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia [1]

Tukiteline, tukirakenne, apurakenne on väliaikainen rakenne, jonka pääasiallisena tehtävänä on rakenteilla olevan tai jo valmiin rakenteen työnaikainen tukeminen. [19, s. 7]

Työsauma on rakenteen kohta, josta betonointia jatketaan vasta betonin kovetuttua. [16, s. 201]

Työteline on henkilöiden työskentelyalustaksi ja/tai kulkutiekseksi koottu väliaikainen rakenne, joka tulee olla esitettynä myös tukitelineiden suunnitelmien yhteydessä. Tällaisia ovat esimerkiksi tikkaat, portaat ja suojakaiteet. [19, s. 8]

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä paikalla valurakenteiden laatuohjeisiin sekä verrata työn tilaajan kolmen eri holvimuottijärjestelmän soveltuvuuksia neljässä erilaisessa holvityypissä. Työn olen jakanut neljään pääosaan. Ensimmäisessä osassa perehdytään yleisesti muottijärjestelmiin tai niin sanottuihin muottityyppeihin. Toisessa osassa tutustutaan muottijärjestelmäsuunnittelussa huomioitaviin asioihin. Kolmannessa osiossa keskitytään betonirakentamisen laatuohjeisiin, jotka on tässä opinnäytetyössä rajattu koskemaan holvimuottijärjestelmillä tehtyjä holvilaattoja varten. Neljännessä osiossa perehdytään työn tilaajan kolmeen holvimuottijärjestelmään sekä tehdään niistä vertailuja annetuille holvityypeille.

Tämä opinnäytetyö avaa enimmäkseen paikallavalurakenteiden laatuun vaikuttavia tekijöitä, asetuksia ja ohjeita. Työtä voidaan hyödyntää käytännössä toteutettaessa laadukkaita betonirakenteita. Sen soveltamisessa tulee huomioida, että rakenteiden kannattamiseen tarkoitetut telineet ja muotit tulee suunnitella ja tehdä aina tapauskohtaisesti. Työn tilaajana toimii Doka Finland Oy, joka on muottiteknologian valmistaja sekä jakelija. Se siis suunnittelee ja tarjoaa asiakkailleen erilaisia muottijärjestelmiä ympäri maailmaa ja on toiminut Suomessa yli 20 vuotta.

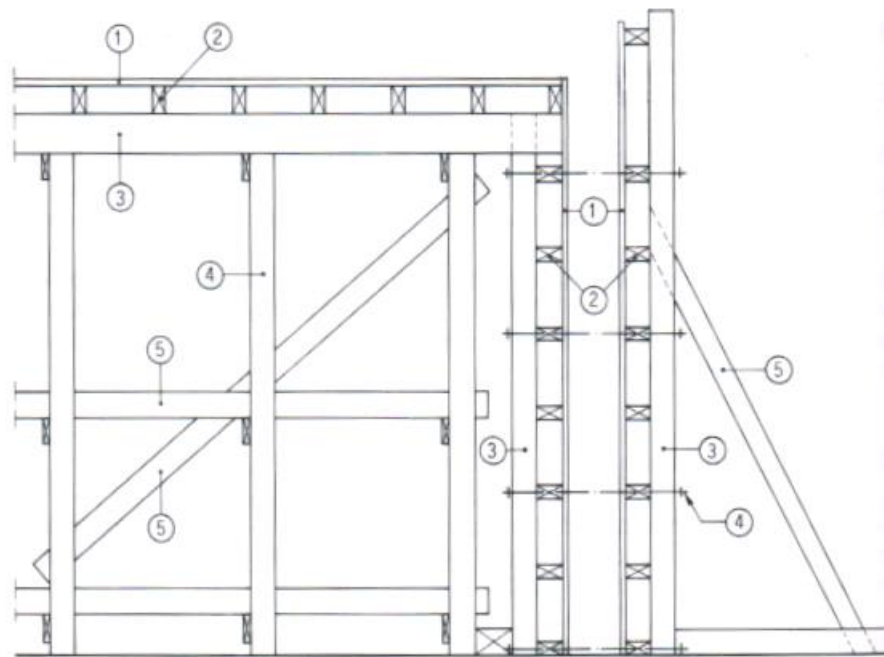
2 MUOTIT

Muotin pääasiallinen tehtävä on kannattaa ja tukea betonimassaa sen kovettumisen ajan ja antaa rakenteelle suunniteltu asema ja muoto, jotka täyttävät valmiin rakenteen mittatarkkuusvaatimukset, jotka käsitellään tarkemmin luvussa 4.1.1, sekä pinnan laatuvaatimukset, jotka käsitellään luvussa 4.1.2.[19, s. 92] Suunnittelussa pitää myös huomioida, että muotti vastaanottaa siihen kohdistuvat kuormitukset ja siirtää ne alla oleville rakenteille. [2, s. 211]

Esivalmisteisia muotteja käytettäessä noudatetaan muottikaluston valmistajan tai maahantuojan ohjeita muun muassa käsittelystä, hoidosta ja varastoinnista. Lisäksi noudatetaan RIL 147 – 2006-ohjeessa esitettyjä yleisiä periaatteita. [19, s. 92]

Muottien ja tukirakenteiden suunnittelu poikkeaa muiden puu- ja teräsrakenteiden suunnittelusta. Ne ovat väliaikaisia rakenteita, joten ne on voitava purkaa, sekä niiden muodonmuutoksilla, erityisesti taipumilla, on rakenteen ulkonäön vuoksi suuri merkitys. [2, s. 231]

Muotit voidaan käyttötapsansa perusteella jakaa kolmeen tyyppiin, jotka ovat vaakarakenteiden muotit, pystyrakenteiden muotit ja erityismuotit. Vaakamuotin pääasiallinen kuormitus koostuu betonimassan sekä työntekijöiden ja betonoimiskaluston painosta. Vaakarakenteiden muoteilla tehdään esim. sillan kannet ja holvit. Pystymuoteilla tehdään esim. seinät ja pilarit, ja näissä suurin kuormitus muottiin tapahtuu pääosin valupaineena, jonka suuruus riippuu mm. muotin korkeudesta, valunopeudesta, massan notkeudesta ja lämpötilasta, valukerroksen korkeudesta ja tärytyksen tehosta. Kuva 1 havainnollistaa periaatetta vaaka- ja pystymuottien rakenteista. [19, s. 92] [2, s. 215, 232]

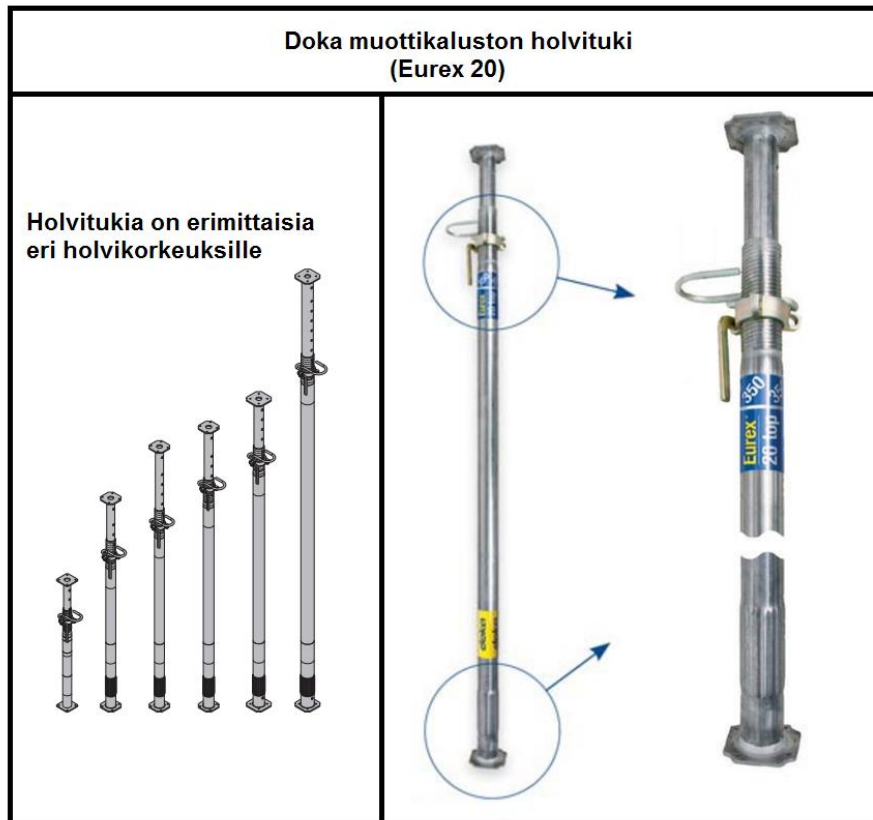


Numero	Vaakamuotti	Pystymuotti
1	muottipinta	muottipinta
2	koolaus	vaaka- ja pystykoolaus
3	niskapalkit	juoksut (pysty- tai vaakasuuntaiset)
4	pystytuet	muottisiteet
5	vino- ja vaakasiteet	muottituet

Kuva 1. Pysty- ja vaakamuotin rakenteita [2, s. 212]

Kuvassa 1 on kappaletavarasta koottu muotti. Ero esivalmisteisia osia käytettäessä ei ole suuri, sillä ne eivät poikkea kyseisen kuvan rakenteista merkittävästi, vaan rakenneratkaisut on toteutettu hieman eri tavalla. Esimerkiksi kuvassa 2 on esivalmisteisia holvitukia, joita voidaan säätää karkeasti teleskooppirakenteen reikien avulla ja hienosäätää kiertämällä. Toisena esimerkkinä on kuvassa 3 niin sanottuja kasetteja, jotka ovat esivalmisteisiä muotteja, jossa muottipinta on kiinnitettyä runkomaiseen rakenteeseen muodostaen näin kiinteän valmisosan eli kasetin. Kasettimuotit ovat käytössä sekä vaaka- että pystyrakenteiden muoteissa

Muottirakenteita voidaan toteuttaa lukemattomilla eri tavoilla ja mahdollisesti yhdistelemällä toisiin muottijärjestelmiin valmisosista kappaletavaraan, mutta suunnitteluun ja toteutukseen tulee kiinnittää aina huomiota.



Kuva 2. Esivalmisteinen holvituki. [5] [9]



Kuva 3. Kasettimuotit. Vasemmalla kuvassa holvikasettimuotteja, jotka tuettuna holvituilla. Oikealla kuvassa on järjestelmämuotin kaseteista koottuja pystyrakenteiden muotteja, jotka tuettu vinotuilla. [10] [11]

Seuraavissa alaotsikoissa tutustun yksityiskohtaisemmin kolmeen muottityyppiin, mutta koska muottipinnat liittyvät kaikkiin oleellisesti, käsittelen niitä myös erikseen luvussa 2.4.

2.1 Vaakarakenteiden muotti, ”holvimuotit”

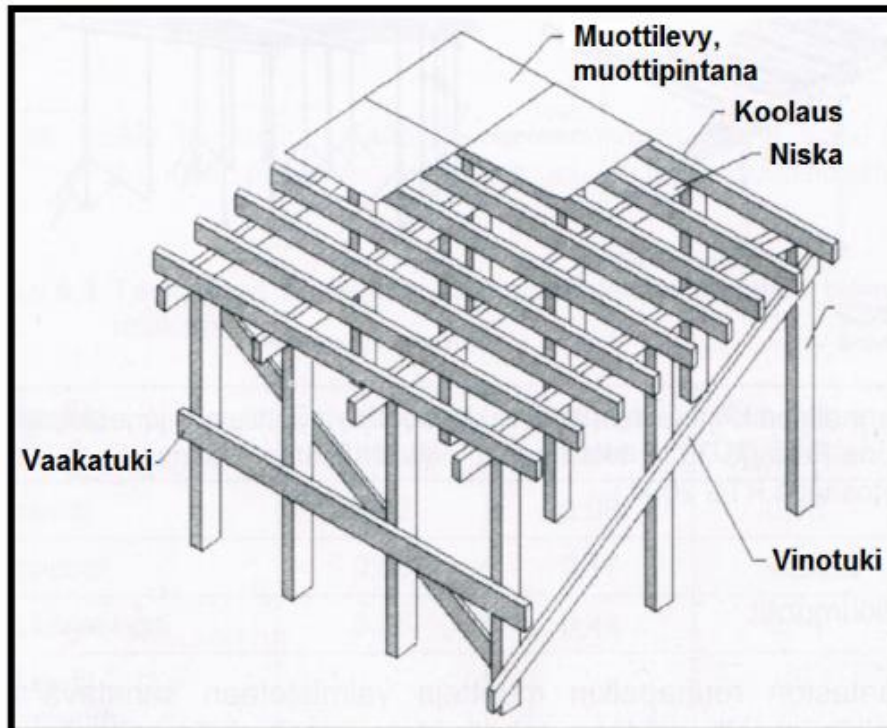
Holvimuottien pääosat ovat muottipinta ja tukirakenne, joka koostuu yleensä holvituista tai tukitorneista sekä näiden päälle asennettavista niskoista ja koolauksesta. Tukirakenteissa käytetään pääosin puuta, terästä tai alumiinia. Holvimuottijärjestelmät eroavat toisistaan paljon ja siksi seuraavissa alaotsikoissa tutustutaan erilaisiin holvimuotteihin.

2.1.1 Paikalla tehty lauta- ja levymuottijärjestelmä

Paikalla tehtyt lauta- ja levymuottijärjestelmät tehdään paikan päällä puutavarasta, jolla tarkoitetaan yleensä laudasta (22x100 mm²), kakkosnelosesta (50x100 mm²) tai paksumasta puutavarasta sekä vanerista tai puulevyistä naulaamalla koottua muottia. Muotin tukirakenteissa saatetaan käyttää myös terästä. Kyseisen muottijärjestelmän tunnusmerkkejä on tarvikkeiden työstö pystytyksen aikana ja muotin purku tapahtuu yksin kappalein. Purkaessa tavaraa menee hukkaan rikkoutumisen vuoksi, mikä johtaa usein myös siihen, että puutavara on kertakäyttöistä. Vaativissa kohteissa lauta- ja levymuottityö vaatii hyvää kirvesmiestaitoa. [2, s. 215, 216]

Lauta- ja levymuottijärjestelmä soveltuu hyvin kaikenlaisiin rakennuksiin ja rakenteisiin ja erityisesti kohteisiin, joissa ei ole toistuvuutta. Joissakin kohteissa käytetään myös arkkitehtonisista syistä lauta- ja levymuottijärjestelmää, jolla saadaan elävöitettyä betonipintaa, esimerkiksi siltojen kannet on usein tehty lautamuottipintaisina. Kappaletavarasta tehtyjä muotteja käytettäessä muotit ja niiden tukirakenteet tulee mitoittaa tapauskohtaisesti. [2, s. 215, 216]

Edellä mainitut asiat tässä osiossa pätevät pysty- että vaakarakenteiden paikalla tehtyihin lauta- ja levymuottijärjestelmiin.



Kuva 4. Levypintainen holvimuotti. [2, s. 225]

2.1.2 Holvikasettijärjestelmämuotti

Holvin kasettimuotit kootaan yleensä holvitukien varaan. Kasettimuotin osat ovat: kasetit, holvituet sekä mahdolliset liitososat ja jäykisteet. Holvikasetit ovat yleensä alumiinirunkoisia ja muottipintana on vaneri tai monikerrospuulevy. [2, s. 224]

Holvikasettijärjestelmä soveltuu mataliin tuentoihin ja tasavahvoihin suoriin laattoihin. Sitä voidaan helposti muunnella, mutta on eduksi, jos rakennuksen mitat noudattavat moduulijärjestelmää, sillä kasettimuotit ovat määrämittäisiä. Käsien asennettavat holvikasetit ovat hyvä vaihtoehto työmaille, joissa nostokalustoa on käytettävissä rajoitetusti. Järjestelmä soveltuu hyvin esimerkiksi monitoimiyökunnille ja nopeaan muottikiertoon, jolloin muottisuunnittelun on oltava huolellista. [2, s. 224] [17, s. 27] [19, s. 92]

Kuvassa 3 on Dokan Dokadek 30-holvikasettijärjestelmämuotti

2.1.3 Vakiopalkit ja muottilevy-järjestelmä

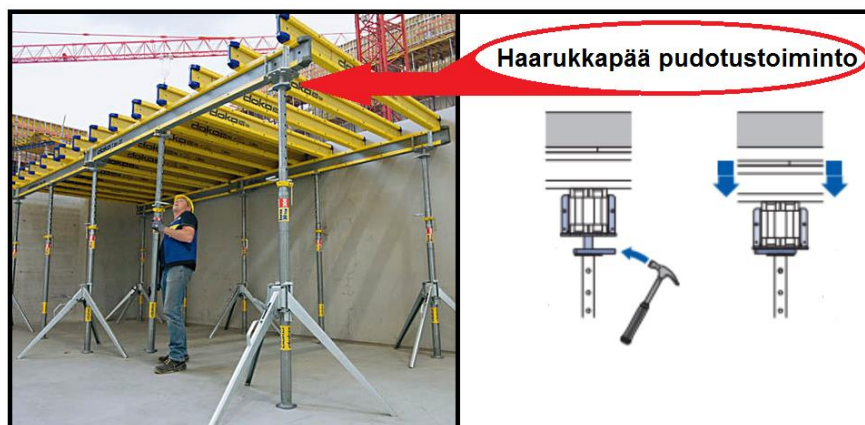
Järjestelmän tuenta muodostuu holvitukiin teräs- tai alumiinivalmisteisista sekä näiden päälle asennettavista vakiopalkkeista, jotka ovat puuristikko-, levyuumaisia puupalkkeja tai alumiinipalkkeja. Vakiopuupalkkeihin kuuluu yleensä lisävarustuksena palkkituet, joilla normaalikokoisten palkkien muotitus ja erityisesti niiden purku käy nopeasti ja materiaali säästävästi, joita esittelen luvussa 2.1.7. [2, s. 226]

Järjestelmä soveltuu erityisesti monimuotoisiin ja kaikenkokoisiin holveihin sekä kohteisiin, joissa on vain muutamia käyttökertoja tai työmaille, joissa nostokapasiteettia on vähän käytettävissä. Kyseinen muottijärjestelmä on helppo asennettava ja työvoimavaltainen. [2, s. 226]

Vakiopalkit ja muottilevyjärjestelmä muistuttaa menetelmänä paikalla kappalepuutavaraista tehtyä holvimuottia, mutta muottiosien suuri kapasiteetti ja lisäosien käytännöllisyys tekevät menetelmästä joustavan ja monipuolisen holvimuottijärjestelmän. Muottipinta valitaan kohteen laatuvaatimusten mukaan, mutta yleensä muottipintana käytetään muottivanereita tai monikerrospuulevyjä. Järjestelmä on monimuotoisten holvien joustava ja muunneltava muottiratkaisu. [17, s. 27]

Vakiopalkit-muottijärjestelmän purku tapahtuu erilaisten kuljetus- tai varastointikehiköiden päälle, jotka siirretään taas seuraavaan valukohteeseen koottavaksi.

Kuvassa 5 on Dokan vakiopalkit ja muottilevyjärjestelmä, jossa pääholvituissa käytetään pudotustoiminnalla varustettua holvitukea, joka helpottaa purkamista, tekee siitä turvallisempaa ja vähentää näin myös kalustovaurioita. Kyseinen järjestelmä on yksi työn tilaajan holvimuottijärjestelmistä. Siihen tutustutaan tarkemmin lisää luvussa 5.2.2.



Kuva 5 Dokaflex 1–2–4-holvimuottijärjestelmä. [6, s. 11] [21]

2.1.4 Pöytämuotti

Pöytämuotti on holvivaluun tarkoitettu, koneellisesti siirrettävä muotti, jonka koko ja muoto voidaan mitoittaa kohteen vaatimuksiin sopivaksi. Sen yläpuoliset rakenteet niskat, koolaus ja muottipinta rakennetaan kiinteäksi pöydäksi, johon sitten liitetään tukijalat. Pöytämuotin muottipinta valitaan kohteen laatuvaatimusten mukaan, jonka alla koolauksena on joko sahatavara, vakiopuu- tai alumiinipalkit. Niskat ovat teräs- tai puupalkkeja ja niiden tehtävänä on siirtää kuormat pöytämuotin tukijaloille eli holvituille. Pöytämuotti ei yleensä tarvitse vinotukia, jolloin sen alapuolella mahtuu työskentelemään, mutta holvitukia saatetaan joutua lisäämään tarvittaessa, riippuen holvin paksuuden aiheuttamasta kuormituksesta ja korkeita laatuvaatimuksia toteutettaessa taipumia vastaan. Taittuvilla tai irrotettavilla tukijaloilla varustetun pöytämuotin voi siirtää seuraavaan valukohteeseen esimerkiksi ikkuna-aukon kautta nostohaarukan avulla. [2, s. 223]

Pöytämuotin käyttö edellyttää useita toistuvia käyttökertoja ensikasauksen suhteellisen suuresta työmäärästä johtuen, mutta kun kohdekohtainen pöytämuotti on rakennettu, niin nopeutuu muottikierto ja työvoiman tarve vähenee paljon. Sen etuna on, että suuria pintoja tehdessä, jälkityön tarve on vähäinen. Käyttö vaatii huolella tehdyt muotinkiertosuunnitelmat. [17, s. 28] [2, s. 223]

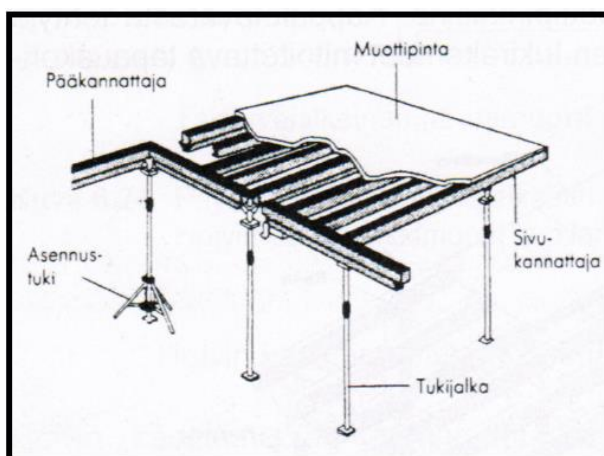
Kuvassa 6 on Dokan pöytämuotti ja kaksi eri tapaa siirtää sitä. Vasemmalla kuvassa on siirtovaunu ja siihen liitettävä ajokoneisto, jonka avulla voidaan pöytämuottia siirtää kerroksessa. Oikealla kuvassa on nostohaarukka, jonka avulla pöytämuottia voidaan siirtää eri kerrokseen. Siirto eri kerrokseen voitaisiin toteuttaa myös nostoliinoilla tai tavarahissillä. Kyseinen järjestelmä on yksi työn tilaajan holvimuottijärjestelmistä, johon tutustutaan tarkemmin lisää luvussa 5.2.3.



Kuva 6. Pöytämuotti. [4, s. 25, 26]

2.1.5 Kannatinpalkkijärjestelmä

Kannatinpalkkijärjestelmä muistuttaa hieman vakiopalkit ja muottilevyjärjestelmää, mutta siinä ei ole koolausta niskojen päällä erikseen, vaan koolaus tulee samaan tasoon kiinnittyen pääkannattajiin ns. sivukannattajina. Hieman harvinaisempi valmisosajärjestelmä nykypäivänä, jossa yleensä on teräksiset/alumiiniset tukijalat ja alumiiniset pää- ja sivukannattajat. Muottipinta pystytään valitsemaan kohteen vaatimusten mukaan. Systemaattinen, helppo ja kevyt järjestelmä, joka on asennettavissa myös pienempiin kohteisiin. [2, s. 226] [19, s. 93]



Kuva 7. Kannatinpalkkijärjestelmä. [2, s. 226]

2.1.6 Tukitorni muottijärjestelmä

Tukitornit ovat esivalmisteisista rakenneosista koottavia ristikko- ja kehärakenteita, jotka liitetään toisiinsa tavallisesti tappi- tai kiilaliitoksilla. Tukitornin pääosia ovat pystykehä, vinositeet, vaakasiteet, vaakavinositeet ja säädettävät ala- ja yläpäät. [19, s. 64]

Ala- ja yläpäiden avulla voidaan hienosäätää haluttua holvikorkeutta. Lisäksi pystykehän korkeuksilla voidaan myös vaikuttaa haluttuun holvikorkeuteen. Säätöyläpäiden päälle tulee ylärakenteeksi niskat ja koolaus sekä haluttu muottipinta. Ylärakenteet kootaan yleensä vakiopalkit ja muottilevyjärjestelmän mukaisella tavalla tai mahdollisesti voidaan myös koota pöytämuotin tapaan pöytä ja nostaa se yläpäiden päälle. Tukitornien kantavuus verrattuna muihin valmisosaholvimuottijärjestelmiin on yleensä huomattavasti suurempi ja korotettavien tukirakenteiden avulla pystytään toteuttamaan kymmeniäkin metrejä korkeita tukirakenteita.

Tukitornijärjestelmästä ei löydy selkeään ja havainnolliseen kuvaukseen yleistä tietoa kovinkaan paljon, mikä osittain johtuu varmasti siitä, että sen muunneltavuus ja rakennemalli saattaa olla hyvinkin erilaisia eri muottikaluston valmistajilla. Kuvassa 8 on Dokan tukitornimuottijärjestelmä. Kyseinen järjestelmämalli on yksi työn tilaajan holvimuottijärjestelmistä, johon tutustutaan tarkemmin lisää luvussa 5.2.4.



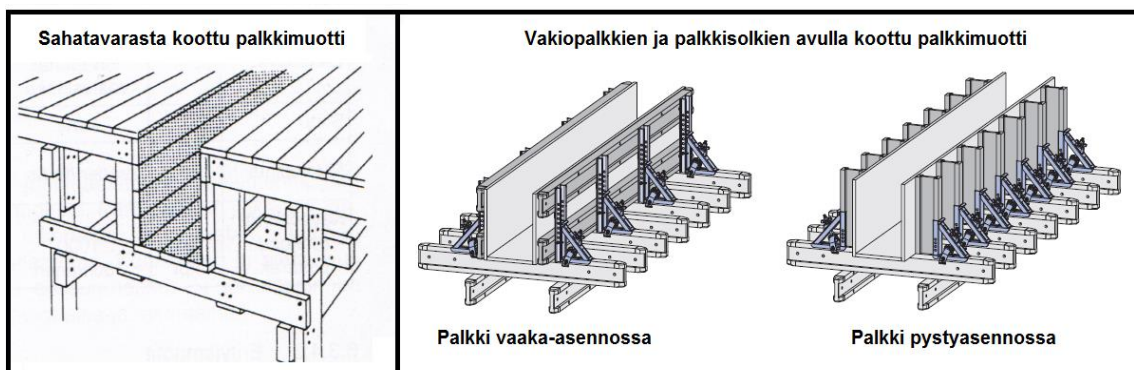
Kuva 8 Dokan tukitornimuottijärjestelmä. [8, s. 8]

Torniyksiköiden siirto voidaan toteuttaa nosturilla, trukilla, siirtopyörillä tai siirtovaunutyypisillä välineillä riippuen tietenkin muottikaluston valmistajasta.

2.1.7 Palkkimuotit

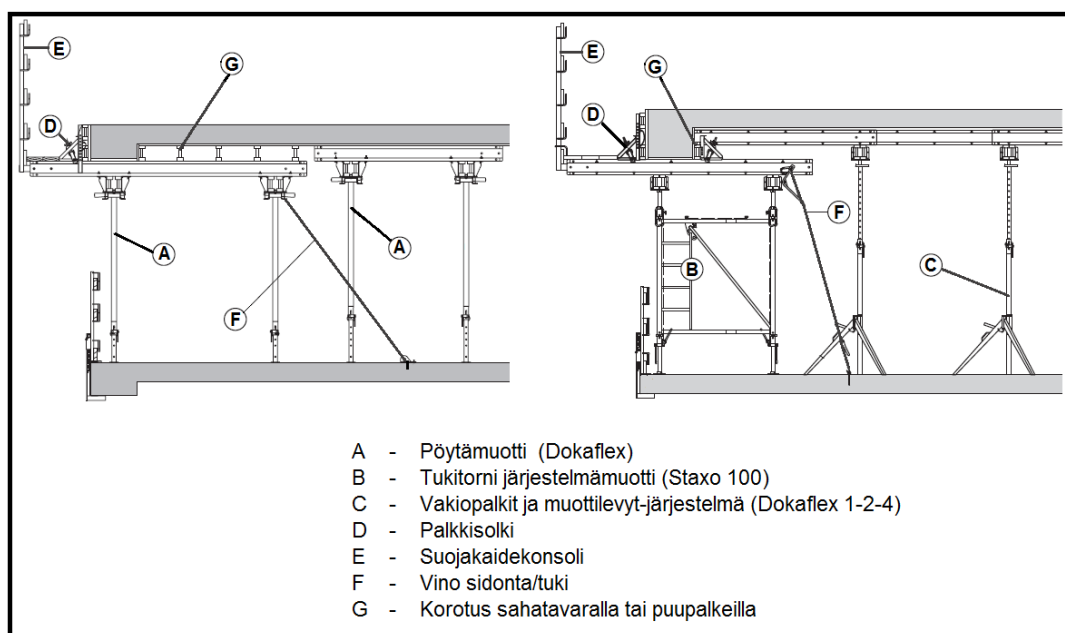
Palkin muotti voidaan tehdä irtotavarasta työmaalla tai käyttää kiinteämittaista valmismuottikalustoa. Holvimuottijärjestelmiin liittyvillä palkkimuoteilla voidaan palkin ja holvin betonointi tehdä samanaikaisesti, mutta erityisesti massiiviset palkit valetaan usein ennen holvin valua. [2, s. 226, 227]

Kuvassa 9 on vasemmalla sahatavasta tehty palkkimuotti ja oikealla Dokan kaksi erilaista palkkimuottimallia, joissa vakio-palkit tuetaan palkkisoljen avulla.



Kuva 9. Palkkimuotit. [2, s. 227] [6, s. 14]

Muottikalustonvalmistajasta riippuen saattavat erilaiset muottijärjestelmät pystyä liittämään toisiinsa ja palkkienkin toteutukseen löytyy monia erilaisia vaihtoehtoja. Kuvassa 10 on esimerkkinä Dokan kaksi erilaista reunapalkin toteutustapaa.



Kuva 10. Pohjautuu Dokaflex käyttäjätietoa ohjeisiin. Vasemmalla kuvassa on pöytämuotilla toteutettu reunapalkki. Oikealla kuvassa on tukitornijärjestelmän avulla toteutettu reunapalkki, joka on kiinnittyneenä vakio-palkit ja muottilevyt järjestelmään. [6, s. 22]

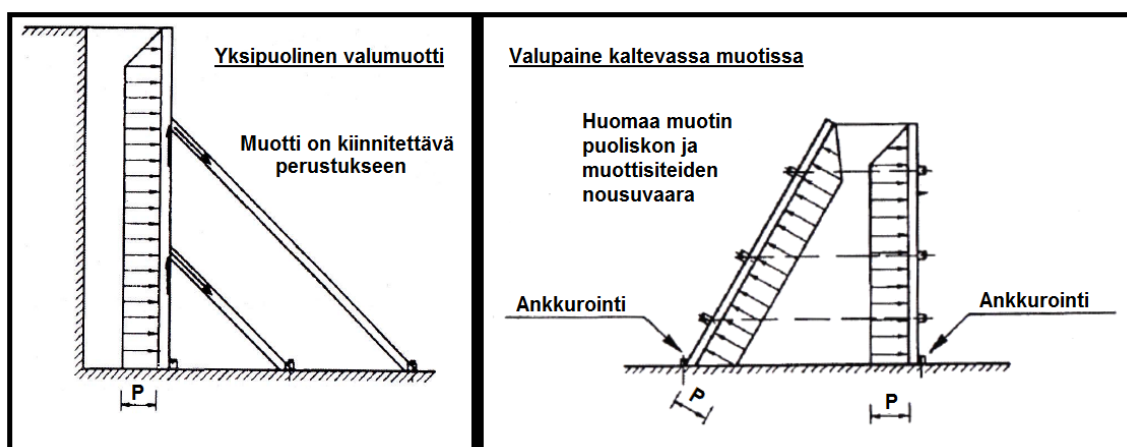
2.2 Pystyrakenteiden muotit, "seinämuotit"

Seinämuotin pääosat ovat muottipinta, koolaus, juoksut, tuet ja muottisiteet. [19, s. 93]

Koolausvälin määrää pääasiassa valupaine, mutta myös vaaditut mittatarkkuusvaatimukset ja pinnan laatuvaatimukset saattavat vaikuttaa siihen. Seinämuotit tuetaan niin, että niillä on riittävä varmuus kaatumista ja liukumista vastaan kaikissa rakennusvaiheissa. [19, s. 93, 94]

Vinotukien tehtävä kaksipuoleisissa muoteissa, joissa valupaine otetaan muottisiteillä, on ulkoisten voimien kuten tuulivoimien vastaanottaminen. Yksipuolisissa muoteissa vinotuet mitoitetaan myös valupaineelle, kuva 11. Tällöin vaakavoimat aiheuttavat muottiin vinotuennasta johtuen nostavan voiman, minkä vuoksi muotti on mahdollisesti ankkuroitava alustaansa. Esimerkiksi kalliota vastaan valettaessa vinotuet voidaan korvata kallioon ankkuroitavilla pulteilla. [19, s. 94]

Tukien kiinnitys tehdään sellaiseksi, että muotti ei pääse siirtymään valun aikana. [19, s. 94]



Kuva 11. Vasemmalla kuvassa on yksipuolinen valumuotti esimerkiksi valmista rakennetta, kalliota tai ponttiseinää vasten. Oikealla kuvassa on valupaine kaltevassa muotissa. [19, s. 94]

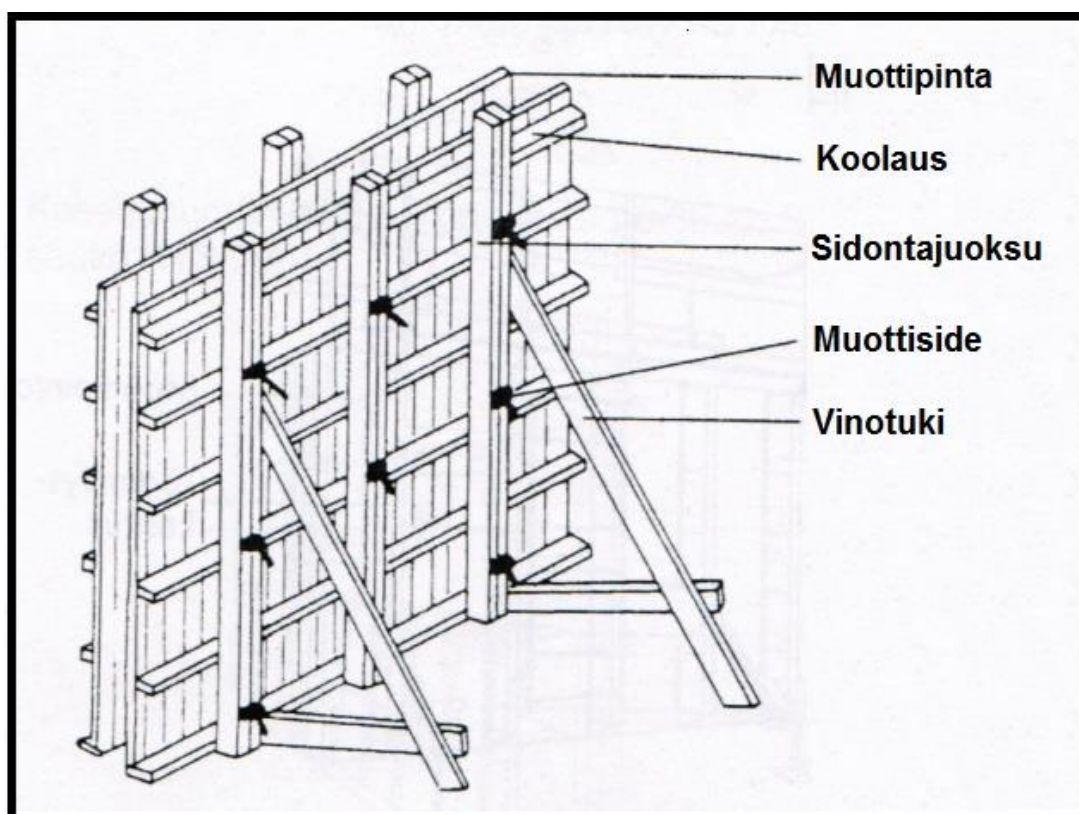
Koska valupaine vaikuttaa aina kohtisuoraan muottipintaa vastaan, on siitä kalteviin pintoihin ja varauksiin mahdollisesti aiheutuva nostava voima otettava huomioon suunnittelussa. Kuvan 11 Valupaine kaltevassa muotissa mukaisesti on ankkurointi tehtävä alustaansa erityisesti kaltevalta puolelta, minkä lisäksi muottisiteiden ja koolauksen liukuminen ylöspäin on estettävä. [19, s. 94]

Kaltevaan muotin pintaan kohdistuvan valupaineen suuruus (pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa) on sama kuin pystysuorassa pinnassa samalla korkeudella, kuva 11. [19, s. 94]

Pystyrakenteiden muotit eroavat toisistaan paljon ja siksi seuraavissa alaotsikoissa tutustutaan niihin yleisesti. Muottisiteet ovat yksi pääosa pystyrakenteiden muoteissa, siksi käsittelem sen erikseen luvussa 2.2.7.

2.2.1 Paikalla tehty lauta- ja levymuottijärjestelmät

Pysty- tai vaakarakenteessa paikalla tehdyissä lauta- ja levymuoteissa ei periaatteessa yleisesti ottaen tuotteen kuvauksessa ole muuta eroa kuin erilainen rakenne ja kuormitusmalli, sekä tietenkin korkeissa seinä- ja perustusmuoteissa käytettävät muottisiteet. Siksi tässä nyt viitataan katsomaan aiemmin mainittuun vaakarakenteiden luvussa 2.1.1 paikalla tehdyn lauta- ja levymuottijärjestelmän kuvaukseen. [2, s. 215]



Kuva 12. Sahatavarasta tehty seinämuotti. [2, s. 215]

2.2.2 Järjestelmämuotti

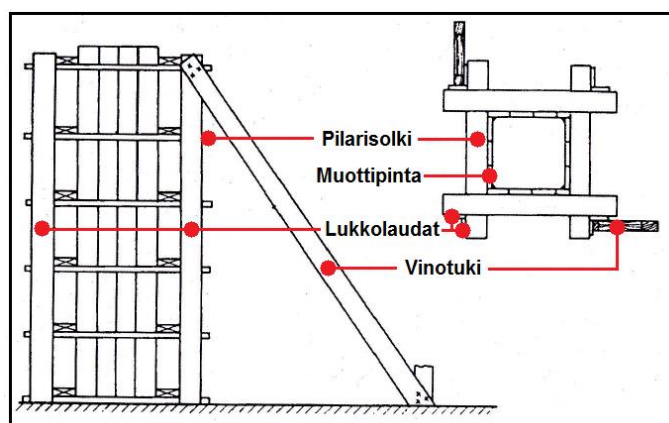
Järjestelmämuotit ovat esivalmisteisia ja määrämittäisiä kasetteja, jotka kiinnitetään toisiinsa jäykistävillä vakiokiinnikkeillä, tuetaan vinotuilla sekä valupaine otetaan vastaan muottisiteillä. Järjestelmämuotit voidaan jakaa kahteen osaan: kevyet ja ”tavalliset” järjestelmämuotit, joissa erona on se, että kevyitä voidaan siirrellä käsin. Kevyitä järjestelmämuotteja on kutsuttu myös kevytmuottikasettijärjestelmäksi. Järjestelmämuotin kasetit ovat yleensä alumiini- tai teräsrunkoisia ja muottipintana on teräs, vaneri tai monikerros-puulevy. [17, s. 25] [2, s. 201]

Järjestelmämuottien suunnittelussa ja toteutuksessa on huomioitava käytettävät kasettikoot. Tarvittaessa apuna voidaan käyttää muottikaistoja, jotka ovat yleisiä toteutettaessa kaarevia seiniä, katso luku 2.2.6. Järjestelmämuotit sopivat sekä selkeisiin ja suoriin että monimuotoisiin rakenteisiin. Järjestelmämuoteilla voidaan toteuttaa yleensä myös suorakulmaisia pilareita mutta niiden mahdollinen toteutus kannattaa varmistaa aina muotin toimittajalta.

Kuvassa 3 on Dokan Frami Xlife-järjestelmämuotti.

2.2.3 Pilarimuotti

Pilarimuotit suunnitellaan samojen periaatteiden mukaan kuin seinämuotit. Pilarimuotilla valupaine otetaan vastaan pilarisoljilla, joten muottisiteitä ei yleensä tarvita. Kuvassa 13 pilarimuotin koolaus ja muottisiteet on yhdistetty yhdeksi pilarisoljeksi. Pilarisolki tehdään pilarin poikkileikkauksen muotoiseksi ja sen eri osat liitetään toisiinsa niin, että niissä ei pääse tapahtumaan haitallisia siirtymiä. [19, s. 97]



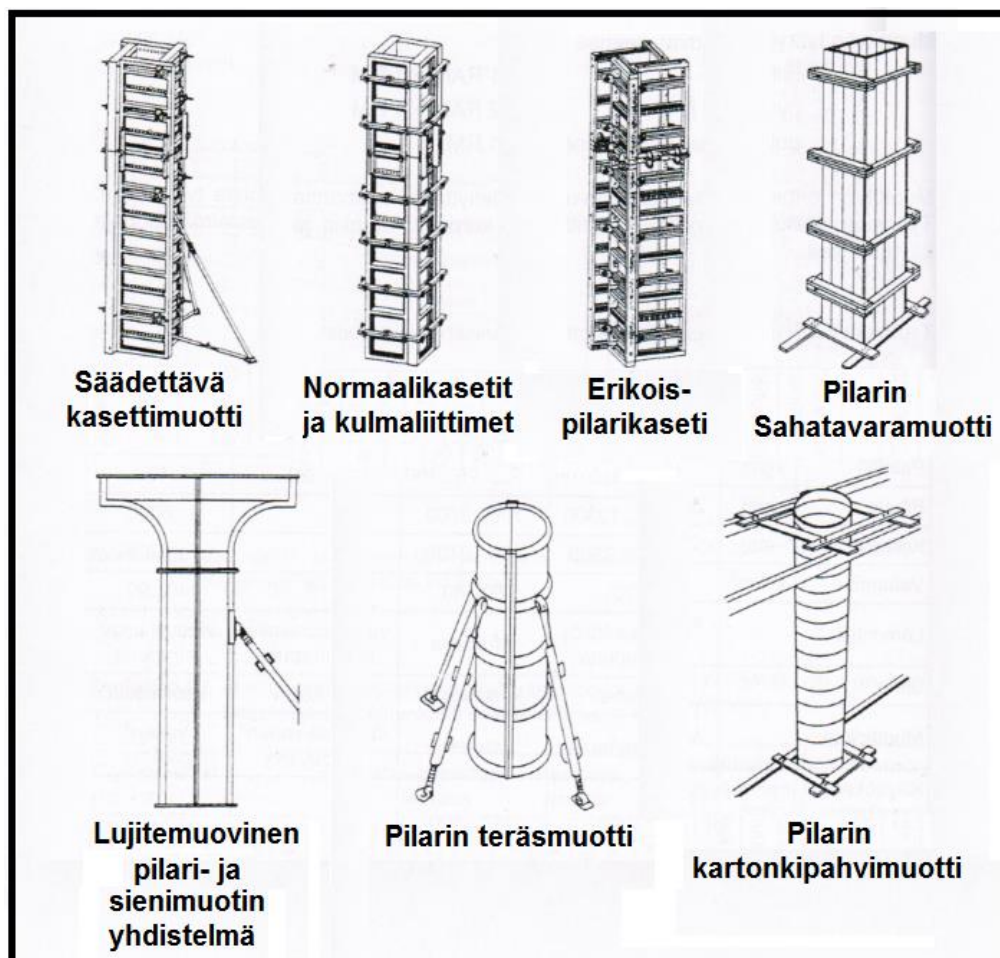
Kuva 13. Pilarimuotin pääosat

Solkiväli määräytyy valupaineen perusteella [19, s. 97].

Pilarimuotti tuetaan kokonaisstabiilisuuden saavuttamiseksi kahdella toisiaan vastaan mahdollisimman kohtisuorassa suunnassa olevalla tuella, esimerkiksi vinotuilla kuten kuvassa 13 [19, s. 97].

Pilarimuottina voidaan käyttää myös esivalmisteisista osista koottuja kalustomuotteja, joiden runkomateriaalina on alumiini tai teräs. Lujitemuovista kohdekohtaiseksi tehdyt pilarimuotit edellyttävät muotilta yleensä useita käyttökertoja. [19, s. 97]

Pilarimuotteja valmistetaan teräksestä, lujitemuovista, vanerista ja sahatavarasta sekä kertakäyttömuotteja pahvista. Suorakaidepilarien muotit tehdään kaseteista, vakiopalkeista, muottilevyistä tai laudasta. Pyöreiden pilareiden muotit ovat terästä, lujitemuovia, vaneria tai pahvia. [2, s. 221]



Kuva 14. Erilaisia pilarimuotteja [2, s. 222]

2.2.4 Vakiopalkit ja muottilevyjärjestelmä

Vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmässä käytetään yleensä juoksuina teräspalkkeja ja niihin kiinnitetään koolaukseksi vaneriuumaisia puupalkkeja, puuristikoita, teräspalkkeja tai alumiinipalkkeja. Muottipintana käytetään tavallisesti vaneria tai kolmikerroslevyjä. [2, s. 219]

Vakiopalkit ja muottilevyt -järjestelmä eroaa järjestelmämuotista siten, että esivalmisteisista vakio-osista tehdään muotti, jota voidaan myös tarvittaessa modifioida. Eli käytännössä voidaan tehdä esimerkiksi kasettimainen muotti, jolla tarvittaessa myös kaarevuutta tai muuta muotoilua toisin kuin järjestelmämuoteissa kasetit ovat kiinteitä laatikkomaisia eikä muokattavissa. Muotit toimitetaan koottuna tai kootaan paikan päällä vakio-osista.



Kuva 15. Dokan koottava suurmuotti Top tec 100 [3]

2.2.5 Lämmitettävä suurmuotti

Yleisesti puhuttaessa suurmuotista tarkoitetaan sillä tavanomaisesta seinämuotista kokonsa puolesta suurempaa nosturilla nostettavaa kokonaisuutta. Käytännössä suurmuotti voi olla siis koottu esimerkiksi vakiopalkit ja muottilevyt-tyyliin kuten kuvassa 15. Tässä luvussa kuitenkin käsitellään lämmitettävää suurmuotia, joka on eristetty ja varustettu lämmitysjärjestelmällä.

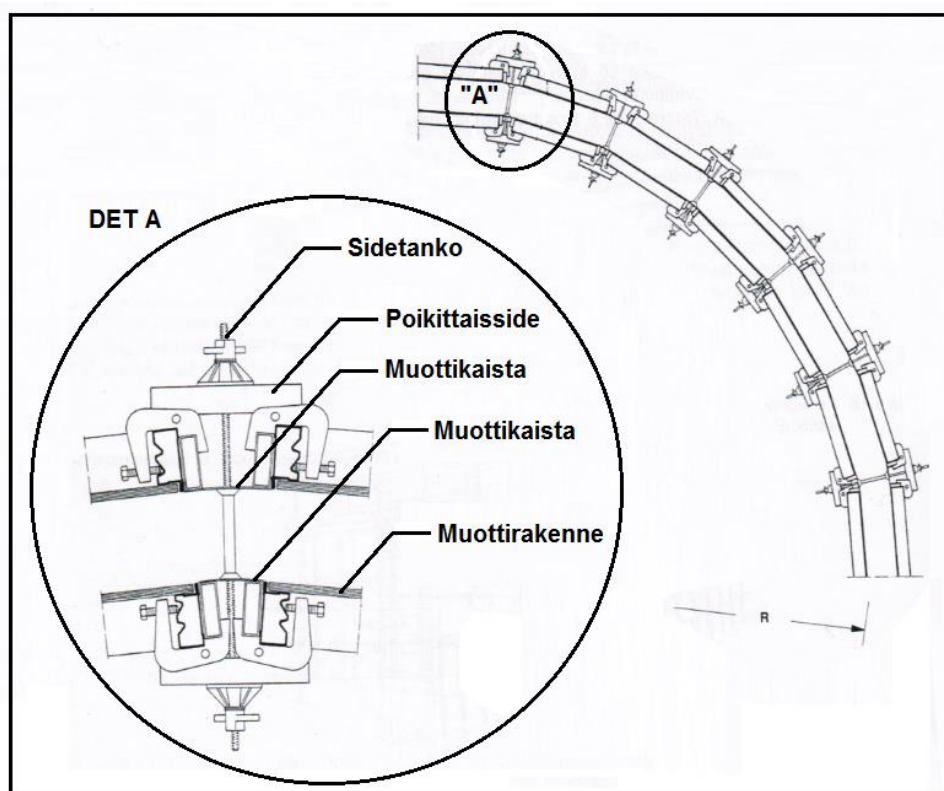
Lämmitettävä suurmuotti on kasattu kahdesta muotin puoliskosta seinän korkuiseksi muotiksi. Muottipuoliskot kiinnitetään toisiinsa sidepulteilla muotin ylä- ja alaosista, ja näin olleen siteiden jättämä jälki on harva ja säännöllinen. Muotit ovat teräsrunkoisia ja muottipinta on yleensä vanerista, monikerroslevystä tai mahdollisesti jopa teräksestä. Lämmitettävä suurmuotti on mahdollista korottaa kasettimuoteilla, ja ne voidaan myös mahdollisesti liittää järjestelmämuottiin kuten kuvassa 16. Soveltuu hyvin selkeisiin rakenteisiin, joissa on toistuvuutta, koska muottikierto on nopea ja työvoiman tarve vähäinen. [2, s. 216] [17, s. 25]



Kuva 16. Dokan sähkölämmitteinen suurmuotti Xlife, joka on liitettynä Dokan Frami Xlife-järjestelmämuotin kasettiin. [12]

2.2.6 Kaarevien seinien muotit

Kaarevat pinnat ovat muottiteknisesti edullisia toteuttaa murtoviivana, kuvassa 17 periaatekuva. Muotiksi soveltuvat useat eri järjestelmämuottien vaihtoehdot. Kasettileveys toteutetaan siten, että poikkeama pyöreystä on mahdollisimman pieni ja kasettien välissä käytetään kaariadapteria tai puusovitetta. Murtoviivamuotista jää kasetin levyinen murtokuvio ja sovitteen jälki betonipintaan. [17, s. 26]



Kuva 17. Järjestelmämuotti kaarevana murtoviivamuottina [2, s. 218]



Kuva 18. Järjestelmämuotin avulla toteutettu kaareva seinä, jossa kasettien välissä on puusovitekiilat. [13]

Täysin pyöreät muotit voivat olla kohdekohtaisia vakiopalkkimuotteja, kohdetta varten valmistettuja teräsmuotteja tai säätövanteilla varustettuja vakiopalkkimuotteja. Teräsmuotteissa myös muottipinta on teräslevyä. Vakiopalkkimuotin pintamateriaali valitaan kohteen laatuvaatimusten mukaan, jolloin vaativienkin betonipintojen toteuttaminen on mahdollista. Säätövanteilla varustetuissa vakiopalkkimuotteissa muottipinta on taipuvaa vaneria. [17, s. 27]

2.2.7 Muottisiteet, ”sidepultit”

Korkeissa seinä- ja perustusmuoteissa käytetään muotin läpi meneviä siteitä ja/tai ulkopuolisia solkia. Muottisiteet mitoitetaan valupaineen mukaan ja ne tulisi asettaa mahdollisimman kohtisuoraan muottipintaa vasten, jotta ei pääsisi tapahtumaan haitallisia siirtymiä. [2, s. 215] [19, s. 95—97]

Muottisiteinä käytetään pyöröterästankoja (S235JRG2 tai S355JO) tai alumiinitankoa (AW 6082). Myös ruostumattomasta teräksestä valmistettuja muottisiteitä voidaan käyt-

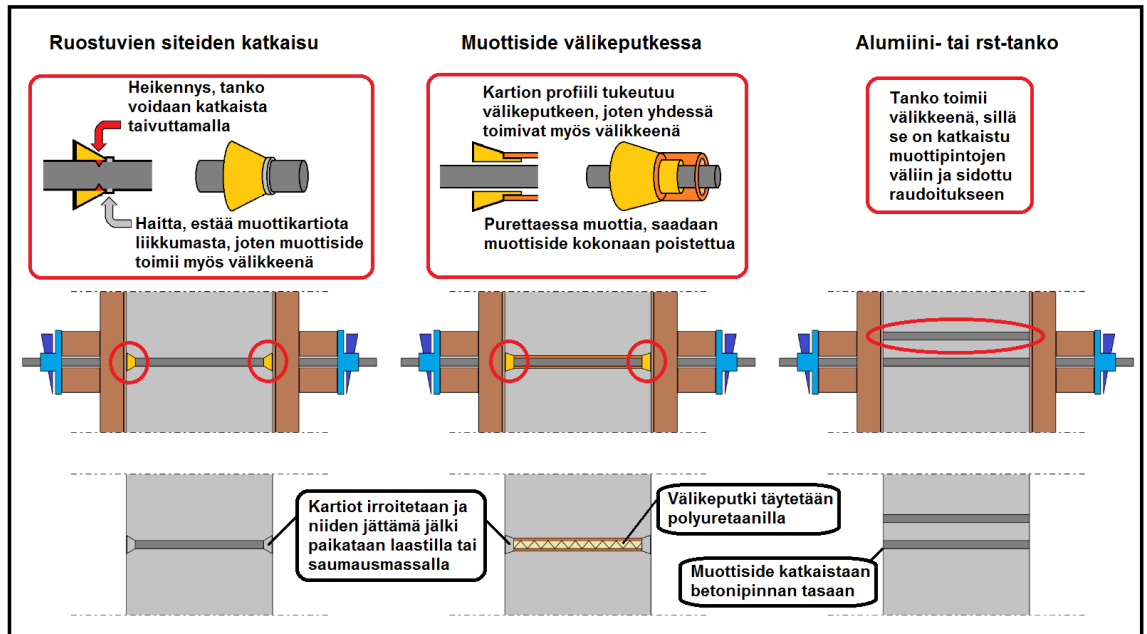
tää. Vesitiiviiden rakenteiden siteiden tulee olla tiivistyskauluksella varustettuja. Kalustomuottien kanssa käytetään yleisesti esivalmisteisia, uudelleen käytettäviä muottisiteitä, kuten DYWIDAG-tankoja, jotka asennetaan suojaputkiin, jolloin tangot ovat poistettavissa muotin purun yhteydessä. Välikeputki/suojaputki on materiaaliltaan muovia tai kuitubetonia, jonka päissä käytetään yleensä kartioita. Saman rakenteen muottisiteissä käytetään vain yhtä materiaalia. Siteinä ei saa käyttää raudoituksen sidelankoja. [19, s. 96, 97] [17, s. 28]

Muottisiteitä poistettaessa ei saa vahingoittaa betonipintaa. Poistetun siteen jättämä jälki paikataan, ellei suunnitelmissa ole muuta edellytetty. Käytettäessä esim. alumiini- tai rst-tankoja muottisiteenä tapahtuu katkaisu yleensä vain betonipinnan tasaan. Ruostuvia siteitä käytettäessä RIL 147-2006 mukaan: siteet katkaistaan suojaetäisyyden etäisyydeltä betonipinnasta ja kolo paikataan, kun taas betonipinnat teoksen by 40 ohjeiden mukaan: muottisiteiden tulee olla katkaistavissa vähintään 15 mm:n etäisyydeltä betonipinnoista, jotta kolo voidaan suojata laastilla korroosioita vastaan. Suojaetäisyydellä tarkoitetaan betoninpeitettä, jonka arvo riippuu mm. suunnitellusta käyttöiästä ja betonirakenteen rasi- tusluokasta, jonka vähimmäisarvo löytyy teoksesta Betoninormit by 50. [19, s. 97] [17, s. 28, 29] [16, s. 75]

Jälkipaikkaus jää näkyviin pinnan poikkeavuutena, joten niiden rakenteeseen jättämiä reikiä tulisi hyödyntää betonipinnan arkkitehtuurissa. Niitä saatetaan arkkitehtonisista syistä johtuen merkitä myös piirustuksiin, jolloin ne sijoitetaan sopivassa suhteessa muottilevyihin ja niiden saumoihin. Käyttämällä kartiomaista laajennusosaa muottisidereiän ulostulokohdassa saadaan aikaan siisti pintakokonaisuus. Elleivät muottisiteet itsessään muodosta haluttua symmetriaa tai kuviointia, muottipintaan voidaan kiinnittää kartioita muodostamaan muottisidejälki. [17, s. 28, 29] [16, s. 75]

Muottipuoliskojen väliin asetettavilla välikkeillä säädetään valulle sopiva paksuus. Välikkeinä käytetään mm. kuitubetoni- ja muoviputkia, alumiini- tai rst-teräsprofiilia. Välikkeinä käytettävät puukapulat tai ruostuvat terästangot on poistettava ennen kuin ne peittyvät betonimassaan. [19, s. 97]

Kuvassa 19 on kolme tavanomaista muottisiteiden toteutustapaa ja kuvassa 20 on ratkaisu uudempi muottisiteen toteutustapa.



Kuva 19. Kolme muottisidetoteutustapaa.



Kuva 20. Doka Monotec-ankkuri. [22]

2.3 Erityismuotit

Erityismuoteilla tarkoitetaan muottiratkaisuja, joiden käyttötapa ei ole tavanomainen tai jotka on tarkoitettu erikoiskohteisiin. Erityismuotteja ovat liukuvalumuotit, kiipeävät muotit, kuorilaatat, liittolaatat, muovimuottielementit, muovikelmuotitmuotit ja betonointi- eli muottiverkot sekä silta- ja tunnelimuotit. [2, s. 228]

Seuraavissa alaotsikoissa tutustutaan holvirakentamisen kannalta muutamaa erityismuottiin.

2.3.1 Kuorilaatat

Kuorilaatta on betoninen, esijännitetty tai -jännittämätön laattaelementti, joka päistään tuettuna toimii aluksi laatan valumuottina. Paikallavalun jälkeen kuorilaatta ja pintavalu muodostavat yhdessä rakenteen, jossa laatan alapinnan rauditus on sijoitettu esijännitettyyn kuorilaattaan. Kuorilaatan ja pintavalun välisen tartunnan varmistavat kuorilaatan ansas rauditus ja tartuntapinnan kitka. Kuorilaattoja käytetään holvivalujen muotteina ja rakenteina. [2, s. 229]

2.3.2 Liittolaatat

Liittolaatta on poimulevyistä valmistettu kuumasinkitty, kromatoitu peltimuotti, joka toimii kuorilaatan tavoin ensin muottina ja sitten yhdistettynä rakenteena muodostaen laatan alapinnan raudituksen. Liittolevyjä käytetään ala- ja välipohjissa. [2, s. 229]

2.3.3 Betonointi- eli muottiverkot

Työsaumaverkko soveltuu työsaumojen muotiksi sekä holvi- että seinämuoteissa. Varsinkin jos työsaumassa on paljon tartuntateräksiä, voidaan sen käytöllä välttää tavanomainen muottirakenteiden hankala purku. Työsaumaverkkoa voidaan käyttää myös liukuesteenä työtelineissä, jolloin verkko levitetään ja kiinnitetään esimerkiksi vaneri pohjaiselle työskentelyalustalle tai kulkutielle. Työsaumoihin perehdyn yksityiskohtaisemmin luvussa 4.2.5.

2.4 Muottipinta

Laadukkaan betonipinnan aikaansaamiseen vaikuttaa ratkaisevasti muotin pintamateriaalin valinta. Soveltuvia muottipintavaihtoehtoja tulee tarkastella asettuja betonin laatuvaatimuksia silmällä pitäen. Muottia vasten valetun betonipinnan laatuvaatimukset ja eri muottimateriaalien vaikutus pintoihin on esitetty julkaisussa by 40, ja käsittelen niitä yksityiskohtaisemmin luvussa 4.1.3. [17, s. 20]

Muottilevyjako määräytyy halutun valukuvion mukaan. [17, s. 28]

Muottipintana voidaan käyttää myös esivalmisteisia, esim. teräs- tai alumiinirunkoisia muottilevyjä eli kasetteja. [19, s. 92]

Muottipinta voidaan tehdä esim. sahatavarasta, vanerista, teräksestä (esim. poimulevyt), lasikuidusta tai muovista. Lasikuidusta ja muovista tehdyissä muoteissa noudatetaan valmistajan antamia ohjeita. Muottimateriaali valitaan siten, että lopullisen rakenteen laatuvaatimukset täyttyvät. Lisäksi tulee ottaa huomioon mm. talvibetonoinnissa tarvittavan lämmityksen tai höyrytyksen asettamat vaatimukset. [19, s. 99]

Muottipinta tehdään niin jäykästä aineesta ja koolaus niin tiheäksi, että valupinta ei näytä aaltoilevalta. Muottipinnan suurin sallittu taipuma on $L/300$ paitsi peruslaatoissa $L/200$ (L on tukiväli), elleivät lopullisen rakenteen laatuvaatimukset edellytä suurempaa tarkkuutta. Betonipintojen luokitus ja luokituksen mukaiset laatuvaatimukset otetaan huomioon by 40 mukaisesti. [19, s. 99]

Muottipinnan on oltava tiivis, että betonin hienoimmat ainesosat eivät pääse huuhtoutumaan pois. Käytettäessä itsetiivistyvää betonimassaa tulee muottipinnan tiiveyteen kiinnittää erityistä huomiota. [19, s. 99]

Näkyviin jäävän valun muottipinta tehdään ainesominaisuuksiltaan ja mitoiltaan tasalaatuisesta materiaalista, jotta valupinnan väristä tulee tasainen ja kuviosta säännöllinen. [19, s. 99]

Puumuottia tehtäessä otetaan huomioon materiaalin kosteustila. Esimerkiksi lautojen välille jätetään sopiva rako turpoamisen varalle siten, että kuivalla laudalla rako yhdestä kolmeen prosenttia laudan leveydestä. [19, s. 99]

Muottipinta kiinnitetään tukirakenteeseen niin, että se ei pääse siirtymään paikaltaan valun aikana. [19, s. 99]

Muottipintoja liitettäessä vanhaan rakenteeseen tai valusaumaan varotaan valettujen pintojen ja tartuntojen öljyämistä. Valusaumaan ei saa tulla porrastusta. Esim. rimasauman tekeminen betonipintojen väliin on suositeltavaa. [19, s. 99]

Jos muottipinta öljytään, tehdään se tasaisesti ennen raudoittamista työturvallisuus huomioiden [19, s. 99].

Jälkityön tarve on muottikaluston kunnosta ja työmaan aikaisesta huollosta riippuvainen. Toistuvasti käytettävät muotit puhdistetaan purkamisen jälkeen betonijäänteistä ja nau-loista muottipintaa vahingoittamatta ja öljytään ennen välivarastointia. [2, s. 201] [19, s. 99]

Muottiin asennettavat raskaat rakenneteräkset yms. varusteet tuetaan muottiin koolauksen kohdalle niin tihein välein, etteivät koolauksen kantokyky ja sallitut taipumat ylity. Välikkeeseen kohdistuva puristusvoima ei saa aiheuttaa välikkeen painumista muottipinnan sisään. [19, s. 99]

Jos muottipintaa käytetään muottia jäykistävänä rakenteena, se on mitoitettava erikseen [19, s. 99].

3 HOLVIMUOTTIJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT OSA-ALUEET

Tässä osiossa perehdytään suunnittelussa huomioitaviin seikkoihin. Vertailen insinööri-työssäni kolmea erilaista holvimuottijärjestelmää. On siis hyvä tutustua niiden suunnittelun lähtökohtiin vaikuttaviin kriteereihin.

Telineet suunnitellaan ja mitoitetaan siten, että ne pystyvät sekä rakennusvaiheittain että valmiina siirtämään niihin kohdistuvat kuormat maapohjalle tai muulle alustalle, jonka varaan ne on pystytetty. Suunnittelijan ja telineen rakentajan pitää varmistua siitä, että tällainen alusta kestää sille tulevat kuormat ilman haitallisia muodonmuutoksia. [19, s. 10]

Telineiden ja telineperustusten muodonmuutokset otetaan suunnitelmissa ja rakentamisessa huomioon siten, että tuleva rakenne saa sille suunnitellun muodon ja aseman. [19, s. 10]

Telineestä ei saa aiheutua pysyville rakenteille sellaisia haitallisia lisäjännityksiä, joita niiden suunnittelussa ei ole otettu huomioon. Tarvittaessa rakennusaikaiset muodonmuutokset otetaan huomioon ennakkokorotuksin. [19, s. 10]

Suunnittelussa käytetään statiikassa ja lujuusopissa yleisesti hyväksytyjä laskentaperiaatteita ja mitoitus suoritetaan kauttaaltaan joko rajatilatarkastelujen tai sallittujen jännitysten perusteella. Tarvittaessa voidaan laskennallisen mitoituksen tukena käyttää koe-kuormitusta. Mitoituksessa käytetään aina saman standardisarjan mukaisia kuormituksia ja materiaaliarvoja. [19, s. 10]

Suunnittelussa otetaan huomioon telineiden ja muottien rakentamisen, pystyttämisen ja purkamisen asettamat vaatimukset. [19, s. 10]

Telineet suunnitellaan ja tarkastetaan siten, että mahdollisista työvirheistä tai muista odottamattomista tilanteista aiheutuva vahinko jää rajoitetuksi (esimerkiksi ns. jatkuva sortuma on estetty). [19, s. 10]

Kaikki rakentamisen aikana tehdyt telinesuunnitelman muutokset tulee hyväksytyä telinesuunnittelijalla. [19, s. 10]

Lisäksi noudatetaan suunnittelua ja rakentamista valvovan elimen, kuten viranomaisen tai viranomaisten valtuuttaman elimen omalta toimialaltaan antamia selventäviä ja täydentäviä ohjeita. [19, s. 10]

Tukitelineiden suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan voimassa olevia lakeja, viiranomaismääräyksiä ja -ohjeita sekä muita alan yleisiä ohjeita ja suosituksia (RIL -ohjeet, SFS-standartit, jne.) [19, s. 7]

3.1 Osapuolet ja tehtävät

Tukitelineiden ja muottien hallittu suunnittelu ja toteutus ovat hyvän rakentamistavan tärkeimpiä tehtäviä. Tavanomaisissa rakenteissa (esim. normaaleissa talonrakennushankkeissa) työ- ja tehtävänjako on vakiintunut ja selkeä. Vaativimmissa rakenteissa (esim. sillat) tukitelineiden suunnittelu ja toteutus vaativat huomattavasti enemmän resursseja ja työvaiheita. [19, s. 8]

Osapuolet ja tehtävien jako vaihtelevat kuitenkin hankkeen toteutusmuodosta riippuen. Tärkeintä on hyvällä yhteistyöllä ja koordinoinnilla varmistaa, että kaikki telineisiin liittyvät tehtävät tulevat asianmukaisesti hoidettua ja kaikilla osapuolilla on tehtävä- ja vastuujako selvä. [19, s. 8]

Rakennushankkeeseen ryhtyvän (käytännössä usein rakennuttajan) huolehtimisvelvollisuuksiin kuuluu rakennushankkeessa muuan muassa varmistaa, että suunnittelu ja toteutus noudattavat voimassa olevia määräyksiä ja lakia ja että suunnittelijat ja toteuttajat ovat tehtäviinsä päteviä. Tämä vastuu koskee myös tukitelineitä. Käytännössä tulee huolehtia esimerkiksi siitä, että eri tehtäviin on varattu riittävät aikataulu- ja osaamisresurssit. Lisäksi hänen tulee varmistaa, että tarvittavat tarkastukset (suunnitelmat ja toteutus) ja valvontatoimenpiteet suoritetaan. [19, s. 8]

Rakennesuunnittelijan tehtävänä on laatia rakenteiden toteutussuunnitelmat siten, että muotti- ja tukitelineiden toteutuksen tarpeet on huomioitu. Lähtötietoja tästä rakennesuunnittelija hankkii tarvittaessa urakoitsijoilta, telinesuunnittelijalta, geotekniseltä suunnittelijalta ja telinerakenteen toimittajalta. Rakennesuunnittelija voi myös toimia telinesuunnitelmien laatijana tai tarkastajana. [19, s. 8]

Geotekninen suunnittelija antaa telinesuunnittelijalle pohjaolosuhteiden lähtötiedot ja laatii vaativissa perustamisolosuhteissa erillisen geoteknisen suunnitelman. [19, s. 8]

Telinerakenteiden suunnittelija on siihen tehtävään erikoistunut rakennesuunnittelija, joka suorittaa suunnittelun yhteistyössä toteuttajan ja kohteen varsinaisen rakennesuunnittelijan kanssa. Hän voi myös osallistua telirakenteiden työn tarkastamiseen [19, s. 8]

Telinerakenteiden suunnittelijan pätevyyden määrittelyssä sovellettiin ennen RakMK:n osaa A2, jossa rakennesuunnittelutehtävän vaativuus jaettiin neljään luokkaan: AA-, A-, B- ja C-luokiksi. Tavanomaiset tukitelineet kuuluivat B-luokkaan, vaativimmat luokkaan A ja poikkeuksellisen vaativat luokkaan AA. Telinerakenteiden suunnittelijalla tuli olla vaativuusluokan mukainen pätevyys käytetyn runkorakenteen mukaan (lähinnä puu ja teräs). Pätevyyttä voitiin osoittaa myös Fise Oy:n myöntämällä pätevyydellä. [19, s. 11] Rakennusmääräyskokoelma on uudistumassa joten, en saanut selville tuleeko tähän mahdollisia muutoksia.

Jos telinekohteella on useita suunnittelijoita, on heistä yksi nimettävä vastaavaksi telinesuunnittelijaksi, joka huolehtii siitä, että osasuunnitelmista muodostuu rakenteelliset vaatimukset täyttävä kokonaisuus. [19, s. 11]

Hankkeen rakennustyön toteuttaja (esim. rakennusurakoitsija) toteuttaa itse tai alihankintana tarvittavat tukitelineet ja niihin liittyvät muut työt laadittujen suunnitelmien mukaisesti. Tehtäviin kuuluu työn valvonta ja tarkastuksista huolehtiminen erityisesti työturvallisuus huomioiden. [19, s. 9]

Telinekalustotoimittaja toimittaa urakoitsijan käyttöön sovitun kaluston ja materiaalin sekä osallistuu toimitukseen muulla tavoin projektikohtaisesti sovitulla tavalla. [19, s. 9]

Erillisen valvojan tehtävänä on rakennuttajan edustajana valvoa, että työt suoritetaan suunnitelmia ja yleisiä vaatimuksia noudattaen. [19, s. 9]

3.2 Muottijärjestelmässä käytettävät materiaalit

Telineissä käytetään sellaisia materiaaleja, jotka täyttävät voimassa olevien ohjeiden ja standardien ko. materiaalille asettamat vaatimukset. Muita kuin standardien määrittelemiä materiaaleja saa käyttää, jos niiden lujuus- ja aineominaisuuksista esitetään yleisesti hyväksytyyn aineenkoestuslaitoksen, esim. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT), todistus. [19, s. 11]

Lujuuslaskelmat suoritetaan kunkin materiaalin voimassa olevien suunnitteluohjeiden mukaan. [19, s. 11]

Telineiden rakennusmateriaaleja valittaessa otetaan huomioon telineen käyttöolosuhteet. [19, s. 11]

Jos telinemateriaali on ollut sellaisissa tilanteissa (ylisuuret kuormat, poikkeukselliset sää-olot, huono varastointi tms.), että on vaara sen lujuusominaisuuksien oleellista muuttumisesta, varmistaudutaan materiaalin lujuudesta ennen uudelleen käyttöä. Materiaali voidaan käyttää uudelleen niiltä osin kuin se ei ole vaurioitunut tai kun vaurioiden aiheuttamat heikennykset otetaan huomioon mitoituksessa. [19, s. 11]

3.2.1 Puu

Tukitelineissä käytettävän puun, kuitulevyn, lastulevyn, vanerin sekä näiden yhdistelmien tarpeellisine liittimineen on täytettävä voimassa olevien standardien ja ohjeiden asettamat vaatimukset, kuten ohjeiden RIL 120 "Puurakenteiden suunnitteluohjeet" tai RIL 205 Puurakenteiden suunnittelu (eurokoodin EC5 sovellusohje) asettamat vaatimukset. Käytettävän sahatavaran lujuusluokan oltava vähintään C18, mutta normaalisti käytetään lujuusluokan C24 luokan puutavaraa. [19, s. 12]

Telineissä käytettävän säänkestävän liimatun puun sekä liimapuun on oltava standardin SFS-EN 301 mukaisia. [19, s. 12]

Telineiden puuosia ei saa pintakäsitellä siten, ettei niiden kuntoa voida tarkistaa. [19, s. 12]

3.2.2 Metallit

Teräksisten telineputkien pitää olla standardin SFS-EN 39 ja telineputkiliittimien standardin SFS-EN 74 mukaisia. [19, s. 12]

Alumiinista koottuja tukitornia, putkitukia ja tukipylväitä sekä vaakakannattimia voidaan käyttää telinerakenteissa silloin, kun ne täyttävät voimassa olevien standardien tälle asettamat vaatimukset. [19, s. 12]

Telineen metallirakenteissa käytettävää materiaalia valittaessa otetaan huomioon rakenteiden valmistusmenetelmien sekä telineen käyttöolojen ja käyttöiän vaikutus materiaalin lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksiin. [19, s. 1]

Tukitelineiden teräksisissä rakenneosissa ei saa käyttää pienempää ainepaksuutta kuin 2,0 mm. Primäärisissä kantavissa osissa pitää ainepaksuuden olla vähintään 3,0 mm. Putkissa, joihin esimerkiksi telineen jäykistämisen vuoksi kiinnitetään putkiliittimiä, tulisi vähimmäisainepaksuuden olla 3,0 mm. [19, s. 13]

Esivalmisteisten tai muuten toistuvaan käyttöön tarkoitettujen, teräksisten rakenneosien on oltava kaikilta korroosiolle alttiilta pinnoiltaan esim. kuumasinkityksellä tai korroosion estävällä maalilla suojattuja. Suojauksessa otetaan huomioon rakenneosaan käytössä kohdistuva mekaaninen kulutus. [19, s. 13]

Esivalmisteisiä rakenneosia saa korjata hitsaamalla vain maahantuojan tai valmistajan ohjeiden sallimissa rajoissa. [19, s. 13]

3.3 Rakenteiden suunnittelu, "eurokoodi"

Uudet eurokoodiyhteensopivat säädökset tulivat voimaan 1.9.2014. Yksityiskohtaisessa rakenteiden suunnittelussa ja mitoituksessa tullaan jatkossa käyttämään hyväksyttävänä ratkaisuna eurokoodeja yhdessä ympäristöministeriön vahvistamien kansallisten liitteiden kanssa. Kansallisia liitteitä uudistetaan vähitellen: tarkoituksena on, että jatkossa ympäristöministeriön asetuksina annetaan kansalliset valinnat suunnitteluperusteista, kuormista ja geoteknisestä suunnittelusta. Materiaalikohtaiset kansalliset liitteet annetaan jatkossa ministeriön suosituksina. Rakentamismääräysten uudistamisen yhteydessä on kumottu voimassa olevat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevat määräykset ja ohjeet eli rakentamismääräyskokoelman B-osat. Siirtyminen eurokoodeihin alkoi 2007. Kaikkia eurokoodeja on jo voinut käyttää rakentamismääräyskokoelman sijaan. [23]

Rakennuksen kantavia ja jäykistäviä rakenteita koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien sekä niitä koskevien ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten valintojen mukaan. Suunnittelijan on lisäksi otettava huomioon rakennuspaikasta johtuvat olosuhteet. Rakenteellisesti yhtenäisen kokonaisuutena toimivissa uusissa rakenteissa saa käyttää vain yhtenäistä suunnittelu- ja toteutusjärjestelmää. [20]

Standardi EN 1990 ja muut eurokoodit viittavat toisiinsa ja muihin EN-standardeihin ja muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Kuvassa 21 on Eurokoodin standardien pääosat.

EN	1990	Eurocode	Rakenteiden suunnitteluperusteet
EN	1991	Eurocode 1	Rakenteiden kuormat
EN	1992	Eurocode 2	Betonirakenteiden suunnittelu
EN	1993	Eurocode 3	Teräsrakenteiden suunnittelu
EN	1994	Eurocode 4	Betoni-teräs-liittorakenteiden suunnittelu
EN	1995	Eurocode 5	Puurakenteiden suunnittelu
EN	1996	Eurocode 6	Muurattujen rakenteiden suunnittelu
EN	1997	Eurocode 7	Geotekninen suunnittelu
EN	1998	Eurocode 8	Design of structures for earthquake resistance (Maanjäristys mitoitus, ei suomenkielisenä)
EN	1999	Eurocode 9	Alumiinirakenteiden suunnittelu

Kuva 21 Eurokoodin standardien pääosat. [24, s.19]

Mitoituskuormat valitaan siten, että ne mahdollisimman tarkasti vastaavat todellisia kuormitustilanteita. [19, s. 13]

3.3.1 Kuormituksen suunnittelu

Eurocode pohjaisessa suunnittelussa noudatetaan EN-kuormitusstandardeja ja niihin liittyviä kansallisia liitteitä sekä ohjetta RIL 201 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. [19, s. 13]

Apurakenteiden suunnittelussa voidaan soveltaa julkaisuja ”RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet” sekä ”RIL 147-2006 Tukitelineet ja muotit” siten että julkaisujen mitoitusmenetelmien sijasta käytetään eurokoodimitoitussjärjestelmää. [25, s. 85]

Valmisosarakentamisessa aiheutuu monia asennusaikaisia kuormitustilanteita, joita ei valmiissa rakenteessa esiinny. Tällaiset tilanteet otetaan kaikki huomioon toteuttamisen aikaisia mitoitus tilanteita tarkasteltaessa. [25, s. 89]

Muottirakenteet ovat tilapäisiä rakenteita, joten myös niiden kuormituksen suunnittelu huomioidaan tilapäisinä mitoitus tilanteina eurokoodeissa.

Rajatilamitoituksen periaatteena on EN 1990 että suunnittelussa tulee tarkistaa kyseessä olevalle rakenteelle merkitykselliset murto- ja käyttörajatilat. [24, s. 27] Rajatilamenetelmän murto- ja vakavuusrajatilatarkasteluissa käytetään laskentakuormia, jotka saadaan kertomalla ominaiskuormat asianmukaisilla osavarmuuskertoimilla. Käyttörajatilatarkasteluissa käytetään kuormien ominaisarvoja. [19, s. 13]

3.4 Muottijärjestelmän rakenteet ja niiden perustaminen

Telineiden perustamisessa maapohjaa vasten suunnittelu tapahtuu Eurocode 7 mukaisesti.

Telineiden ja telineperusten muodonmuutokset otetaan huomioon niin, että valmisteilla oleva rakenne saa sille suunnitellun muodon ja aseman. [19, s. 31]

Perustukset suunnitellaan siten, että telineen kokonaispainuma, painumaerot ja sivusiirtymät pysyvät lopullisen rakenteen mittatarkkuuden edellyttämässä rajoissa huomioon ottaen suoritettujen ennakkokorotukset. [19, s. 38]

Maan varaan perustettaessa johdetaan telineiden kuormitukset maapohjalle yleensä ns. telineanturoiden, kuten aluspuiden tai tarkoitukseen sopivien betoni- tai teräsrakennosien, esim. teräpönttien, välityksellä. Niiden alle tehdään yleensä hyvin tiivistetty sora-, murske-, tai sepeliarina. Arina materiaalin sekoittuminen pohjamaahan on yleensä estetävä levittämällä arinan alle suodatinkangas. [19, s. 38]

RIL 147-2006 Tukitelineet ja muotit jakaa perustamistavat neljään eri tapaan.

- Perustaminen maapohjalle
- Perustaminen kalliolle
- Perustaminen paaluilla
- Siltojen siirtoratojen perustaminen

3.5 Turvallisuuskontrollointi

Muottityön eri vaiheet on suunniteltava, kun käytetään muotteja, jotka painonsa tai kokonsa vuoksi edellyttävät nostoapuvälineiden käyttöä. Suunnitelmissa on esitettävä ainakin muottien käsittelyä, varastointia, nostoa tuentaa ja työnaikaista vakautta sekä putoamisvaaraan torjuntaa koskevat turvallisuustoimet. Muottien nostokohtat on merkittävä selkeästi. Suunnitelmissa on otettava huomioon valmistajan tai mahaantuojan ohjeet. [26]

Muotteihin liittyvät nousutiet, työtasot, kulkutiet ja niiden kaiteet tehdään voimassa olevia työtelineohjeita (RIL 142) ja työsuojelumääräyksiä noudattaen. Erityisesti järjestelmämuotteja käytettäessä on jo muottien suunnitteluvaiheessa kiinnitettävä huomiota edellä mainittuihin työturvallisuusasioihin. [19, s. 92] [18]

Muotti- ja telinetyössä yli kahden metrin korkeudessa on työntekijän putoamisvaaraa torjuttava ensisijaisesti rakenteellisilla toimenpiteillä. Tilanteissa joissa rakenteellisten toimenpiteiden toteuttaminen ei ole mahdollista, on työntekijän putoamisvaara torjuttava putoamisen estävällä valjastyypisellä henkilösuojaimella. [26] [26] [27, s.11]

Asetuksessa VNa 205/2009 on määräyksiä liittyen muotti- ja telinetyön suunnitelmiin ja käytön turvallisuuteen liittyen. Asetuksessa VNa 205/2009 luvussa 11 on määräykset työtelineitä koskevista suunnitelmista ja telineiden käytön turvallisuudesta. Luvussa 4 käsitellään telineille tehtävät tarkastukset. Asetuksen lisäksi tulee noudattaa työturvallisuuslakia (738/2002) sekä teknisiä laitteita koskevia määräyksiä [27, s.12, 71]. Työturvallisuuslaki edellyttää että, työpaikan vaarat selvitetään ja ne poistetaan heti, jos se on vain mahdollista. Toimenpiteiden riittävyttä ja työpaikan olosuhteita tulee jatkuvasti seurata ja ryhtyä tarpeellisiin toimenpiteisiin vaarojen hallinnassa. Vaarojen hallinta ei siten ole kertaluontoinen toimenpide vaan se on osa jatkuvaa työpaikalla tapahtuvaa toimintaa. [19, s. 104]

Elementti telinekaluston tulee noudattaa standardien SFS-EN 1004, SFS-EN 12810 tai SFS-EN 12811 vaatimuksia. [27, s. 71]

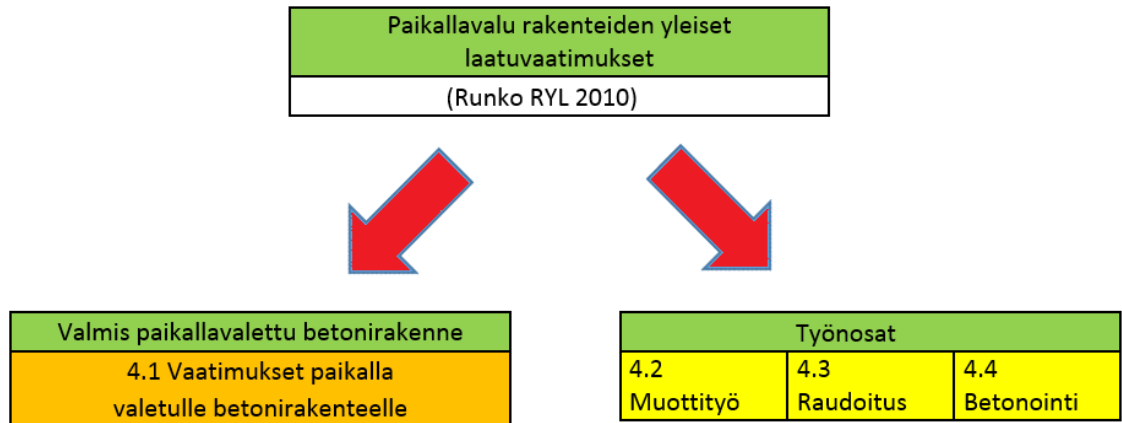
Ennen kuin esivalmisteisista rakenneosista koottavat tukitornit, pylväät, terästuett, ristikkokannattajat tai vastaavat telineyksiköt luovutetaan käyttöönottavaksi, niistä on tarpeen olla käyttöohje, jonka mukaan ne myös ensisijaisesti asennetaan. [19, s. 101] [27, s. 71]

4 PAIKALLAVALURAKENTEIDEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET

Rakennustyöt tehdään aina suunnitelma- ja sopimusasiakirjojen mukaan. Niissä voidaan myös viitata rakennustöiden yleisiin laatuvaatimukseen RYL käsikirjoihin. RYL on alan yhdessä sopima hyvän rakennus- ja kiinteistöpitotavan kirjallinen kuvaus. Se määrittää työn lopputeknisen laadun. Alalla omaksutun tavan mukaan tilaajan tarvitsee vain viitata sopimusasiakirjoissa RYL:in yksilöityyn kohtaan saadakseen sen määritykset voimaan hankkeessa. RYL määrittää hyvää rakennus- ja kiinteistötapaa myös silloin kun osapuolet ovat siitä eri mieltä. RYL käsikirjojen rakennusosaluvuissa on erityisesti rakennuttajan sekä suunnittelijan ja työosaluvuissa erityisesti urakoitsijan tarvitsemää tietoa. RYL toimii siis pääkäsikirjana joka viittaa esimerkiksi erilaisiin ohjeistuksiin kuten: RT kortteihin, by eli betoniyhdistyksen julkaisuihin tai erilaisiin standardeihin. RT kortistoon on koottu hyvän rakennustavan mukaiset ohjeet, rakentamista koskevat säännökset ja monipuoliset tarvikkeet ja tuotetiedot. Se on rakennusalan monipuolisin tietolähde rakennuttamiseen, arkkitehtisuunnitteluun, rakennesuunnitteluun, rakentamiseen, korjaamiseen ja kunnossapitoon sekä rakennustarvikkeiden valintoihin. [28]

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset RYL on rakennusalalla, yleisesti hyväksytyyn hyvän rakennustavan kuvaus, [1, s.5] johon myös laki velvoittaa rakennustyön ja sen valvonnan puolesta. ”Rakennustyö on tehtävä siten, että se täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset” [29]

Betonirakenteiden toteuttaminen laatuvaatimusten suhteen on haastavaa ja vaativaa. Siksi ensin perehdyntäminen vaatimukseen paikalla valetulle betonirakenteelle luvussa 4.1, jonka jälkeen perehdyntäminen itse työhön muottityön, raudoituksen ja betonoinnin osalta luvuissa 4.2, 4.3 ja 4.4 kaavion 1 mukaisesti. Käsikirjana toimii siis Runko RYL 2010 teos. Tarkoituksena tässä luvussa siis perehtyä laatuvaatimukseen Runko RYL:in mukaan ja avata kyseisiä kohtia yksityiskohtaisemmin ja luoda samalla käytännön läheisempää opasta. Rajauksena aihealueessa pyrin pitämään, että en käsittele mahdollista pinnoitusta tai päällystämistä, sekä käsittelen vain välipohjien kannalta asiaa.



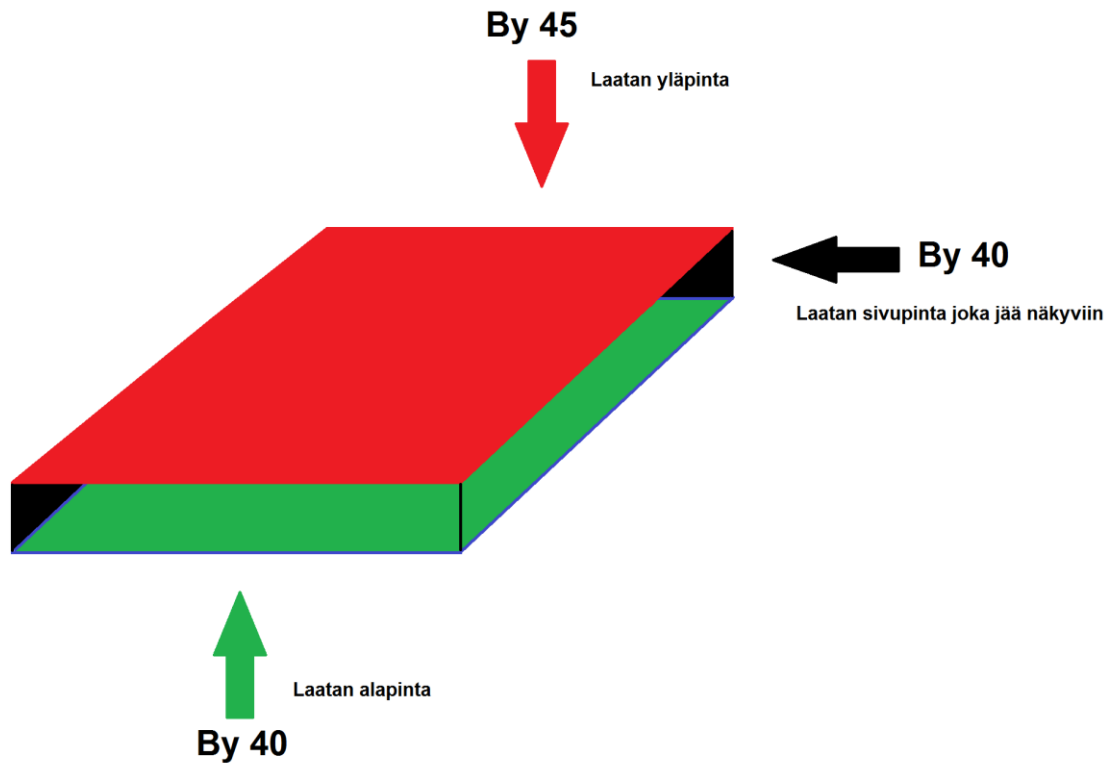
Kaavio 1

4.1 Vaatimukset valmiille paikalla valetulle betonirakenteelle

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset Runko RYL 2010 -teoksen mukaan vaatimuk-
sena, jotta betonirakenne voidaan todeta valmiiksi, tulee sen olla suunnitelma-asiakirjojen
mukainen sekä täyttää seuraavat asiat: [1, s. 152]

- Mittatarkkuus eli sallittu mittapoikkeama on julkaisun by 47 mukainen.
- Betonipinnoissa noudatetaan julkaisun by 40 laatuluokitusta ja siihen liittyviä mit-
tausmenetelmiä. Lattiodien pinnat täyttävät julkaisun by 45 annetut ohjeet. (Beto-
nirakenteiden pintojen laatua tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava kumpaan
ohjeistuksen kategoriaan pinnat kuuluvat: Betonilattioihin (by 45) vai Betoniraken-
teiden pintoihin (by 40). Esimerkkinä havainnollistava kuva 22 laatan tarkastelu
pinnat.
- Betonirakentamisen halkeilu ei ylitä eurokoodistandarsissa SFS-EN 1992-1-1 tai
julkaisussa by 40, by 50 (betoninormit), ja nykyään myös by 45 annettuja raja-
arvoja.

Pinnan laatu ja mittatarkkuus mitataan, kun asiakirjoissa on niin sovittu tai kun silmämää-
räinen tarkastelu antaa siihen aiheita. [1, s. 153]



Kuva 22. Laatan tarkastelupinnat

Laatuvaatimusten selventämiseksi seuraavissa alaotsikoissa perehdyn betonirakenteen tekniseen laatuun vaikuttaviin osatekijöihin. Betonirakenteen halkeilua käsittelemäni omalla tapauksella 4.1.4 luvussa, jossa perehdyn siihen miten sitä voidaan ehkäistä.

4.1.1 Betonirakenteen sallitut mittapoikkeamat by 47

Paikallavaletulle betonirakenteelle on asetettu vaatimuksia sen mittapoikkeamien suhteen by 47 teoksessa. Siinä on esitetty toleransseja: perustuksien, seinien, pilareiden, laattojen ja palkkien, portaiden ja porraskäytävien, kiinnityslevyjen, pilarikenkien, raudoituksen, reikien ja vastaavien osalta. Toleranssiluokat ovat normaaliluokka (N) ja erikoisluokka (E). [14, s. 54] Esimerkkinä taulukko 1, jossa on arvoja sallituille mittapoikkeamille laatoissa ja palkkeissa.

Julkaisussa by 45 Betonilattiat ja by 40 Betonirakenteiden pinnat esitettyjä toleransseja ei saa laskea yhteen by 47 julkaisussa annettujen toleranssien kanssa. [14, s. 54]

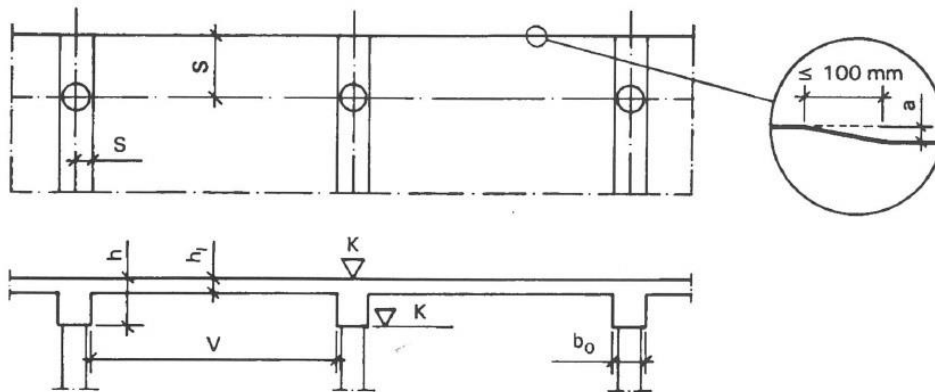
Laatat ja palkit

Tässä kohtaa annettuja arvoja sovelletaan myös laattapalkeille ja laatastoille.

Mittauksen kohde	Toleranssit [mm]	
	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Palkin korkeus (h) tai laatan paksuus (h_l)	± 15 ¹⁾	± 10 ²⁾
Palkin leveys (b_0)	± 15 ¹⁾	± 10 ²⁾
Palkkien vapaa väli (V)	± 15	± 10
Laatan yläpinta	by45	by45
Laatan alapinta	by40	by40
Ala- ja yläpinnan korkeusasema tuella (K)	± 15	± 10
Sivusijainti (S)	± 20	± 20
Sivusijainnin hammastus (mm/100 mm) (a)	10	5

¹⁾ Jos mittauksen kohteen suuruus on alle 200 mm, niin toleranssit ovat 1-rakenneluokassa -5, +15 ja 2-rakenneluokassa -10, +15.

²⁾ Jos mittauksen kohteen suuruus on alle 200 mm, niin toleranssit ovat 1-rakenneluokassa -5, +10.



Laattojen ja palkkien mitattavat suureet.

Taulukko 1. Sallitut mittapoikkeamat laatat ja palkit. [14, s. 61]

Ellei suunnitelma-asiakirjoissa ole määrätty rakennusosien mittatarkkuusluokkaa, noudatetaan normaaliluokkaa (N). [1, s. 153]

4.1.2 Betonilattioiden laatuvaatimukset by 45 mukaan

Betonilattioiden keskeisten laatuvaatimusten esittämiseksi on kehitetty betonilattioiden luokitusjärjestelmä. Luokitusjärjestelmän tarkoitus on esittää sellaiset yleiset laatutekijät, joilla on tärkeä merkitys lattian käytölle ja jotka ovat sovitulla tavalla mitattavissa valmiista rakenteesta. Nämä laatutekijät on luokiteltu seuraavasti: [15, s. 14]

- Suoruus ilmoitetaan A₀, A, B ja C, joista A₀ on vaativin
- Kulutuskestävyys esitetään numeroin 1, 2, 3 ja 4, joista luokka 1 on vaativin
- Sallittu halkeamaleveys esitetään roomalaisella numerolla I, II ja III, joista luokka I on vaativin (halkeamiin perehdyn luvussa 4.1.4)

Luokitusperusteiden mukaisesti lattian luokka ilmoitetaan kirjain – numero – numero yhdistelmänä esimerkiksi B – 3 – III. Ensimmäinen kirjain ilmoittaa suoruusvaatimuksen, numero kulutuskestävyysluokan ja roomalainen numeron vaatimuksen sallitun halkeamaleveyden suhteen. Luokitusohje määrittelee kunkin luokan minimilaatutason. Yleensä pyrkimyksenä tulee olla mahdollisimman hyvä laatutaso. Vaatimuksia asetettaessa on otettava huomioon niiden tarpeellisuus ja toteuttamismahdollisuus. [15, s. 14]

Varsinaisten laatutekijöiden lisäksi on määritelty erikseen luokittelemattomia laatutekijöitä, joita käytetään tarvittaessa kohteen käyttövaatimusten mukaan. Luokittelemattomia laatutekijöitä ovat esimerkiksi: karheus (liukkaus), sähkönjohtavuus, säilyvyys, kemiallinen kestävyys, värierot, kuitujen määrä pinnassa ym. pinnan laatuun liittyviä tekijöitä, joita varten löytyy enemmän ohjeistusta by 45 teoksesta. [15, s. 14]

Luokitusmerkintään voidaan erityisen vaativien kohteiden ollessa kyseessä liittää neljäntenä osana T-kirjain (B – 2 – III – T). Kohdetta voidaan pitää vaativana esimerkiksi jos: [15, s. 14]

- Lattia on laaja-alainen ja saumaton
- Lattia on kulutusrasitettu
- Lattian suoruusvaatimus on tiukka
- Lattian halkeilua pyritään rajoittamaan
- Valuolosuhteet ovat huonot

- Ympäristön rasitukset ovat ankaria

Merkintä T tarkoittaa, että aloituspalaverissa lattiaurakoitsijaa edustaa by/Bly:n toteama betonilattiatyönjohtaja (voimassa olevan) pätevyuden omaava henkilö. Hän on rakennuspaikalla vähintään työn aloitusvaiheessa ja muulloin saatavissa kohtuujassa paikalle. Vaihtoehtoisesti mainitun pätevyuden omaava henkilö voi olla pääurakoitsijan tai rakennuttajan jatkuvasti paikalla oleva valvoja. [15, s. 14]

Ellei suunnitelma asiakirjoissa ole määrätty lattian tasaisuuden, kulutuksen kestävyys ja muita laatutekijöitä, käytetään by 45 määriteltyä vähintään tavanomaiseen käyttöön tarkoitettua lattian laatutekijöitä. [1, s. 152]

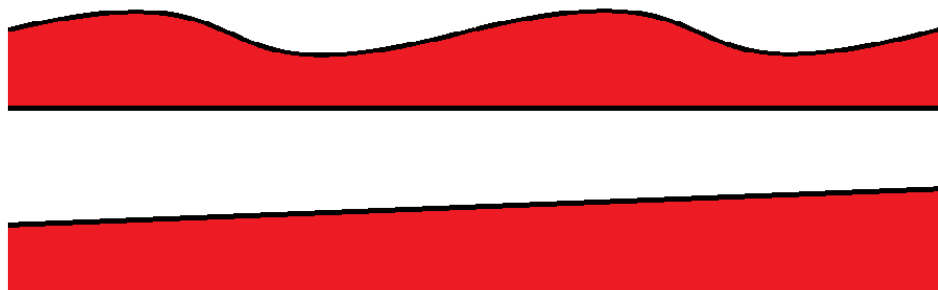
Kohde	Laatuluokka		
	Suoruus	Kulutuskestävyys	Halkeilu
Asunnot ja toimistot	□		
Päällystettävät lattiat, sisätilat	A	3	III
Parvekkeet ym kylmät tilat ¹⁾	C	4	²⁾
Käytävä	C	4	II
Sauna ja pesuhuoneiden päällystettävät kaatolattiat	A	4	II
Teollisuuslattiat			
-tasaisuus tärkeä laatutekijä, kuten korkeat varastot (esim. trukkiliikenne)	A ₀ (A)	2	II (I)
-kulutuskestävyys tärkeä laatutekijä (esim. suuret liikennekuormat, vilkas liikenne, pienet ja kovat trukin pyörät)	B	1 (2)	II (I)
-teollisuuslattiat yleensä (esim. pienteollisuustalot, kevyt teollisuus)	C	2	II
Pysäköintilaitokset			
-kulutuskestävyys ja pinnan karheus tärkeitä laatutekijöitä. Kaltevuudet suunnitellaan niin, että lattialle ei muodostu lammikoita.	B	2	II ²⁾
Toisarvoiset päällystämättömät tilat			
-esim. kellaritilat asuinrakennuksissa	C	3	III
¹⁾ Pakkasekestävyys varmistettava ulkorakenteissa.			
²⁾ Kantavissa rakenteissa noudatetaan voimassa olevien suunnitteluhjeiden vaatimuksia.			

Taulukko 2. Suositus tavanomaisten lattioiden laatutekijöiden valintaan. [15, s. 15]

4.1.2.1 Suoruus ja tasaisuus

Vaatimukset lattian vaakasuoruudelle ja tasaisuudelle riippuvat tilan suunnitellusta toiminnasta. Lattian tulee olla riittävän suora, jotta liikkuvien ja paikallaan olevien laitteiden käyttö

on mahdollista ja vedenpoisto toimii kaltevilla latioissa. Suoruuden arvosteluperusteena käytetään kaltevuusvirheitä. Suoruutta verrataan vaakasuoraan tasoon tai, jos lattia on kalteva, nimelliskaltevuuteen (kuva 23). [15, s. 17]



Kuva 23. Kuvassa ylempänä lattia on vaakasuora mutta ei tasainen ja kuvassa alempana tasainen mutta ei vaakasuora. [15, s. 18]

Lattian tulee olla riittävän tasainen, jotta materiaali virtojen käsittelyyn tarkoitetut laitteet, kuten trukit voivat toimia ilman häiriöitä. Päälysteet ja pinnoitteet asettavat myös vaatimuksia lattian tasaisuudelle. Lattiapinnan tasaisuuden arvosteluperusteena käytetään lattian hammastusta ja aaltoilua mutta ei pinnan karheutta. Tasaisuudella tarkoitetaan korkeeroja (= kuoppaisuutta tai aaltoilua) kahden lähellä toisiaan olevan, noin 200...300 mm etäisyydellä olevan pisteen välillä. [15, s. 17]

Lattiapinnalta edellytettävä tasaisuusluokka riippuu lattian käyttötarkoituksesta. Tarpeettoman vaativan tasaisuusluokan käyttö tuo turhia kustannuksia eikä vastaavasti paranna lattian käytettävyyttä. [30, s. 34]

Pinnoitettavan tai päällystettävän lattian tasaisuusvaatimukset ja mittaustapa on esitetty SisäRyl:ssä. Tasaisuus mitataan ohjekortin RT 14-11039 mukaisesti käyttäen mittalautaa ja kiiloja. Tällöin arvioidaan ainoastaan tasaisuutta, ei suoruutta, ja lattian soveltuvuutta pinnoitettavaksi tai päällystettäväksi. Lattian tulee SisäRyl 2012 mukaan ennen tasaisuuden tarkistusta täyttää by 45 ohjeistuksen suoruusvaatimukset. [15, s. 17]

Suoruuksipikkeamat eivät saa missään lattian kohdassa erikseen mainittuja käytöltään toisarvoisia kohtia lukuun ottamatta ylittää taulukon 3 arvoja millään taulukon mittausväleillä. Toisarvoisina kohtina voidaan teollisuus- ja varastotiloissa yleensä pitää seinistä ja pilareista 300 mm etäisyydelle ulottuvaa osaa. Mainitut kohdat saavat olla suoruukseltaan

yhtä luokkaa huonompia, ellei toisin sovita. Asuin- ja toimistorakennuksissa ei tällaisia toisarvoisia kohtia katsota olevan. [15, s. 18]

Suurimmat sallitut poikkeamat suoruudesta					
Suoruuspoikkeama	Mittausluokka L [mm]	Suurin sallittu poikkeama [mm]			
		A ₀	A	B	C
Hammastus		0	0	1	1
Poikkeama vaakasuorasta tai nimelliskaltevuudesta (katso kuva 1.1)	enintään 200	1	2	3	4
	enintään 700	2	4	6	8
	enintään 2000	4	7	10	14
	enintään 7000	7	10	14	20
	yli 7000	10	14	20	28

Taulukko 3. By 45 ohjeistukset suoruusvaatimuksista [15, s. 18]

Trukki ja muut laitevalmistajat sekä korkeitten varastojen hylly- ja materiaalinkäsittelylaitteiden valmistajat voivat esittää myös luokitusjärjestelmästä poikkeavia vaatimuksia ja mittausmenetelmiä, kuten standardissa EN 15620 "Steel static storage systems – Adjustable pallet racking – Tolerances, deformations and clearances" esitettyjä korkeavarastojen lattioiden suoruus ja tasaisuus vaatimuksia. [15, s. 18]

Kiinnitettyjen lattioiden alusbetonille annetaan oma tasaisuusvaatimus silloin, kun alustaksi jäävä laatta on osa lattiatyötä. Alustan tasaisuusvaatimus on yleensä korkeintaan yhtä luokkaa huonompi kuin pinnan tasaisuusvaatimus. [15, s. 18]

Suoruus mitataan vaaitsemalla lattia vähintään 2x2 m ruuduissa vaaituskojeella tai täky-metrillä. Vaaitseminen on suositeltavaa tehdä samoista pisteistä kuin alusta on vaaittu, jolloin saadaan myös arvio laatan paksuuspoikkeamista. Vaaittavan pinta-alan tulee olla vähintään 20 % koko lattian pinta-alasta. Vaaittavat alueet valitaan silmämääräisesti linjalautaa apuna käyttäen. [15, s. 18]

Mittausluokkaa 200 mm ja 700 mm käytetään, jos lattialla on trukki liikennettä tai muuta tasaisuuspoikkeamille herkkää toimintaa. [15, s. 19]

Suoruusvaatimuksen saavuttamista seurataan koko työn ajan. Suoruuden tarkistusmittaus tehdään mahdollisimman pian valun jälkeen. Ennen työn luovuttamista tai luovutettaessa tehdään vastaanottomittaus sekä työntekijän että vastaanottajan edustajan läsnä

ollessa, ellei kumpikin osapuoli pidä toimenpidettä tarpeettomana. Mittaustulosilmoitetaan 1 mm tarkkuudella pyöristäen lähimpään täyteen millimetriin. [15, s. 19]

4.1.2.2 Kulutuskestävyys

Kulumisella tarkoitetaan betonilattioiden luokitusohjeissa testauslaitteen aiheuttamaa kulumista käsittelemättömällä betonipinnalla tai lopullisella käsitellyllä betonipinnalla, jos pinta käsittelyn tavoitteena on kulutuskestävyyden parantaminen. Laatumäärityksessä tulee aina kertoa, tarkoitetaanko käsiteltyä vai käsittelemätöntä pintaa. [15, s. 19]

Kulutuskestävyyskoetta ei tavallisesti tehdä, ellei perustellusti epäillä, että lattia ei täytä kulutuskestävyydelle asetettuja laatuvaatimuksia. Kulutuskestävyyden mittauksesta löytyy enemmän ohjeistusta by 45 teoksesta. Taulukko 4 ohjeistaa, kuinka haluttu kulutuskestävyyden luokka saavutetaan. [15, s. 19]

Luokka	Sallittu kuluminen (mm)		Työmenetelmä jolla vaatimus saavutetaan
	Kierrosta		
	2000	800	
1	1	-	- 10...20 mm:n erikoisbetoni runkoaineena kvartsi, metalli, piikarbidi tai elektrokorundi + konehierto tai koneliippaus vähintään 2 kertaa - 30 mm:n kovabetonilattia C40/50 - betoni C25/30 + sirotepintausta erikoiskiviainepohjaisilla siroteilla riittävän runsaana ja koneliippaus tai konehierto vähintään 2 kertaa
2	3	-	- betoni C30/37, maksimiraekoko vähintään #16 ja koneliippaus siivillä sileäksi tai konehierto vähintään 2 kertaa. - betoni C25/30 + sirotepintausta luonnonkiviainepohjaisilla siroteilla +koneliippaus tai konehierto vähintään 2 kertaa - imubetonilattia, lähtömassa C25/30 - betoni C25/30, kovettuneen lattian pintahionta siten että sementtiliima poistuu ja runkoaine on tasaisesti näkyvässä, hiotun pinnan silikaattikäsitteily
3	-	6	- hyvällä ammattitaidolla tehdyt koneella hierretyt ja käsin liipatut lujuusluokan C25/30 lattiat
4	ei vaatimusta		- hyvällä ammattitaidolla tehdyt lujuusluokan C25/30 lattiat

Taulukko 4. By 45 teoksen ohjeistus kulutuskestävyyden luokan saavuttamisesta. [15, s. 19]

4.1.3 Betonirakenteiden pinnan laatuvaatimukset by 40 mukaan

Muottia vasten valetun betonipinnan laatuvaatimukset ja eri muottimateriaalien vaikutus pintoihin on esitetty julkaisussa by 40. Pinnat jaetaan neljään eri luokkaan AA, A, B ja C. [1, s. 145] Taulukossa 5 on betonipintojen luokitustaulukko ja siihen liittyen on kuvassa 24 selvennyksiä taulukon laatutekijöihin.

Ohjeet koskevat sellaisia paikalle valettujen betonirakenteiden pintoja, joille asetetaan ulkonäköä koskevia vaatimuksia. By 40 julkaisussa on myös ohjeita betonipintojen sallitusta halkeilusta. [17, s. 8]

Ohjeita sovellettaessa otetaan huomioon rakenteen pinnan katseluetäisyys. Vaativinta AA-luokkaa suositellaan käytettäväksi vain, kun katseluetäisyys on enintään 5 m. [17, s.8]

Betonirakenteiden pintojen laatuvaatimuksia asetettaessa tai niistä sovittaessa käytetään ohjeiden lisäksi pintamalleja ja mallielementtejä. [17, s. 8] Paikallavaletun pinnan tai mallielementin pintakatselmus tehdään ensimmäisen valukerran jälkeen ennen varsinaisen valmistuksen alkua. [17, s. 8]

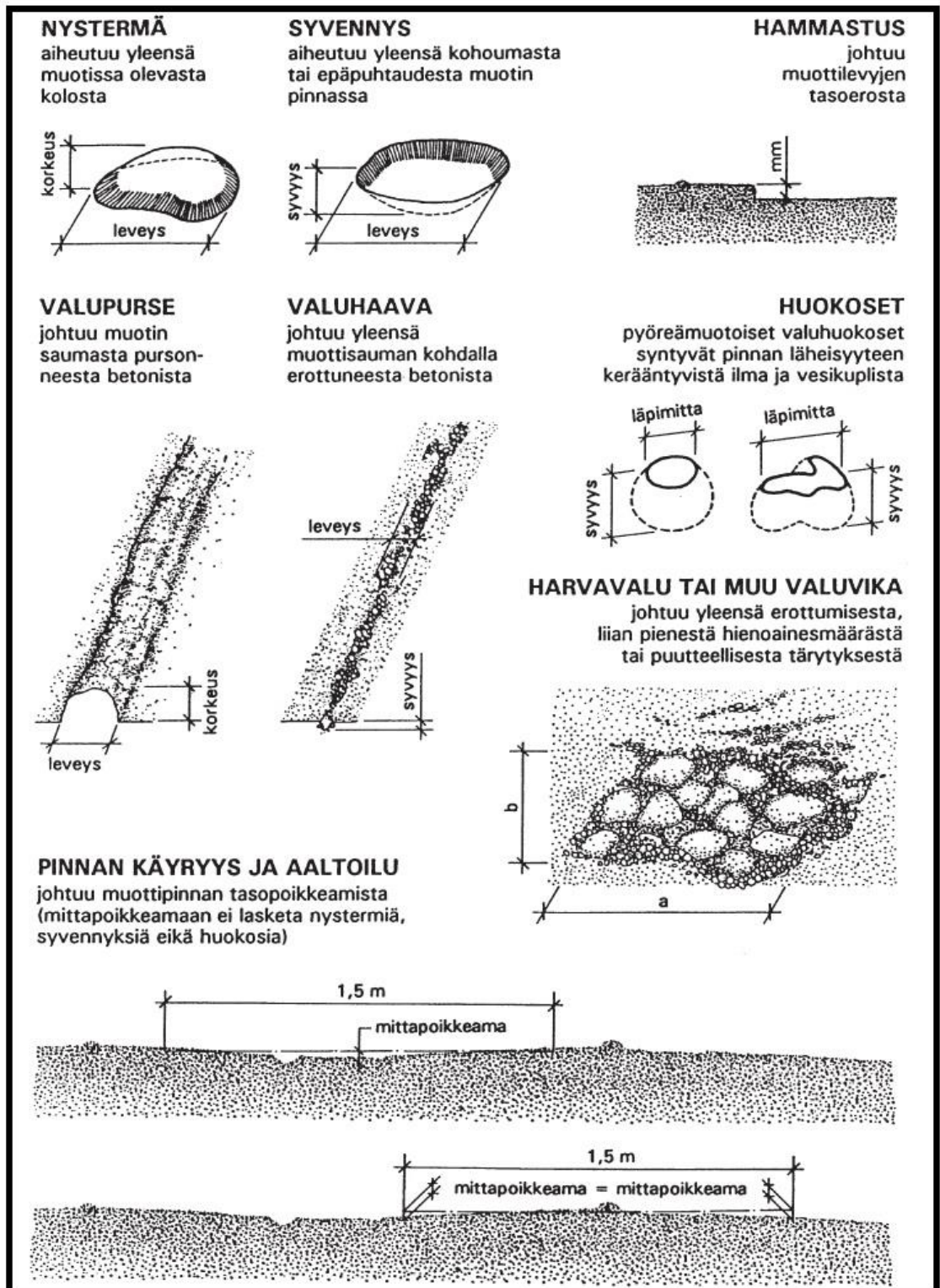
- Pintamalliksi hyväksytään valmistajan aikaisemmin tekemä pinta, josta tulee olla kirjattuna vähintään betonointi kirjanpöytäkirjan 401 mukaiset tiedot. [17, s. 8]

Pintakatselmuksessa hyväksytään mallipinnat ja tarkistetaan suunnitelmat, valmistustapa, valmistuskalusto ja laadunvalvonta. Kokouksesta pidetään pöytäkirjaa. Kaikki mallit valmistetaan lopullisella, käytettävällä työmenetelmällä ja muottikalustolla. Pieniä pintamalleja (300x300m²) voidaan käyttää pintatyyppiä valittaessa. [17, s. 8]

Pintojen eri luokkia kuvataan pintakoodilla, joka koostuu useammasta osasta riippuen mitä pinnan laatutekijöitä luokitellaan. Pintojen eri luokkia kuvataan pintakoodilla, joka koostuu useammasta osasta riippuen siitä mitä pinnan laatutekijöitä luokitellaan. Esimerkiksi MUO-C = on muottia vasten valettu näkymättömiin jäävä C-luokan pinta. [17, s. 9]

Laatutekijät			Vaatimukset			
			Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Nystermä						
	suurin korkeus	mm	2	3	6	6
	suurin leveys	mm	3	9	20	20
	suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40	40
Syvennys						
	suurin syvyys	mm	2	4	7	7
	suurin leveys	mm	4	9	15	15
	suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40	40
Hammastus						
	suurin sallittu	mm	1	2	5	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla						
	suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4	4
	suurin leveys	mm	3	3	6	6
	suurin määrä (koskee myös korjattua saumaa)	% muotti saumojen pituudesta	10	20	30	30
Vaakasuurassa valettujen pintojen huokokset, $\varnothing \geq 5$ mm						
	suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10	10
	suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	20	40	80	160
Pystysuurassa valettujen pintojen huokokset, $\varnothing \geq 5$ mm						
	suurin läpimitta ja syvyys	mm	8	10	12	12
	suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	40	60	100	200
Vaakasuurassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)						
	suurin koko	m ²	ei sallita	0,1	0,3	0,6
	suurin määrä	kpl/m ²	ei sallita	1	2	4
Pystysuurassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)						
	suurin koko	m ²	ei sallita	0,2	0,3	0,6
	suurin määrä	kpl/100 m ²	ei sallita	2	2	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu						
	suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3	5	8	8
Väri vaihtelut						
	harmaat pinnat	luokat (By 40)	B	-	-	-
	valkobetoni pinnat	luokat (By 40)	A	-	-	-
	muut väribetonipinnat	luokat (By 40)	B	-	-	-

Taulukko 5. Paikallavalettujen betonipintojen luokitustaulukko MUO [17, s. 34]



Kuva 24. Liittyen taulukon 5 paikallavalettujen betonipintojen luokitustaulukon laatutekijöihin. [17, s. 35]

Taulukossa 5 annetut arvot eivät koske rakenneosien välisiä liitoksia ja työsaumoja. [17, s. 8]

Laadukkaan betonipinnan aikaansaamiseen vaikuttaa ratkaisevasti muotin pintamateriaalin valinta. Soveltuvia muottipintoja tulee tarkastella asetettuja betonipinnan laatuvaatimuksia silmällä pitäen. [17, s. 20]

Betonipinnan ulkonäköön vaikuttaa luokitustaulukon MUO (taulukko 5) laatutekijöiden lisäksi pinnan mikrotason sileys. Haluttaessa erittäin sileitä samettipintaisia pintoja on myös muottimateriaali ja muotin pinnan laatu määriteltävä sekä käytettävä pintamalleja. Muottilevyjen käsittelemättömiä saumakohtia on vältettävä, sillä ne näkyvät aina betonipinnassa. Käytetään joko riittävän suuria levyjä, rimaa tai tasoituskäsittelyä, josta tehdään malli. [17, s. 20]

Muotin pintamateriaali vaikuttaa betonin pintakerroksen huokosten määrään. Kun muotin imukyky kasvaa, pintakerros tiivistyy ja huokosten määrä pienenee. Esim teräspintaista muottia vasten valettu betonipinta voi olla sileä, mutta ohuen pintakerroksen alla voi olla runsaasti huokosia. [17, s. 20]

- Puulevyt

Erilaiset puulevyt, näistä käytetyimpiä vanerit, ovat yleisin muottipintamateriaali. Betonipinnan sileyden ja muotin käyttökertojen lisäämiseksi ne usein pinnoitetaan. Puupohjaisia muottilevyjä käytetään niin eri muottijärjestelmissä kuin myös pienissä, paikalla kapaletavarausta rakennetuissa muoteissa. [17, s. 20]

Käyttökertojen lukumäärä riippuu käytön huolellisuudesta ja pinnalle asetettavista vaatimuksista. Puupohjaisten muottilevyjen pinta on herkkä kolhuille sekä erilaisille kiinnityksille ja varauksille. Pinnoittamaton ja öljyämätön puu imee runsaasti vettä, että sementin hydratoituminen saattaa betonipinnassa pysähtyä. Tästä seurauksena pölyävä, irtoileva pintakerros. [17, s. 20]

Lastulevyä käytetään jonkin verran muottimateriaalina. Käsittelemätön lastulevy pienentää huokoisuutensa ansiosta betonipinnan huokosia. Pinnan sileys ja uudelleen käytettävyyden on kuitenkin muita levytuotteita selvästi huonompi. Lastulevyn liiman on oltava kosteuden kestävä. [17, s. 20]

Levyjen jatkoskohdat jäävät kaikissa levymuoteissa näkyviin. Jos saumakohta ei ole arkkitehtonisesti hyväksyttävä, se voidaan häivyttää käyttämällä rimaa tai muuta pinnan katkaisutapaa. [17, s. 20]

By 40 teoksessa on myös ohjeita betonipinnan väri vaihteluiden mittaamiseen. Aiemmin esittämässäni taulukossa 5 voidaan huomata, että ainoastaan luokille AA ja A ja on asetettu vaatimuksia. Taulukossa 6 nähdään erilaisten tekijöiden vaikutus värimuutoksiin.

Vaaleampi		Betonin väri		Tummempi
valkoinen	←	portlandsementti	→	muut tyypit
korkea	←	vesisementtisuhte	→	matala
vähemmän	←	hienoainesmäärä <0,25 mm	→	enemmän
kuusi	←	puulaji	→	mänty
teräs, muottivaneri	←	muottipintamateriaali	→	sahatavara
korkea	←	puisen muottipinnan kosteus	→	alhainen
kovempi	←	puisen muottipinnan kovuus	→	pehmeämpi
		auringon kellastama muottipinta	→	
ohuempi	←	muotinnirrotusainekerroksen paksuus	→	paksumpi
		veden vuotaminen muotin läpi	→	
pienempi	←	muottipaine	→	korkeampi
		isoja runkoainerakeita pinnan lähellä	→	
pitkä	←	tärytysaika ¹⁾	→	lyhyt
	←	betonin jälkitärytys		
hidas	←	betonin kuivumisnopeus	→	nopea
täydellisempi	←	sementin hydratoituminen	→	epätäydellisempi
suurempi	←	betonin kapillaarihuokosten määrä	→	pienempi
	←	kalkkihärme		
		kovettumislämpötila	→	alhaisempi
100 % ja < 70 %	←	kovettumiskosteuspitoisuus	→	80–90 %

¹⁾ sauvatärytys pystyrakenteissa

Taulukko 6. Betonipinnan väriä säätelevien tekijöiden vaikutus värimuutoksiin. [31]

Voidaan huomata kuinka erilaiset tekijät vaikuttavat betonin väri vaihteluun. Omasta mielestä paras lopputulos saadaan hyvällä ja tasalaatuisella työllä, tarkoittaen esimerkiksi, että muottimateriaali, betonin laatu ja sen jälkihoito pysyy samana.

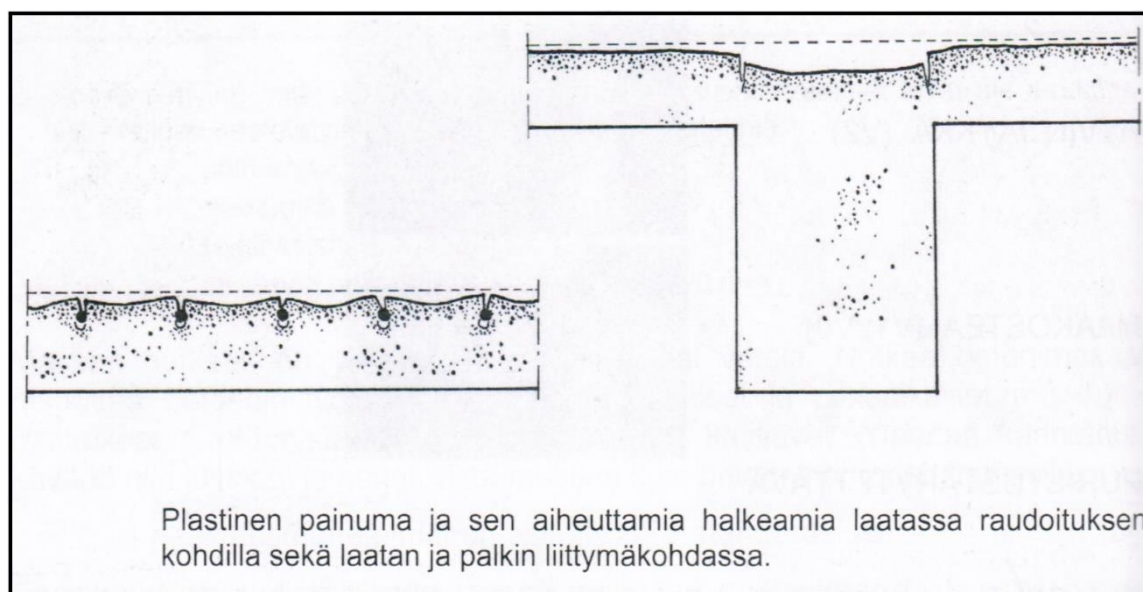
4.1.4 Betonirakenteiden halkeilu

Halkeilu on betonille ja betonirakenteille tyypillistä, mutta rakenteen suunnittelijan ja rakentajan tulee hallita halkeamien muodostuminen niiden esiintymispaikkojen, määrän ja halkeamaleveyksien suhteen niin, että rakenteen toiminta ja säilyvyys eivät vaarannu, eli halkeilu on hallittua ja halkeama leveydet riittävän pieniä. [2, s. 84, 92] Betonirakenteen halkeilu merkitsee aina vetolujuuden ylittymistä. Se voi johtua rakenteen sisäisistä jännityksistä, esimerkiksi lämpötilan epätasaisesta jakautumasta rakenteen kovettumisen aikana tai valmiissa rakenteessa, taikka ulkoisista kuormista. [2, s. 8]

Massan notkeus on yleensä nestemäinen tai vetelä. Notkea betonimassa helpottaa betonointityötä mutta massan plastiset ja pitkäaikaiset muodonmuutokset, erottumistaipumus ja halkeiluriski kasvavat. Yleensä kannattaa käyttää niin jäykkää ja suurikivistä massaa kuin betonointi menetelmä sallii. [2, s. 70]

Notkeuden testausmenetelmät on esitetty SFS-standardeissa, jotka ovat esitetty liitteessä 2. [2, s. 70]

Jo ennen betonin sitoutumista voi tapahtua massan plastisesta kutistumasta ja plastisesta painumasta johtuvaa halkeilua. [2, s. 92] Ensimmäisten tuntien aikana massa menettää notkeuttaan ja kutistuu sekä pysty- että vaakasuunnassa. Pystysuuntaista kutistumaa kutsutaan plastiseksi painumaksi ja vaakasuuntaista plastiseksi kutistumaksi, esimerkkinä kuva 25. [2, s. 70]



Kuva 25. Plastinen painuma. [2, s. 72]

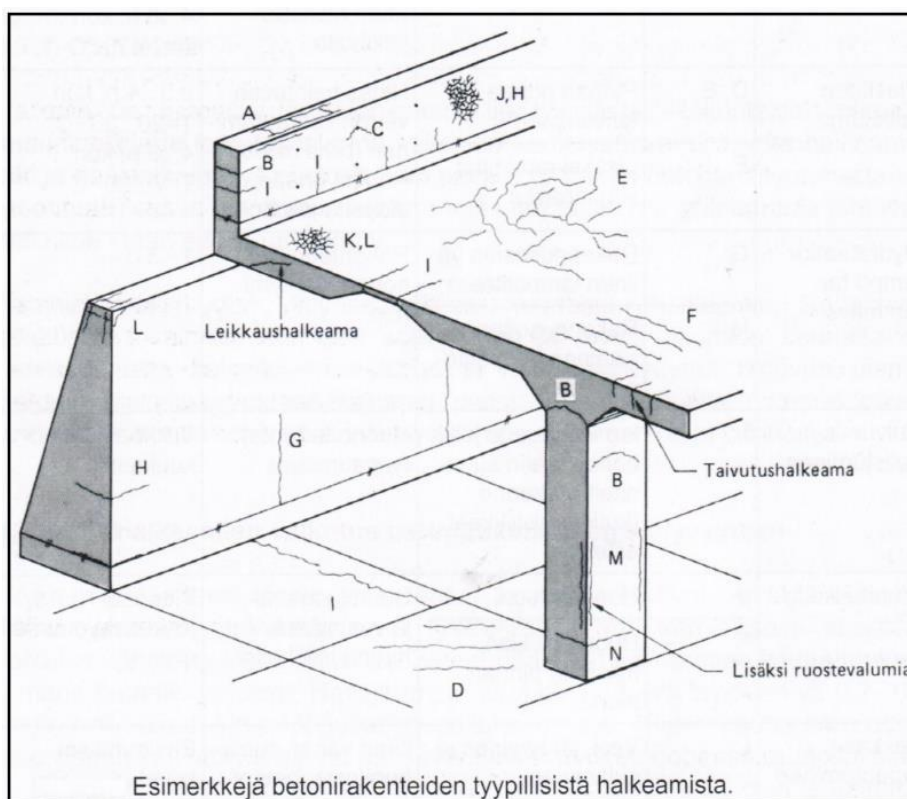
Halkeamat alentavat aina betonin laatua, koska ne lisäävät sen läpäisevyyttä. Tällöin betonin raudoitusta sekä fysikaalisesti että kemiallisesti suojaava vaikutus vähenee. Myös haitalliset aineet pääsevät halkeamien kautta tunkeutumaan betoniin helposti. Haitallisempia ovat olosuhteista riippuen yli 0,2...0,4 mm:n halkeamat, jotka ulottuvat raudoitukseen asti. Niiden kautta korroosion alkamiseen vaikuttavat aineet pääsevät tunkeutumaan nopeasti raudoitukseen ja sitä välittömästi suojaavaan betoniin asti. Raudoitustankojen suuntaiset halkeamat voivat aiheuttaa raudoituksen korroosiota laajalla alueella. Laskennalliset halkeama leveydet rajoitetaan rakenteiden suunnittelussa olosuhteista riippuen 0,1...0,3 mm. [2, s. 92]

Talvirakentamisessa betonia usein lämmitetään, jolloin lämmityksen lopetuksen ja muotien mahdollisen lämmöneristeen purkamisen jälkeen betoni jäähtyy. Liian nopea jäähtyminen voi aiheuttaa betonipinnan halkeilua. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että enintään 300 mm rakenne, jolle asetettu säilyvyysvaatimus, saa ensimmäisten 24 tunnin aikana

jäähtyä enintään 30 °C puolen metrin paksuisessa rakenteessa vastaava arvo on n. 20 °C ja kaksimetriä paksussa n. 10 °C. [16, s. 130]

Myös eri aikoina valettavien rakenneosien välille voi syntyä hydrataatiolämmön ja mahdollisen lämmityksen takia lämpötilaeroja, jotka voivat johtaa halkeiluun. Tyypillinen esimerkki tästä on laatta, johon myöhemmin valetaan kiinni seinämäinen rakenne. Sitoutumisen ja kovettumisen alkuvaiheessa seinä laajenee lämpötilan noustessa, mutta viruu voimakkaasti. Kun seinä jäähtyy, se pyrkii kutistumaan, jolloin siihen syntyy vetojännityksiä. Halkeiluriskiinkin vaikuttavat kovin monet vaikeasti arvioitavat tekijät. Hyvin karkeana sallittuna lämpötilaerona seinän ja laatan välillä voidaan pitää arvoa 30 °C. [16, s. 130]

Betonin halkeilua voidaan siis ehkäistä paitsi suunnittelemalla rakenne oikein myös valitsemalla sopiva betonin koostumus ja oikeaoppisella työnsuorituksella. [2, s. 92] Taulukossa 7 on esimerkkejä tyypillisimmistä halkeamien aiheuttajista jotka liittyvät kirjaintunnuksella kuvaan 26.



Kuva 26. [2, s. 94]

Halkeilun aiheuttaja	Kirjaintunnus kuvassa 26	Pääsyy	Toissijainen syy	Esiintymisajankohta
Plastinen painuma	A, B, C	Veden erottuminen	Nopea kuivuminen, liian myöhään aloitettu jälkihoito	0,5...4 h, kun T=20...30 °C, 4...8 h, kun T=7...20 °C,
Plastinen kutistuma	D, E	Pinnan nopea kuivuminen	Hidas haihtuvan veden veden korvautuminen (tiivis massa), liian myöhään aloitettu jälkihoito	0,5...4 h, kun T=20...30 °C, 4...8 h, kun T=7...20 °C,
	F	Lisäksi raudoitus yläpinnassa		
Hydrataatio-lämpö tai lämmitys	G	Rakennusosien välinen lämpötilaero	Rakenteen liian nopea jäähtyminen	1...3 d
	H	Rakennusosan sisäinen lämpötilaero		
Kuivumis kutistuminen	I	Iso v/s, huono jälkihoito, väärin suunniteltu rakenne (kutistumisliikkeet estetty)	Huono tartunta työsaumassa	viikko...useita kuukausia
Pintahalkeilu	J	Huono muotti	Suuri sementti- ja vesimäärä, huono jälkihoito	Yleensä 1...7 d joskus myöhemmin
	K	Huono tai liian aikainen pinnan hierto		
Pakkasrapautuminen	L	Vesi, jäätyminen ja sulaminen	Liian vähän suoja-huokosia, betoni vedellä kyllästynyt	Ensimmäiset talvet...useita vuosia
Raudoituksen ruostuminen	M	Liian pieni betoni-peite	Liian huokoinen betoni	Useita vuosia
	N	Kloridit		

Taulukko 7. Tyypillisimpiä halkeilun aiheuttajia. [2, s. 93]

4.2 Muottityö

Muotit ja telineet suunnitellaan ja valmistetaan siten, että niillä saavutetaan suunnitelma-asiakirjoissa rakennusosille määrätty laatu, esimerkiksi rakennusosien mittatarkkuus ja betonipintojen laatu. [1, s. 145]

Itsetiivistyvälle betonille laaditaan muottisuunnitelma. Itsetiivistyvän betonin kohdalle tulee kiinnittää huomiota muottien suunnitteluun, mitoitukseen ja tiiviuteen, koska siinä muottipaine on suurempi kuin tärytettävässä betonissa. [1, s. 145]

Muottia vasten valetun betonipinnan luokka ja betonirakenteiden mittatarkkuusluokka mainitaan suunnitelma-asiakirjoissa tai sopimusasiakirjoissa. [1, s. 145]

Muottien tulee olla niin tiiviit, etteivät betonin hieno-osaaineet ja vesi pääse haitallisessa määrin vuotamaan muotista. [16, s. 117]

Muottien ja niiden tukirakenteiden tulee olla sellaiset, ettei niissä betonoinnin ja betonin kovettumisen aikana tapahdu haitallisia muodonmuutoksia ja että rakenne saa sallittujen mittapoikkeamien rajoissa suunnitelmissa esitetyn muodon. [16, s. 117]

Muotteja ja tukirakenteita varten laaditaan suunnitelma, ellei käytetä yleisesti hyväksi tunnettuja muotti- ja tukirakennejärjestelmiä, jolloin noudatetaan niihin liittyviä ohjeita. [16, s. 117] Poikkeuksena itsetiivistyväbetoni jolle tehdään aina muottisuunnitelma. [1, s. 145].

Suunnitelmaa laadittaessa otetaan huomioon myös työnsuorituksen aiheuttamat kuormitukset, kuten kaluston ja betonimassan aiheuttamat sysäykset sekä betonoitaessa esiintyvät vaakasuorat kuormitukset, joita syntyy esimerkiksi betonoitaessa kaltevia rakenteita. [16, s. 117]

4.2.1 Muottia vasten valetut pinnat.

Betonipinnalle määritelty luokka asettaa omat reunaehdonsa valittavalle muottiratkaisulle ja muottipintamateriaalille. Samoin se merkitsee myös suunnitteluvaiheen sekä työnsuunnittelu- ja toteutusvaiheen katselmusten ja tarkistusten tarkentumista vaatimusten kasvaessa. Pinnan luokituksessa on syytä jättää huomioimatta sellaiset laatutekijät, joilla ei ole pinnan halutun lopputuloksen kannalta merkitystä tai jotka työteknisistä syistä katsotaan

mahdottomiksi. Vaatimusten kohdistuessa vain tiettyihin laatutekijöihin on tästä tehtävä erillinen merkintä suunnitelmiin. [17, s. 36]

Liitteeseen 3 on koottu esimerkkejä eri betonipintojen luokkiin soveltuvista muottikalustoista ja niissä tyypillisesti huomioitavista asioista.

4.2.2 Muottipintojen pintakäsittelyaineet

- Pinnoittamattomalla vanerilla valettaessa on aina käytettävä muotiniirrotusainetta, sillä vaneri imee betonimassasta vettä ja ilmaa vähentäen näin huokosten syntymistä. Kuitenkin esimerkiksi kuiva koivuvaneri ilman muotiniirrotusainekäsittelyä saattaa imeä vettä haitallisen paljon, jolloin betonipinta ei kovetu ja jää pölyäväksi. Pinnoittamattoman vanerin puhdistus on vaikeaa ja vaikeutuu edelleen valukertojen lisääntyessä. [17, s. 22] Kertavaluihin löytyy myös esimerkiksi muottivaneria, joka on valmiiksi öljytty.
- Filmipintaisella uudella vanerilla voidaan tavallisesti valaa yhdestä kahteen kertaan käyttämättä mitään irrotusainetta, mutta tämä lyhentää pinnoitteen kestoikää. [17, s. 22]
- Lautamuotit on aina kasteltava hyvin. Kastelu tiivistää muotin ja vähentää samalla betonin tarttumista. Lautojen vedenimukyky vaihtelee, jolloin huolellisesta kastelusta huolimatta betonipinnassa, esiintyy tummuusvaihtelua. Muotiniirrotusaineen käytöllä kastelun lisänä voidaan tätä ilmiötä vähentää. [17, s. 23]
- Teräsmuotissa on aina käytettävä muotiniirrotusainetta. [17, s. 23]
- Jos muottipinnassa toteutetaan kuviointia kumilla tai muulla elastisella materiaalilla esim. erityisesti elastista polyuretaanimuottia käytettäessä on varmistettava, että muotiniirrotusaine soveltuu sekä betonille että muottimateriaalille. [17, s. 24]

Vanerien lujuus kasvaa kuusi vanerista (heikoin) koivuvaneriin (kestävin). Lujuus ja jäykkyysominaisuudet ovat yleensä erilaiset vanerin eri suunnissa ja niissä on rakenteesta johtuen huomattaviakin eroja. Muottivanerien ominaisuuksista saa lisätietoa valmistajilta. [17, s. 20] Liitteessä 1 on muottivanerien keskimääräiset käyttökerrat toteutettaessa betonipinnan laatuluokkaa B.

Muottipintojen pintakäsittelyyn käytetään sellaisia aineita ja työtapoja, että betonipinnoille asetetut vaatimukset täyttyvät. Muottipinnoissa ei saa käyttää muottiöljyä, joka jättää jälkiä valmiiseen betonipintaan, estää tai heikentää pintakäsittelyn tarttumisen tai vaurioittaa valmista betonipintaa. Muottipinnat käsitellään muottiöljyllä, joka estää betonin tarttumisen muottiin. Muottiöljyä käytetään mahdollisimman vähän, jotta valumat eivät heikennä betonipinnan ulkonäköä. Raudoitusta ei saa käsitellä muottiöljyllä. [1, s. 145]

Muotiniirrotusaineen käytöllä estetään betonipinnan ja muottimateriaalin vaurioituminen muotipurun yhteydessä. Sopivalla muottimateriaalin ja muotiniirrotusaineen yhdistelmällä pystytään vähentämään betonipinnan huokoisuutta. Muotiniirrotusaineet tiivistävät muottimateriaaleja ja estävät vedenimeytymistä betonista muottiin, jolloin betonista tulee vaaleampi. [17, s. 24]

Toteutettaessa korkeat laatuvaatimukset omaavia betonirakenteita muotiniirrotusaineen ja muottimateriaalin yhteensopivuus tulee varmistaa esikokein. [17, s. 24]

4.2.3 Lämmöneristelevyt

Betonivalujen yhteydessä käytettävät lämmön- tai ääneneristelevyt ovat riittävän jäykkiä ja riittävän kokoonpuristumattomia siten, että betonirakenteen sijainti- tai rakentamistarkkuusvaatimukset täyttyvät, levyt eivät vaurioidu eivätkä niiden ominaisuudet huonone betonoitaessa tai muotteja purettaessa. [1, s. 145]

Eristyslevyt asennoidaan tiivisti toisiaan vasten tai niiden saumat suojataan siten, ettei betonimassa tunkeudu saumoihin. [1, s. 145]

Lämmöneristelevyissä mahdollisesti olevat tuuletus- yms. kanavat puhdistetaan tarvittaessa. Ne suojataan tukkeutumiselta ennen betonoinnin aloittamista ja puhdistetaan tarvittaessa betonoinnin jälkeen. [1, s. 145]

Suosittelavan ohjeena on, että valmiin lämmöneristekerroksen paksuus ei poikkea keskimäärin enempää kuin 5 % suunnitelma-asiakirjoissa määrätystä nimellispaksuudesta. [1, s. 145]

4.2.4 Reiät, varaukset sekä muottien tai raudoituksen osat

Reiät ja varaukset sekä muotteihin tai raudoitukseen kiinnitettävät osat sijoitetaan siten, että ne ovat suunnitelma-asiakirjojen mukaisia ja että niitä koskevat mittatarkkuusvaatimukset täyttyvät. [1, s. 145]

Rakenteisiin saa tehdä vain rakenne- ja reikäpiirustusten edellyttämät aukot ja syvennykset. Muita aukkoja ei saa tehdä ilman rakennesuunnittelijan ohjeistusta. [1, s. 145]

Kuormia siirtävillä metalliosilla on ensisijaisesti CE- merkintä tai voimassa oleva varmennettu käyttöseloste. [1, s. 145]

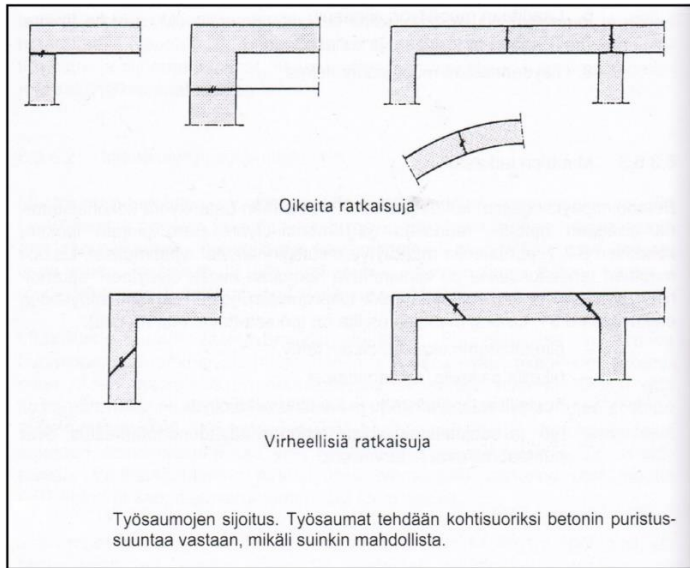
4.2.5 Liikunta- ja työsaumat

Betonoitava rakenne jaetaan usein kahteen tai useampaan kertavalualueeseen. Nämä valualueet on katkaistava työsaumoin. Työsauma on tehtävä aina kun betonointi keskeytetään niin pitkäksi ajaksi, että betoni ehtii jäykistyä ennen työn jatkamista. [2, s. 240]

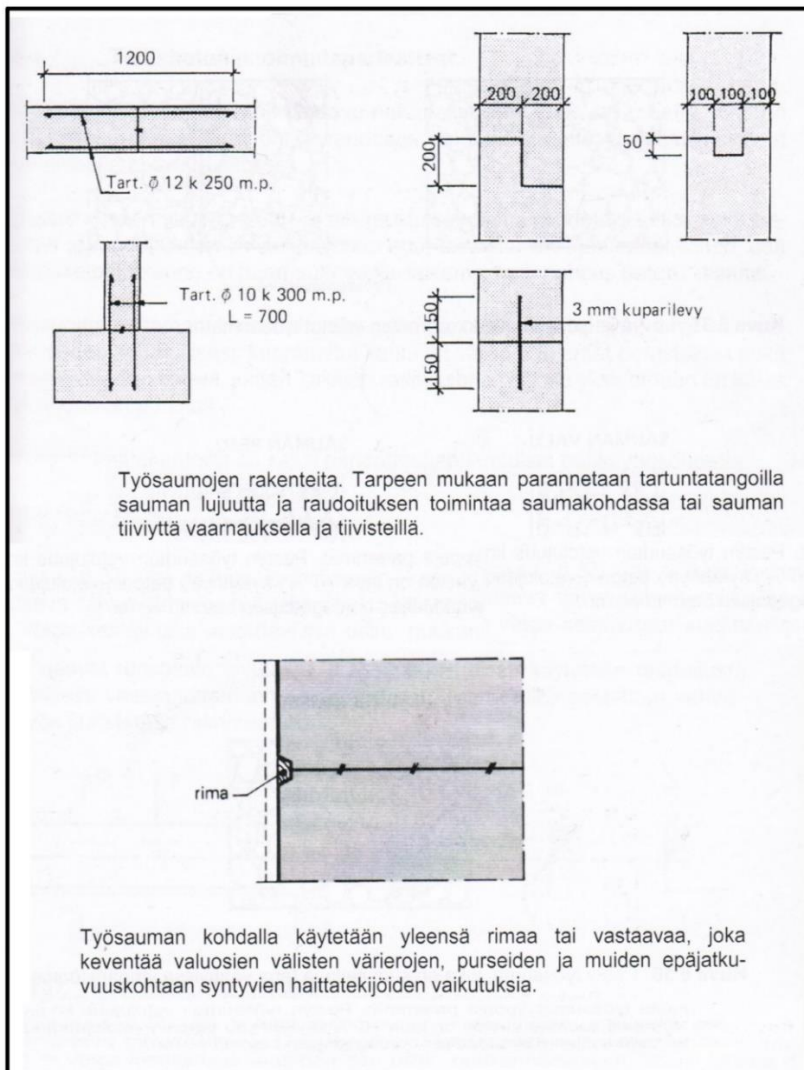
Työsaumojen kohdat ja rakenteet pyritään esittämään rakennepiirustuksissa ja vaativissa rakenteissa ne on aina esitettävä. Käytännössä betonityönjohtajan ja rakennesuunnittelija on sovittava tavanomaisten rakenteiden työsaumaratkaisut. [16, s. 131]

Tärkeää on, että työsauman kohta vastaisi mahdollisimman hyvin rakennetta, jolloin on huolehdittava: [2, s. 240]

- sauman oikeasta sijoituksesta
- oikeasta sauman rakenteesta
- oikeasta tavasta päättää ja aloittaa valu sauman kohdalla.



Kuva 27. Työsaumojen sijoitus. [2, s. 240]



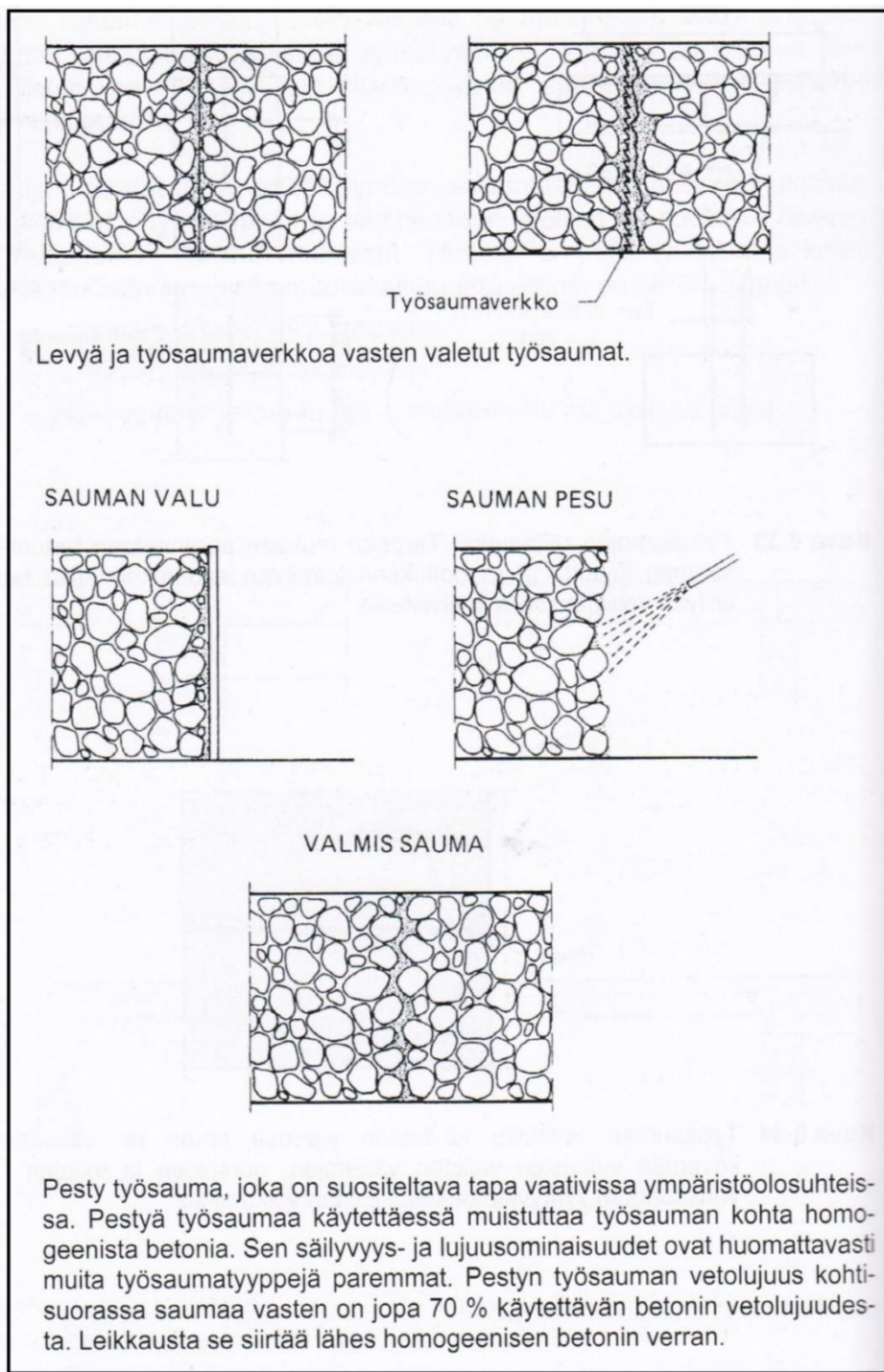
Kuva 28. Työsaumojen rakenteita. [2, s. 241]

Työsaumat jaetaan niiden pintaominaisuuksien perusteella kolmeen luokkaan: [16, s. 131]

- Pestytyt työsaumat: Pestyksi työsaumaksi katsotaan, jonka pinnasta laasti on poistettu pesemällä tai muulla vastaavalla tavalla 2...5 mm syvyydeltä
- Karheat työsaumat: Karhennetun työsauman karheuden tulee olla 2...5 mm syvä. Vaakasuora työsauma voidaan karheuttaa esimerkiksi harjaamalla betonin pinta ennen sen sitoutumista ja pystysuora käyttämällä työsaumaverkkoja
- Sileät työsaumat: Työsaumat, jotka eivät täytä yllä olevia ehtoja katsotaan sileiksi

Työsaumojen kohdalla betonin ominaisuudet ovat aina huonommat, kuin muualla rakenteessa. Suositeltavin tapa vaativissa ympäristö olosuhteissa on käyttää ns. pestyä työsaumaa (kuva 29). Pestyä työsaumaa käytettäessä muistuttaa työsauman kohta homogeenista betonia. Sen säilyvyys ja lujuusominaisuudet ovat huomattavasti muita työsaumatyyppejä paremmat. Rastitusluokissa XS3, XD2, XD3, XF2 ja XF4 on käytettävä pestyä työsaumaa, jos saumassa esiintyy sitä vastaan kohtisuoraa vetoa. Pakottavissa tilanteissa voidaan karhea työsauma kuitenkin tehdä ilman varsinaista suunnitelmaa. Työtä jatkettaessa sauman tulee olla puhdas ja erityistä huomiota on kiinnitettävä betonin tiivistämiseen. [16, s. 95, 131]

Jos rakenteelle on asetettu tiiviysvaatimuksia, käytetään työsaumassa saumanauhaa tai varmistutaan sauman tiiviyydestä muulla luotettavalla tavalla, esim käyttäen tiivistyslevyä/-peltiä, kuva 30 esimerkkinä. Pestyä työsaumaa käytettäessä sauman voidaan katsoa olevan tiivis. Työsaumojen kohdalla betonin ominaisuudet ovat aina huonommat kuin muualla rakenteessa. Työsaumamuottina voidaan käyttää esim. levyä tai työsaumaverkkoa, kuva 29. [16, s. 132]



Kuva 29. Työsauman pesu. [2, s. 242]

Betonin kovettuttua riittävästi muotti puretaan ja korkeapainepesurilla huuhdellaan betonin pinnasta laastikerros pois niin, että kivet paljastuvat. Pesun oikea aika on haettava kokeilemalla siten, että betoni on toisaalta kovettunut niin paljon, että se kestää työsaumamuotin purkamisen ja toisaalta ei ole kovettunut niin paljon, ettei pintaa saada pestyksi. [16, s. 131]



Kuva 30. Työsaumassa tartunnat ja tiivistystuotteita [13]



Kuva 31. Työsauma sekä muottiside on toteutettu tiiviyttä parantavilla tuotteilla. [13]



Kuva 32. Työsaumaverkko sidottuna kansirakenteen pätyyn. [32]

4.2.6 Muottien ja telineiden purkaminen

Tukirakenteet saa purkaa, kun luotettavasti on todettu betonin kovettuneen niin paljon, että rakenteet mahdollisille varatukineen kestävät niille tulevat räsitukset ja ettei niihin synny liian suuria muodonmuutoksia. Betonin lujuuden tulee olla vähintään 60 % nimellisuudesta, ellei piirrustuksissa ole toisin esitettyä tai ellei muuta erillistä selvitystä ole tehty. [16, s. 118]

Muottien ei kantavat osat saadaan tarvittaessa purkaa, kun betoni on saavuttanut 5 MN/m² keskimääräisen puristuslujuuden. Erikoismenetelmiä käytettäessä muotit voidaan poistaa jo aikaisemmin edellyttäen, ettei rakenne tai betoni vahingoitu. [16, s. 118]

Betonin lujuuden kehitystä voidaan seurata ns. Sadgroven menetelmällä. Siinä kypsyysikä osoittaa miten betonin lujuus on kehittynyt, vaihtelivissa olosuhteissa. Betonin kypsyysikää voidaan seurata laskennallisesti, kun käytetyn sementin lujuudenkehitys ja rakenteen lämpötila tunnetaan. Rakenteen lämpötila mitataan betonin kylmimmästä osasta, jossa hydrataatioreaktiot ovat hitaimmat. [16, s. 118] Betonin kypsyysikää voidaan laskea myös tähän kehitetyillä tietokoneohjelmissa, esim valmisbetoni toimittaja Rudus tarjoaa asiakkailleen BetoPlus ohjelmaa.

Muottien purkamisessa täytyy huomioida myös mahdollinen jälkitukeminen. Jälkitukia tarvitaan kantamaan holville tulevia kuormia ja sen päälle tulevaa uutta holvia valettaessa, riippuen rakennuksen aikataulusta. Jälkitukien tarkoituksena on jakaa holville tulevia kuormia sen alapuolisille holveille. Jälkitukien tarve on aina selvitettävä rakennesuunnittelijan kanssa. Lisäksi holvimuotit puretaan normaalisti aloittaen holvin keskiosasta holvin reunojen suuntaan ja etenkin suurilla jänneväleillä tämä on ehdoton. [6, s. 21]

4.3 Raudoitus

Teräsbetoni on kahdesta ominaisuuksiltaan varsin erilaisesta materiaalista yhdistetty rakennusaine. yhdistämisen perusedellytys on, että teräksen ja betonin lujuusominaisuudet täydentävät sopivasti toisiaan. Lisäksi vaaditaan muutamia muitakin välttämättömiä edullisia tekijöitä, jotta raudoituksen ja betonin staattinen yhteistoiminta olisi moitteetonta. Näistä tärkeimmät ovat tartunta, betonin raudoitusta suojaava vaikutus ja yhtä suuri lämpöpitäminen. [2, s. 250]

Teräsbetonirakenteen valmistuttua sen raudoitusta on vaikea ja jopa mahdoton korjata. Tästä syystä on välttämätöntä tarkastaa ennen betonointia, että raudoitus ja siihen mahdollisesti liittyvät kiinnikkeet ja tarvikkeet on asennettu oikein, tarkastuksesta tehdään merkintä esimerkiksi betonointipöytäkirjaan. Raudoituksen suhteen suurin osa tiedoista esitetään piirustuksissa, niinpä yleisenä muistutuksena raudoitustyön tarkastuksessa huomiota kiinnitettäviin asioihin esittelen taulukon 8, jonka jälkeen avaan muutamia siihen liittyviä aiheita. [2, s. 284]

Raudoituksen laadun tarkastus

- piirustusten mukaiset teräslaadut
- tankojen pintaviat, ruosteisuus
- tartuntaa huonontavat aineet tankojen pinnalla: jää, rasva, kovettunut betoni, lika jne.

Raudoituksen määrän tarkistus

- oikeat läpimitat
- oikeat lukumäärät
- oikeat jakovälit

Raudoituksen sijainnin tarkastus

- piirustusten mukaiset asemat
- tankojen riittävät keskinäiset etäisyydet
- oikea betonipeitteen paksuus

Raudoituksen mittojen tarkastus

- riittävät suuret taivutussäteet
- riittävät jatkospituudet
- riittävät ankkurointipituudet

Tuennan ja sidonnan tarkistus

- riittävän tiuha tukeminen välikkein ja asennustangoin
- riittävän tukevat asennustangot
- riittävän tiheä ja luja sidonta

Betonoinnin suorituksen varmistaminen

- valua vaikeuttavat raudoitusratkaisut
- liikkumista vaikeuttavat esteet, esiinpistävät tangot, poikittaiset asennustuet

Taulukko 8. Raudoitustyön tarkastuksessa huomioivat asiat. [2, s. 284]

Asennusvälikkeet mitoitetaan betonipeitteen nimellisarvon mukaisesti. Sallittu mittapoikkeama betonipeitteen suhteen on yleensä 10 mm. [14, s. 42] Raudoitteet tuetaan muotteihin välikkeiden tai työraudoituksen avulla niin tiheästi ja sidotaan toisiinsa tarvittaessa työraudoitusta käyttäen niin lujasti, että raudoitteiden asema betonoinnin jälkeen täyttää suunnitelmien mukaiset mittapoikkeamat. [16, s. 119]

Maata vasten valettaessa ja vedenalaisessa valussa tulee betonipeitteen olla vähintään 50 mm. [16, s. 119]

Ruostumattoman teräksen kanssa käytetään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tai muovisia sidelankoja. [14, s. 42]

Pintaan asennettavat kiinnikkeet ja tarvikkeet ovat ei metallisia tai samaa materiaalia kuin raudoitteet. Jos on välttämätöntä käyttää samassa valukokonaisuudessa eri metalleja, suunnitellaan detaljit niin että niiden välille ei muodostu rakenteen säilyvyyttä tai ulkonäköä vahingoittavaa sähköparia. [14, s. 42]

Jotta betonin laatu ei kärsisi ja jotta tartunta voisi syntyä täydellisenä, on betonin valu voitava suorittaa siten, että betoni ympäröi tangot joka puolelta tiivisti. Betonimassan kiivaoksen maksimiraekoko ja raudoituksen tankovälit tulee huomioida yhteensopiviksi betoninormit by 50 teoksen mukaan. Luvussa 4.4.1 käsittelen tankovälejä tarkemmin. [2, s. 251] [16, s. 51,119]

Raudoitukseen asennettujen kiinnikkeiden, tarvikkaiden yms. vaatimuksen mukaisuus. [14, s. 46]

Lisäksi kuten aina, tulisi työturvallisuus huomioida kaikissa työvaiheissa on taulukossa 9 erilaisia työturvallisuuteen liittyviä näkökulmia raudoituksen suhteen.

Tartuntatangot

- erikoisesti lyhyet alle 1,5 m korkeat betonista esiinpistävät pystytartunnat ovat vaarallisia
- ohuet tartunnat $\varnothing < 12$ mm pitäisi taivuttaa tai valmistaa U-muotoisina
- paksummat $\varnothing \geq 12$ mm tulisi varustaa puu-, kumi- tai muulla suojuksella
- vaakartunnat toimivat kompastusesteinä

Telineitten tai muottien ylikuormitus

- raudoitteiden varastointi asennuspaikalle tulee levittää riittävän laajalle alueelle

Esiinpistävät sidelangat

- langat pitäisi taivuttaa kohti rakenteen sisäosia tai suojata

Sitominen

- kumartelun välttäminen

Liian raskaiden taakkojen kantaminen

- suurin taakka on suosituksen mukaan jatkuvassa työssä 35 kg ja tilapäisessä kantamisessa 55 kg

Nostot, raudoitteita nostaessa esim torninosturilla

- nostoapulaitteiden, raksien, ketjujen ym. Huolellinen kiinnitys
- taakan muodostaminen mahdollisimman jäykäksi (esim. nostoteline)
- oikeiden kiinnityskohtien valitseminen
- taakan pyörimisen estäminen
- nostoalueen tyhjentäminen tarpeettomista ihmisistä

Putoaminen, liukastuminen

- kuten muutkin rakennustyöt vaatii myös raudoitus turvalliset telineet, tikkaat ja suojakaiteet

Taulukko 9. Raudoitustyön turvallisuus näkökulmat. [2, s. 285]

Raudoitus asennetaan käyttäen piirustuksissa annettuja betonipeitteen nimellisarvoja. Ellei piirustuksissa ole toisin ilmoitettu käytetään taivutussäteinä taulukon 10 mukaisia arvoja. Pääraudoitukseen käytettävää tankonippua taivutettaessa käytetään yksittäisiä tankoja taivutettaessa taulukon 10 arvoja 1,5 kertaisena. Kevytsorabetonirakenteissa käytetään yksittäisiä tankoja taivutettaessa taulukon 10 arvoja 1,5 kertaisina ja tankonippuja taivutettaessa 2 kertaisina. [16, s. 118]

Teräslaatu	Haat, koukut ja lenkit	Pääraudoitus
A500HW	2,0 \emptyset , kun $\emptyset \leq 10$	12 \emptyset
	2,5 \emptyset , kun $10 < \emptyset \leq 20$	
	3,5 \emptyset , kun $\emptyset > 20$	
A700HW	2,0 \emptyset , kun $\emptyset \leq 10$	17 \emptyset
	2,5 \emptyset , kun $10 < \emptyset \leq 20$	
B500K	3,0 \emptyset , kun $\emptyset \leq 12$	12 \emptyset
B700K	4,5 \emptyset , kun $\emptyset \leq 12$	17 \emptyset
B600KX	3,0 \emptyset , kun $\emptyset \leq 12$	15 \emptyset
\emptyset = tangon halkaisija		

Taulukko 10. Tankojen sisäpuoliset taivutussäteet. [16, s. 119]

Raudoitukseen jatkokset voidaan piirustusten osoittamissa paikoissa. [16, s. 118]

- limijatkoksina
- hitsattavien teräslaatuojen osalta SFS-standardien mukaisilla hitsausmenetelmillä
- muhveilla tai muilla erikoisjatkoksilla.

Raudoitukset valmistetaan ja asennetaan piirustusten ja muiden mahdollisten annettujen ohjeiden mukaisesti. By 50 betoninormit teoksessa on ohjeita, kuinka raudoituksessa yhteensidottoja tankoja voidaan käyttää yksittäisten tankojen asemasta, kuitenkin tulee rakennesuunnittelijalta varmistaa, että voidaanko näitä kyseisiä ohjeita soveltaa. [16, s. 118] Tähän ja yleisesti muuta raudoitusta koskevaa asiaa olen kerännyt liitteeseen 4.

4.4 Betonointi

Betonitöitä varten laaditaan betonityösuunnitelma, jota tarkennetaan ennen kutakin betonointia tarvittavilta osin. Suunnitelmissa kiinnitetään tarpeen mukaan huomiota mm. seuraaviin seikkoihin: [16, s. 123]

- muotit ja niiden tukirakenteet
- raudoitus
- jako betonointiosiin
- perustiedot betonin ominaisuuksista
- betonointimenetelmä, betonin siirrot, tiivistäminen, betonointinopeus, työsaumat
- aikataulu, betonimenekki, työnjohto, henkilövahvuus, työvuorot, varautuminen häiriöihin, kokeiden vaatimat toimenpiteet
- jälkihoito, lujuuden ja muiden ominaisuuksien kehityksen seuranta, muottien ja tukirakenteiden purkaminen
- talvityöhön. lämpökäsittelyyn ja erityismenetelmiin liittyvät toimenpiteet

Betonityösuunnitelma voidaan tehdä by 401 lomakkeelle, joka on saatavissa rakennustieto.fi sivustolta. Katselmuksen tulokset, mittauspöytäkirjat, ja muu kirjallinen materiaali kootaan työmaalla ylläpidettäviin laadunvalvonta-asiakirjoihin. [1, s. 146]

Kylmällä säällä lämmitetään tarpeen mukaan betoniin käytettävät vesi ja kiviaines siten, että betonin lämpötila betonoitaessa on vähintään +5 C°. Betonin valmistukseen ei saa käyttää kiviainesta jäätyneenä. Kylmällä säällä betonoitaessa on huolehdittava siitä, että betoni kovettuu suunnitelmien mukaisesti. Rakenteiden lämmitystä jatketaan tarvittaessa niin kauan, että ne saavuttavat muottien tukirakenteiden purkamisajankohtana vaaditun lujuuden. Erityisesti otetaan rakenteita kuormitettaessa huomioon lämmityksen jälkeinen lujuudenkasvun hidastuminen kylmänä aikana. Betoni ei saa jäätyä ennen kuin se on saavuttanut jäätymislujuuden 5MN/m², jotta se vahingoittumatta kestäisi jäätyksen vaikutukset. Betonimassan vastaiset pinnat kuten betoni, kallio perusmaa ja muotti, lämmitetään tarvittaessa ennakoita siten, että betonimassan jäätyminen estetään. Betonin ominaisuuksien kehittymistä seurataan lämpötilamittauksin tai muulla luotettavalla tavalla. [16, s. 130,

198] Vuorokauden keskilämpötilan laskiessa +5 C°: tulee ryhtyä talvibetonoinnin vaatimiin toimenpiteisiin. [1, s. 149]

4.4.1 Betonimassa

Betonimassalla tulee olla sellaiset ominaisuudet, että se tarkoitukseen soveltuvia menetelmiä käyttäen tiivistettynä ja käsiteltynä, kovettuttuaan täyttää asetetut vaatimukset. [16, s. 105]

Peruseriaattena on, että rakennesuunnittelija määrittelee piirustuksissaan ne ominaisuudet joita kovettuneelta betonilta vaaditaan. Näitä ovat muuan muassa. [16]

- Betonin lujuus- ja rakenneluokka
- rasitusluokka ja suunniteltu käyttöikä
- kiviaineen maksimiraekoko
- betonipeitepaksuudet ja sallitut mittapoikkeamat
- tarvittaessa muut erityisohjeet (lämmönkehitys jne)
- telineiden ja muottien purkulujuus
- jännittämislujuus
- toleranssit ja pintaluokat (by 47, by 40)

Työmaalla määritellään yleensä tuoreelta betonimassalta notkeus, maksimiraekoko ja mahdollisten lisäaineiden käyttö riippuu hyvin olennaisesti työmaan betonointikohteesta ja -olosuhteista sekä betonointimenetelmästä. Betonimassan tulee olla koossa pysyvää ja notkeudeltaan että tiivistyvyydeltään työtapaan ja rakenteeseen sopivaa. Työmaan betonin valinta ei saa olla ristiriidassa suunnitelmissa esitetylle valinnalle. [2, s. 302]

Betonimassan valinnan pääperiaatteena on, että valitaan mahdollisimman jäykkä ja suuri maksimiraekokoinen massa, siirto- ja tiivistystapa, rakenne, muotit raudoitus sekä olosuhteet huomioon ottaen. Betonointityön vaatiessa notkean massan käyttöä tulisi valita notkistettu massa. Notkistavat lisäaineet jaetaan kolmeen ryhmään: notkistimiin, tehonotkis-

timiin ja nesteyttimiin. Joillakin notkistavilla lisäaineilla voi olla lievä hidastusvaikutus sementin sitomisreaktioihin ja näin ollen myös betonin lujoudenkehitykseen ja sitoutumiseen. Tämän vuoksi ne eivät sovellu kohteisiin, joissa vaaditaan nopeaa muottikiertoa tai viileisiin olosuhteisiin, joissa reaktiot käynnistyvät muutenkin hitaasti. [2, s. 65]

Erottumisen kannalta tulee välttää veteliä massoja, joilla voi olla veden ja sementtiliiman erottumistaipumus. Korkeita rakenteita valettaessa ne pitää jälkitäryttää. [2, s. 302]

Tiheästi raudoitetuissa ahtaissa rakenteissa tulee käyttää nesteytettyä betonia, jonka maksimiraekoko ei saa olla liian suuri. Betoninormeissa edellytetään, että raudoitustankojen, vapaa väli on vähintään taulukon 11 mukainen. Lisäksi suurin raekoko saa olla 40% rakenteen paksuudesta. Tarpeettoman pientä raekoko on kuitenkin syytä välttää, koska raekoon pienentyessä se aiheuttaa: [2, s. 251] [16, s. 51,119]

- sementtiliiman määrä kasvaa
- massan kutistuma ja helkeilutaipumus lisääntyy
- muodonmuutokset, erityisesti viruma, kasvavat
- sementtipitoisuuden kasvusta johtuen hinta nousee

Samanaikaisesti tankojen ja jänteiden vapaavälin tulee kaikkialla, myös jatkosten kohdalla, olla vähintään suurin arvoista:

- betoniterästangoilla \emptyset , \emptyset_n ja tartuntajänteillä $2\emptyset$, $2\emptyset_n$
- 1,2 kertaa kiviaineksen ylämääräraja
- 25 mm tangoilla ja 50 suojaputkilla ellei käyttöselosteessa toisin edellytetä

Rinnakkaisten limijatkosten kohdalla eri jatkoksiin kuuluvien tankojen vapaan välin tulee kuitenkin olla vähintään $2\emptyset$. Työraudoitus rinnastetaan muuhun raudoitukseen vapaata väliä määrittäessä

Selitykset:

\emptyset = Tangon halkaisija

\emptyset_n = Tankonipun nimellishalkaisija

Tartuntajänne = jänne, jonka voima siirretään betoniin tartunnan välityksellä

Suojaputki = ankkurijänteen sisältävä putki, joka jännittämistyön jälkeen injektoidaan

Taulukko 11. Tankojen vapaa väli. [16, s. 119]

Betonimassan valinnassa noudatetaan suunnittelijoiden määräyksiä, mutta mikäli ne eivät ole tuotantoon sopivia tai ovat mahdottomia toteuttaa, niin ongelmiin on etsittävä ratkaisu betonin valinnan osapuolten kanssa ennen valuun ryhtymistä. Minkään rakenteen osalta ei voida antaa ehdotonta valintasuositusta betonimassan suhteen, vaan valinta tulee

tehdä erikseen joka kerta valettavan rakenteen ja vallitsevien olosuhteiden perusteella. Rasitusluokan vaatimukset tulee kuitenkin aina toteuttaa. [2, s. 303]

Liitteessä 2 betonin notkeusluokat.

Yleensä on kiellettyä lisätä vettä tai lisäaineita betonia toimitettaessa. Erikoistapauksissa vettä tai lisäaineita voidaan lisätä, jos valmistaja vastaa niiden lisäämisestä ja jos niiden lisäämiseen tarkoitus on saattaa betonin notkeus määritellyn mukaiseksi edellyttäen, että betonin määrittelyn mukaisia raja-arvoja ei ylitetä ja että lisäaineen lisääminen sisältyy betonin suhteitukseen. Autosekoittimeen (tai sekoituskykyiseen pyörintäsäiliöön) lisätyn veden tai lisäaineen määrä tulee aina merkitä kuormakirjaan. Jos autosekoittimeen lisätään lisäainetta varsinaisen sekoituksen jälkeen, uudelleen sekoitusajan tulisi olla 1min/m³ ja vähintään 5 minuuttia. [16, s. 125]

Jos työmaalla lisätään autosekoittimessa olevaan betoniin vettä tai lisäaineita enemmän kuin betonin määrittelyn mukaan on sallittua, kuormakirjaan on merkittävä, että annos tai kuorma ei ole vaatimusten mukainen. Veden tai lisäaineen lisäämisen hyväksynyt osapuoli vastaa seurauksista ja tämä osapuoli tulee kirjata kuormakirjaan. [16, s. 125]

Valettaessa betonilattioita on by 45 teoksessa ohjeita sen toteutukseen. Myös suomen betonilattiat yhdistyksen kotisivuilla bly.fi on ladattavissa ohjeita betonilattioiden toteutukseen liittyen.

4.4.2 Valu ja tiivistys

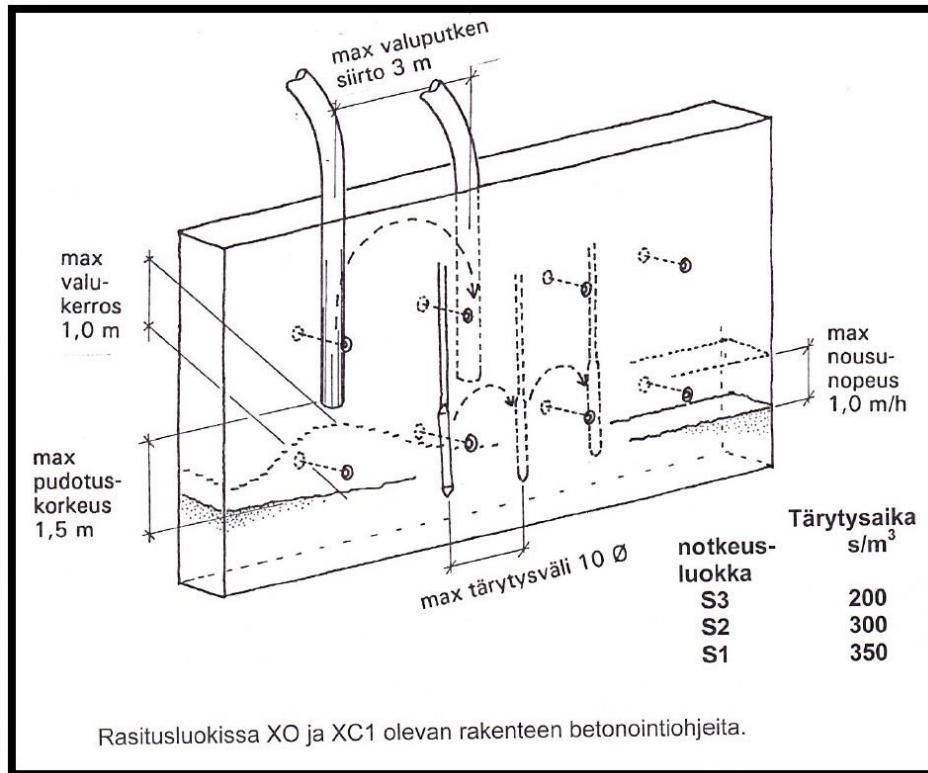
Betonimassa siirretään ja sijoitetaan muotteihin siten, että se tulee kauttaaltaan tiivistetyksi sekä liittyy saumattomasti muoteissa ennestään olevaan tuoreeseen betoniin ennen kuin tämä alkaa kovettua. Pystyrakenteiden betonoinnissa rajoitetaan nousunopeus siten, ettei haitallisia jälkipainumia synny. Rakenteen poikkileikkausmuutosten kohdalla pidetään tarvittaessa tauko tai suoritetaan jälkitiivistys. [16, s.126] Betonointi suoritetaan normaalisti maksimissaan 0,3...0,5 metrin kerroksina riippuen massan notkeudesta, rakenteesta, raudoituksesta ja betonille asetetuista vaatimuksista. Esimerkiksi nousunopeus poikkeuksellisissa rakenteissa tulisi rajoittaa (vesitiivissä 0,25 m/h ja massiivisissa 0,15...0,3 m/h). [2, s.317] Laajoja pintoja valettaessa ei valun nousunopeus yleensä saa kuitenkaan alittaa 0,1 m tunnissa, ettei valusaumoja pääsisi syntymään. Tarvittaessa voidaan käyttää hidastettua betonimassaa valusaumojen syntymisen ehkäisemiseksi. [2, s. 319, 327]

Betonin tiivistämisen tarkoituksena on saada betoni täyttämään muotit ja ympäröimään rauditus täydellisesti, poistaa massasta ylimääräinen ilma ja saada betonin kiviaineksen osaset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Ilman huolellista tiivistystä betonin lujuus jää suunniteltua alhaisemmaksi. Betonin tiivistämisessä käytetään erilaisia täryttimiä, jotka voidaan jakaa käyttö- ja vaikutustapansa perusteella sauva-, pinta- ja muottitäryttimiin. [2, s. 322, 323]

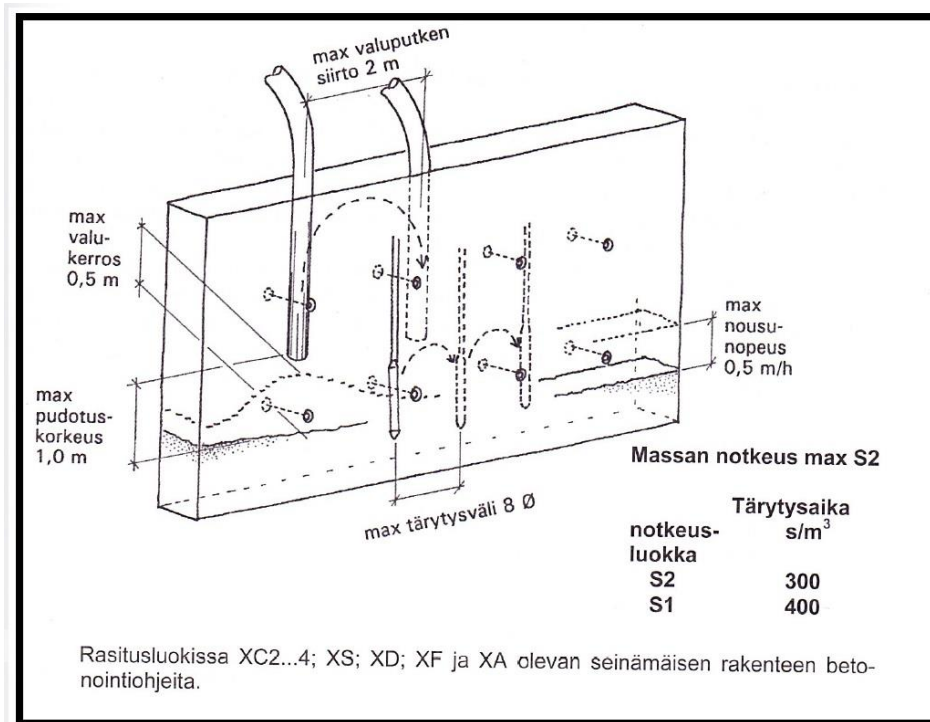
Betonin tiivistys edellyttää mm. seuraavien ohjeiden huomioonottamista: [16, s. 126]

- Rasitusluokkia XO ja XC1 lukuun ottamatta palkin ja laatan valukerroksen paksuuden tulee olla enintään 500 mm ellei käytetä notkistettua betonia.
- Massan notkistaminen helpottaa tiivistystä. Kuitenkin myös nesteytetty betoni on tärytettävä, mutta vähemmän kuin jäykempi massa.
- Nesteytetyt silikaa sisältävät massat voivat olla kittimäisiä, eivätkä niiden työstettyvyysominaisuudet ole niin hyvät kuin notkeusluokan perusteella voisi olettaa. Tämän vuoksi tulee valita notkeampi massa.
- Massaa ei pidä erottumisvaaran takia siirtää täryttimellä. Yli metrin korkuisissa massanpudotuksissa käytetään valuputkea.
- Jälkitärytys poistaa plastisen painuman aiheuttamia ongelmia esim. poikkileikkausten muutosten ja yläpinnan raudituksen kohdalla. Jälkitärytys lisätiivistää myös tehokkaasti betonia. Jälkitärytys on tehtävä ennen betonin sitoutumista.

Kuvissa 33 ja 34 on seinämäisen rakenteen valuohjeita eri rasitusluokissa.



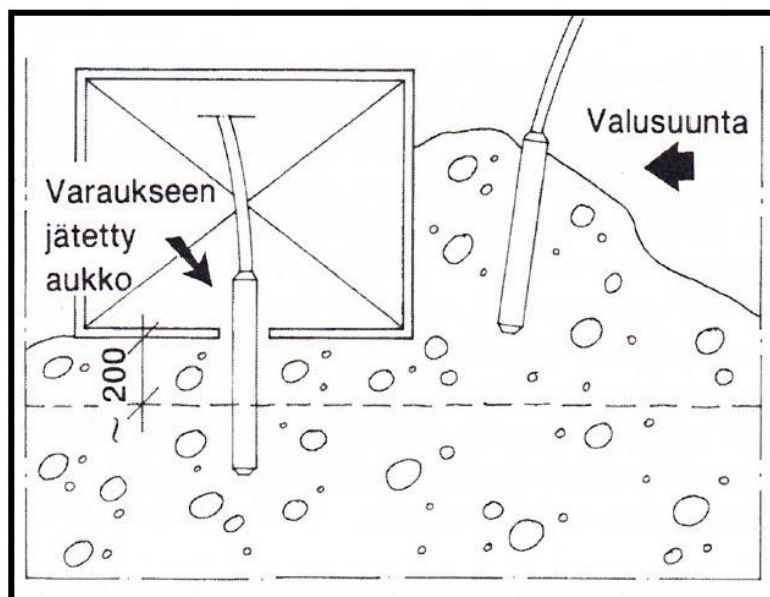
Kuva 33. [16, s. 126]



Kuva 34. [16, s. 127]

Tärytys pyritään järjestämään ylhäältä päin. Jos se on mahdotonta tiheän raudoituksen tai muotissa olevien varausten johdosta, on muottiin jätettävä 1,0...1,5 m välein aukkoja, joista tärytys voidaan suorittaa. Toinen tapa on muotittaa seinämäisen rakenteen toinen sivu betonoinnin aikana massapinnan nousun mukaisesti. [2, s. 327]

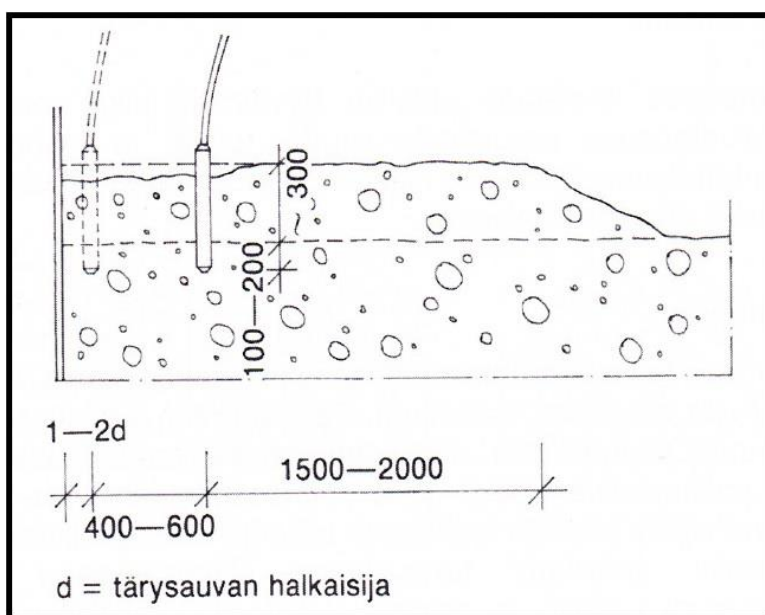
Seinämäisiä rakenteita betonoitaessa tulee muotissa olevien varausten alustojen täyttöön kiinnittää erityistä huomiota. Varausta edeltävä valukerros jätetään varauksen kohdalla noin 200 mm varauksen pohjan alapuolelle. Seuravaa kerrosta betonoitaessa otetaan varauksen viereen tavallista paksumpi massakerros painevaikutuksen aikaansaamiseksi. Voimakkaasti täryttämällä levitetään massa varauksen alle. Leveän varauksen pohjaan tehdään tarvittaessa valu- ja tiivistysaukkoja. Aukoista täryttämällä edistetään massan leviämistä. Betonointia jatketaan varauksen vastakkaisella puolelta vasta, kun on todettu, että varauksen alusta on kokonaisuudessaan täyttynyt, kuva 35. [2, s. 329]



Kuva 35. Seinämuottiin asennetun aukkovarauksen alustan täyttö. [2, s. 329]

Tärysausvan pistojen tulee jakaantua tasaisesti ja järjestelmällisesti koko betonoitavalle pinnalle. Pistojen keskinäinen etäisyys tulee jakautua tasaisesti ja järjestelmällisesti koko betonoitavalle pinnalle. Pistojen keskinäinen etäisyys tulee olla 200...600 mm riippuen sauvan tehosta. Esimerkiksi 60 mm halkaisijaltaan olevan sauvan pistoväli on 500 mm ja 40 mm sauvan 300 mm. Tärytys ei saa tapahtua 1,5 m lähempänä otto-rintausta. Tärytys-sauvalla tiivistettäessä annetaan sen upota omalla painollaan tärytettävän massakerroksen lävitse vähintään 100...200 mm alla olevaan kerrokseen. Näin saadaan hyvä yhteys

eri massakerrosten välille ja alempi kerros samalla jälkitärytetään. Sauvanpoistoon käytetään massan notkeudesta riippuen 5...20 s. Betonimassa on riittävästi tiivistynyt, kun ilmakuplien nousu pintaan on lakannut ja massan pinta tärysauvan läheisyydessä tasoittuu ja alkaa kostua. Liian pitkä ja tehokas tärytys saattaa aiheuttaa osa-ainesten erottumisen massasta ja muotin vaurioitumisen. Sauva vedetään betonimassasta niin hitaasti, että sen tekemä aukko varmasti sulkeutuu. [2, s. 324, 326]



Kuva 36. Tärysauvan pistojen etäisyys ja syvyys. [2, s. 324]

Laattoja valettaessa pidetään massan putoamiskorkeus mahdollisimman pienenä. Laatan ollessa paksumpi kuin 300...400 mm, valu suoritetaan kerroksittain ja uuden kerroksen betonoiminen aloitetaan, kun betonointi on edennyt 5...10 m. Valettaessa laatta tai palki yhtä aikaa pilarin tai seinän kanssa, annetaan pystyvalun painua noin 1...2 tuntia ennen laatan tai palkin valua. Tämä siksi, ettei rajakohtiin syntyisi vaakahalkeamia pystyrakenteiden massan painumisesta. Vaihtoehtoisesti voidaan halkeamat sulkea jälkitärytyksellä valun jälkeen. [2, s. 330]

Betonin pintaan nousee tärytyksen ja plastisen painuman aikana sementtiliimaa ja vettä. Pintakerroksen ominaisuudet ovat tästä syystä huonommat kuin betonin. Pinnan hiertämisen tarkoitus on tiivistää ja homogenisoida pintakerrosta. Betonin pinnalla ei saa olla erottunutta vettä, kun hierto aloitetaan. Hiertotyön aikana on varottava yläpinnan raudoituksen kuormittamista niin, että siihen syntyy taipumia, jotka irrottavat raudoitusta betonista ja täten huonontavat sen tarttuvuutta ja säilyvyyttä. [16, s. 127]

4.4.3 Jälkihoito

Jälkihoidon tarkoituksena on aikaansaada olosuhteet, joissa valettu rakenne kovettuu moitteettomasti saavuttaen suunnitellun loppulujuuden ja muut betonin tavoitteeksi asetetut ominaisuudet. [2, s. 331]

Jälkihoitoon kuuluu: [2, s. 331]

- valetunrakenteen suojaaminen sadetta, tuulta auringonpaistetta, virtaavaa vettä ja kylmää vastaan.
- vedenhaihtumisen estäminen ja rakenteen kastelu
- oikeasta lämpötilasta huolehtiminen

Suojaaminen estää ulkoiset häiritsevät vaikutukset ja estää samalla veden haihtumisen rakenteesta. Suojaamiseen käytetään muuan muossa muottia, muovikalvoa, muovikalvolla päällystettyjä mineraalivillamattoja ja ruiskutettavia jäkihoitoaineita. Mattoja ja lämpöeristettyjä muotteja käytetään talviolosuhteissa, kun rakenne täytyy myös lämpösuojata. Muut peitteet estävät sateen ja veden huuhtomasta sementtiä kovettuvasta massasta sekä tuulen ja auringonpaisteen haihuttamasta vettä siitä. Suojaamatta jättämisen seurauksena on halkeilu ja veden haihtuessa myös lujuuden kasvun pysähtyminen, aluksi rakenteen pintaosissa. [2, s. 332]

Kosteana pitäminen on välttämätöntä, jotta kovettumisreaktiot jatkuisivat riittävän kauan ja etenkin betonipeite saavuttaisi tavoitellun lujuuden ja tiiveyden. Samalla estetään myös kutistumihalkeilua. [2, s. 332]

Riittävä vesimäärä turvataan esim: estämällä haihtuminen muovikalvolla peittäen, ruiskuttamalla jälkihoitoaine tai kastelemalla betoni. [2, s. 332]

Betonin lujuuden kehitys voi vaarantua liian alhaisen lämpötilan vuoksi. Talviolosuhteissa on kovettava rakenne: suojattava lämpöeristyksellä, lämmitettävä, ja sen lämpötiloja ja lujuudenkehitystä on huolella seurattava. [2, s. 332]

Betonilattian lämpötila on oltava lattian pinnassa koko jälkihoidon ajan vähintään +5 C°. Erityisesti talvella lämpötilan varmistaminen tulee kohdistaa laatan reuna-alueille. [15, s. 170]

Jälkihoito voidaan lopettaa rasitusluokissa X0 ja XC1, kun betoni on saavuttanut 60 % ja muissa kuin XF2 ja XF4 rasitusluokissa 70 % nimellislujuudestaan. Rakenteita, jotka kuuluvat rasitusluokkiin XF2 ja XF4 tai joilta edellytetään erityistä kulutuskestävyyttä, tulee jälkihoitaa niin kauan, että betoni on saavuttanut 80 % nimellislujuudestaan. Jälkihoidon jälkeen tulee huolehtia siitä, että lämpötilaerot poikkileikkauksessa eivät tule haitallisen suuriksi, esimerkiksi talviolosuhteissa. [16, s. 127]

Taulukossa 12 on esitelty suositeltavat jälkihoidon vähimmäisajat eri kovettumisolosuhteissa normaalisti kovettuvalle betonille.

Betonin Lämpötila [C°]	Aika [d], jolloin saavutetaan 60 % nimellislujuudesta			Aika [d], jolloin saavutetaan 70 % nimellislujuudesta			Aika [d], jolloin saavutetaan 80 % nimellislujuudesta		
	C25	C30	C40	C25	C30	C40	C25	C30	C40
10	11	9	7	17	15	13	26	24	22
20	6	4,5	4	9	7,5	6,5	14	12	12
30	3,5	3	2,5	5,5	4,5	4	8	7,5	7
40	2,5	2	1,5	3,5	3	3	5,5	5	5

Taulukko 12. [15, s. 171]

Jälkihoidon laiminlyönti huonontaa nimenomaan betonipeitteen suojaavia ominaisuuksia. Näin syntyvä tyypillisesti tiheä halkeilu voi tuhota hyvänkin betonin suojaavat ominaisuudet. [16, s. 119]

5 HOLVIMUOTTIJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan työn tilaajan kolmea erilaista holvimuottijärjestelmää. Lähtötietoina on kaksi eri holvikorkeutta, sekä molempiin kaksi eri holvipaksuutta, joten yhteensä kyseessä on neljä erilaista holvityyppiä. Tarkoitus on siis perehtyä tilaajan tuotteisiin, ja suunnitella holvimuottisuunnitelmia. Tämän jälkeen tehdä niiden keskinäistä soveltuvuus vertailua. Kyseiset holvimuottijärjestelmät ovat monipuolisia, että joustavia toteutuksensa puolesta, jonka vuoksi mahdollisuuksien mukaan on suunniteltu useampia holvimuottisuunnitelmia. Holvimuotti suunnitelmat ovat liitteenä.

5.1 Lähtötiedot

Seuraavana lueteltuna lähtötiedot jotka toimivat pohjana suunnittelussa:

- paikallavalumäärä 20m x 20m eli 400 m² alue, jonka alustana on tasainen maanvarainen betonilaatta
- Holvimuottijärjestelmät: Dokaflex 1–2–4, Dokaflex pöytä ja Tukitorni Staxo
- Holvikorkeudet: 3000 mm ja 5000 mm
- Holvi paksuudet: 300 mm ja 600 mm
- Työsaumoja ei huomioida koska oletetaan että kyseinen alue toteutetaan kertavaluna
- Holvi valetaan seiniä vasten tilaan, jossa on yksi kulkuaukko ja jonka leveys kaikissa holvityypeissä 3 metriä. Aukon korkeus holvityypissä 1 ja 2 on 2,7 metriä ja holvityypeissä 3 ja 4 korkeus on 4,7 metriä

Lähtötietojen perusteella tutkitaan ensin muottikalustojen tekninen soveltuvuus, jonka jälkeen voidaan tehdä holvimuottisuunnitelma. [2, s236]

Opinnäytetyössä vertaillaan siis useampia erilaisia teknisiä toteutustapoja kolmella eri holvimuottijärjestelmällä neljässä erilaisessa holvityypissä. Lisäksi tarkoitus antaa hyvää yleistä mielikuvaa kyseisesten muottijärjestelmien toteutuksesta ja suunnittelusta.

Holvimuottisuunnitelmat ovat liitteenä taulukon 13 mukaisesti.

Holvikorkeus (mm)	Holvipaksuus (mm)	Holvimuotti järjestelmä	LIITE numero
Holvityyppi 1			
3000	300	Dokaflex 1 - 2 - 4 →	6
		Dokaflex pöytä →	7
		Tukitorni staxo 100, kootaan tukitornista käsin →	8
Holvityyppi 2			
3000	600	Dokaflex 1 - 2 - 4 →	6
		Dokaflex pöytä →	7
		Tukitorni staxo 100, kootaan tukitornista käsin →	8
Holvityyppi 3			
5000	300	Dokaflex 1 - 2 - 4 →	6
		Dokaflex pöytä →	7
		Tukitorni staxo 100, kootaan tukitornista käsin →	8
Holvityyppi 4			
5000	600	Dokaflex 1 - 2 - 4 →	6
		Dokaflex pöytä →	7
		Tukitorni staxo 100, kootaan tukitornista käsin →	8

Taulukko 13. Holvityypit ja holvimuottisuunnitelmien liite numerot.

5.2 Muottijärjestelmät

Tässä osiossa esittelen työn tilaajan muottijärjestelmiä. Tarkempia analyysejä halutesaan kyseisestä järjestelmästä on asennus- ja käyttöohje saatavissa Doka'n toimittajilta tai ladattavissa doka.com kotisivuilta, katso lähteet.

Järjestelmiin liittyvät Doka palkit ja muottilevyt esittelen erikseen koska tilaajan kaikkien kolmen holvimuottijärjestelmien yläpuoliset rakenteet suunnitellaan niillä.

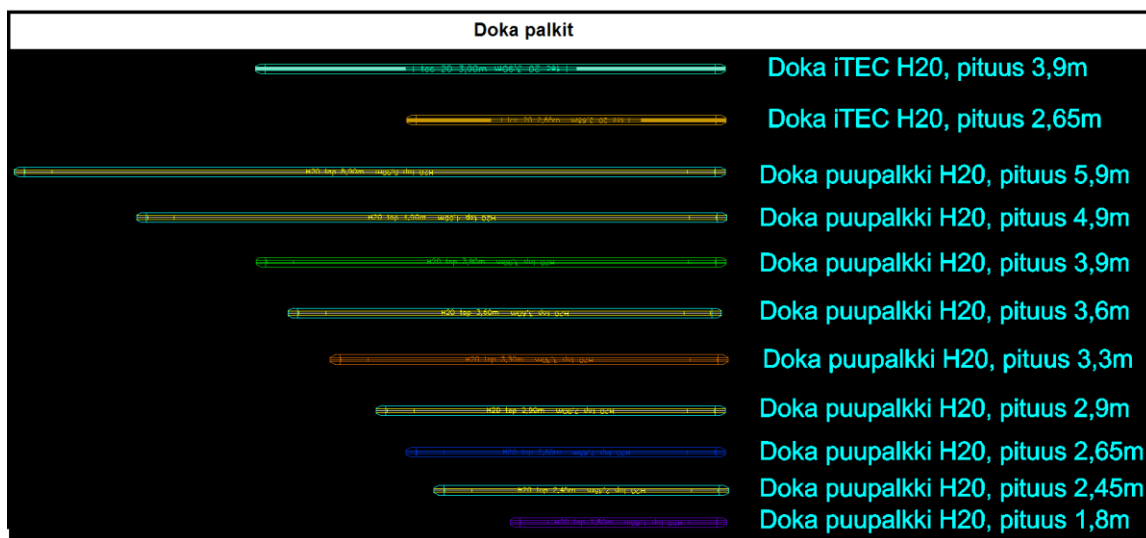
Lisäksi Dokaflex 1 – 2 – 4 ja Dokaflex pöytämuotti käyttävät samoja holvitukia, joten liitteessä 5 on taulukko mikä on yleisesti hyvä sisäistä holvituilta. Niiden kantavuudet muuttuvat eri korkeudessa ja riippuen holvitukityypistä.

5.2.1 Doka-palkit ja muottilevy

Doka palkkeja on saatavilla monia erikokoisia, joita voidaan hyödyntää sekä niskoina että koolauksena. Lähtökohtana suunnittelussa on kuitenkin helppo, laadukas sekä edullinen toteutus. Luvussa 2 (Muotit) käytiinkin läpi vaakarakenteiden eli holvimuottijärjestelmien kuormituksen aiheuttajia. Muottipinta pitää betonin massan koossa. Alla oleva koolaus tukee sitä, sekä välittää kuormituksen niskoille. Niskat välittävät taas kuormituksen alla oleville rakenteille. Niinpä niskat lähtökohtaisesti suunnitellaan mahdollisimman pitkinä

soveltuvaan holvimuottijärjestelmään, jotta tukiväli pysyy mahdollisimman pitkänä. Näin niskojen tukeminen tapahtuu riittävässä määrin eikä liian tiheänä, jotta sen tukemiseen ei käytetä liika resursseja kuten liikaa valmisosia sekä tästä johtuen myös kasaukseen ylimääräiseksi käytettävää työmäärää.

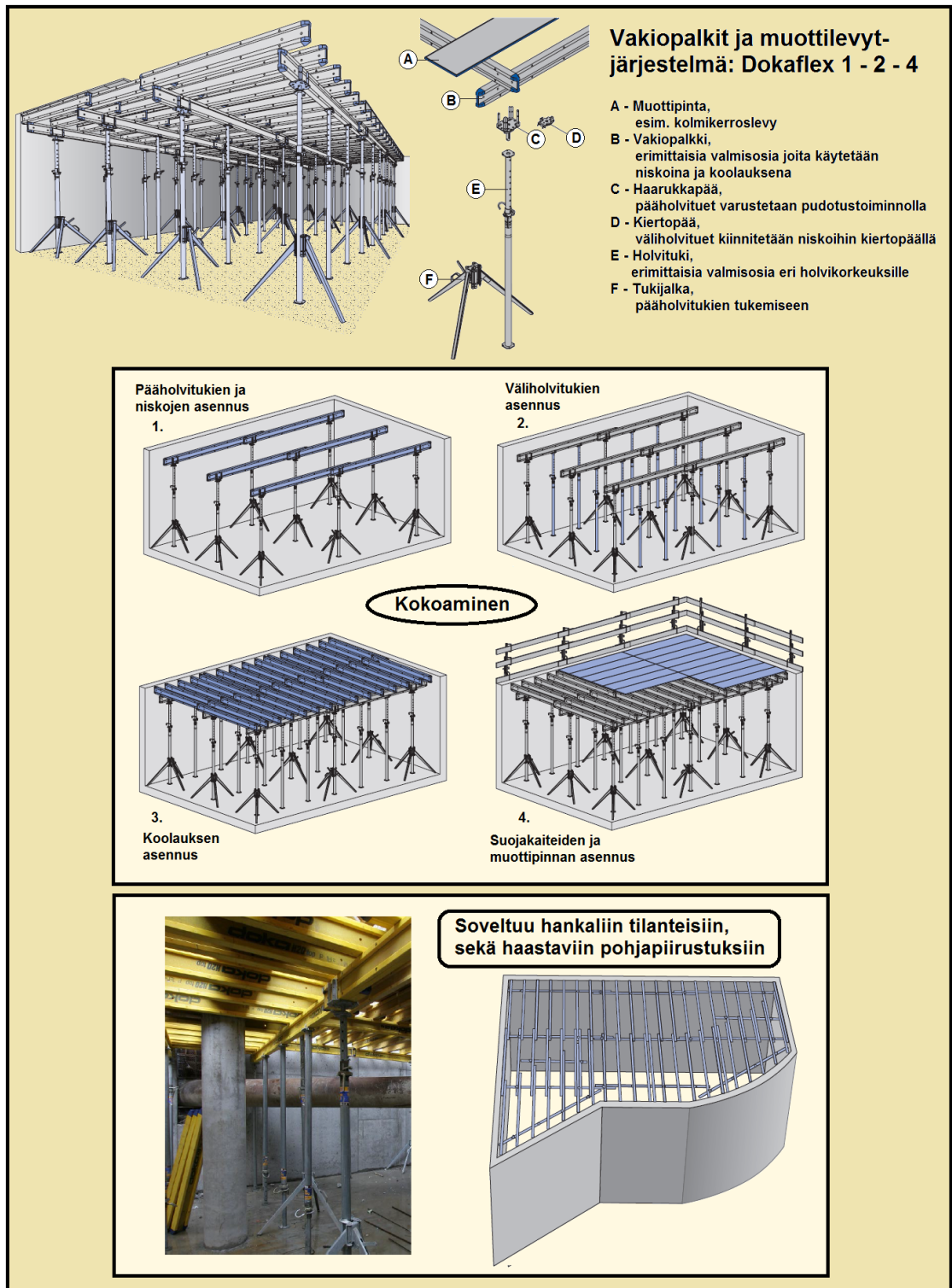
Kuvassa 37 on erilaisia Doka palkkeja, joista iTEC palkit ovat kantavuudeltaan parempia kuin puupalkit.



Kuva 37. Doka palkit

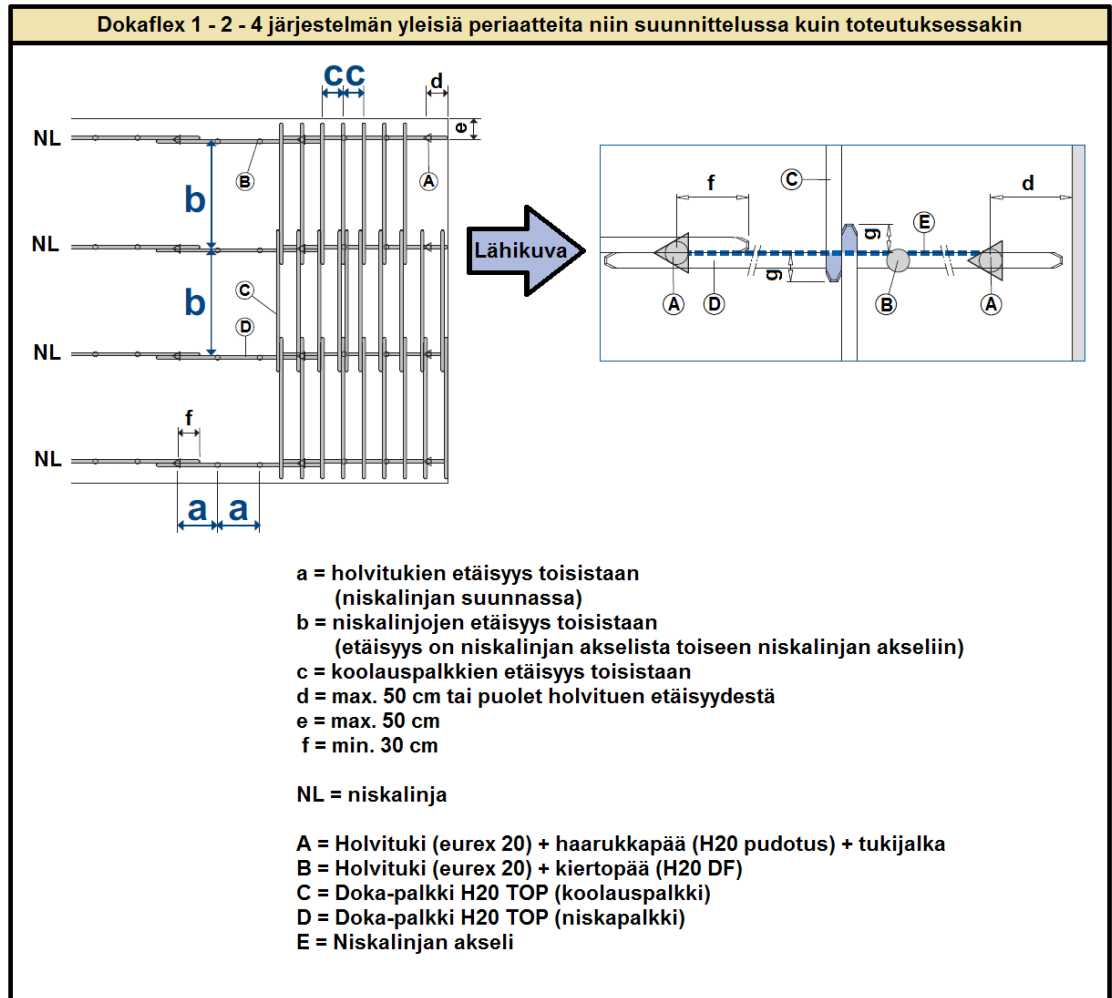
5.2.2 Dokaflex 1 – 2 – 4

Kuvassa 38 on yleiskuva Dokaflex tuotteesta.



Kuva 38. Yleiskuva Dokaflex tuotteesta. [6] [7]

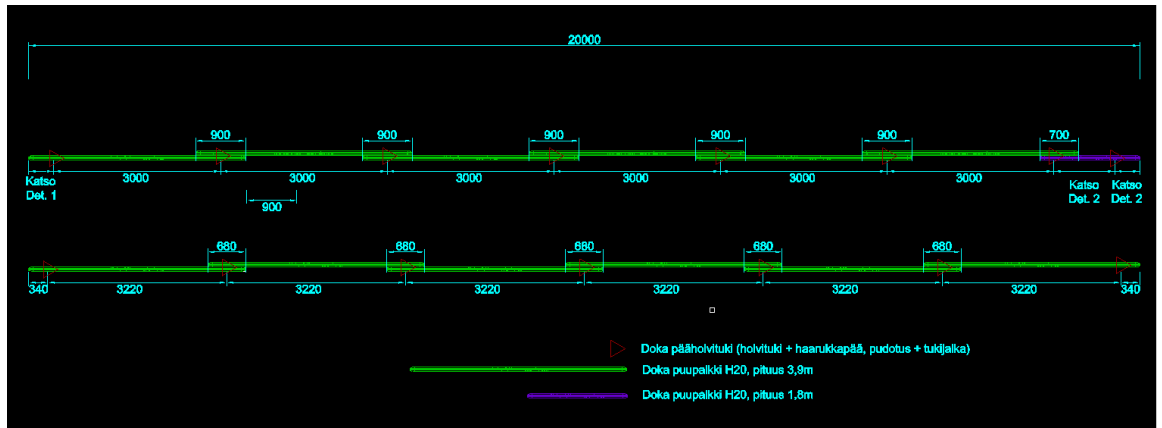
Kuvassa 39 esittelen yleisiä periaatteita mitä suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida.



Kuva 39. Dokaflex 1 – 2 – 4 suunnittelun yleisiä periaatteita. [6] [7]

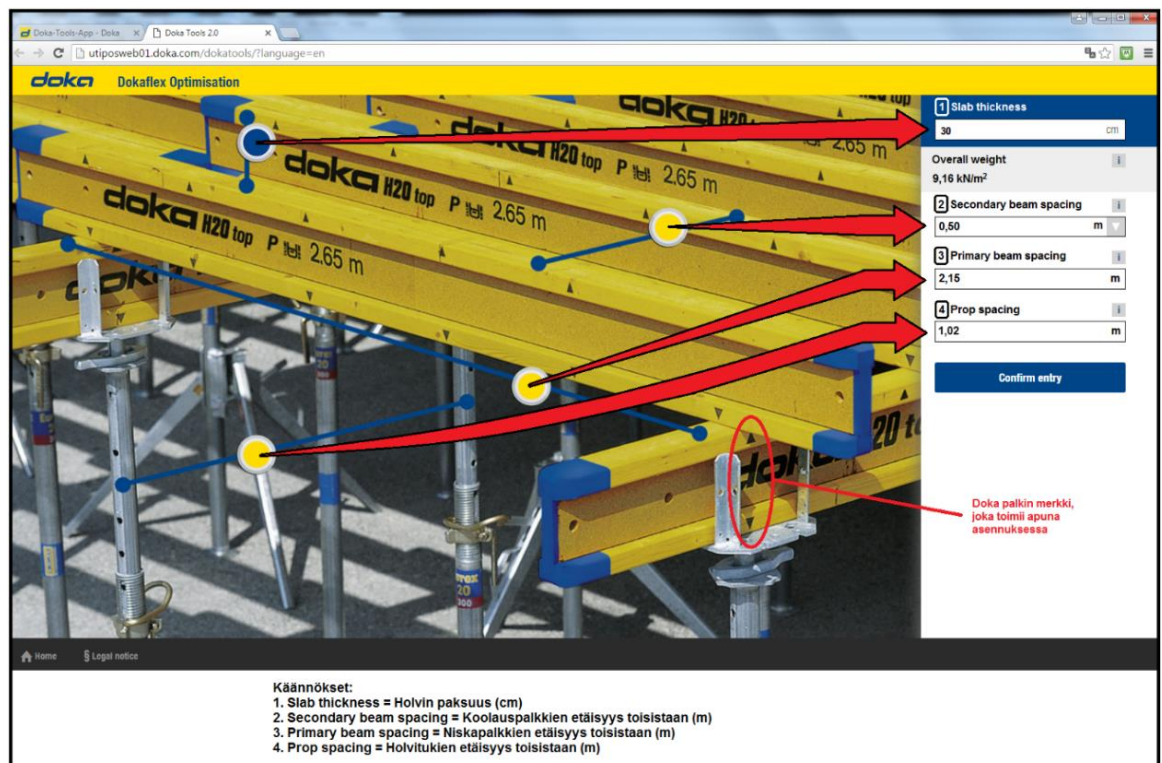
Yleisesti ei niskalinjoja merkitä piirustuksiin, jotka näkyvät kuvassa 39, tai tekemissäni holvimuottisuunnitelmissa, jotka ovat liitteenä. Mutta koska haluttiin tämä opinnäytetyö luettavaan sähköiseen (A4) versioon ilman suuria A2 tai vastaavia paperiarkkikokoja, niin ovat ne helpomman luettavuuden ja ymmärtämisen vuoksi merkitty piirustuksiin.

Dokaflex järjestelmän suunnittelu lähtee niskojen ja pääholvitukien asettelusta. Pääosin pyritään käyttämään niskoina 3,9 metrin mittaisia puupalkkeja, jotka tuetaan päädyistä pääholvituilla. Kuvassa 40 olen suunnitellut kaksi erilaista vaihtoehtoa niiden asettelusta annettujen lähtötietojen perusteella. Alempi vaihtoehto säästäisi yhden pääholvituen ja niskapalkin, mutta mielekkyys käytännön asennuksen kannalta tulisi hankalammaksi. Ylemmässä vaihtoehdossa voidaan nimittäin asennuksessa hyödyntää palkeissa olevia merkkejä, joita on 3,9 metrisissä Doka palkeissa 0,45 metrin etäisyydeltä päissä, näkyy kuvassa 40. Lisäksi mitoitettaessa väliholvitukia, pysyy ylemmässä vaihtoehdossa mitoitus selkeämpänä.



Kuva 40. Niskojen suunnittelu

Seuraavaksi esittelen Doka'n kotisivuilla olevaa Dokaflex Optimisation ohjelmaa, jota olen itse myös hyödyntänyt tehdessäni holvimuottisuunnitelmia annettujen lähtötietojen perusteella. Liitteessä 6 on Dokaflex holvimuottisuunnitelmat.



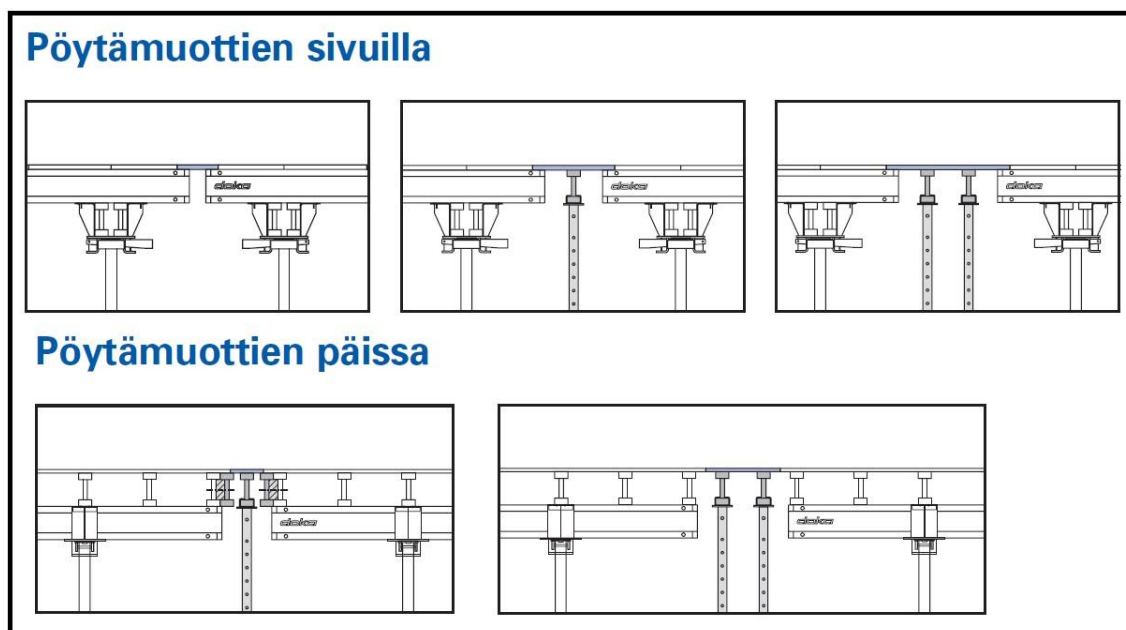
Kuva 41. Dokaflex Optimisation ohjelma. [33]

5.2.3 Dokaflex Pöytä

Dokaflex pöytien mitoitus ja suunnittelu tapahtuu kohdekohtaisesti. Yleensä jo tilaan johdava kulkuaukko saattaa rajoittaa suunniteltua pöydänkokoa.

Pöytämuotin koko voidaan toteuttaa vakiomittaisista Doka palkeista tai tarvittaessa pöytä voidaan koota myös erikoiskoossa, jolloin palkit lyhennetään haluttuun määrämittaan. Ero vaikuttaisi kuitenkin kustannuksiin, koska niiden uusiokäyttö hankaloituu. Niinpä tässä opinnäytetyössä suunnitellut pöytämallit haluttiin suunnitella vakiomittaisista Doka palkeista. Pöytäkoko pyritään yleensä pitämään samana, joka helpottaa asennusta, varastointi ja kokoamista.

Riippuen kuormituksesta ja pöytämallista voidaan pöydät asettaa kiinnikkäin toisiinsa tai mahdollisesti kiinnitetään toisiinsa levykaistoilla ja mahdollisilla lisätuilla kuten kuvassa 42.



Kuva 42. Pöytämuottien liittäminen [4]

Pöytämuotin holvisuunnitelmissa vajaat tilat toteutettaisiin yhteydessä Dokaflex 1 – 2 – 4 järjestelmällä. Tässä opinnäytetyössä suunnitelin kaksi eri pöytämuotti kokoa, jotka mitoitettiin erikseen kahdelle eri holvipaksuudelle. Dokaflex pöytämuotti suunnitelmat ovat liitteessä 7.

5.2.4 Staxo 100 Tukitorni

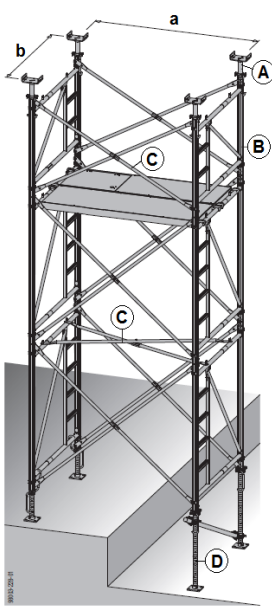
Kuvassa 43 on yleiskuva Staxo 100 tukitornijärjestelmästä.


Tukitorni Staxo 100, muunneltava kehärakenne

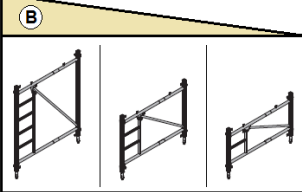
Kehä etäisyyden valintaan vaikuttaa tukitorniin kohdistuvat kuormitukset, eli toisin sanoen mitä tiheämpää kehä etäisyyttä käytetään, sitä tiheämpään tukitorneja pystytään kokoamaan ja näin kuormitus kapasiteetti kasvaa.


a — Kehän etäisyys valittavissa: 60* / 100 / 150 / 175 / 200 / 250 / 300 cm
b — Kehän leveys: 152 cm
* (kyseisellä kehän etäisyydellä vain 1,2m ja 0,9m pystykehän korkeudet käytettävissä)

A — Yläosa/yläpää, haarukkapää kierrettävä
B — Pystykehä, kolme eri kehäkorkeus tyyppiä: 1,8m 1,2m ja 0,9 m.
C — Ristiside, valittu kehän etäisyys määrää siihen soveltuvan ristiside tyyppiin
D — Alaosa/alapää, kolme eri korkeudelle säädettävää tyyppiä









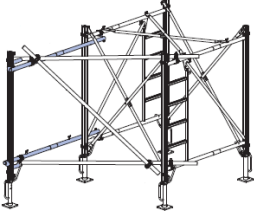
C

Teräsputkista valmistettu kehien välinen jäykiste.

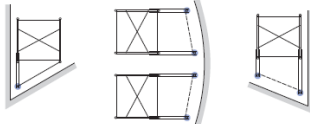
Tunnistettavissa:
■ Painettu merkintä (G) esim. 18.250
- 18 = kehän korkeus 1.8 m
- 250 kehävali 250 cm
■ Uritettu värillinen klipsi (H) (ks. taulukko)

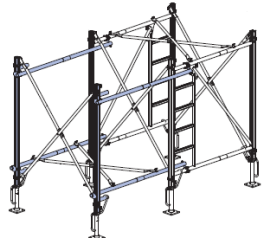
Ristiside 9.060	musta	—
Ristiside 9.100	vihreä	—
Ristiside 9.150	punainen	—
Ristiside 9.175	vaaleanvihreä	—
Ristiside 9.200	sininen	—
Ristiside 9.250	keltainen	—
Ristiside 9.300	oranssi	—
Ristiside 12.060	musta	1
Ristiside 12.100	vihreä	1
Ristiside 12.150	punainen	1
Ristiside 12.175	vaaleanvihreä	1
Ristiside 12.200	sininen	1
Ristiside 12.250	keltainen	1
Ristiside 12.300	oranssi	1
Ristiside 18.100	vihreä	3
Ristiside 18.150	punainen	3
Ristiside 18.175	vaaleanvihreä	3
Ristiside 18.200	sininen	3
Ristiside 18.250	keltainen	3
Ristiside 18.300	oranssi	3

Muuta yleistä



Tukitorniin on lisättävissä yksittäisiä pystyjalkoja, joiden avulla voidaan toteuttaa esim. kaarevia tai kulmikkaita pohjapiirroksia.






Kuva 43. Yleiskuva Staxo 100 tukitornijärjestelmästä [8]

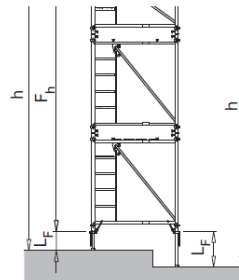
Staxo 100 järjestelmän yläpuoliset rakenteet voidaan toteuttaa kiinteänä Dokaflex pöydän mallisesti tai koottavasti Dokaflex 1 – 2 – 4 tyypisellä tavalla. Tässä opinnäytetyössä Staxon holvimuottisuunnitelmat suunniteltiin koottavalla Dokaflex tavalla.

Holvityypeille valitaan sopivat kehäkorkeudet taulukosta 14.

Kehän kiinteä korkeus F_h [m]	$L_k = \text{max. } 45 \text{ cm}$ $L_f = \text{max. } 70 \text{ cm}$		Perusmateriaali							
			Haarukkapää, kierrettävä	Alapää 70 + säätömutteri B	Staxo 100 - kehä 0,9m	Staxo 100 - kehä 1,2m	Staxo 100 - kehä 1,8m	Ristiside 9.xxx	Ristiside 12.xxx	Ristiside 18.xxx
	h [m]	min. - max.								
1,20	2,06 - 2,35		4	4	-	2	-	1	2	-
1,80	2,06 - 2,95		4	4	-	-	2	1	-	2
1,80	2,52 - 2,95		4	4	4	-	-	5	-	-
2,10	2,52 - 3,25		4	4	2	2	-	3	2	-
2,40	2,82 - 3,55		4	4	-	4	-	1	4	-
2,70	2,92 - 3,85		4	4	2	-	2	3	-	2
3,00	3,22 - 4,15		4	4	-	2	2	1	2	2
3,30	3,52 - 4,45		4	4	2	4	-	4	4	-
3,60	3,82 - 4,75		4	4	-	-	4	1	-	4
3,90	4,12 - 5,05		4	4	2	2	2	4	2	2
4,20	4,42 - 5,35		4	4	-	4	2	2	4	2
4,50	4,72 - 5,65		4	4	2	-	4	4	-	4
4,80	5,02 - 5,95		4	4	-	2	4	2	2	4
5,10	5,32 - 6,25		4	4	2	4	2	4	4	2
5,40	5,62 - 6,55		4	4	-	-	6	2	-	6
5,70	5,92 - 6,85		4	4	2	2	4	4	2	4
6,00	6,22 - 7,15		4	4	-	4	4	2	4	4
6,30	6,52 - 7,45		4	4	2	-	6	4	-	6
6,60	6,82 - 7,75		4	4	-	2	6	2	2	6
6,90	7,12 - 8,05		4	4	2	4	4	5	4	4
7,20	7,42 - 8,35		4	4	-	-	8	2	-	8
7,50	7,72 - 8,65		4	4	2	2	6	5	2	6
7,80	8,02 - 8,95		4	4	-	4	6	3	4	6
8,10	8,32 - 9,12		4	4	2	-	8	5	-	8
8,40	8,62 - 9,55		4	4	-	2	8	3	2	8
8,70	8,92 - 9,85		4	4	2	4	6	5	4	6
9,00	9,22 - 10,15		4	4	-	-	10	3	-	10
9,30	9,52 - 10,45		4	4	2	2	8	5	2	8

Ristisiteet valitaan kehä etäisyyden mukaan.

- Minimiarvot hmin. taulukossa pätevät vain, jos alimpaan kerrokseen asetetaan aina korkein mahdollinen kehä
 - 6 cm:n alaslasku on otettu huomioon taulukossa
 - L_k ja L_f on sovitettu mittausdiagrammiin.
- Rakenteellisesti mahdollisia ovat osittain suuremmat säädöt katso kuva "korkeussovitus"



+ Huomioidaan yläpuoliset rakenteet
- niskat (20 cm)
- koolaus (20 cm)
- muottipinta (2,1 cm)

- Valitsin tämän vaihtoehdon taulukosta, koska ylempi vaihtoehto ei olisi riittänyt korkeudeltaan. Alempi vaihtoehto olisi ollut liian tiukka korkeudeltaan, sekä siihen olisi tullut useampia kehäosia.
- Korkeutta valitsemassani kehärakenteessa voidaan säädellä 2,48 - 3,37 metriin
- Soveltuu siis hyvin holvityyppeihin 1 ja 2, jossa holvikorkeus on tasan 3 metriä

- Valitsin tämän vaihtoehdon taulukosta, koska ylempi vaihtoehto ei olisi riittänyt korkeudeltaan. Alempi vaihtoehto olisi ollut tiukempi korkeudeltaan, sekä siihen olisi tullut useampia kehäosia.
- Korkeutta valitsemassani kehärakenteessa voidaan säädellä 4,24 - 5,17 metriin
- Soveltuu siis hyvin holvityyppeihin 3 ja 4 jossa holvikorkeus on tasan 5 metriä.

Taulukko 14. Kehäkorkeuden valinta [8]

Tukitornien mitoitus on hieman haastavampaa, joten suunniteltiin ne yhteistyössä tilaajan edustajan kanssa. Liitteessä 8 on tukitornilla tehdyt holvimuottisuunnitelmat.

5.2.5 Muottijärjestelmien vertailu

Tilaaajan tuotteiden keskinäistä vertailua on suhteellisen vaikea suorittaa ainakaan annetuilla lähtötiedoilla kyseisiin holvityyppeihin, koska jo alueena se on niin pieni. Kaikki tuotteet soveltuvat jokaiseen holvityyppiin, mutta paras ja helpoin pieniin toteutuksiin olisi Dokaflex 1 – 2 – 4. Sitten jos kyseinen 20m x 20m pohja olisi toistunut ja näin muottikierto olisi mahdollistunut. Silloin vertailussa olisi pitänyt huomioida myös kaikki mahdolliset kustannukset. Sekä tietenkin parhaan lopputuloksen saisi, kun vertailua tapahtuisi myös käytännön läheisesti eli oikeisiin kohteisiin. Lisäksi Staxo 100 tukitornin sijasta olisi voitu käyttää tilaaajan toista vaihtoehtoa nimeltään tukitorni Aluxoa, joka on kevyempi tukitornimalli.

Taulukossa 15 olen kuitenkin kerännyt kyseisistä tuotteista perustietoja, jotta saadaan yleiskuva niiden soveltuvuuksista ja eroavaisuuksista.

	Dokaflex 1 - 2 - 4	Dokaflex Pöytä	Staxo 100 tukitorni
Edut	erinomainen suljettuihin tiloihin	erinomainen avonaisiin tiloihin	erinomainen avonaisiin ja korkeisiin tiloihin
	helppo mitoitus 30cm valuilille ilman suunnitelmää ja mitausta	matalat pinot kuljettaessa ja varastoitaessa	tukeva ja muunneltava kehärakenne
Miinusket	loudutaan purkamaan ja uudestaan kokoamaan seuraavaan käyttöpaikkaan	Suhteellisen työiäs alkukasaus	Kokemattomalle saattaa tuottaa vaikeuksia aluksi
Mukautumiskyky pohjaan	Ahtaat, hankalat ja haastavat pohjat sekä helppo sovitus seinille ja pilarille	Sovel tuvuus pohjaan tulee tarkistaa, mieluiten suuret ja yksinkertaiset pohjat	Sovel tuvuus pohjaan tulee tarkistaa, mieluiten suuret ja yksinkertaiset pohjat
Korkeus	rajattu korkeus 5,5 m	rajattu korkeus 5,9 m	yli 20 metriin mutta siirto mahdollisuudet rajoittuvat silloin
Siirrot (osa laitteistosta vaatii tasaisen pohjan)	Purku kuljetus- ja varastointikehiköihin, jotka vietään seuraavaan käyttöpaikkaan esim. pumppukärryillä tai nosturilla nostaten	Torninosturilla tai siirtoväunulla (muotikierrossa tulee huomioida pöydän vaatima tila siirroissa)	Torninosturilla, trukilla, siirtoväunulla tai vinttureilla (muotikierrossa tulee huomioida tukitornin ja pöydän vaatima tila siirroissa)
Kuormitettavuus	Kuormitettavuus riippuvainen hoivituksen pituudesta ja tyypistä, katso liite 5	Kuormitettavuus riippuvainen hoivituksen pituudesta ja tyypistä, katso liite 5	Kuormitettavuus suuri 97 kN/jalka
Jos muotin alapuolinen tila toimii alkukuväylänä toiseen tilaan	Saattaa olla ahtaita riippuen hoivituksen välisistä ja tukijalkojen vaatimasta tilasta	Allkulkuväylät jää yleensä tilaviksi kun ei tarvita vrnostteitä	Allkulkuväylät riippuu täysin tukitornien välisistä etäsyksistä

Taulukko 15. [4] [6] [8]

6 YHTEENVETO

Työssä perehdyttiin laajasti erilaisiin muottityyppeihin, joka on hyötynä myöhemmin työelämässä betonirakenteiden toteutustapaa valittaessa. Mitä enemmän on vaihtoehtoja toteuttaa, sitä paremmin osaa tapauskohtaisesti valita siihen soveltuvimman ja mahdollisesti myös kustannuksiltaan edullisimman.

Suunnittelussa huomioitavissa osa-alueissa perehdyttiin eri osapuolien tehtävien jakoon, muottijärjestelmissä käytettävien materiaalien vaatimuksiin sekä käytiin perusteita rakenteiden suunnitteluun liittyen. Myös yleisiä työturvallisuuteen liittyviä asioita käsiteltiin, jotta niihin liittyviä riskejä osattaisiin välttää.

Eniten työssä keskityttiin paikallavalurakenteiden laatuvaatimuksiin, jonka pohjana toimi Runko Ryl teos. Kyseinen teos viittaa moneen eri muuhun teokseen jonka takia pyrin avaamaan mahdollisimman paljon asioita ja käymään niitä läpi tehden itselleni tästä opinnäytetyöstä samalla eräänlaista opasta, jonka avulla osaan työelämässä huomioida, että kaikki tulee tehtyä oikeaoppisesti. Aikataulut ovat rakentamisessa yleensä tiukkoja ja uuden työvaiheen alkaessa ei välttämättä ole aikaa tutustua perusteellisesti aiheisiin ja ohjeisiin, vaikka niin ei missään nimessä saisi olla. Tätä opinnäytetyötä voin jatkossa hyödyntää työelämässäni ja tarkistaa uuden työvaiheen yleisiä laatuvaatimuksia aina uuden työvaiheen alkaessa.

Osana tätä opinnäytetyötä tehty suunnittelutyö vaati yksityiskohtaista tutustumista holvi-muottijärjestelmiin ja niiden suunnitteluun piirustuksissa. Samalla vertailin myös tuotteiden soveltavuuksia keskenään. Vertailu piti tämän opinnäytetyön laajuuden vuoksi rajata kuitenkin niin, ettei siitä lähdetty tekemään yksityiskohtaisempaa tarkastelua, joka olisi vaatinut myös kustannusten huomioimista. Tämä suunnittelutyö ja laatuvaatimuksien toteuttamiseen perehtyminen olivat haastavimpia, mutta myös parhaimpia oppimiskokemuksia, tätä opinnäytetyötä tehdessä.

Lähteet

- [1] RunkoRYL 2010 : rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset : talonrakennuksen runkotyöt. Helsinki: Rakennustieto; 2010.
- [2] Betonitekniikan oppikirja 2004. 5. uud. p. ed. Helsinki: Suomen betonitieto; 2005.
- [3] Interempresas. 2016. Kuva 15. Available at: <https://www.interempresas.net/Civil-Works/Companies-Products/Product-Formwork-of-beams-Doka-Top-100-tec-69468.html>. Accessed 5/23, 2016.
- [4] Doka. Käyttäjätieto Dokaflex pöytä. 11/2005; Available at: http://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999778011_2005_11_online.pdf. Accessed 5/23, 2016.
- [5] Doka. User information Floor props Eurex top. 09/2010; Available at: http://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999801702_2010_09_online.pdf. Accessed 5/23, 2016.
- [6] Doka. Käyttäjätietoa Dokaflex 1 - 2 - 4. 06/2014; Available at: http://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999776011_2014_06_online.pdf. Accessed 5/23, 2016.
- [7] Doka. User information Dokaflex. 04/2015; Available at: http://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999776002_2015_04_online.pdf. Accessed 5/23, 2016.
- [8] Doka. Käyttäjätietoa Tukitorni Staxo 100. 02/2012; Available at: http://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999804311_2012_02_online.pdf. Accessed 5/23, 2016.
- [9] Doka. kuva 2. Available at: <http://www.doka.com/en/system-groups/doka-system-components/floor-props/index>. Accessed 5/23, 2016.
- [10] Doka. Kuva 3. Available at: <http://www.doka.com/en/system-groups/doka-floor-systems/element-floor-systems/dokadek-30/index>. Accessed 5/23, 2016.
- [11] Doka. Kuva 3. Available at: <http://www.doka.com/us/system-groups/doka-wall-systems/framed-formwork/frami-xlife/index>. Accessed 5/23, 2016.
- [12] Doka. Kuva 16. Available at: https://www.doka.com/fi/news/news/140606_Dokafin1. Accessed 5/23, 2016.
- [13] Hietala H. 2016. Kuva. Yksityiskokoelma.
- [14] Mykkänen R, Mykkänen R. Betonirakentamisen laatuohjeet 2013. [Uud. laitoksen korj. lisäp.] ed. Helsinki: BY-koulutus; 2013.
- [15] Suomen betoniyhdistys. Betonilattiat 2014. Helsinki: BY-Koulutus; 2014.
- [16] Suomen betoniyhdistys. Betoninormit 2012. Lahti 2011: BY -Koulutus Oy; 2011.

- [17] Suomen betoniyhdistys. Betonirakenteiden pinnat: luokitusohjeet 2003. Helsinki: Suomen betonitieto; 2003.
- [18] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. Saarijärven Offset Oy: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto; 2010.
- [19] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Tukitelinet ja muotit. Hakapaino: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto; 2006.
- [20] Ympäristöministeriön asetus. 477/2014 3 §. Ympäristöministeriö 17.6.2014.
- [21] Doka. kuva 5. Available at: <http://www.directindustry.com/prod/doka/product-56361-572556.html> Accessed 5/23, 2016.
- [22] Doka. kuva 20. Available at: <https://www.doka.com/fi/system-groups/doka-wall-systems/framed-formwork/framax-xlife/index> Accessed 5/14, 2018.
- [23] SFS. lähde. Available at: <https://www.sfs.fi/aihealueet/eurokoodit> Accessed 5/14, 2018.
- [24] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (RIL 201-1-2011) Hansaprint Oy: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto; 2011.
- [25] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat (RIL 201-2-2011). Hansaprint Oy: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto; 2011.
- [26] Ympäristöministeriön asetus. 205/2009 luku 9, 45§. Ympäristöministeriö 26.3.2009.
- [27] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. Saarijärven offset Oy: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto; 2010.
- [28] Rakennustieto. Available at: <https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet.html> Accessed 5/15, 2018.
- [29] Ympäristöministeriön asetus. 41/2014 149 §. Ympäristöministeriö 17.1.2014.
- [30] Suomen betoniyhdistys. Betonilattioiden pinnoitusohjeet (by 54 bly 12). Suomen rakennusmedia Oy; 2010.
- [31] Rakennustieto. Paikalla valetut betonipinnat.; Available at: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf>. Accessed 5/15, 2018.
- [32] Lindsten T. 2016. Kuva. Yksityiskokoelma
- [33] Doka. laskentaohjelma. 11/2005; Available at: <https://utiposweb01.doka.com/doka-tools/?language=en>. Accessed 5/16, 2018.
- [34] Celca. Taivutustyypit pdf. 2000; Available at: <http://celsa-steelservice.fi/tuotteet/raudoitteet/> Accessed 5/17, 2018.
- [35] Doka. Load capacity eurex top, pdf; Available at: https://www.doka.com/web/media/files/solutions/Floor-prop-Eurex_Permissible-load-capacity.pdf. Accessed 5/17, 2018.

Muottivanerien keskimääräiset käyttökerrat ja valutulos luokassa B. Niin sanottuja puhtas valupintoja toteutettaessa käyttökertamäärät ovat kuitenkin selvästi pienemmät sillä usein muottipinnalle sallitaan vain yksi valukerta. [17, s.22]

Muottivanerityyppi	Valutulos	Käyttökerrat
Pinnoittamattomat		
Koivupintaiset		
(esim. Wisa-Twin-Koivu)	erittäin hyvä, huokoseton	Hyvä tulos 1...2 kertaa/puoli Tyydyttävä tulos 2...3 kertaa/puoli
Kuusipintaiset		
(esim Wisa-Kuusi)	tyydyttävä, viilun syykuvio näkyy betonissa ja oksien pihka saattaa värjätä betonia	2...3 kertaa/puoli
Pinnoitetut		
Kuusivaneri, filmipintainen	tyydyttävä, viilun syykuvio saattaa näkyä betonissa, betonipinnassa pieniä	10 valukertaa
Sekavaneri, filmipintainen		
(esim. Wisa-Form Twin, Combi Mirror ja Combi)	hyvä sileä pinta, jossa pieniä huoksia	15...40 valukertaa laadusta riippuen (Twin --> Combi)
Koivuvaneri, filmipintainen		
(esim Wisa-Form Koivu, Wisa-form super)	hyvä sileä pinta, jossa pieniä huoksia	60...100 valukertaa laadusta riippuen (Koivu --> Super)
Viirapintainen filmivaneri		
(esim. Wisa-Form Wire)	hyvä, karkea mattapinta, josta ei erota pientä	10...20 valukertaa

[17, s.22]

Tärkein betonimassan ominaisuus on sen työstettävyys, jota yleensä arvostellaan sen notkeudella. Notkeus mitataan yleensä painumakokeella tai leviämällä, laboratoriossa käytetään lisäksi VB-kojetta. Lisäksi työstettävyttä voidaan arvioida myös sen tiivistymiskyvyn mukaan. Suomessa tämä luokitus ei ole ollu käytössä. Erittäin jäykkien massojen työstettävyyden testaukseen on käytettävä erikoislaitetta nk. IC-testeriä. Notkeus kuvaa melko hyvin massan työstettävyttä. Runsaasti silikaa (kuitenkin alle 10%) sisältävät massojen notkeus antaa kuitenkin työstettävyydestä liian hyvä kuvan, koska silikamassat ovat kittimäisiä. Massan notkeus on yleensä nestemäinen tai vetelä.

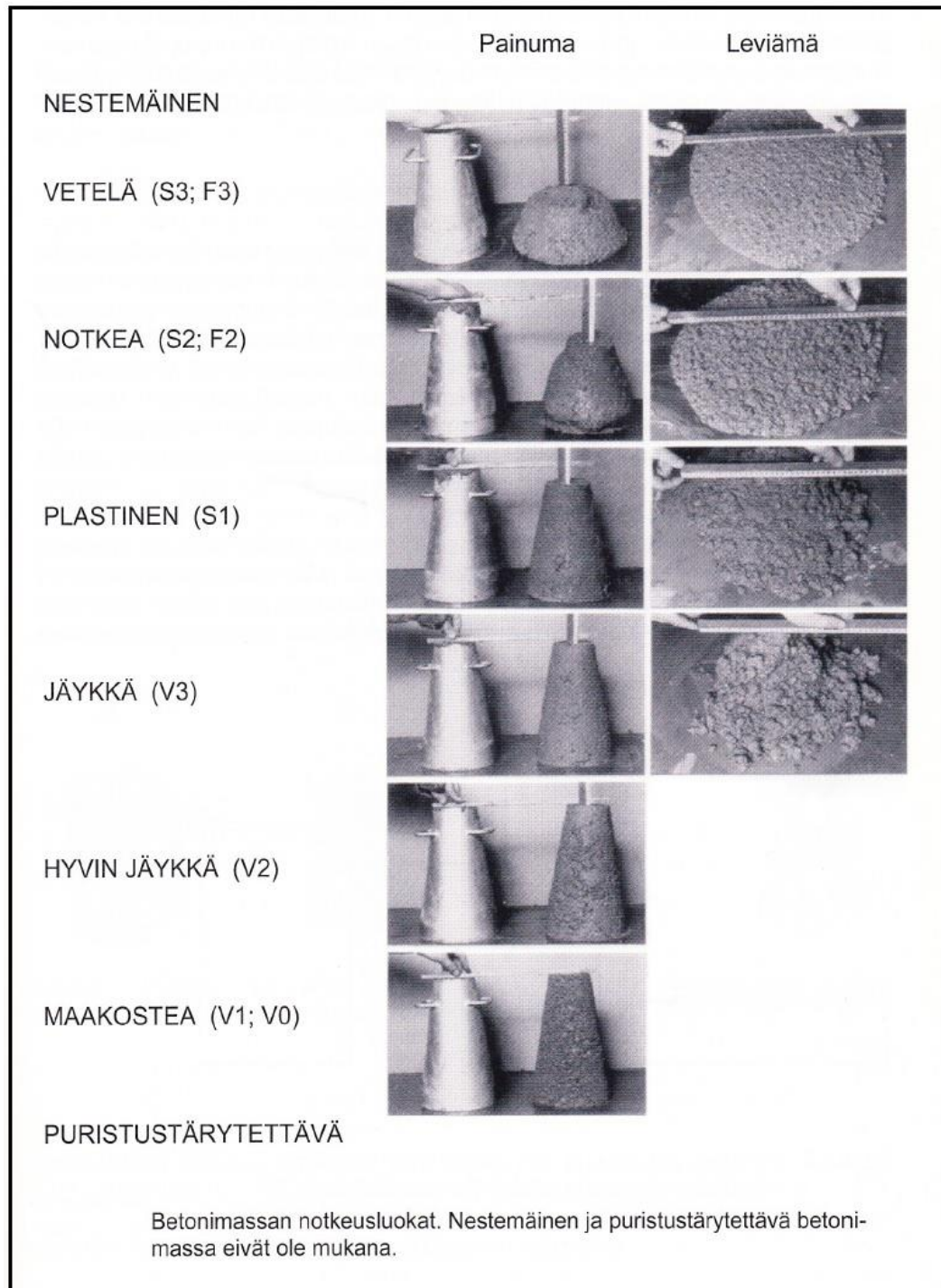
[2, s.69]

Painumaluokat		Vebe-luokat	
Luokka	Painuma [mm]	Luokka	Vebe-aika [s]
S1	10...40	V0 ¹⁾	≥ 31
S2	50...90	V1	30...21
S3	100...150	V2	20...11
S4	160...210	V3	10...6
S5 ¹⁾	≥ 220	V4 ¹⁾	5...3
Tiivistymislukot		Leviämäluokat	
Luokka	Tiivistymisaste	Luokka	Leviämän halkaisija [mm]
C0 ¹⁾	≥ 1,46	F1 ¹⁾	≤ 340
C1	1,45...1,26	F2	350...410
C2	1,25...1,11	F3	420...480
C3	1,10...1,04	F4	490...550
		F5	560...620
		F6 ¹⁾	≥ 630

¹⁾ Koska tietyjen notkeusarvojen ulkopuolella testausmenetelmät eivät ole tarkkoja, suositellaan käytettäväksi seuraavia testausmenetelmiä:

- painuma ≥ 10 mm ja ≤ 210 mm
- Vebe-aika ≤ 30 s ja > 5 s
- tiivistymisaste ≥ 1,04 ja < 1,46
- leviämän halkaisija > 340 mm ja ≤ 620 mm.

[2, s.70]



[2.s.71]

Luokka AA

- Luokkaa AA ei tule käyttää yleisesti vaan ainoastaan erikoiskohdissa tai -pinnoissa
- Edellyttää lähes aina puhdasta muottimateriaalia
- Voidaan asettaa vaatimuksia esimerkiksi:
 - toteutustavasta
 - muottimateriaalista
 - pintakuvioidinnista
 - muottisiteiden sijoittelusta
- AA- luokkaan soveltuvat muottikalustot:
 - paikallatehdyt kertakäyttöiset lauta- ja levymuotit
 - vakiopalkeista ja uudesta muottipinnasta (vaneri tai lauta) kootut erikoismuotit
- Esimerkkejä luokan AA pinnoista
 - merkittävät julkiset rakennukset

Luokka A

- Luokka A vastaa vaatimuksiltaan ns. puhtasvalupintoja
- Pintojen esteettinen vaatimus ei täyty, jos käytetty muotti aiheuttaa jälkitöitä kuten piikkauksia tai paikkauksia
- Työsaumojen sijainti ja tekotapa tulisi huomioida suunnitteluvaiheessa betonipinnan osana
- Valitulle muottikalustolle ja muottisuunnitelmille on syytä suorittaa suunnittelijan ja toteuttajan välinen tarkastus:
 - jotta muotin betonipintaan jättämät muottilevyjen ja -siteiden jäljet ovat etukäteen tiedossa ja hyväksytyt
- A- luokkaan soveltuvat muottikalustot:
 - suurmuotit
 - suurkanettimuotit
 - järjestelmämuotit
- Järjestelmä- ja suurmuotteja voidaan esimerkiksi pinnoittaa ohuella vanerilla, jäljitelmämuotoilla ja muottikankailla:
 - saavutettavissa korkealaatuisia betonipintoja, kun hyödynnetään vahvat runkorakenteet ja harva sidontatarve
 - voimakkaasti kuvioidussa betonipinnoissa voidaan muottipintana kumisia kuviomattoja
- Esimerkkejä luokan A pinnoista
 - arkkitehtoniset betonipinnat yleensä (seinät, pilarit, katot ja palkkirakenteet)

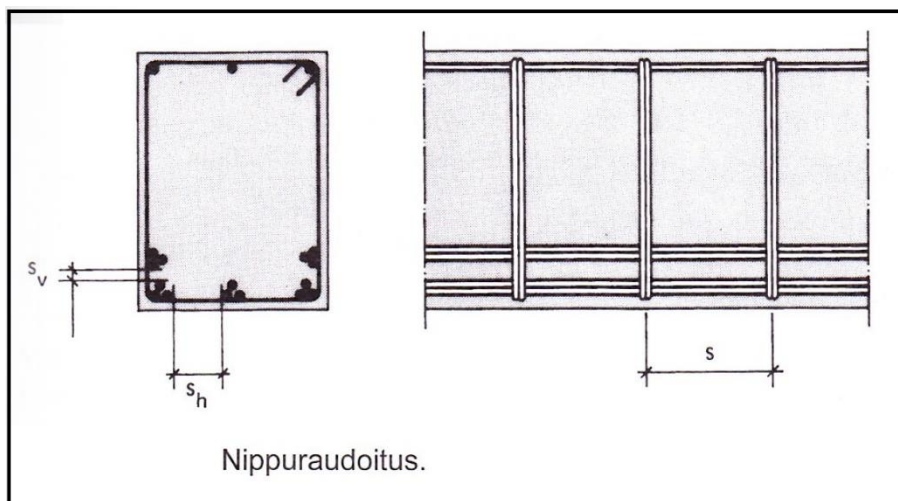
Luokka B

- Luokan B betonipinnat ovat yleensä seinä- ja kattopintoja, joiden ulkonäölle ei aseteta suuria vaatimuksia, tai joille muuten sallitaan luokkaa A pienemmät vaatimukset
- Muottipintamateriaali voi olla muutaman kerran käytettyä, mutta kuitenkin hyvin huollettua ja pinnaltaan ehjää
- B- luokkaan soveltuvat muottikalustot ovat:
 - suurmuotit
 - suurkanettimuotit
 - järjestelmämuotit
 - levy- ja lautamuotit
- Esimerkkejä luokan B pinnoista:
 - yleensä tasoitettavat väliseinät
 - kellarin sisäseinät
 - maan peittoon osittain jäävät rakennuksen ulkopuoliset betonipinnat

Luokka C

- Luokan C betonipinnat ovat yleensä näkymättömiin jääviä pintoja
- Luokan vaatimukset helposti saavutettavissa normaalia muottikalustoa käytettäessä.
- Muottipintamateriaali voi olla jo useampaan kertaan käytettyä
- Luokan C toteutukseen soveltuvat muottikalustot ovat vastaavat kuin luokassa B
- Esimerkkejä luokan C pinnoista:
 - perustukset
 - alaslaskettujen kattojen takaiset pinnat

Yhteensidotuista harjatangoista tai kuviopintaisista tangoista koottuja tankonippuja voidaan käyttää raudoituksessa yksittäisten tankojen asemasta. Nipun suurimman tangon halkaisija saa olla korkeintaan 1,25 kertaa nipun pienimmän tangon halkaisija. Harjateräksestä tehtyjä päätankoja voidaan niputtaa 3 kappaletta sekä hakoja ja kuviopintaisia tankoja 2 kappaletta, kuten kuvassa alapuolella. Tartuntajänteitä voidaan niputtaa kaksi kappaletta. [16, s.51]



Tankonippujen suhteen noudatetaan yksittäisistä tangoista annettuja ohjeita käyttämällä tangon halkaisijana \varnothing tankonipun nimellishalkaisijaa \varnothing_n , joka vastaa poikkileikkausalaan yhtä suurta yksittäistä tankoa. [16, s.51]

Yksittäistankojen ohjeet määräävät myös nippujen välit. Nippujen väleihin noudatetaan yksittäistankojen ohjeita. Tangon halkaisijana käytetään tankonipun nimellishalkaisijaa \varnothing_n , joka on yhtä suuri kuin poikkileikkausalaan vastaavan tangon halkaisija. [2, s.252]

Esimerkiksi 3 kpl $\varnothing 16$ tankonippujen väli saadaan seuraavasti:
 $3 \varnothing 16$ poikkileikkausala = $3 \times 200 \text{ mm}^2 = 600 \text{ mm}^2$

Vastaava nimellishalkaisija \varnothing_n saadaan yhtälöstä

$$\frac{\pi \times \varnothing_n^2}{4} = 600 \text{ mm}^2 \Rightarrow \varnothing_n \approx 25 \text{ mm}$$

Nippuväli $s_h = \varnothing_n = 25 \text{ mm}$, kiviaineksen suurin raekoko on $25 \text{ mm} / 1,2 \approx 20 \text{ mm}$

[2, s.252]

Kuvassa oli esimerkkinä laskettu nimellishalkaisija kolmelle 16mm tankonipulle näin saatiin minimitankoväli, ja lisäksi määritetty kiviaineksen suurin raekoko, liittyen luvun 4.4.1 tankojen vapaan välin vaatimuksiin.

Alla olevassa taulukossa on valmiita nimellispoikkipinta-aloja sekä niiden painoja eri terästyypeille.


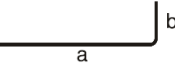
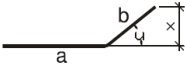
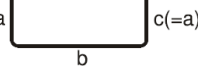
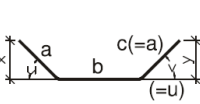
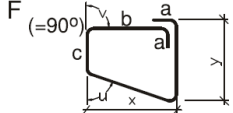
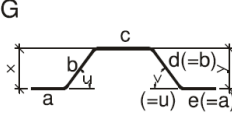
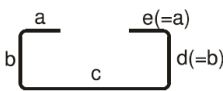
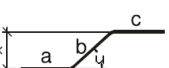
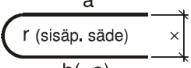
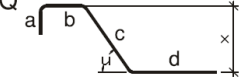
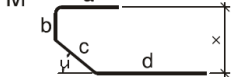
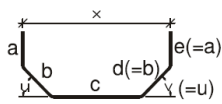
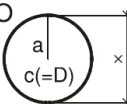
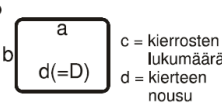
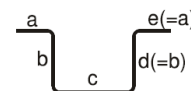
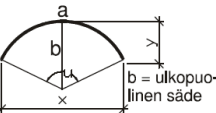
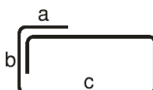
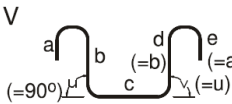
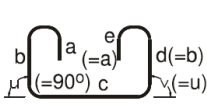
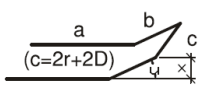
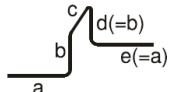
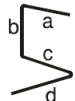
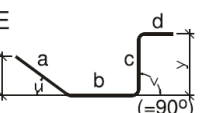
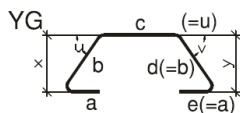
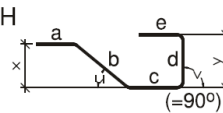
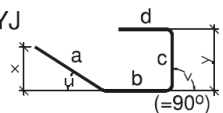
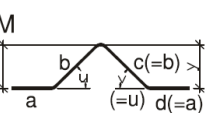
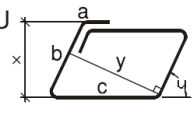
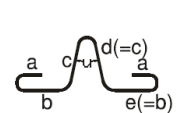
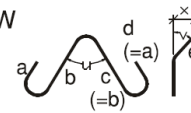
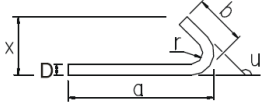
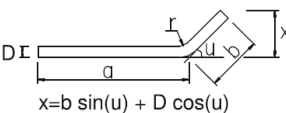
Harjatankojen A500HW ja pyörötankojen S235JRG2 nimellimitat ja -painot.		
Nimellishalkaisija d mm	Nimellispoikkipinta mm ²	Tangon nimellinen metripaino kg/m
6	28,3	0,222
8	50,3	0,395
10	78,5	0,617
12	113	0,888
16	201	1,58
20	314	2,47
25	491	3,85
32	804	6,31

Harjatanko B500K.		
Nimellishalkaisija d mm	Nimellispoikkipinta mm ²	Tangon nimellinen metripaino kg/m
5	19,6	0,154
6	28,3	0,222
7	38,5	0,302
8	50,3	0,395
9	63,6	0,499
10	78,5	0,617
11	95,0	0,746
12	113,0	0,888

Varastoverkot. Verkkojen sivumitat ovat 2350×5000 mm ²			
Tyypimerkintä	Poikkipinta-ala mm ²	Paino kg/m ²	Paino kg/kpl
5-200	98	1,54	18,29
5-150	131	2,06	24,62
6-200	141	2,22	26,36
6-150	189	2,96	35,50
8-200	251	3,95	46,90

[2, s.260]

Lisäksi haluan vielä liittää kuvan raudituksen taivutustyypeistä, kun meinaa itsellä unoh-tua aina mallit ja sitten jos muutenkin tuottaa kuvanluku joskus vaikeuksia niin aika hu-kassa o

Betongerästen taivutustyytit 2000			
A 	B 	C 	D 
E 	F 	G 	H 
J 	K 	Q 	M 
N 	O  a = ulkopuolinen säde b = kierrosten lukumäärä c = kierteen nousu	P  c = kierrosten lukumäärä d = kierteen nousu	R 
S  b = ulkopuolinen säde	U 	V 	W 
Z 	XC 	XZ 	Y Vapaamuotoinen tanko korkeintaan 5 suoraa osaa ja 4 kulmaa: a, c, e, v, y = osan pituus; b, d, u, x = kulma
YE 	YG 	YH 	YJ 
YM 	YU 	YV 	YW 
<p>Taivutusmitat noudattavat terästen ulkopintaa.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>$90^\circ < u \leq 180^\circ$</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>$u \leq 90^\circ$</p>  <p>$x = b \sin(u) + D \cos(u)$</p> </div> </div>			

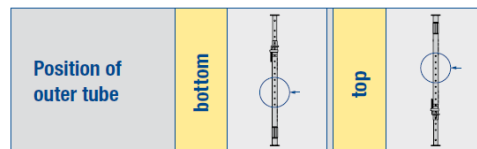
Permissible load capacity Eurex top

Permitted load capacity [kN] depending on extension length and outer tube position (according to general building inspectorate approval Z-8.311-905)

Eurex 20 top												
Prop length (m)	150		250		300		350		400		550	
	bottom/top	bottom	top	bottom	top	bottom	top	bottom	top	bottom	top	
5.5											20.6	22.7
5.4											21.6	23.9
5.3											22.5	25.2
5.2											23.6	26.5
5.1											24.7	27.9
5.0											25.8	29.4
4.9											27.2	31.0
4.8											28.7	32.5
4.7											30.1	34.2
4.6											31.6	35.9
4.5											33.2	
4.4											34.9	
4.3												
4.2												
4.1												
4.0								21.5	24.8			
3.9								23.0	26.8			
3.8								24.4	28.7			
3.7								26.0	30.8			36.7
3.6								27.7	33.2			36.7
3.5						20.8	24.5	29.4	35.5			
3.4						22.3	26.7	31.0				
3.3						23.8	28.9	32.4				
3.2						25.4	31.3	33.5				
3.1						27.1	34.0	34.5				
3.0						20.7	24.8	28.8	35.5			
2.9						22.4	27.4	29.6	36.5			36.7
2.8						24.0	29.9	30.5				
2.7						25.3	32.6	31.5				
2.6						26.2	35.3	32.7				
2.5		20.2	24.8	27.0		33.9	36.7					
2.4		21.3	27.2	27.8		35.0						
2.3		22.5	29.5	28.7		36.1						
2.2		23.3	31.9	29.8		36.7						
2.1		24.0	34.3	31.1		36.7						
2.0		24.6		32.4								
1.9		25.8		34.0								
1.8		26.9	36.7	35.6								
1.7		28.4										
1.6		30.1										
1.5		31.8										
1.4												
1.3												
1.2		20.6										
1.1												
1.0												

Eurex 30 top													
Prop length (m)	250		300		350		400		450		550		
	bottom	top	bottom	top	bottom	top	bottom	top	bottom	top	bottom	top	
5.5												31.8	33.3
5.4												33.6	35.3
5.3												35.5	37.2
5.2												37.3	39.2
5.1												39.2	41.0
5.0													
4.9													
4.8													
4.7													
4.6													
4.5									32.7	34.5			
4.4									34.8	36.8			41.2
4.3									36.8	39.2			41.2
4.2									39.2				
4.1													
4.0								31.5	34.2				
3.9								33.8	36.8				
3.8								36.1	39.3				
3.7								38.7					
3.6										41.2	41.2		
3.5						30.9	34.2						
3.4						33.3	36.8						
3.3						35.8	39.8						
3.2						38.2							
3.1													
3.0			30.9	34.8				41.2	41.2				
2.9			33.6	37.3									
2.8			36.2	39.7									
2.7			38.6										
2.6			40.0										
2.5	30.9	37.0						41.2	41.2				
2.4	32.2	38.5											
2.3	33.6	40.1											
2.2	34.8												
2.1	35.9												
2.0	37.0												
1.9	38.7	41.2											
1.8	40.4												
1.7													
1.6	41.2												
1.5													

TIP
Increased load capacity by using the flipped upside down

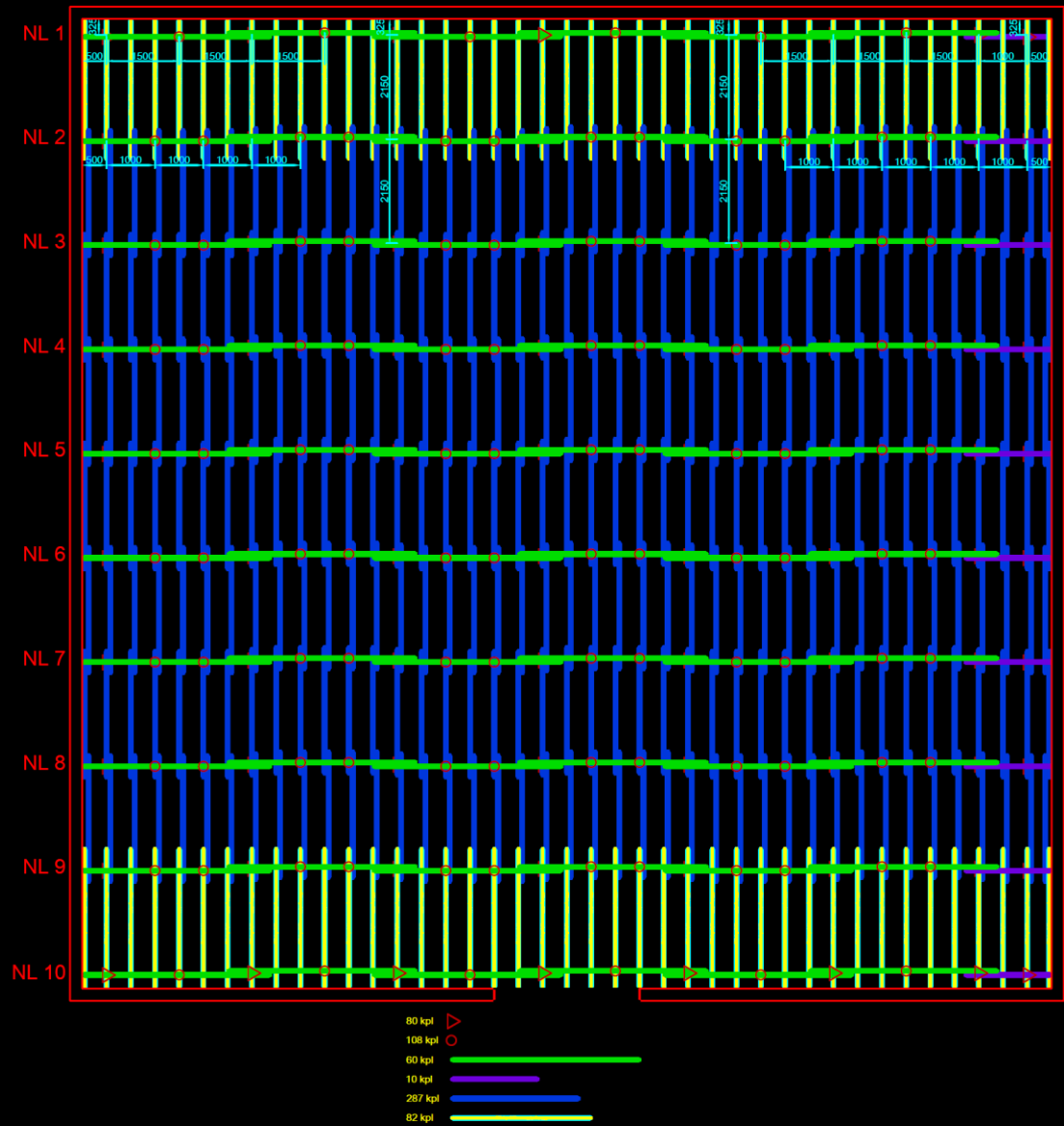


Holvityyppi 1 ja 2:

*korkeus 3000mm tai 5000 mm

*holvinpaksuus 300mm

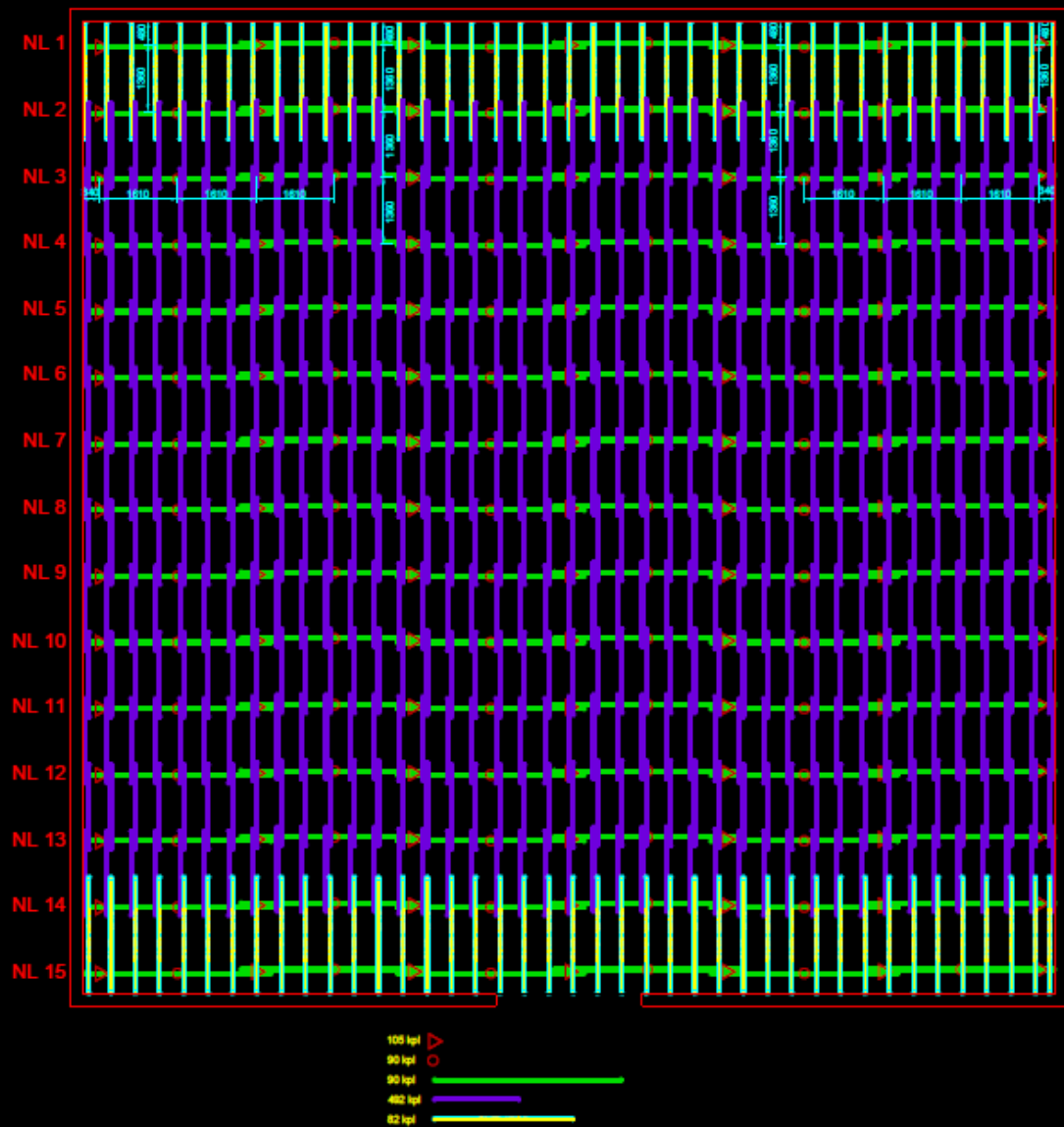
Kokeilu 1



Holvityyppi 1 ja 2:

- *korkeus 3000mm tai 5000 mm
- *holvinpaksuus 300mm

Kokeilu 2

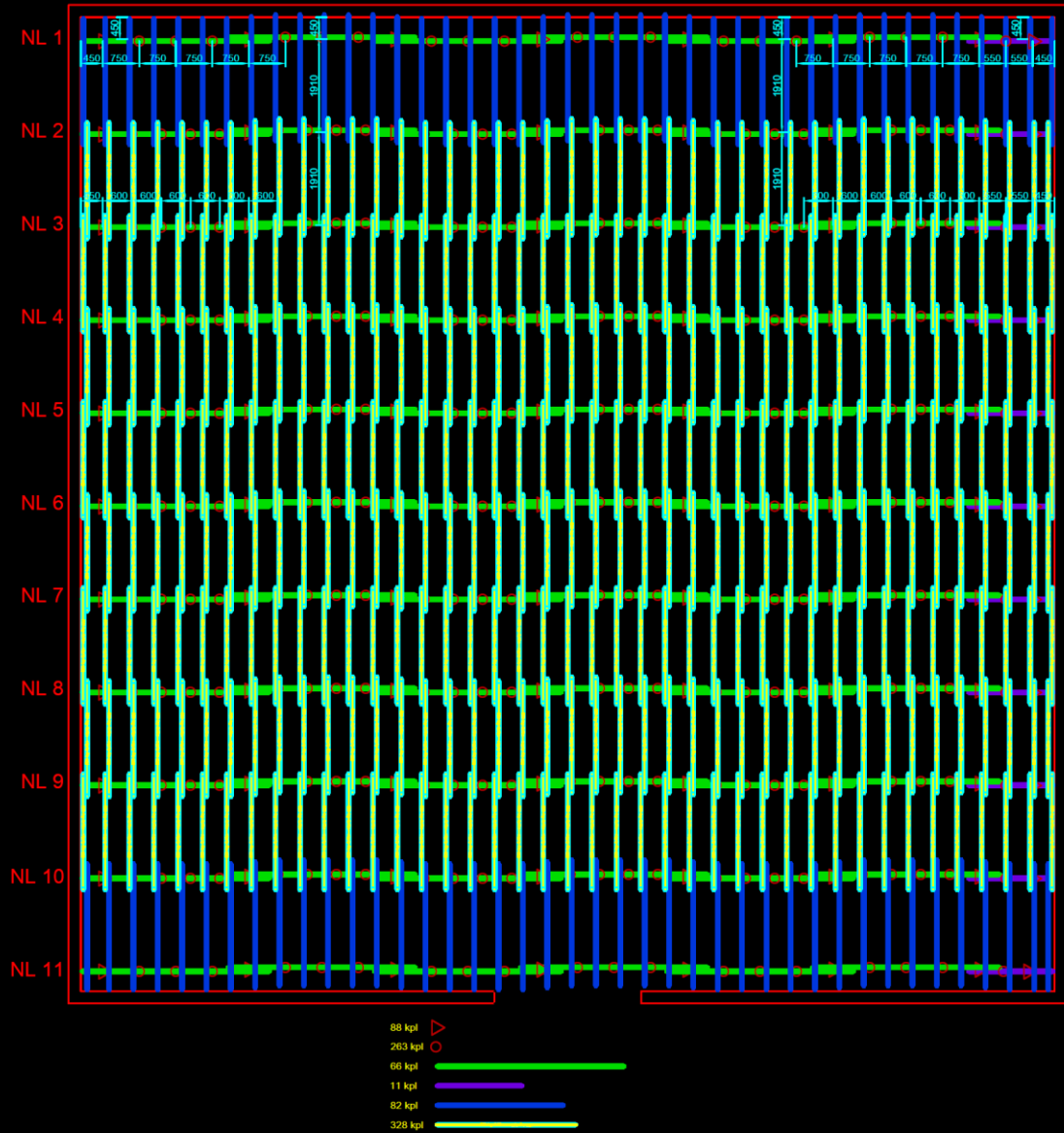


Holvityyppi 3 ja 4

*korkeus 3000mm tai 5000mm

*holvinpaksuus 600mm

Kokeilu 3

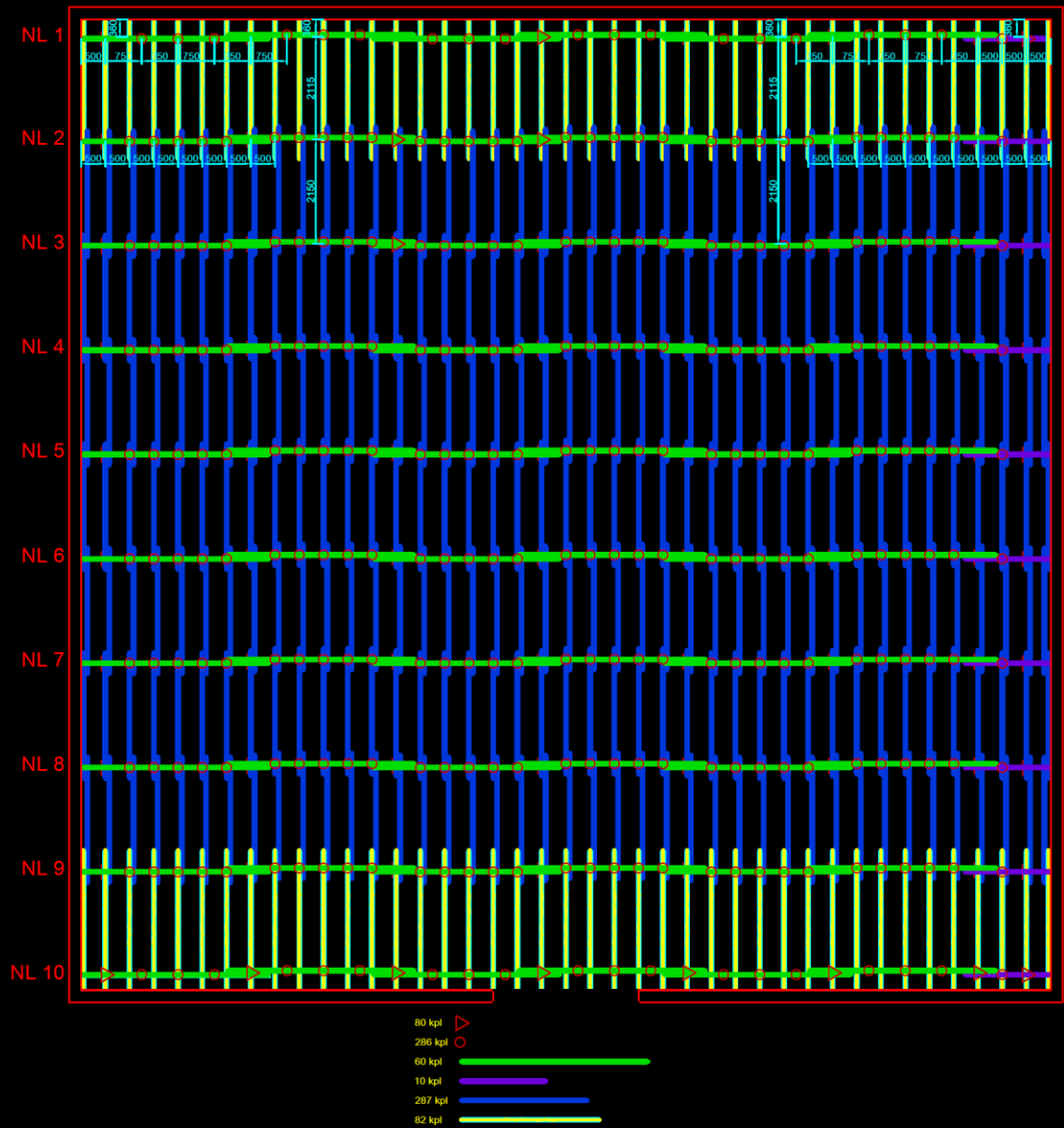


Holvityyppi 3 ja 4

*korkeus 3000mm tai 5000mm

*holvinpaksuus 600mm

Kokeilu 4



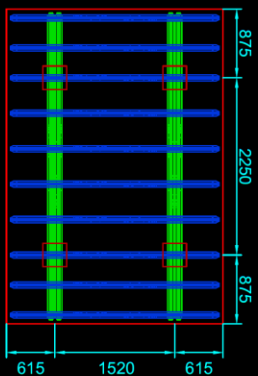
Ensimmäinen pöytämalli kaikille holvityypeille.

Pöytämuotti 2750x4000 mm

Holvityyppi 1 ja 2:

*korkeus 3000mm tai 5000 mm

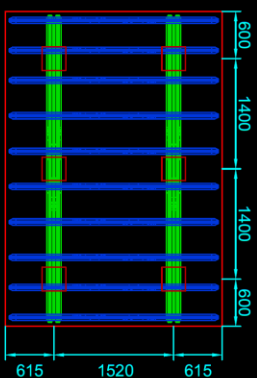
*holvinpaksuus 300mm



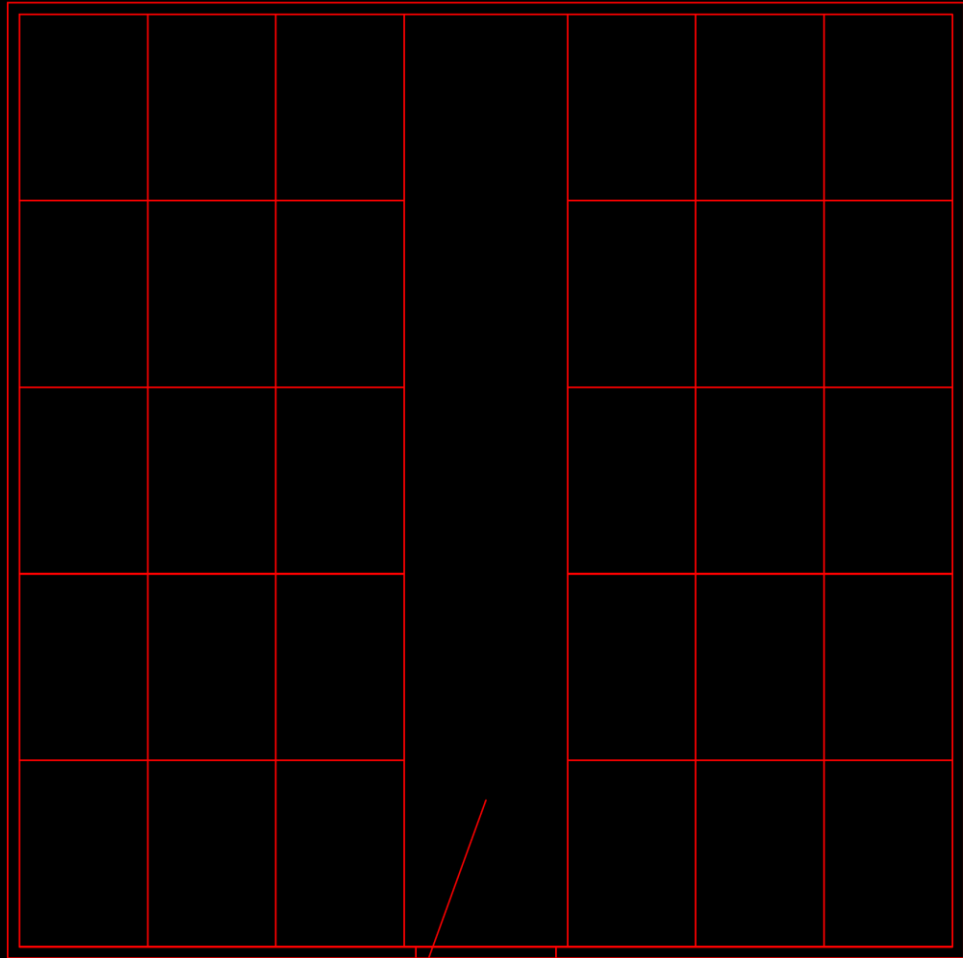
Holvityyppi 3 ja 4:

*korkeus 3000mm tai 5000 mm

*holvinpaksuus 600mm

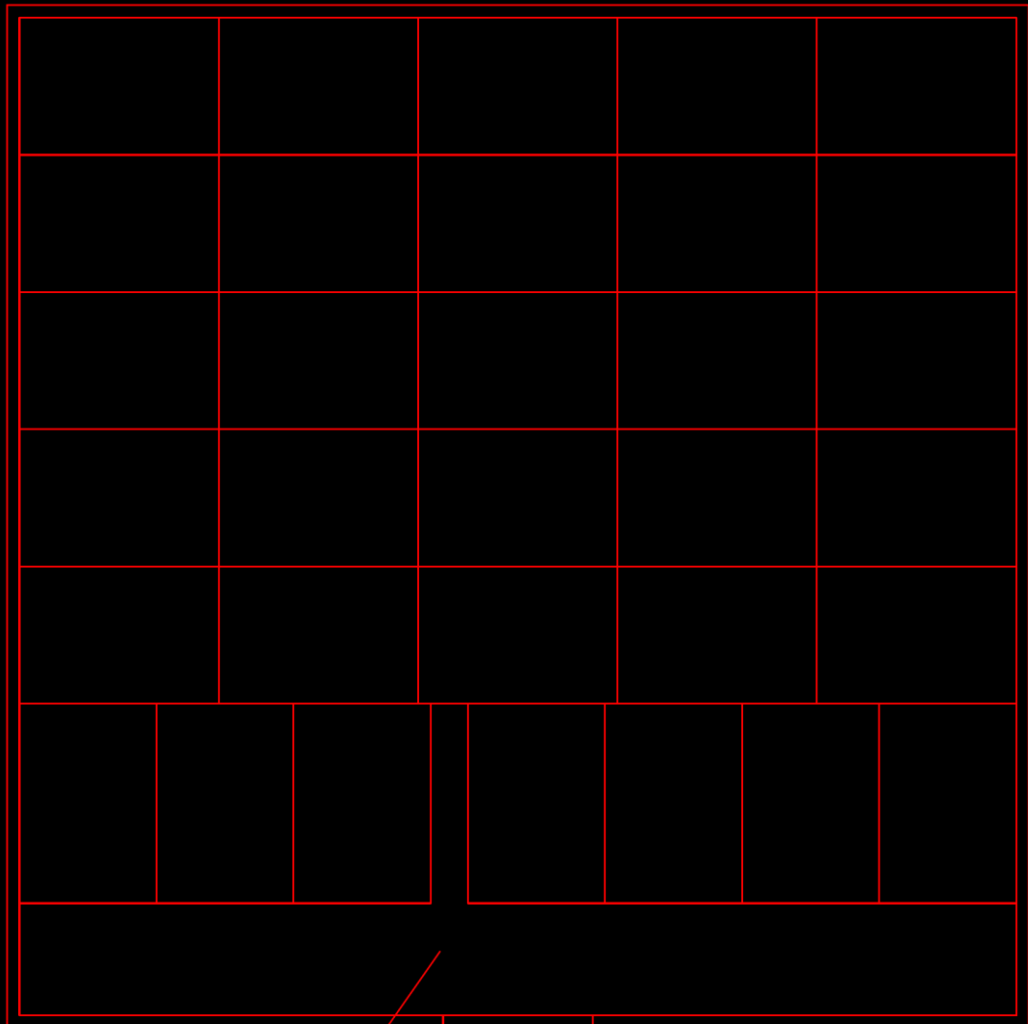


Pöytämuotti 2750x4000 mm 30 kpl



täyttö dokaflex 1 - 2 - 4

Pöytämuotti 2750x4000 mm 32 kpl



täyttö dokaflex 1 - 2 - 4

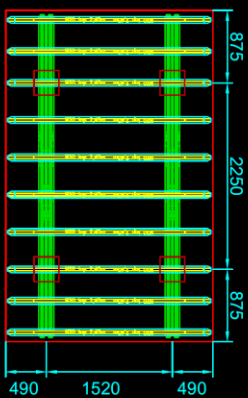
Toinen pöytämalli kaikille holvityypeille.

Pöytämuotti 2500x4000 mm

Holvityyppi 1 ja 2:

*korkeus 3000mm tai 5000 mm

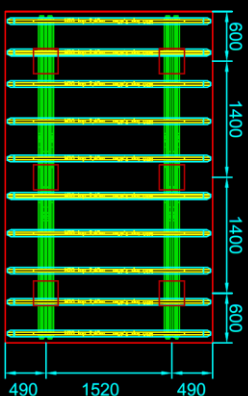
*holvinpaksuus 300mm



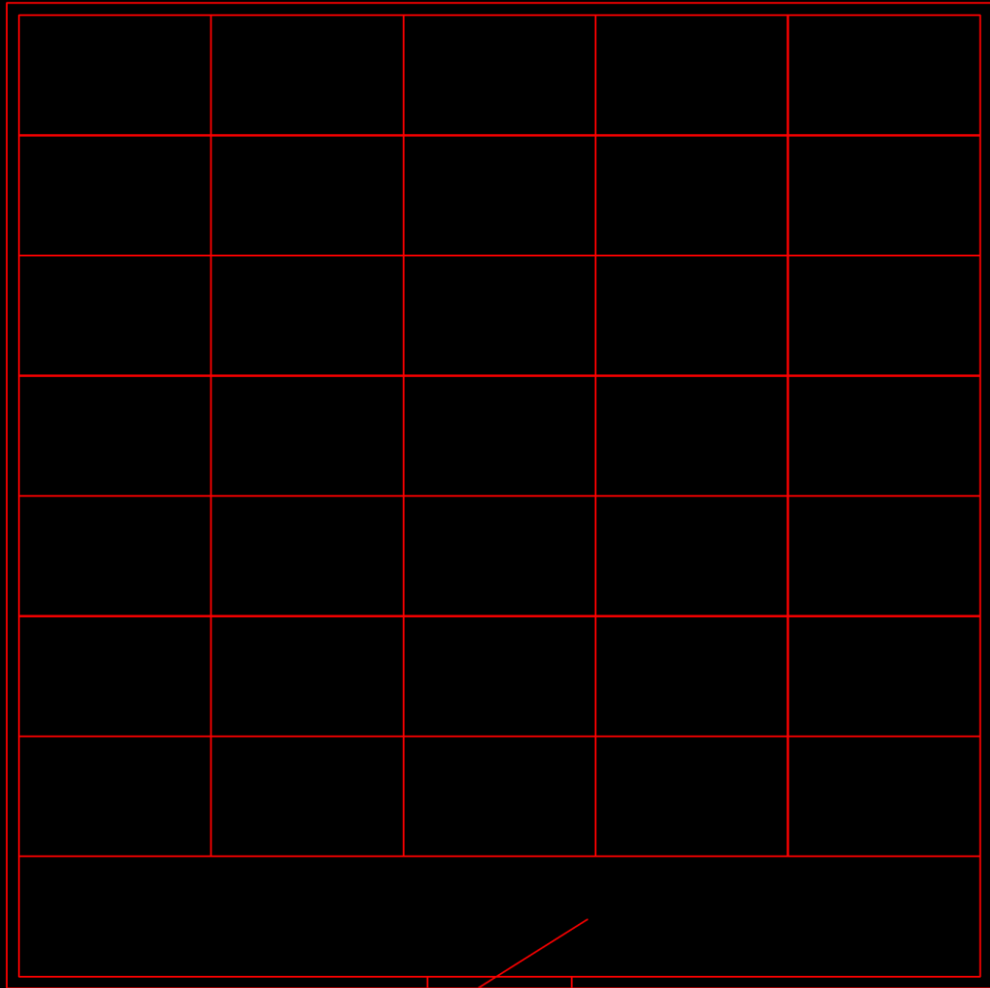
Holvityyppi 3 ja 4:

*korkeus 3000mm tai 5000 mm

*holvinpaksuus 600mm

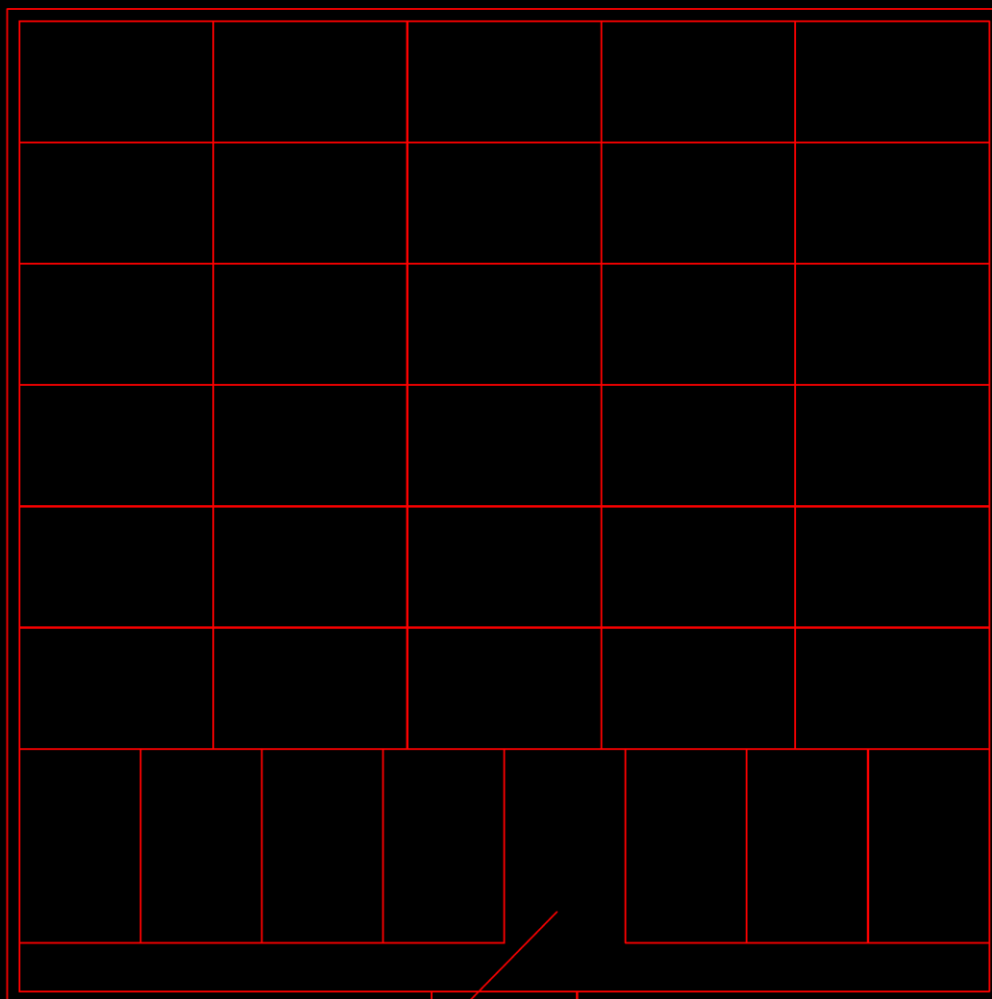


Pöytämuotti 2500x4000 mm 35 kpl



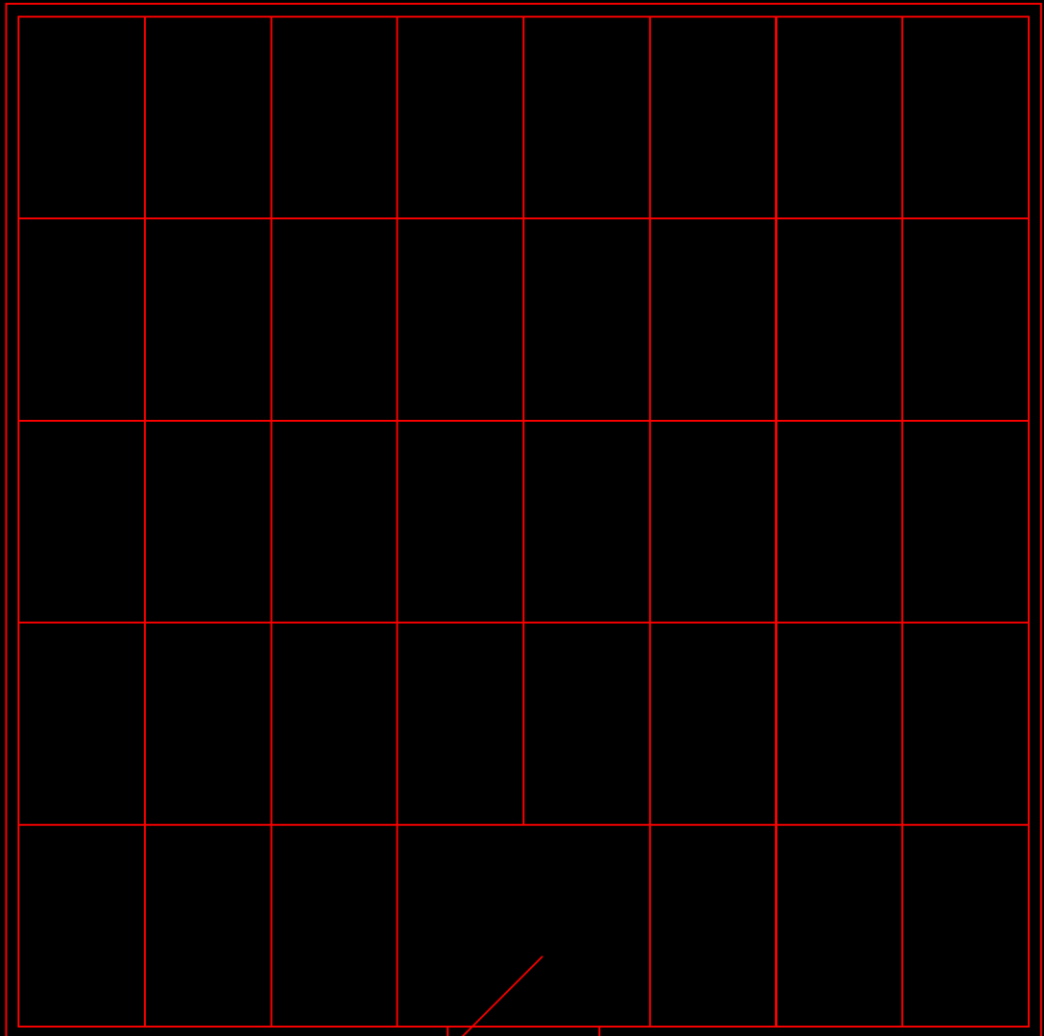
Dokaflex 1 - 2 - 4 vajaa osuus

Pöytämuotti 2500x4000 mm 37 kpl



Dokaflex 1 - 2 - 4 vajaa osuus

Pöytämuotti 2500x4000 mm 38 kpl



täyttö Dokaflex 1 - 2 - 4

Holvityyppi 3 ja 4

*korkeus 3000mm tai 5000mm

*holvinpaksuus 600mm

