



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SAMULI MADEKIVI
ASUINRAKENNUSTEN VÄLIPOHJALAATTOJEN RAUDOITUSTA-
POJEN TEKNIS-TALOUDELLINEN VERTAILU

Diplomityö

Tarkastaja: professori Matti Pentti,
yliopistonlehtori Olli Kerokoski
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 3. kesä-
kuuta 2015

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

SAMULI MADEKIVI: Asuinrakennusten välipohjalaattojen raudoitustapojen teknis-taloudellinen vertailu

Diplomityö, 81 sivua, 97 liitesivua

Marraskuu 2015

Pääaine: Rakennesuunnittelu

Tarkastaja: professori Matti Pentti, yliopistonlehtori Olli Kerokoski

Avainsanat: paikalla valettu välipohja, teräsbetonilaatta, teolliset raudoitteet, eurokoodi

Asuinrakennusten välipohjalaattojen raudoitukseen on käytössä kolme yleistä menetelmää: irtoteräsraudoitus, kaistarauδοitus sekä mattorauδοitus eli rullarauδοitus. Tämän diplomityön tarkoituksena on tutkia näiden kolmen raudoitustavan välillä olevia eroja suunnittelussa, työn suorituksessa, materiaali- ja työmenekkeissä sekä kustannuksissa.

Tämä diplomityö voidaan laajemmin jakaa teoriaosaan ja esimerkkitapausten tarkasteluun. Teoriaosassa esitellään tavanomaiset asuinrakennusten paikalla valettujen teräsbetonilaattojen rakennetyypit, niiden materiaaliominaisuudet sekä kuormitukset sekä käydään läpi teräsbetonilaattojen mitoituksen kulku pääpiirteittäin tuoden samalla esille tärkeimmät erot Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B4 Betonirakenteet sekä eurokoodi-järjestelmään kuuluvan SFS-EN 1992-1-1 2005 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu-julkaisun välillä. Työssä esitellään tutkittavien raudoitustapojen työsuorituksen kulku sekä suunnittelussa olevat erot. Esimerkkitapausten tutkinnan pääosa koostuu esimerkkikohteiden määrä- ja kustannuslaskennasta sekä näiden vertailusta.

Tutkimus osoittaa teollisten raudoitteiden kustannusten olevan perinteistä irtoteräsraudoitusta 20 – 25 % suuremmat. Toisaalta kustannuserot raudoitusmenetelmien välillä ovat suuruusluokaltaan niin pienet, että niiden kattaminen teollisten raudoitteiden avulla saaduilla aikataulusäästöillä on mahdollista. Työssä ei saatu yksiselitteistä vastausta sille, kuinka suuri pitäisi saavutetun aikataulusäästön olla, jotta korkeammat kustannukset tulisivat aikataulusäästöillä katetuiksi. Lisäksi havaittiin, että teollisten raudoitteiden käytöllä ei asuinkerrostalojen tapauksessa voida juurikaan optimoida betoniterästen määrää, koska laatan minimirauδοitus muodostaa hyvin suuren osan raudoituksen kokonaismäärästä.

Tutkimuksessa havaittiin myös, että Suomen rakentamismääräyskokoelman ja eurokoodien mukaisesti suunnitelluilla laattarakenteilla on materiaalimenekkeissä ja kustannuksissa selkeä ero, joka asuinkerrostaloikohteissa on ensin mainitun normin hyväksi noin 12 %. Eron havaittiin muodostuvan lähes pelkästään laatan minimirauδοitusvaatimusten eroista normien välillä.

Tutkimus osoitti jatkotutkimustarpeen teollisten raudoitteiden työmenekkeihin liittyen, koska lähdemateriaalia oli saatavilla hyvin vähän irtoteräsraudoitukseen verrattuna. Lisäksi havaittiin SFS-EN 1992-1-1 minimirauδοitusvaatimusten olevan ylimitoitettuja laatoille, joiden paksuus määräytyy muiden kuin kuormankantokykyvaatimusten perusteella. Tämä aiheuttaa tarpeen tutkia, olisiko kyseisen normin kansallista liitettä syytä kehittää tältä osin.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

SAMULI MADEKIVI: Technical and economical comparison of slab reinforcement methods in apartment buildings

Master of Science Thesis, 81 pages, 97 Appendix pages

November 2015

Major: Structural Design

Examiner: Professor Matti Pentti, University Lecturer Olli Kerokoski

Keywords: in situ cast slab, reinforced concrete slabs, industrial reinforcement elements, Eurocode

Traditional bar reinforcement, bar carpet reinforcement and customized prefabricated reinforcement meshes are the most commonly used reinforcement methods used in apartment buildings' concrete slabs. Objective of this Master's thesis is to study differences between these three methods in structural design, installation work and the amount of time it takes, material consumption and the expenses.

The thesis can be divided into theoretical and research parts. Common reinforced concrete slab structures, materials, loads and design methods according to design rules Eurocode SFS-EN 1992-1-1 and Finnish Building Regulations are described in theoretical part. Three reinforcement methods, their differences in design and installation work are described in the beginning of research part. The core of the research part is made of material consumption and expense calculations of three case examples.

Based on the research, it is stated that bar carpet reinforcement and customized prefabricated reinforcement meshes are 20 -25 % more expensive than traditional bar reinforcement. It also stated that using prefabricated reinforcement element isn't effective method to optimize reinforcement material consumption, because of the slabs minimum reinforcement requirement laid down by the design rules comprises great part of slabs total material consumption.

It is also found that differences in minimum reinforcement requirement between SFS-EN 1992-1-1 and Finnish Building Regulations are the main reason of differences between these design rules in material consumption.

The research showed need for additional research about labour requirement in bar carpet reinforcement and customized prefabricated reinforcement mesh methods because of lack of written sources. Additional research in minimum reinforcement requirements of thick slabs with relatively small loads is also recommended.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty osana Tampereen teknillisen yliopiston diplomi-insinöörin tutkintoa. Työ on tehty työsuhteessa Sweco Rakennetekniikka Oy:n Lounais-Suomen tulosyksikköön (ent. Narmaplan Oy) joulukuun 2014 ja lokakuun 2015 välisenä aikana.

Työn tarkastajina ja ohjaajina toimivat yliopistonlehtori Olli Kerokoski ja professori Matti Pentti Tampereen teknillisestä yliopistosta. Työn aiheen ideoi DI Ari Lauttalammi Narmaplan Oy:stä. Kiitokset heille arvokkaista kommentteista ja kehitysehdotuksista työn teon aikana.

Lisäksi haluaisin kiittää vertaistuesta opiskelukavereitani, joiden kanssa olemme kokeneet paljon opiskeluvuosiemme aikana, sekä kollegoitani Sweco Rakennetekniikka Oy:ssä, joiden kannustus opintojen loppuun saattamisessa oli koko työn tekemisen ajan hyvin merkittävää.

Turussa 20.9.2015

Samuli Madekivi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet.....	1
1.2	Tutkimuksen rajaukset.....	2
2.	TARKASTELTAVA RAKENNEJÄRJESTELMÄ	3
2.1	Yleistä	3
2.2	Rakennetyypit.....	4
2.3	Materiaalit	5
2.4	Kuormitukset.....	7
2.4.1	Rakenteiden omat painot ja muut pysyvät kuormat.....	10
2.4.2	Asuinrakennusten hyötykuormat	11
2.4.3	Lumikuormat	14
2.4.4	Onnettomuuskuormat	17
3.	PAIKALLAVALULAATAN MITOITUS	19
3.1	Laatan voimasuureiden laskenta.....	19
3.2	Laatan mitoitus taivutukselle	22
3.3	Laatan mitoitus lävistykselle.....	25
3.4	Laatan mitoitus leikkaukselle.....	28
3.5	Yksityiskohdat.....	29
3.5.1	Ankkurointi.....	29
3.5.2	Reunateräkset.....	31
3.5.3	Reikien huomiointi.....	32
3.5.4	Limijatkokset.....	32
4.	LAATAN RAUDOITUSMENETELMÄT	34
4.1	Laatan raudoitus irtotangoin.....	34
4.2	Mattoraudoitteet	36
4.3	Kaistaraudoitteet.....	37
5.	RAUDOITUSTAVAN VAIKUTUKSET SUUNNITTELUUN.....	39
5.1	Laatan raudoitus irtotangoin.....	39
5.2	Mattoraudoitteet	41
5.3	Kaistaraudoitteet.....	44
6.	RAUDOITUSTAVAN VAIKUTUKSET KUSTANNUKSIIN	47
6.1	Esimerkkikohteiden esittely	47
6.1.1	Kohde 1	47
6.1.2	Kohde 2	47
6.1.3	Kohde 3	48
6.2	Raudoitustavan vaikutukset materiaalimenekkiin	49
6.2.1	Kohde 1	51
6.2.2	Kohde 2	52
6.2.3	Kohde 3	54

6.2.4	Materiaalimenekki	yhteenveto	55
6.3	Raudoitustavan vaikutukset	työmenekkiin	56
6.3.1	Kohde 1		60
6.3.2	Kohde 2		60
6.3.3	Kohde 3		61
6.3.4	Työmenekki	yhteenveto	62
6.4	Raudoitustavan vaikutukset	kustannuksiin	63
6.4.1	Kohde 1		65
6.4.2	Kohde 2		66
6.4.3	Kohde 3		68
6.4.4	Kustannuslaskennan	yhteenveto	69
6.4.5	Välilliset kustannukset	esimerkkikohteissa	69
7.	TULOSTEN YHTEENVETO		72
7.1	Materiaalimenekit		72
7.2	Työmenekit		73
7.3	Kustannukset		74
8.	PÄÄTELMÄT		75
8.1	Päätelmät		75
8.2	Jatkotutkimustarpeet		76
	LÄHTEET		77

LIITE 1: ASUINRAKENNUSTEN TYYPILLISTEN PAIKALLAVALULAATTARAKENTEIDEN RAKENNETYYPI

LIITE 2: ASUINRAKENNUSTEN TYYPILLISTEN PAIKALLAVALULAATTARAKENTEIDEN MINIMIRAUDOITUSMÄÄRIÄ

LIITE 3: ESIMERKKIKOHTTEIDEN RAUDOITUSPIIRUSTUKSET JA VOIMASUURELASKELMAT

LIITE 4: ESIMERKKIKOHTTEIDEN MÄÄRÄLASKELMAT

LIITE 5: ESIMERKKIKOHTTEIDEN TYÖMENEKKILASKELMAT

LIITE 6: ESIMERKKIKOHTTEIDEN KUSTANNUSLASKELMAT

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

$A_c = hb$	Betonipoikkileikkauksen pinta-ala
A_d	Onnettomuuskuorma
A_s	Tarkasteltavasta poikkileikkauksesta momentin itseisarvon pienemissuuntaan vähintään mitan $l_b + 0,9d$ ulottuva veto-raudoituksen pinta-ala.
A_{sl}	Tarkasteltavasta poikkileikkauksesta momentin itseisarvon pienemissuuntaan vähintään mitan $l_{bd} + d$ ulottuva veto-raudoituksen pinta-ala.
A_{sv}	Lävistyshakojen kokonaispinta-ala
A_u	Tuen reunasta etäisyydellä $0,5d$ olevan leikkauksen rajoittama pinta-ala
b	Tarkasteltavan betonipoikkileikkauksen leveys
b_1 ja b_2	Rakennuksen osien pituus (lumikuorman kinostumisen yhteydessä)
b_t	Betonipoikkileikkauksen vetopuolen keskimääräinen leveys
b_w	Poikkileikkauksen pienin leveys vedetyllä korkeudella
d	Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus eli vetoterästen painopisteen etäisyys poikkileikkauksen puristetusta reunasta, jossa on huomioitu vetoterästen betonipeite sekä vetoterästen halkaisija
e	Lävistysvoiman epäkeskisyys
f_{bd}	Betonin tartuntalujuus
$f_{cd} = \frac{f_{ck}\alpha_{cc}}{\gamma_c}$	Betonin puristuslujuuden mitoitusarvo
f_{ck}	Betonin puristuslujuuden ominaisarvo
$f_{ctk} = 0,2K^{\frac{2}{3}}$	Betonin vetolujuuden ominaisarvo Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan
f_{cm}	Betonin keskimääräinen vetolujuus

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	Betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo
f_{yk}	Betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo (tavallisesti 500 MPa tai 600 MPa)
$G_{k,j}$	Pysyvä kuorma
h	Kattojen tasoero (lumikuorman kinostumisen yhteydessä)
h_b	Laatan tukena olevan palkin korkeus
h_s	Tarkasteltavan laatan paksuus
K	Betonin puristuslujuuden (kuutiolujuus) ominaisarvo Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan
k	$1,6-d \geq 1$, missä suureen d yksikkö on [m] ja laatan betonin $\rho_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3$
L_b	Laatan tukena olevan palkin jännemitta
L_s	Laatan jännemitta palkin jännemitan suunnassa, kuitenkin siten että $L_s \leq 1,5L_x$
L_x	Laatan lyhyempi jännemitta
$l_{b,min}$	Ankkurointipituuden minimiarvo
$l_{b,rqd}$	Ankkurointipituuden perusarvo
l_s	Lumen kinostumis pituus, $l_s = 2h$, $2 \text{ m} \leq l_s \leq 6 \text{ m}$
M_{Ed}	Laatan taivutusmomentin mitoitusarvo
$Q_{k,1}$	Määräävä muuttuva kuorma
$Q_{k,j}$	Muu muuttuva kuorma
s_k	Maassa olevan lumikuorman ominaisarvo
tth	työntekijätunti
u	Tuen reunasta etäisyydellä $0,5d$ oleva piiri
$V_{Rd,c}$	Betonin lävistyskapasiteetti

$V_{Rd,s}$	Lävistyshakojen kestävyys. Lävistyshakojen kestävyuden laskennassa rajoitetaan teräksen vetolujuuden mitoitusarvoa $f_{yd} \leq 300 \text{ N/mm}^2$.
α	Lävistyshakojen ja vaakatason välinen kulma
$\alpha_1 - \alpha_5$	Kertoimia, joiden maksimiarvo on 1,0 ja useimmiten tehdään varmallalla puolella oleva oletus ja oletetaan näiden kaikkien suuruudeksi myöskin 1,0
α_{cc}	Kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät
β	Kerroin, jolla huomioidaan lävistyskuorman epäkeskisyys
γ	Lumen tilavuuspaino (2 kN/m^3)
$\gamma_c=1,5$	Materiaaliominaisuuden osavarmuusluku betonille
$\gamma_s=1,15$	Materiaaliominaisuuden osavarmuusluku betoniteräkselle
μ_i	Lumikuorman muotokerroin
μ_2	Lumikuorman muotokerroin kinostumisen yhteydessä, $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$
μ_s	Ylemmältä katolta liukuvan lumen aiheuttaman lumikuorman muotokerroin
μ_w	Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin
σ_{sd}	Ankkuroitavassa tangossa vaikuttava jännitys (usein käytetään täyttää teräsjännitystä eli arvoa f_{yd})
ϕ	Ankkuroitavan tangon halkaisija
ψ	Kuormien yhdistelykerroin

1. JOHDANTO

Yleinen Suomessa vallitseva tapa rakentaa asuinkerrostaloja on tapa, jossa sekä pystyettä vaakarakenteet toteutetaan elementtirakenteisina. Tällaisessa täyselementtitalossa välipohjarakenteena toimii ontelolaatasto. Varsinais-Suomessa vallitseva tilanne poikkeaa kuitenkin siten, että vaakarakenteet eli ala-, väli- ja yläpohjien betonirakenteet toteutetaan asuinrakennuksissa yleisesti paikalla valettuina massiivisina teräsbetonilaatoina. Tästä johtuen laatastojen raudoitussuunnittelu muodostaa työnantajayrityksessäni merkittävän osan asuinrakennusten rakennesuunnittelusta.

Paikallavalulaatan raudoitus voidaan toteuttaa joko perinteisellä irtotankoraidoituksella tai erilaisilla teollisilla raudoitteilla. Eniten käytettyjä teollisia raudoitustapoja ovat kaistaraudoitteet sekä mattoraidoitteet. Mattoraidoiteista yleisimmin on käytössä Bامتec[®]-raudoitejärjestelmä. Edellä mainituista tavoista kaistaraudoitteet ovat Turun seudulla selvästi vähiten käytettyjä kahteen muuhun vaihtoehtoon verrattuna. Raudoitustavat eroavat toisistaan niin suunnittelun kuin työsuorituksenkin kannalta tietyiltä osin hyvin merkittävästi ja esimerkiksi betoniterästen kilomäärät rakenteissa ovat työtekni-
sistä syistä eri raudoitustavoilla erilaiset ja teoreettista laskennallista teräsmäärää huomattavasti suuremmat.

Paikallavalulaattoja on toteutettu eri raudoitustavoilla jo pitkään. Aihetta on kuitenkin käsitelty erilaisissa tutkimuksissa ja opinnäytetöissä suhteellisen niukasti. Aiheeseen liittyvien diplomitöiden vähäiseen määrään on osaltaan varmasti syynä se, että Pirkanmaalla ja pääkaupunkiseudulla eli teknillisten yliopistojen sijaintipaikkakunnilla paikallavalulaatta on asuinkerrostalon välipohjana huomattavasti Varsinais-Suomea vähemmän käytetty.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän diplomityön päätavoitteena on käydä läpi asuinrakennuksen paikallavaluvälipohjan suunnittelu sekä suorittaa eri raudoitustapojen teknis-taloudellinen vertailu eli vertailla raudoitustavan vaikutusta suunnitteluun, työtekniikkaan sekä kustannuksiin.

Tutkimuksen sivutuotteena on tarkoitus tuottaa paikallavalulaatan eurokoodien mukainen suunnitteluohje ja mitoitustaulukoita työnantajayritykseni sisäiseen käyttöön. Näiden yhteydessä käsitellään pääpiirteittäin myös tärkeimmät käytännön suunnittelutyöhön vaikuttavat eroavaisuuden eurokoodin sekä vanhojen kansallisten normien välillä.

Näitä tavoitteita tarkastellaan seuraavien tutkimuskysymysten kautta:

- Kuinka paljon suuremmat kustannukset teollisten raudoitteiden käytöstä syntyy verrattuna irtotankoraidoitukseen?
- Kuinka suuri ajallinen etu pitää teollisten raudoitteiden käytöllä saavuttaa verrattuna irtotankoraidoitukseen, jotta niiden käytöstä aiheutuvat suuremmat materiaalikustannukset saadaan kompensoitua?
- Onko eurokoodeja käyttäen suunnitellun ja Suomen rakentamismääräyskokoelmaa käyttäen suunnitellun rakenteen välillä eroavaisuuksia materiaalimenekissä ja materiaalikustannuksissa?

1.2 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus keskittyy asuinkerrostalojen välipohja- ja yläpohjalaattoina käytettävien paikalla valettujen yhteen suuntaan tai ristiin kantavien massiivisten teräsbetonilaattojen suunnitteluun. Tutkimuksen teoriaosassa luvuissa 2 ja 3 keskitytään pääasiassa näiden laattojen tavanomaisiin rakennetyyppeihin, rakennejärjestelmiin sekä mitoituskysymyksiin. Luvuissa 5-7 käytetyistä todellisista esimerkkikohteista kaksi on asuinkerrostalojen välipohjalaattoja ja yksi rivitalon alapohjan paalulaatta. Vaikka rakennuksen jäykistysmenetelmä vaikuttaa vaakarakenteiden suunnitteluun, tässä työssä ei kuitenkaan paneuduta tarkemmin rakennuksen jäykistykseen. Vaakarakenteiden raudoituksen suunnitteluun vaikuttavat rakennejärjestelmästä johtuvat seikat käsitellään luvussa 2.

2. TARKASTELTAVA RAKENNEJÄRJESTELMÄ

Tarkasteltava rakennejärjestelmä on asuinkerrostalolle tyypillinen levyjäykistetty rakennejärjestelmä, jossa paikalla valetut massiiviset väli- ja yläpohjarakenteet välittävät vaakakuormat jäykistäville pystyrakenteille. Jäykistäviä pystyrakenteita ovat kantavat ulkoseinäelementit, väliseinäelementit sekä paikalla valetut väliseinät. Ulkoseinäelementeistä voidaan rakennuksen jäykistykseen käyttää vain umpinaisia elementtejä. Koska erityisesti kaupunkien keskusta-alueille rakennettaessa autopaikoitustilat joudutaan rakentamaan ainakin osittain rakennuksen alle, vaatii jäykistysuunnittelu erityistä huolellisuutta rungon sisältämien seinämäisten palkkien vuoksi. Lisäksi tällaisessa asuinrakennuksessa kellarikerroksessa on autopaikoituksen lisäksi erilaisia teknisiä tiloja ja varastotiloja, jolloin kellarikerroksen pohjaratkaisu ei läheskään aina vastaa kovin hyvin varsinaisten asuntokerrosten pohjaratkaisua [1].

2.1 Yleistä

Paikalla valetut massiivilaatat luokitellaan joko yhteen suuntaan tai ristiin kantaviksi sen mukaan millainen on laatan tuentatapa ja mikä on laatan sivujen pituuksien suhde. Yhteen suuntaan kantavassa laatasta on kaksi tuettua ja likimain samansuuntaista reunaa ja kaksi vapaata likimain samansuuntaista reunaa ja siinä esiintyy merkittävää taivutusta vain yhteen suuntaan. Ristiin kantava laatta on tuettu kolmelta tai neljältä reunalta ja siinä esiintyy taivutusta kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa. Laatan katsotaan olevan puhtaasti ristiin kantava, jos sen pidemmän sivun suhde lyhyempään on maksimissaan 2. Jos suhde on isompi, ajatellaan neliönmuotoisten ristikkien väliin muodostuvan yhteen suuntaan kantava osa[2 s. 56]. Tässä työssä tarkasteltavat laattarakenteet sisältävät molempia edellä mainittuja perustapauksia.

Työssä tarkasteltavat laatat tukeutuvat seiniin, palkkeihin, seinämäisiin palkkeihin ja pilareihin, jotka kaikki voivat olla joko paikalla valettuja tai elementtejä. Rakenneosat määritellään eurokoodissa seuraavasti [3,4]:

- Laatta on rakenneosa, jonka sivumitta on vähintään 5 kertaa laatan kokonaispaksuus.
- Palkki on rakenneosa, jonka jännemitta on vähintään 3 kertaa poikkileikkauksen kokonaiskorkeus. Muuten sitä pidetään seinämäisenä palkkina.
- Pilari on rakenneosa, jonka poikkileikkauksen suurempi sivumitta on enintään 4 kertaa sen pienempi sivumitta ja pituus on vähintään 3 kertaa poikkileikkauksen suurempi sivumitta. Muuten sitä pidetään seinänä.

Asuinrakennuksen betonirakenteiden dimensiot määräytyvät pääosin muiden seikkojen kuin rakenteellisen kantavuuden perusteella. Tärkeimmät seikat ovat normien asettamat ääni- ja palotekniset vaatimukset. Näitä seikkoja käsitellään luvussa 2.2. Lisäksi kantavien pystyrakenteiden (seinät, palkit) dimensiot ja jännemitat ja sitä kautta jäykkyydet vaikuttavat laatan voimasuureiden laskentaan. Tätä aihetta käsitellään luvussa 3.

2.2 Rakennetyypit

Kuten edellä mainittiin, asuinkerrostalon kantavien rakenteiden suunnitteluun vaikuttavat suuresti palo- ja äänitekniset vaatimukset. Asuinkerrostalot kuuluvat paloluokkaan P1 ja palokuormaryhmään alle 600 MJ/m^2 . Poikkeuksen muodostavat asuinkerrostalojen kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja.[5] Tästä seuraa, että asuinkerrostalon kantavan rungon kantavuusvaatimus on 3-8-kerroksisissa rakennuksissa yleensä R60, irtaimistovarastoille R120 ja yli 8-kerroksisille rakennuksille R120, irtaimistovarastoille R180[5 s.16]. Vastaavasti rakenneosien osastoivuusvaatimus on EI60/EI90 [5 s.18]. Betonirakenteiden palomitoitus suoritetaan asuinrakennusten yhteydessä tavanomaisesti taulukkomitoituksena. Taulukkomitoituksessa annetaan minimiarvoja rakenteiden dimensioille sekä betoniterästen keskiöetäisyydelle betonipinnasta. Palomitoitukseen ei tässä työssä paneuduta syvällisesti.

Väliseinä-, välipohja-, yläpohja- ja alapohjarakenteita koskevat ääneneristysvaatimukset on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1 [7]. Ääneneristysvaatimukset täyttäviä rakenteita on esitetty esimerkiksi RT-kortiston eri rakenteita esittelevissä ohjekorteissa [9][10][11][12] sekä lähteessä [1]. Ääneneristysvaatimusten täyttämiseen vaadittavat rakennepaksuudet vaihtelevat hieman eri lähteiden välillä. Erojen syiden pohdintaan ei tässä työssä paneuduta sen tarkemmin, mutta rakenteiden mitattuihin akustisiin ominaisuuksiin vaikuttavat mm. muut ympäröivät rakenteet ja rakenteen molemmiin puolin olevien huonetilojen tilavuus [1]. Taulukossa 2.1 on esitetty asuinkerrostalon betonirakenteiden paksuuksia edellä mainittuihin lähteisiin perustuen. Taulukossa 2.1 kunkin rakennetyypin kohdalla esitetty betonilaatan minimipaksuus on ääniteknisistä vaatimuksista johtuva. Usein joudutaan valitsemaan ääniteknistä minimiarvoa suurempi laatan paksuus liian suureksi kasvavasta taipumasta johtuen. Liitteessä 1 on esitetty kuvina tyypillisimmät asuinkerrostalossa esiintyvät ala-, väli- ja yläpohjarakenteiden rakennetyypit. Rakennetyypit on esitetty siten yksinkertaistaen, että kantavan betonilaatan pintarakenteet on esitetty vain sillä tarkkuudella kuin on pintarakenteiden oman painon laskennan kannalta merkityksellistä.

Taulukko 2.1 Eri rakennetyyppien materiaalivahvuuksia

Rakenne	Betonin paksuus (mm)
AP1 (kantava maanvastainen alapohja, ei kelluvaa lattiaa)	240-270
AP2a/AP2b/AP2c (kantava maanvastainen alapohja, kelluva lattia, pintalaatan materiaali vaihtelee)	>200+pintarakenne (usein käytetty 240+pintarakenne)
VP1 (teräsbetonilaatta, ei kelluvaa pintalattiaa)	270
VP2a/VP2b/VP2c (teräsbetonilaatta, kelluva lattia, pintalaatan materiaali vaihtelee)	>200+pintarakenne (usein käytetty 270+pintarakenne)
YP1a/YP1b (teräsbetonilaatta ja puurakenteinen vesikatto, katemateriaali vaihtelee)	>240 (usein käytetty VP-laatan paksuutta eli 270)
YP2 (teräsbetonilaatta kallistusvaluineen, kovavillakatto, kermikate)	>240 (usein käytetty VP-laatan paksuutta eli 270)
YP3 (teräsbetonilaatta, käännetyt katon veden- ja lämmöneristeet, pintalaatta)	>200 (käytössä olevan rakennekorkeuden mukaan terassirakenteissa, pihakansilla kuormitusten mukaan.

2.3 Materiaalit

Tässä työssä tarkasteltavien teräsbetonilaattojen betonin lujuusluokka määräytyy pääsääntöisesti ympäristöolosuhteiden ja suunnitellun käyttöiän perusteella. Tavanomaisilla rakenteilla, joihin asuinrakennukset kuuluvat, suunniteltu käyttöikä on tavanomaisesti 50 vuotta [13][14]. Rakennuttajat saattavat joissakin tapauksissa vaatia rakennuksen rungolta 100 vuoden käyttöikää. Taulukkoon 2.2 on koottu tyypillisimmät laattarakenteet, niiden rasitusluokat sekä näiden betonille ja betoniteräkselle aiheuttamat vaatimukset.

Taulukko 2.2 Tavanomaiset asuinrakennusten paikalla valettavat laatat ja niiden rasitusluokat [3][4][13][14]

Rakenne	Rasitus-	f_{ck} (min.)	c_{nom} (mm)	100 v
Alapohjalaatta, eristettä vasten valettu	XC1	C20/25	20	-
Välipohjalaatta (tavanomaisen tai märkätilan kohdalla)	XC1	C20/25	20	-
Yläpohjalaatta (tavanomaisen tai märkätilan kohdalla)	XC1	C20/25	20	-
Puolilämpimän autohallin alapohjalaatta, etäisyys sisääntulosta <15 m	XC3, XD2	C30/45	ap. 20 yp. 45	$c_{nom}+5$ mm
Puolilämpimän autohallin alapohjalaatta, etäisyys sisääntulosta >15 m	XC3, XD1	C35/45 (C32/40)	ap. 20 yp. 40	$c_{nom}+5$ mm
Puolilämpimän autohallin katto, yläpinta sisätila tai vedeneristetty pinta	XC3	C30/37	30	$c_{nom}+5$ mm
Kylmät ulkorakenteet, suolatut/ei suolausta, sateelle alttiit	XC4, XF3	C35/45 (C32/40)	35	$c_{nom}+5$ mm
Kylmät ulkorakenteet, ei suolausta, sateelta suojatut	XC3, XF1	C30/47 (C28/35)	35	$c_{nom}+5$ mm

Kaikissa taulukon betonipeitteen nimellisarvoissa on oletettu betonipeitteen sallituksi mittapoikkeamaksi c_{dev} 10 mm eli rakenteet on oletettu valettavaksi tasaista muottipintaa tai kovaa lämmöneristettä, kuten EPS/XPS, vasten. Maata vasten valettaessa arvoja pitää suurentaa [3][14] mukaisesti.

Taulukossa 2.2 sulkeissa esitetyt betonilujuusluokat ovat lujuusluokkia, jotka eivät ole virallisesti eurokoodijärjestelmään kuuluvia. Nämä lujuusluokat vastaavat ominaisuuksiltaan vanhoja lujuusluokkia K35 ja K40 ja valmisbetoniteollisuus valmistaa ja myy niitä edelleenkin. Näiden lujuusluokkien käyttö eurokoodijärjestelmän mukaisessa suunnittelussa on vastaavan rakennesuunnittelijan sekä rakennusvalvontaviranomaisen harkinnan varassa. [28]

Tarkasteltavien paikallavalulaattojen betoniteräksinä käytetään harjateräksiä A500HW tai B500B. Käytettävissä olevia terästen poikkileikkauksia ja määrämittaisten tankojen suositeltavia pituuksia käsitellään myöhemmin tässä työssä luvuissa 4 ja 5.

2.4 Kuormitukset

Tarkasteltavien rakenteiden kuormat määritetään SFS-EN 1991-1-1...SFS-EN 1991-1-7 sekä näiden eurokoodien kansallisten liitteiden mukaisesti noudattaen samalla SFS-EN 1990 asettamia perusvaatimuksia sekä kuormitusyhdistelmiä. Tässä työssä käsitellään kuormituksista vain laatastojen suunnitteluun vaikuttavat kuormat ja siten esimerkiksi asuinrakennusten jäykistyksessä tarvittavat kuormat ja kuormitusyhdistelmät, kuten tuulikuormat, sivuutetaan.

Rakenne on suunniteltava ja toteutettava siten, että se säilyttää tarvittavat luotettavuus-
tasonsa suunnitellun käyttöikänsä ajan ja taloudellisesti kestävä kaikki todennäköisesti esiintyvät kuormat ja vaikutukset sekä säilyttää käyttökelpoisuutensa vaadittuun tarkoitukseensa. Lisäksi rakenne tulee suunnitella siten, että sillä on riittävä kestävyys, käyttökelpoisuus ja säilyvyys. Tulipalotilanteessa kestävyys pitää olla riittävä vaaditun ajan ja lisäksi rakennuksen tulee kestää onnettomuustilanteita siten etteivät vauriot ole alkuperäiseen syyhyn nähden suhteettoman laajat. Eurokoodeissa näistä periaatteista käytetään yhdessä nimitystä luotettavuus. Luotettavuutta tarkastellaan tasoluokituksella. Tasoluokituksessa rakenteet jaetaan kolmeen seuraamusluokkaan CC, joiden perusteella rakenteet jaotellaan edelleen kolmeen luotettavuusluokkaan RC, joiden perusteella puolestaan määräytyy kuormitusyhdistelmissä esiintyvä kuormakerroin K_{fi} . Taulukossa 2.3 on esitetty seuraamusluokat sekä kunkin seuraamusluokan osalta esimerkkejä rakenteista, jotka asuinrakentamisessa voivat tulla kyseeseen. Taulukossa 2.4 on puolestaan esitetty seuraamusluokkia vastaavat luotettavuusluokat sekä vastaavat kuormakertoimet. [16][17][18]

Taulukko 2.3 Seuraamusluokkien määrittely [16][17]

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia ja rakenteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten <i>tai</i> hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennuksen kantava runko jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten <ul style="list-style-type: none"> • yli 8-kerroksiset (kellarikerrokset mukaan lukien) asuin-, konttori- ja liikerakennukset
CC2	Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten <i>tai</i> merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1 <ul style="list-style-type: none"> • tavanomaiset 3-8-kerroksiset asuinkerrostalot
CC1	Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten <i>tai</i> pien-ten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esimerkiksi varastot. Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten <ul style="list-style-type: none"> • matalalla olevat alapohjat, ilman kellaritiloja • Ryömintätilaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne

Taulukko 2.3 Luotettavuusluokan ja kuormakerroimen valinta [16][17]

Seuraamusluokka	Luotettavuusluokka	Kuormakerroin K_{fi}
CC3	RC3	1,1
CC2	RC2	1,0
CC1	RC1	0,9

Kuormituksen osalta eurokoodit perustuvat rajatilamenetelmään, jossa rakennetta tarkastellaan erikseen murto- ja käyttörajatiloissa. Asuinrakennusten laatastoille kyseeseen tulevia käyttörajatiloja ovat esimerkiksi laatan taipuma sekä ulkotiloissa ja pysäköintitiloissa lisäksi laatan halkeilu. Tässä työssä rajoitutaan jännittämättömiin rakenteisiin. Tämä seikka huomioiden saadaan eurokoodista seuraavat kuormitusyhdistelmät eri tapauksille [16][17][18]:

Murtorajatila

$$1,15K_{fi} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + 1,5K_{fi} Q_{k,1} + 1,5K_{fi} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

kuitenkin vähintään

$$1,35K_{fi} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \quad (2)$$

Onnettomuusrajatila

Kun $Q_{k,1}$ on lumi-, jää- tai tuulikuorma

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (3)$$

Kun $Q_{k,1}$ on muu kuin lumi-, jää- tai tuulikuorma

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4)$$

Käyttörajatilat

Ominaisyhdistelmä, jota käytetään kun kaikki käyttökelpoisuusvaatimuksen ylittävät kuormien vaikutukset eivät palaudu, kun kuormat poistetaan ja kuormien vaikutuksista on siten haittaa (esimerkiksi laatan yläpuolisille muuratuille väliseinille):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (5)$$

Tavallinen yhdistelmä, jota käytetään kun kaikki käyttökelpoisuusvaatimuksen ylittävät kuormien vaikutukset palautuvat, kun kuormat poistetaan eikä kuormien vaikutuksista siten ole haittaa liittyville rakenteille:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6)$$

Pitkäaikaisyhdistelmä, jota käytetään tavallisesti pitkäaikaisvaikutuksille ja rakenteen ulkonäön kannalta [18]:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (7)$$

Kuormien yhdistelykertoimet on esitetty taulukossa 2.5.

Taulukko 2.4 Muuttuvien kuormien yhdistelykertoimia [18]

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuormat rakennuksissa			
Luokka A	0,7	0,5	0,3
Luokka E	1,0	0,9	0,8
Luokka F	0,7	0,7	0,6
Luokka G	0,7	0,5	0,3
Luokka H	0	0	0
Lumikuormat			
$s_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,5	0,2

Taulukossa esitetyt hyötykuorman kuormaluokat on esitetty myöhemmin tässä työssä, luvussa 2.4.2.

2.4.1 Rakenteiden omat painot ja muut pysyvät kuormat

Rakenteiden omiin painoihin luetaan tässä työssä kuuluvaksi tarkasteltavien kantavien teräsbetonilaattojen oman painon lisäksi pintarakenteet, kuten kelluvat pintalattiat, käännetyn katon lämmöneriste ja pintalaatta, alapohjan lämmöneristeet sekä yläpohjien puurakenteet, lämmöneristeet sekä katemateriaalit. Rakennusosan oma paino lasketaan nimellismittojen ja tilavuuspainojen ominaisarvojen perusteella. [18]

Taulukossa 2.7 on esitetty taulukossa 2.1 ja liitteessä 1 esitettyjen rakenteiden omat painot. Taulukossa on esitetty erikseen kantavan rakenteen ja pintarakenteiden oman painon minimi- ja maksimiarvot.

Taulukko 2.7 Eräiden rakenteiden omapainoja

Rakenne	Kantava rakenne g_{min} (kN/m ²)	Kantava rakenne g_{max} (kN/m ²)	Pintarakenteet g_{min} (kN/m ²)	Pintarakenteet g_{max} (kN/m ²)
AP1	6	6,75	-	-
AP2a	5	6	2,05	2,08
AP2b	5	6	1,0	1,7
AP2c	5	6	0,6	1,05
VP1	6	6,75	-	-
VP2a	5	6,75	2,01	2,02
VP2b	5	6,75	0,9	1,7
VP2c	5	6,75	0,6	1
YP1a	6	6,75		
YP1b	6	6,75		
YP2	6	6,75		
YP3	5	>5		

Edellä mainittujen lisäksi rakenteiden pysyviin kuormiin kuuluvat pysyviksi tarkoitettut, ei-kantavat väliseinät, kuten jotkut osastoivat muuratut seinät. Muut kevyet väliseinät, kuten huoneiston sisäiset seinät, kuuluvat hyötykuormiin ja käsitellään tasaisina kuormina toisin kuin edellä mainitut tiiliseinät, jotka esitetään viivakuormina. [18]

2.4.2 Asuinrakennusten hyötykuormat

Hyötykuormiin lasketaan kuuluvaksi rakennusten tilojen käytöstä aiheutuvat kuormat. Ne sisältävät mm. normaalin henkilökäytön, huonekalut ja siirrettävät kohteet kuten siirrettävät kevyet väliseinät ja varastoitavan tavaran, ajoneuvot sekä henkilöiden koontumisen, huonekalujen kasautumisen tai muut vastaavat hyötykuormien hetkittäiset keskittymät. Tietyssä kerroksessa olevaa välipohja- tai yläpohjarakennetta mitoitettaessa hyötykuorma tulee ottaa huomioon liikkuvana kuormana, joka vaikuttaa kunkin tarkasteltavan kuorman vaikutuksen vaikutuspinnan epäedullisimmassa osassa. [19] Hyötykuorman liikkuvuuden tarkastelua käsitellään tässä työssä luvussa 3.1. Taulukkoon 2.8 on koostettu tavanomaisimmat asuinrakennusten hyötykuormat käyttöluokittain jaoteltuna.

Taulukko 2.8 Asuinrakennusten hyötykuormia [18][19][20]

Luokka	Käyttötarkoitus	Hyötykuorma q_k (kN/m ²)	Piste-kuorma Q_k (kN)	Vaaka-kuormat (kN/m)
A	Asuin- ja majoitustilat <ul style="list-style-type: none"> Asuinrakennusten huoneet ja porrashuoneet 	2,0 (parvekkeilla 2,5)	2,0	0,5
D1	Myymälätilat <ul style="list-style-type: none"> Tavallisten vähittäiskauppojen tilat 	4,0 (portaat 3,0 ja parvekkeet 4,0)	4,0	1,0
E1	Varastotilat <ul style="list-style-type: none"> Varastotilat; Tilat joissa tavaraa säilytetään, mukaan luetuna tavaran vastaanottotilat 	7,5 (portaat 3,0)	7,0	1,0
F	Liikennöintialueet <ul style="list-style-type: none"> Kevyiden ajoneuvojen liikennöinti- ja pysäköintialue. Kokonaispaino ≤ 30 kN ja enintään 8 paikkaa kuljettajan lisäksi 	2,5 (portaat 3,0)	20	
G	Liikennöintialueet Keskiraskaiden ajoneuvojen liikennöinti- ja pysäköintialue. Kokonaispaino $30 \text{ kN} \leq \text{kok. paino} \leq 160 \text{ kN}$, 2 akselia	5,0 (3,0)	90	
H	Vesikatot , joille on pääsy vain normaalia kunnossapitoa ja korjaamista varten	0,4	1,0	

Mikäli välipohja kykenee jakamaan kuormia poikittain (kuten asianmukaisesti suunniteltu ja toteutettu teräsbetonirakenne kykenee), voidaan siirrettävien kevyiden väliseinien oma paino ottaa huomioon lisäämällä tasainen kuorma q_k taulukon 2.7. hyötykuormien arvoihin seuraavasti [18][19][20]:

- Seinän omapaino $\leq 1,0$ kN/m: $q_k = 0,5$ kN/m²
- Seinän omapaino $\leq 2,0$ kN/m: $q_k = 0,8$ kN/m²
- Seinän omapaino $\leq 3,0$ kN/m: $q_k = 1,2$ kN/m²

Tavanomaiset asuinkerrostalojen kipsilevyseinät kuuluvat kevyimpään luokkaan eli ovat painoltaan alle 1,0 kN/m ja useimmat asuinkerrostalojen märkätilojen seinissä käytettävät kiviaineiset ratkaisut korkeimpaan luokkaan eli alle 3,0 kN/m. Käytettävä tasainen kuorma on valittava kohdekohtaisesti.

Taulukossa 2.8 on tasaisten hyötykuormien lisäksi esitetty myös pistekuormat kunkin kuormaluokan osalta. Näitä pistekuormia käytetään väli- tai yläpohjarakenteen paikallisen vähimmäiskestävyyden osoittamiseen eikä niitä yhdistetä tasaisesti jakautuneiden kuormien kanssa. [19]. Tavanomaisesti pistekuormat saavat määräävän rasituksen vain kuormaluokissa F ja G, johtuen tavanomaisten väli- ja yläpohjarakenteiden suuresta omasta painosta em. pistekuormiin verrattuna, kuten taulukoista 2.7 ja 2.8 nähdään.

Taulukkoa 2.8. koostettaessa havaittiin, että eurokoodit eivät suoraan ota kantaa tiettyjen asuinrakennuksissa yleisten tilojen hyötykuormiin. Tällaisia ovat esimerkiksi asuinrakennusten irtaimisto- ja ulkoiluvälinevarastot sekä väestönsuojat. Taulukossa 2.7 esitetty varastotilojen hyötykuormat on suuruudeltaan sellainen, että normia laadittaessa on sitä varmastikin tarkoitettu käytettävän erilaisten teollisuus- ja liikerakennusten varastoissa, joissa kuormitukset ovat huomattavasti tavanomaista asuinkerrostalon häkkivarastoa suuremmat. Asiaan tarkemmin perehdyttäessä havaittiin, että aikaisemmin käytössä olleisiin Suomen rakentamismääräyskokoelmaan perustuviin suunnitteluohjeisiin ei myöskään ole suoraan kirjattu kannanottoa ja viittausta näihin tiloihin, vaan viitattu näiden tilojen olevan kuormiltaan yhtäläiset varsinaisten asuintilojen kanssa. Näissä tiloissa on työnantajayrityksessäni normista poiketen valittu käytettäväksi seuraavat arvot [24]:

- Asuinrakennusten varastoissa yleensä käytettäväksi kokoontumiskuorman arvo eli 2,5 kN/m²
- Asuinrakennusten varastoissa, jotka sijaitsevat väestönsuojissa, tungoskuorman arvo eli 4,0 kN/m².

Edellä mainitut arvot ovat varsinaisten asuintilojen hyötykuormia suurempia, joten niitä voi käyttää jatkossakin. [18][19][20] Toinen yleisesti tehty poikkeus edellä mainittuihin hyötykuormiin on käyttää liikennöityjen pihatason hyötykuormalle arvoa 10 kN/m². Tätä käytetään tapauksissa, jossa pihataso toimii pelastustienä ja sille on mahdollista päästä ajoneuvolla, jonka kokonaispaino on suurempi kuin 160 kN. Tämän hyötykuorman käyttö mahdollistaa myös pihatason rakennustyön aikaisen käytön varastotilana huomattavasti paremmin.

Vertailun vuoksi on taulukkoon 2.9 koottu vanhat, Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaiset hyötykuormat.

Taulukko 2.9 Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisia hyötykuorman arvoja [24]

Kuormaryhmä	Pintakuorma (kN/m ²)	Pistekuorma (kN)	Pintakuorman liikkuva osa
Oleskelukuorma I (asuminen tai kuormituksen kannalta asumiseen verrattava käyttötapa)	1,5	1,5	70 %
Oleskelukuorma II (toimistot, luokkahuoneet jne)	2,0	1,5	70 %
Kokoontumiskuorma (luentosalit, luokkahuoneet)	2,5	1,5	70 %
Tungoskuorma (juhlasalit, myymälät, yleisötilat jne)	4,0	2,0	100 %
Varasto- ja tuotantotilat	5,0	20	100 %
Henkilöautojen suojat ja paikoitustasot, ajoneuvon kokonaispaino <2000 kg	2,5	10	100 %
Muut autosuojat ja paikoitustasot, kokonaispaino <4500 kg	5,0	20	100 %
Katto- ja välitasot, ajoneuvon kokonaispaino <15 000 kg	10,0	50	100 %

2.4.3 Lumikuormat

Tämän opinnäytetyön yhteydessä käsitellään vain asuinrakennuksissa tavanomaisesti kyseeseen tulevien pulpetti- ja harjakattojen lumikuormat sekä näiden yhteydessä esiintyvät kinostumistapaukset, jotka vaikuttavat tarkasteltavien teräsbetonirakenteiden mitoitukseen. Lumikuorma lämpimän tai puolilämpimän rakennuksen, jonka sijaintipaikka ei ole erityisen tuulinen, katolla oleva lumikuorma s määritetään seuraavasti [18][21][22]:

$$s = \mu_l s_k \quad (8)$$

Pulpetti- ja harjakattojen yhteydessä lumikuorman muotokerroin on μ_l , joka riippuu kattokaltevuudesta siten, että kattokaltevuudella $\leq 30^\circ$ muotokerroin on 0,8. Kattokaltevuudella $\geq 60^\circ$ muotokerroin saa arvon 0. Kattokaltevuuden väliarvot interpoloidaan.

[18][21][22]. Maassa olevan lumikuorman ominaisarvo vaihtelee Suomessa välillä 2,00...3,50 kN/m² ja Varsinais-Suomessa välillä 2,10...2,75 kN/m². [23]

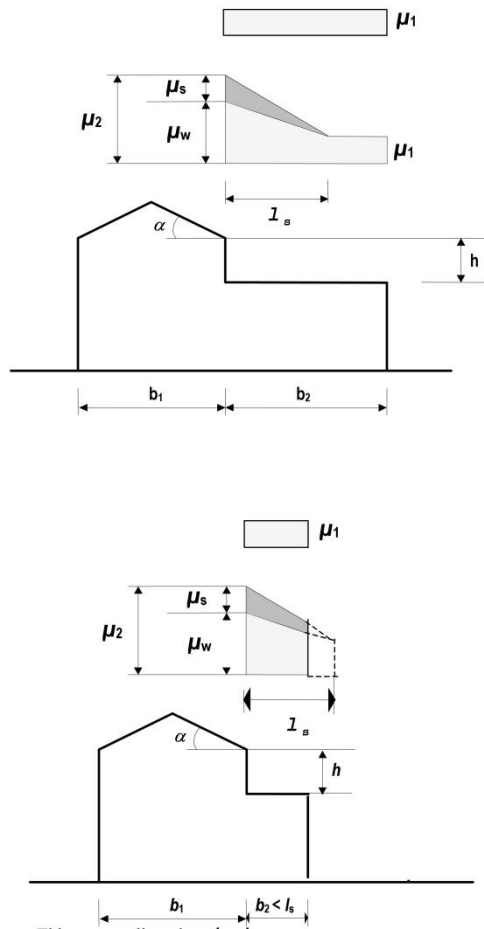
Asuinrakennusten yhteydessä kyseeseen tulevat lumen kinostumistapaukset ovat lumen kinostuminen korkeampaa rakennuskohdetta vasten katolla korkeamman kohteen lähellä (eli tapaus, jossa rakennus koostuu esimerkiksi kerrosluvultaan erilaisista osista) sekä kinostuminen katon ulkonemia ja esteitä vasten. Kuvassa 2.1 on esitetty edellä mainituista ensimmäisen tapauksen muotokertoimet, jotka selventävät tapausta. [18][21][22]

μ_s määritetään seuraavasti:

Kun $\alpha \leq 15^\circ$, $\mu_s = 0$ ja kun $\alpha > 15^\circ$, μ_s määritetään lisäkuormasta, joka on 50% ylemmän katon viereisen lappeen lasketusta maksimilumikuormasta, jos katolla ei ole liukuesteitä.

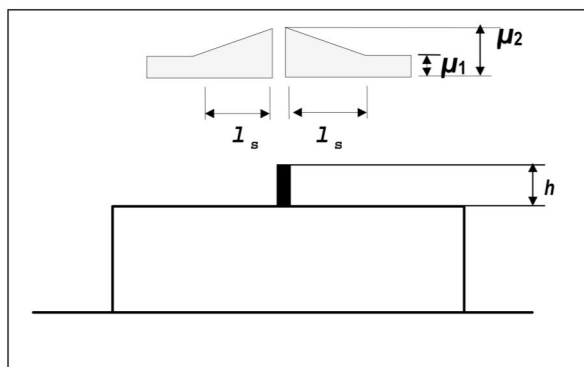
μ_w määritetään seuraavasti:

$$\mu_w = \frac{(b_1 + b_2)}{2h} < \frac{\gamma h}{s_k} \quad (9)$$



Kuva 2.1 Korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevien kattojen lumikuorman muotokertoimet [21]

Kertoimen μ_w arvo vaihtelee täten välillä 0,8...2,5, riippuen rakennuksen dimensioista.[18] Kuvassa 2.2 on esitetty toinen peruskinostumistapaus eli kinostuminen katolla oleviin ulkonemiin ja esteisiin.



Kuva 2.2 Lumikuorman muotokertoimet ulkonemien ja esteiden kohdalla[21]

Kuvassa 2.2 merkinnät tarkoittavat seuraavaa [18][21][22]:

μ_1	0,8
μ_2	$\gamma h/s_k$, rajoituksella $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$
h	esteen korkeus

Muut merkinnät on selitetty kuvan 2.1 selityksien yhteydessä edellä.

2.4.4 Onnettomuuskuormat

Asuinrakennuksien teräsbetoni-laatoissa ei esiinny normissa SFS EN-1991-1-7 Rakenteiden kuormat. Osa 1-7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat esitettyjä onnettomuustilanteen kuormia. Kyseisien laattojen tukena toimivat pilarit ja seinät on tietyissä tapauksissa syytä mitoitaa ajoneuvojen törmäyksistä syntyville kuormille, mutta näiden kuormien käsittely ei kuulu tämän diplomityön aihepiiriin. Sen sijaan muissa viranomaismääräyksissä annetaan ohjeita ja määräyksiä diplomityön aihepiiriin kuuluvien rakenteiden kuormituksista, joita voidaan pitää onnettomuuskuormina. Niistä lyhyesti seuraavassa.

Asuinrakennukset, joiden kellaritiloissa on autopaikoitusta siten, että autopaikoista osa sijaitsee pihakannen alla, ovat usein pohjaratkaisultaan sellaisia, että pihakansi toimii osittain tai kokonaan pelastustienä ja sen kantavuus on siksi varmistettava. [5] Kyseiset pihakannet ovat usein järjestelyiltään sellaisia, että niille on pääsy vähintäänkin kevyillä huoltoajoneuvoilla, toisinaan myös täysi pääsy erilaisilla raskaammilla ajoneuvoilla, kuten esimerkiksi muutto- ja jakeluautot eli ne kuuluvat hyötykuorman osalta kuormaluokkiin F tai G. [18] Koska pelastustietä käyttävien pelastusajoneuvojen koot vaihtelevat eri paikkakuntien välillä, pelastusteiden vaadittavista dimensioista ja kantavuudesta säädetään pelastuslaitoksien omilla ohjeilla. Turussa ja lähikunnissa toimivan Varsinais-Suomen pelastuslaitoksen vähimmäisvaatimus pelastustien kantavuudelle on 32 t, auton akselipaino 11 t ja kantavuus nosturiauton tukijalan alla 250 kN/m^2 . [25] Huomioitavaa on, että vaikka aiemmin nosturiauton tukijalasta aiheutuvaa kuormaa ei ole yhdistelty muihin hyötykuormiin, aiemmin tässä luvussa esitetyistä kaavoista (3) ja (4) nähdään että eurokoodit sitä vaativat.

Toinen yleinen onnettomuuskuormana käsiteltävä kuorma on väestönsuojan paine- ja imukuormat sekä väestönsuojan hätäpoistumisreitien sortumakuormat. Näistä säädetään Sisäasiainministeriön sekä Valtioneuvoston asetuksissa seuraavasti koskien asuinrakennuksissa tavanomaisinta, S1-luokan teräsbetonista väestönsuojaa[26][27]:

- Väestönsuojan katto, ympäröivät ja painekuormitukselle altistuva lattia mitoitetaan tavanomaisten kuormitusten lisäksi myös 100 kN/m^2 paineallostaa aiheutuvalla kuormalla.
- Kaikki painekuormille altistuvat rakenteet tulee mitoitaa takaisinheilahduskuormalle, joka on yksi kolmasosa painekuormasta.

- Hätäpoistumiskäytävän rakenteet, väestönsuojan oven aukeamista suojaavat rakenteet ja hätäpoistumisreitien katto on mitoitettava tavanomaisten kuormitusten lisäksi 25 kN/m^2 suuruiselle sortumakuormalle.

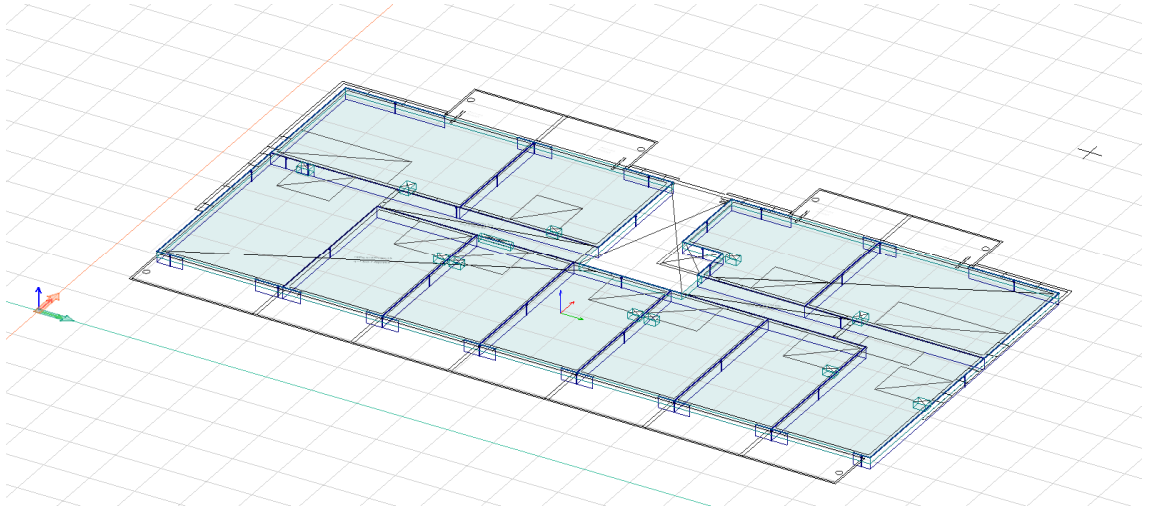
3. PAIKALLAVALULAATAN MITOITUS

Tässä luvussa käsitellään työssä tarkasteltavien paikallavalulaattojen raudoituksen suunnittelun eri osa-alueita. Laatan mitoitus koostuu mitoittavien voimasuureiden määrittämisestä, vaadittavan taivutusraudoituksen laskennasta, laatan leikkaus- ja lävistyskapasiteettien tutkimisesta kriittisissä paikoissa sekä erilaisten yksityiskohtien, kuten reikien ja laattaan liittyvien rakenneosien vaatimien lisäerästen suunnittelusta. Tässä luvussa käsitellään tiivistetysti edellä mainitut suunnittelun osa-alueet sillä tarkkuudella kuin se on työssä myöhemmin käsiteltävien eri raudoitusmenetelmien vertailun kannalta tarpeen.

3.1 Laatan voimasuureiden laskenta

Paikallavalulaatan mitoittavat voimasuureet voidaan määrittää FEM-laskennalla, massiivilaatastojen laskentamenetelmällä tai jollakin muulla käsilaskentamenetelmällä, kuten Rakentajain kalenterin eri painoksista löytyvien jatkuvan palkin laskentakaavojen avulla. Tässä työssä myöhemmin tarkasteltavien esimerkkikohteiden voimasuureiden laskenta on suoritettu StruSoft FEM-Design-ohjelmiston Plate-moduulilla, ohjelmistoversioilla 11 ja 13. FEM-laskennan tulosten oikeellisuutta voidaan ja on syytäkin tarkastella edellä mainituin käsilaskentamenetelmin. Eri laskentamenetelmien välisiä eroavaisuuksia ja tulosvertailuja ei tässä diplomityössä käsitellä. Eri FEM-laskentaohjelmistojen antamien tulosten eroavaisuutta ja soveltuvuutta teräsbetonirakenteiden mitoitukseen sekä FEM-laskennassa huomioon otettavia asioita on vuonna 2013 käsitellyt Tuomas Lehtonen diplomityössään FEM-laskentaohjelmien soveltuvuus betonirakenteiden mitoitukseen. Työnantajayrityksessäni on havaittu käytetyn FEM-laskentaohjelman antavan riittävällä tarkkuudella oikeellisia tuloksia laatan voimasuureista ja muodonmuutoksista, jos tietyt asiat on otettu oikealla tavalla huomioon. Näitä seikkoja käsitellään seuraavissa kappaleissa.

Laatan FEM-laskenta alkaa tyypillisesti laattarakenteen ja sen tukien mallintamisella. Kuvassa 3.1. on kuvankaappaus FEM-laskentamallista. Malliin koostuu laatasta sekä laatan tuista.



Kuva 3.1 Asuinkerrostalon välipohjan FEM-rakennemalli.

Laatan FEM-laskennassa on oleellista käyttää mahdollisimman tarkasti todellista tilannetta vastaavia materiaaliominaisuuksia kuten betonin lujuusluokkaa, virumalukua sekä laattapaksuuksia. Tämä sen vuoksi, että tarkasteltavat laattarakenteet ovat ristiin kantavia jatkuvia rakenteita ja edellä mainitut seikat vaikuttavat siten voimasuureiden jakautumaan ja laatan taipumiin. [28]

Toisena oleellisena asiana FEM-laskennassa on se, että laatan tuet on mallinnettu oikein eli mallissa käytetään jäykkää tukea vain silloin kuin tuki voidaan varmuudella tueta riittävällä tarkkuudella painumattomaksi. Painumattomia tukia ovat seinät ja seinäpalkit [2 s.301], palkkeja voidaan pitää riittävän jäykkänä jos seuraava ehto toteutuu [2]:

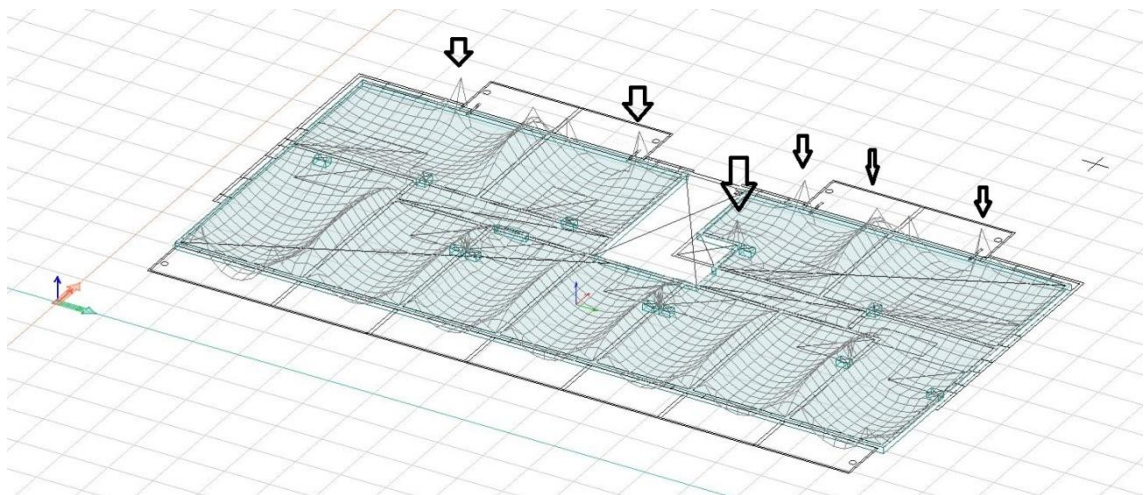
$$\frac{h_b}{L_b} > 2,5 \frac{h_s}{L_s} \quad (10)$$

Asuinkerrostalon rakenteissa kaavan (10) mukainen tarkastelu tulee kyseeseen erityisesti ikkunoiden ja ovien ylityspalkeissa sekä tapauksissa, jossa alin kerros on kantavien rakenteiden sijoittelultaan erilainen kuin ylemmät kerrokset ja ylempiä kerroksia kannattelevat esimerkiksi rakennuksen alapuolisen parkkihallin pilareiden tukemat palkit. Edellä mainitut pilareiden tukemat palkit ovat jänneväleihin nähden suuren kuormansa vuoksi hyvinkin riittävän jäykkiä eikä niiden jäykkyyksiä tässä työssä tarkastella. Nykyaikaisen asuntoarkkitehtuurin johdosta erityisesti asuntojen parvekeseinän aukot ovat hyvinkin suuria ja aukkopalkit siten matalia. Monesti aukkopalkit ovat niinkin matalia, että helpointa on olettaa, että kyseinen palkki kantaa vain oman painonsa, ei tue laattaa ja suunnitella laatan raudoitus olettaen yksi reuna vapaasti tuetuksi. [28]

Kolmas oleellinen asia on laatan kuormien oikea suuruus, kuormitusyhdistelmien oikea käyttö sekä hyötykuorman liikkuvuuden oikea huomiointi. Tyypilliset kuormat ja kuormitusyhdistelmät on esitetty luvussa 2. Pilarilaatan mitoituksen yhteydessä on hyötykuorman liikkuvuus kentittäin syytä huomioida kuormien ns. shakkilautamaisen sijoit-

telun avulla. Tällöin saadaan mitoittavat taivutusmomentit laatan ylä- ja alapinnan teräksille. [2][28] Huomioitavaa on se, että eurokoodeissa kuormat luokitellaan pysyviin, muuttuviin ja onnettomuuskuormiin ja esimerkiksi hyötykuormat ovat kokonaan liikkuvia eikä niillä siten ole kiinteää osuutta, toisin kuin vanhassa suunnittelunormissa. [1] Työnantajayrityksessäni on tutkittu asuinkerrostalojen hyötykuorman liikkuvuutta vanhojen suunnittelunormien mukaisesti olettaen tietty osa hyötykuormasta kiinteäksi. Tutkielmalaskelma on tehty Rakentajain kalenterin jatkuvan palkin kaavoilla ja laskelmin on todettu hyötykuorman liikkuvuuden aiheuttavan 5-8 % suuruisen taivutusmomentin lisäyksen jatkuvan laatan reunakentässä verrattuna tapaukseen, jossa laatan kaikissa kentissä on sama, täysi hyötykuorma. Tämän tuloksen perusteella on otettu tavaksi tehdä FEM-laskennassa yksinkertaistus, jossa hyötykuorma syötetään ohjelmaan siten että kaikissa kentissä on sama, täysi hyötykuorman arvo ja ohjelmasta saatuja taivutusmomentin arvoja on reunakenttien osalta korotettu 10 %. [28] Tämän oletuksen oikeellisuus eurokoodien yhteydessä on syytä tarkastaa laskelmin.

Neljäs oleellinen asia FEM-laskennassa on tulosten kriittinen tarkastelu. Aikaisemmin tässä kappaleessa mainitussa Tuomas Lehtosen diplomityössä on käsitelty FEM-laskentamenetelmän puutteita ja rajoitteita. Käytännön suunnittelutyössä merkittävin FEMin ominaisuus on niin sanottu singulariteettivirhe, jossa laatan nurkkien ja pistemäisten tukien alueelle muodostuu muuta laattaa merkittävästi suurempi jännitystilä eli käytännössä FEM-ohjelma antaa tällaisissa pisteissä laatan taivutusmomenttien arvoille huomattavan suuria, totuutta vastaamattomia arvoja. Tällaista tilannetta on havainnollistettu kuvassa 3.2, jossa on esitetty kuvan 3.1. rakenteen taivutusmomenttipinta rakennuksen koordinaatiston x-suunnassa eli tässä tapauksessa rakennuksen pidemmässä suunnassa. Tyypilliset singulariteettivirhepisteet on kuvassa esitetty nuolella.



Kuva 3.2 Tyypillisiä singulariteettivirhepisteitä

Kuvasta nähdään, että singulariteettivirheitä esiintyy erityisesti pisteissä, jossa laatan tuennassa tapahtuu muutoksia. Kyseiset virheet ovat pistemäisiä ja kyseisten kohtien

raudoituksen laskennassa käytetty mitoittava taivutusmomentti on ollut tapana määrittää ääriarvon ja viereisten pisteiden arvojen keskiarvona [28].

3.2 Laatan mitoitus taivutukselle

Umpilaatan mitoitus taivutukselle suoritetaan samoin kuin suorakaidepalkin mitoitus taivutukselle, kun poikkileikkauksen korkeudeksi valitaan laatan paksuus ja leveydeksi 1 m [29]. Laatta on mitoittava taivutukselle normaaliraudoitettuna, jolloin murtuminen tapahtuu laatan vetopuolen terästen jännityksen saavuttaessa terästen myötörajan. Taivutetun rakenteen tarvittavan vetoraudoituksen määrittäminen tapahtuu tiedossa olevien laatanmitoitettavien taivutusmomenttien mukaan laskemalla ensin suhteellinen momentti μ . [3][4][29]

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{bd^2f_{cd}} \quad (11)$$

Suhteellisen momentin avulla saadaan edelleen laskettua puristusvyöhykkeen suhteellinen korkeus β sekä poikkileikkauksen sisäinen momenttivarsi z [29]:

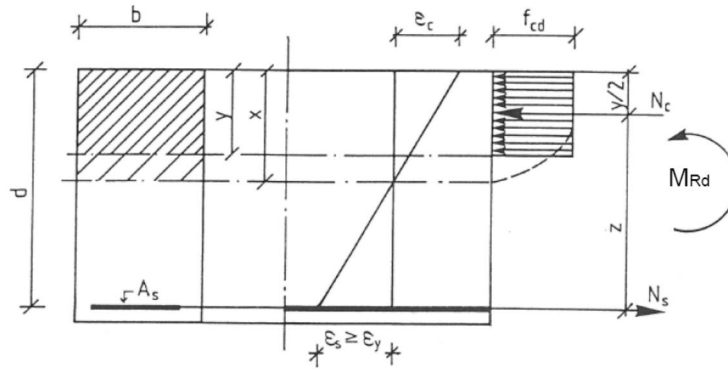
$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad (12)$$

$$z = d \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \quad (13)$$

Poikkileikkauksen vetoterästen vaadittava poikkipinta-ala A_s saadaan tämän jälkeen lausekkeesta

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{zf_{yd}} \quad (14)$$

Edellä käsitellyjä suureita havainnollistaa kuva 3.3. Kuvassa on esitetty vetoraudoitetun poikkileikkauksen otaksuttu jännitysjaakauma ja sisäiset voimat taivutusmomentin rasittamassa poikkileikkauksessa.



Kuva 3.3 Vetoraudoitetun poikkileikkauksen käsitteitä [29]

Kuten aikaisemmin mainittua, taivutetut rakenteet on suunniteltava normaaliraidoitettuina sitkeän murtumistavan ja siten rakenteen turvallisen toiminnan takaamiseksi. Tämän vuoksi rakenteen raudituksen määrän on oltava yli normeissa säädetyn minimiarvon, mutta ei myöskään saa ylittää tiettyjä arvoja. Alla olevaan taulukkoon on koottu tasapainoraidoitettujen poikkileikkauksen tehollisen puristuspuunnan suhteellisen korkeuden β_b sekä suhteellisen momentin μ_b lukuarvoja tietyille betoniteräslaaduille. Tasapainoraidoitettulla poikkileikkauksella tarkoitetaan poikkileikkausta, jossa vetoterästen jännitys saavuttaa myötörajan samanaikaisesti, kun poikkileikkauksen puristusvyöhykkeessä tapahtuu puristusmurto. [29] Se on siis eräänlainen normaali- ja yliaudoitetun poikkileikkauksen raja-arvo.

Taulukko 3.1 Tasapainoraidoitettujen poikkileikkauksen β_b - ja μ_b -arvoja [29]

Teräslaatu	β_b	μ_b
A500HW	0,467	0,358
B500K	0,467	0,358

Laattarakenteiden minimi- ja maksimiteräsmääristä säädetään myös suunnittelunormeissa. Eurokoodissa teräsbetonilaatan pääraudoituksen minimiarvo $A_{s, min}$ määritetään samoin kuin teräsbetonipalkinkin, seuraavilla kaavoilla [3][4]:

$$A_{s, min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \quad (15)$$

kuitenkin vähintään

$$A_{s, min} = 0,0013 b_t d \quad (16)$$

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{\frac{2}{3}} \quad (17)$$

Yhteen suuntaan kantavissa laatoissa tulee olla pääraudoitukseen nähden poikittainen jakorauδοitus, jonka määrä on vähintään 20 % pääraudoituksesta. [3][4] Laattojen raudoitustankojen jakovälit saavat olla enintään $s_{max,slabs}$, joille annetaan seuraavat arvot [4]:

- pääraudoituksessa $3h \leq 400$ mm, missä h on laatan kokonaispaksuus
- jakorauδοituksessa $4h \leq 600$ mm
- pääraudoituksessa pistekuormien tai maksimimomentin alueella $2h \leq 250$ mm
- jakorauδοituksessa pistekuormien tai maksimimomentin alueella $3h \leq 400$ mm

Laskennallisesta kenttäraudoituksesta puolet on tuotava tuelle ja ankkuroitava sinne. Vetorauδοituksen maksimimäärä on $0,04A_c$, missä A_c on betonipoikkileikkauksen pinta-ala.

Vertailun vuoksi kumotussa, betonirakenteiden suunnittelua koskevassa Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa vastaaville suureille annetaan seuraavat arvot [30]:

$$A_{s,min} = 0,25 \frac{f_{ctk}}{f_{yk}} A_c \quad (18)$$

Laattojen raudoitustankojen jakoväleistä annetaan seuraavat määräykset:

- Suurimpien momenttien kohdalla $3h \leq 400$ mm
- Laattojen reuna-alueilla $4h \leq 600$ mm
- Laattojen reuna-alueilla tarkoitetaan tuetun reunan viereistä aluetta, jonka leveys on enintään 25 % laatan lyhyemmästä sivumitasta.

Kenttäraudoituksesta tuille tulee viedä vähintään 30 %. Laatan maksimiteräsmäärästä ei anneta muita määräyksiä se, että määritetään suurimmaksi vetorauδοituksen määräksi tasapainorauδοitus.

Kuten huomataan, on laatan minimirauδοituksen määrityksessä eroja eurokoodien ja vanhan Suomen rakentamismääräyskokoelman välillä. Koska asuinkerrostaloissa väli- ja yläpohjarakenteiden betonilaattojen paksuudet määräytyvät pääsääntöisesti äänitekniikan syiden perusteella, on niiden paksuus kuormista johtuvien rasitusten suuruusluokkaan nähden usein suuri. Tästä johtuen minimirauδοitus tulee suurissa osin laattaa määrääväksi. Tähän paneudutaan erityisesti tämän työn luvuissa 5 ja 7. Liitteessä 2 on esitetty taulukoituna eräiden tämän diplomityön aihepiiriin kuuluvien teräsbetonilaattojen minimi- ja maximirauδοitus edellä esitettyjen kaavojen mukaan määritettynä. Taulukoista havaitaan eurokoodin mukaan lasketun minimirauδοituksen olevan suuruudeltaan 1-30 % rakentamismääräyskokoelman mukaista minimirauδοitusta suurempi. Ero on suurempi pienemmällä betonilujuusluokilla. Tämä johtuu osittain siitä, että eurokoodissa minimirauδοituksen laskennassa käytettävä poikkileikkaussuure on poikkileikkauksen tehollinen korkeus d poikkileikkauksen kokonaiskorkeuden h sijaan. Lisäksi eu-

rokoodi käyttää minimiraudoituksen määrittelyllä betonin keskimääräistä vetolujuutta, eikä betonin vetolujuuden ominaisarvon 5 % fraktaalia, jonka suuruus on 70 % keskimääräisestä vetolujuudesta. [3] Taulukoissa on huomioitu, että suurempien yhteydessä terästen betonipeite on usein suurempi ympäristöolosuhteiden vuoksi ja suure d siten pienempi. Suureen d laskennassa on käytettävän betoniterästangon halkaisijaksi arvioitu tarkasteltavissa laatoissa yleinen 10 mm.

3.3 Laatan mitoitus lävistykselle

Teräsbetonilaatan lävistysmitoituksesta sanotaan Suomen kansallisessa liitteessä standardiin SFS-EN 1992-1-1 seuraavaa:

”Lävistysmitoitusta ei toistaiseksi tehdä standardin EN 1992-1-1 mukaan. Sen sijaan lävistysmitoitus tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B4 ”Betonirakenteet, ohjeet” kohdan 2.2.2.7 mukaan.”

”Selostus: Standardin lävistysmitoituksessa on huomattu tiettyjä ristiriitaisuuksia koeteloksiin nähden siten, että standardin mitoituksella saatavat kestävyyydet ovat tietyissä tapauksissa epävarmalla puolella.” [4]

Edellä mainitun toteamuksen johdosta ei myöskään lävistysraudoituksen määrää määritetä EN 1992-1-1 mukaan. [4] Vaikka laatan lävistysmitoitus suoritetaankin edellä olevassa lainauksessa mainitun Suomen rakentamismääräyskokoelman kohdan mukaisella laskentamenetelmällä, laskennassa käytetään kuitenkin eurokoodin mukaisia kuormituksia ja osavarmuuslukuja niin kuormille kuin materiaaliominaisuuksille. [29] Lävistyvää kuormaa laskettaessa ei tarvitse ottaa huomioon kuormia, jotka sijaitsevat etäisyydellä d tuen reunasta. Lävistysraudoittamattoman betonilaatan lävistyskapasiteetti $V_{Rd,c}$ lasketaan seuraavalla kaavalla [29][30]:

$$V_{Rd,c} = k\beta(1 + 50\rho)udf_{ctd} \quad (19)$$

$$\beta = \frac{0,40}{1 + \frac{1,5e}{\sqrt{A_u}}} \quad (20)$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x\rho_y} \quad (21)$$

ρ_x ja ρ_y ovat toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa etäisyydellä $0,5d$ tuen reunasta sijaitsevista poikkileikkauksissa olevat suhteelliset teräspinta-alat. Yksinkertaistuksen vuoksi tehdään usein varmalla puolella oleva oletus, jossa molemmat suhteelliset teräspinta-alat määritetään laatan minimirauditusmäärästä. [28] Jos lävistyvää voima on suurempi kuin kaavoilla (19)-(21) määritetty lävistysraudoittamattoman laatan lävistyskapasiteetti, suunnitellaan laattaaan lävistysraudoitus. Lävistysraudoitetun betonilaatan kapasiteetti lasketaan seuraavalla kaavalla [29][30]:

$$V_{Rd} = 0,25V_{Rd,c} + V_{Rd,s} \leq 2V_{Rd,c} \quad (22)$$

$$V_{Rd,s} = A_{sv}f_{yd}\sin\alpha \quad (23)$$

Kaavassa (20) määriteltävää epäkeskisyyskerrointa ja sen suuruutta eri tilanteissa on tutkittu työnantajayrityksessäni ja päädytty seuraavaan varmallalla puolella olevaan suunnittelutyötä nopeuttavaan oletukseen [28]:

$\beta=0,40$ kun lävistysvoima on täysin keskeinen. Käytännössä tämä toteutuu, kun tarkasteltavana on laatan keskialueella oleva pilari ja pilarin kuormitusalue on täysin symmetrinen.

$\beta=0,30$ muissa tapauksissa.

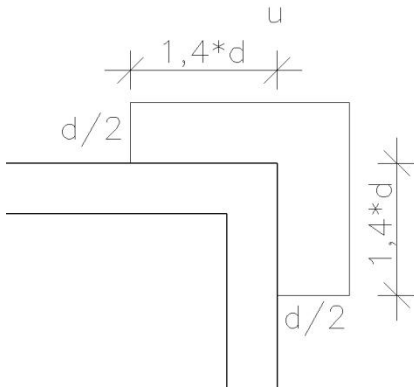
Käytännön suunnittelutyössä on usein järkevintä lähestyä laatan lävistystarkastelua etsimällä ensin kaikki erilaiset laatan paksuuden ja betonin lujuusluokan yhdistelmät, joita käsillä olevassa suunnittelukohteessa on. Näitä on harvemmin tavanomaisessa asuinkerrostalossa kahta tai kolmea enempää. Tämän jälkeen määritellään kullekin laatan yhdistelmälle ensin minimirauδοitus ja tämän jälkeen apusuure X . Suure X määritellään seuraavasti:

$$X = kdf_{ctd}(1 + 50\rho) \quad (25)$$

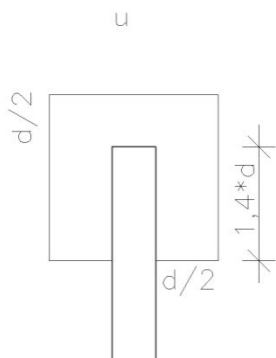
Kuten havaitaan, suureen X tekijöinä on vain suureita, jotka liittyvät laatan paksuuteen ja betonin lujuusluokkaan tavalla tai toisella. Kaavojen (19) ja (25) perusteella saadaan tällöin

$$V_{Rd,c} = \beta uX \quad (26)$$

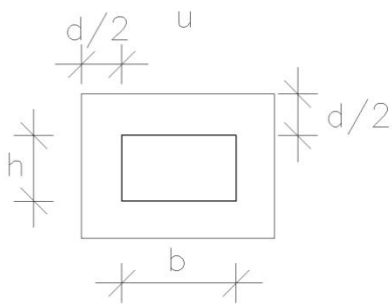
Suureen u laskennasta löytyy ohjeistusta muun muassa lähteestä [2]. Suurin osa asuinkerrostalojen välipohjalaattojen lävistystapauksista on jokin seuraavien kuvien perustapauksista. Kuvissa 3.4 ja 3.5 esiintyvä mitta $1,4d$ määräytyy lähteen [30] lävistystä käsittelevän kohdan perusteella.



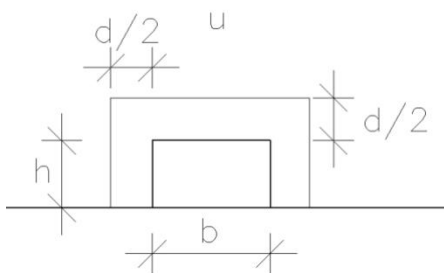
Kuva 3.4 Läpileikkaus seinänurkassa



Kuva 3.5 Läpileikkaus seinän päädyssä



Kuva 3.6 Läpileikkaus laatan keskellä olevassa pilarissa



Kuva 3.7 Läpileikkaus laatan reunalla olevassa pilarissa

Kuvien 3.4-3.7 esittämien tapauksien lisäksi yleisiä läpileikkaantumistapauksia ovat pyöreiden pilareiden läpileikkaantuminen laatan keskellä ja reunassa. Näille tapauksille lävistyspiiri u lasketaan samalla periaatteella kuin kuvissa 3.6 ja 3.7.

3.4 Laatan mitoitus leikkaukselle

Tavanomaiset asuinrakennusten välipohjalaatat ovat pääsääntöisesti leikkausraudoittamattomia. Tällöin on laattaa suunniteltaessa varmistettava, että laatta kestää leikkausraudoitus ja tarvittaessa kasvatettava betonin lujuusluokkaa tai poikkileikkauksen dimensioita. Leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskestävyyden mitoitusarvo jännittämättömälle betonirakenteelle $V_{Rd,c}$ lasketaan seuraavalla kaavalla [3][4][29]:

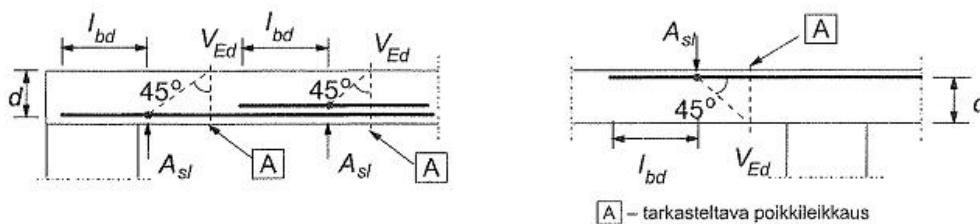
$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] b_w d \quad (27)$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

missä suureen d yksikkö on [mm]

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$



Kuva 3.8 Vetoraidoituksen A_{sl} määrittelykohta [3][29]

Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo $V_{Rd,c,min}$ määritetään seuraavasti [3][29]:

$$V_{Rd,c,min} = 0,035 k^{\frac{3}{2}} f_{ck}^{\frac{1}{2}} b_w d \quad (28)$$

Leikkausvoiman V_{Ed} laattarakenteessa edellytetään lisäksi aina täyttävän ehdon

$$V_{Ed} \leq 0,3 b_w d \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd} \quad (29)$$

Rakenteisiin, jossa leikkausvoiman mitoitusarvo on suurempi kuin $V_{Rd,c}$, suunnitellaan leikkausraudoitus. Leikkausraudoitetun laatan paksuuden on oltava vähintään 200 mm.

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetin arvo määritetään seuraavasti [30]:

$$V_{c0} = 0,3k(1 + 50\rho)f_{cta}b_wd \quad (30)$$

$$k \quad \text{on } 1,6-d \text{ [m]} \geq 1,0, \text{ kun } \rho_c \geq 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_wd} \leq 0,02$$

3.5 Yksityiskohdat

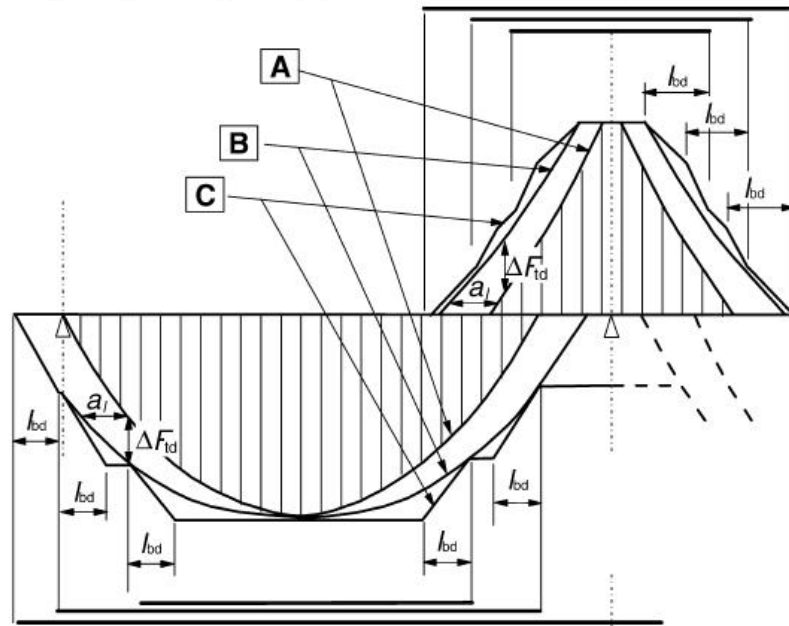
3.5.1 Ankkurointi

Teräsbetoni-laattojen kenttä- ja tukirauoituksen ankkuroinnista säädetään niin standardissa SFS-EN 1992-1-1 kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa B4. Käytännön suunnittelutyössä terästen ankkuroinnista ei laattojen, toisin kuin palkkien, tapauksessa synny lähes koskaan ongelmaa. Kenttäraudoituksella tarkoitetaan tässä tapauksessa laatan alapinnan raudoitusta ja tukirauoituksella laatan tukien kohdalla olevaa yläpinnan raudoitusta.

Kenttäraudoituksesta on tuelle asti ulotettava ja tuelle ankkuroitava normista riippuen joko 50 % [3] tai 30 % [30]. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos jossakin laatan kentässä saadaan kentän taivutusmomentin perusteella määritettyä taivutusraudoitus, joka on poikkipinta-alaltaan vähintään kaksinkertainen laatan minimirauoituukseen nähden, on tämän kentän kenttäraudoituksen ulotuttava tuelta tuelle kokonaisuudessaan. Pienemmille raudoitusmäärille voidaan kenttäraudoituksen ja minimirauoituksen välisen erotuksen suuruinen raudoitusmäärän katkaisukohtat voidaan määrittää samoin periaattein kuin tukirauoituksen katkaisukohtat.

Pääraudoituksen (tuki- ja kenttäraudoitus) katkaisukohtat määritellään laatan vetovoimakäyrää apuna käyttäen, siirtämällä vetovoimakäyrää pienenevän taivutusmomentin itseisarvon suuntaan normeissa määriteltävän mitan verran. Pääraudoitus ulotetaan kohdasta, jossa sen vetovoimakapasiteetti on täysin hyödynnetty, mitan l_{ba} (SFS-EN 1992-1-1) tai l_{bo} (RakMK B4) verran momentin pienenemissuuntaan. Menettelyä selventää kuva 3.5.

[A] – Summan $M_{Ed}/z + N_{Ed}$ verhoikäyrä [B] – vaikuttava vetovoima F_s [C] – vetovoimakestävyys F_{Rk}



Kuva 3.9 Pääraudoituksen katkaisukohtien määrittely [3]

Kuvassa esitetty suure a_i on edellä mainittu vetovoimakäyrän siirtomitta, joka normista riippuen on leikkausraudoittamattomalle rakenteelle joko d [3] tai $1,5d$ [30].

Mitta l_{bd} eli ankkurointipituuden mitoitusarvo määritetään seuraavasti [3]:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi \sigma_{sd}}{4 f_{bd}}$$

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} \quad \text{missä}$$

η_1 1,0, jos voidaan osoittaa että tangolla on ”hyvät” tartuntaolosuhteet ja 0,7, jos eivät ole. Käytännössä kaikilla muilla tarkasteltavien rakenteiden tangoilla paitsi yli 250 mm paksujen laattojen yläpinnan teräksillä on ”hyvät” tartuntaolosuhteet.

η_2 1,0, kun $\phi \leq 32$ mm.

$$l_{b,min} \geq \max\{0,3l_{b,rqd}; 10\phi; 100\text{mm}\}$$

Kun tehdään varmallalla puolella oletamus, että $\sigma_{sd} = f_{yd}$ ja että $\alpha_1 - \alpha_5 = 1,0$, saadaan ankkurointipituuden mitoitusarvolle seuraavat laskukaavat ”hyville” ja ”huonoille” tartuntaolosuhteille:

Hyvät tartuntaolosuhteet:

$$l_{bd} = \max \begin{cases} 0,25\phi f_{yd} \\ 2,25 f_{ctd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{cases}$$

Huonot tartuntaolosuhteet:

$$l_{bd} = \max \begin{cases} 0,25\phi f_{yd} \\ 1,575 f_{ctd} \\ 10\phi \\ 100 \text{ mm} \end{cases}$$

Mitta l_{bo} eli ankkurointipituuden perusarvo määritetään seuraavasti [30]:

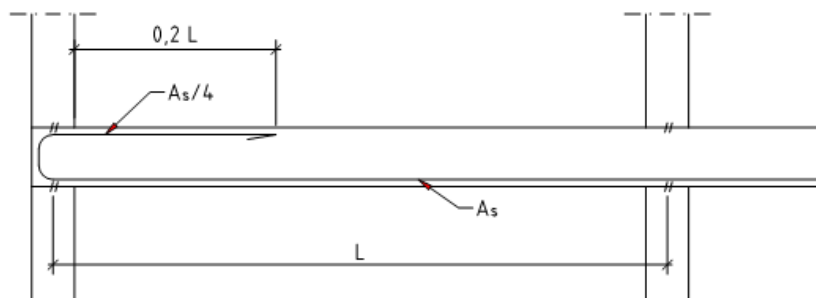
$$l_{bo} = 0,25 \frac{f_{yd}}{k_b f_{ctd}} \phi$$

missä

k_b on tartuntakerroin, jonka suuruus harjatangoille tarkasteltavina olevissa rakenteissa on 2,4, kun raudoituksen etäisyys rakenteen alapinnasta on enintään 300 mm ja 1,7 muutoin.

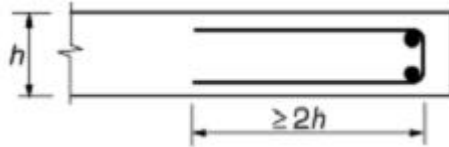
3.5.2 Reunateräkset

Asuinrakennusten teräsbetoni-laattojen voimasuureet lasketaan yleensä, väestönsuojien kattolaattoja lukuun ottamatta, olettaen kaikki laatan tuet vapaiksi tuiksi eli niiden ei oleteta olevan momenttijäykkiä. Käytännössä näille tuille kuitenkin syntyy osittainen kiinnitys johtuen yläpuoliselta seinärakenteelta tulevasta pystykuormasta, joka estää laatan vapaan kiertymän reuna- tai välituella. Tällöin on tuelle järjestettävä laatan yläpintaan raudoitus, jonka on kestävä vähintään 25 % tukeen liittyvän kentän maksimummomentista. Tämä raudoitus on ulotettava liittyvän kentän 0,2-kertaiselle pituudelle tuen (usein betoniseinän) reunasta lukien ja ankkuroitava reunatuella. Yleensä tällaisena reunateräksenä käytetään alla olevan kuvan mukaista epäsymmetristä U-lenkkiä, joita kutsutaan usein palautushaoiksi. [3][29][30]



Kuva 3.10 Vapaasti tuetun reunan reunaterästen järjestely [29]

Vapaasti tuetun reunan lisäksi myös laatan tukemattomille reunoille on järjestettävä pitkittäis- ja poikittaissuuntainen rauditus alla olevan kuvan mukaisesti. Vaikka kyseisen reunahaan vaaditut mitat ovat usein tuetun reunan reunahakojen vaadittua mittaa $0,2 \cdot L$ pienemmät, käytetään useimmiten työteknisistä syistä samaa reunateräsmuotoa molemmissa tapauksissa raudituksen yksinkertaistamiseksi. Tästä lisää tämän työn luvussa 5. [3][29]



Kuva 3.11 Laatan vapaan reunan reunaterästys [3]

3.5.3 Reikien huomiointi

Reikien vaikutus laatan kantokykyyn riippuu niiden suuruudesta, muodosta ja sijainnista. Ympyrän muotoiset reiät ovat edullisempia kuin suorakaiteen muotoiset, koska suorakaiteen muotoisen reiän nurkkiin muodostuu halkeamia aiheuttava jännityshuippu. Reiät varustetaan aina sopivalla pieliraudoituksella. Standardi SFS-EN 1992-1-1 [3] ei varsinaisesti anna eväitä reikien huomiointiin laatan raudoitusta suunniteltaessa, mutta vanhoja ohjeita on kuitenkin olemassa. Reiät jaetaan niiden koon mukaan suuriin ja pieniin reikiin. [2]

Pienillä rei'illä tarkoitetaan reikiä, joiden sivumitat tai pyöreiden reikien tapauksessa halkaisija on korkeintaan $1/5$ laatan jännevälillä. Pienien reikien pieliteräkset määritetään määrittämällä reiän vuoksi katkeavan laatan alapinnan raudoituksen määrä ja sijoittamalla puolet tästä määrästä reiän kummallekin puolelle. Näin menetellään kummankin suunnan raudoituksen kanssa. Pieniä reikiä laatasta ovat esimerkiksi elementtihormien paikat sekä jotkut ilmanvaihtoputkien läpiviennit. [2]

Edellä mainittua isompien reikien vaikutus voimasuureiden jakautumiseen laatasta voidaan huomioida käyttämällä FEM-laskentamenetelmiä tai käsinlaskentamenetelmin ajatteleamalla reiän pielet laatan sisäisinä palkkeina. [2]

3.5.4 Limijatkokset

Työteknisistä syistä paikallavaletun laatan teräksiä jatketaan useimmiten limijatkoksien. Vetovoiman siirtymiseksi luotettavasti jatkettavalta tangolta toiselle jatkettavien tankojen keskinäinen etäisyys ei saa olla liian suuri ja limityspituuden on oltava riittävä. Molemmista tekijöistä annetaan määräyksiä suunnittelunormeissa.

SFS-EN 1992-1-1 määrittelee jatkospituuden mitoitusarvon seuraavasti [3]:

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad \text{missä}$$

$\alpha_1 - \alpha_5$ ovat kertoimia, joiden maksimiarvo on 1,0 ja useimmiten tehdään varmalla puolella oleva olettamus ja oletetaan näiden kaikkien suuruudeksi myöskin 1,0

α_6 kerroin, joka riippuu siitä, kuinka suuri prosenttiosuus raudoituksesta jatketaan samassa poikkileikkauksessa. Samaksi poikkileikkaukseksi määritellään poikkileikkaus, joka sijaitsee etäisyydellä $0,65l_0$ tarkasteltavan jatkoksen molemmiin puolin. Kun prosenttiosuus on $<25\%$, on kertoimen arvo 1 ja kun osuus on $>50\%$, on kertoimen arvo 1,5.

$$l_{0,min} \geq \max\{0,3\alpha_6 l_{b,rqd}; 15\emptyset; 200mm\}$$

Kun tehdään varmalla puolella olettamus, että $\sigma_{sd} = f_{yd}$ ja että $\alpha_1 - \alpha_5 = 1,0$ sekä $\alpha_6 = 1,5$ saadaan jatkospituuden mitoitusarvolle seuraavat laskukaavat ”hyville” ja ”huonoille” tartuntaolosuhteille:

Hyvät tartuntaolosuhteet:

$$l_{bd} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,5 * 0,25\emptyset f_{yd}}{2,25 f_{ctd}} \\ 15\emptyset \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Huonot tartuntaolosuhteet:

$$l_{bd} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,5 * 0,25\emptyset f_{yd}}{1,575 f_{ctd}} \\ 15\emptyset \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa B4 limijatkoksen jatkospituus l_j määritellään seuraavasti [30]:

$$l_j = k_j l_{bo} \quad \text{missä}$$

k_j on samassa poikkileikkauksessa jatkettavien tankojen osuudesta riippuva kerroin. Samaksi poikkileikkaukseksi määritellään poikkileikkaus, jos jatkosten keskikohtien väli on pienempi kuin $l_j + 20\emptyset$. Kun prosenttiosuus on $<25\%$, on kertoimen arvo 1 ja kun osuus on $>50\%$, on kertoimen arvo 1,5, olettaen että jatkosten vapaa väli kohtisuorassa tankoja vastaan on vähintään $10\emptyset$ ja jatkoskohdan betonipeitteen nimellisarvo sivusuunnassa on vähintään $5\emptyset$. Muussa tapauksessa vastaavat kertoimien ääriarvot ovat 1,2 ja 2,0.

4. LAATAN RAUDOITUSMENETELMÄT

Tässä luvussa esitellään lyhyesti yleisesti käytössä olevat paikallavalulaatan raudoitusmenetelmät. Tarkasteltavana ovat perinteinen raudoitusmenetelmä irtotangoon sekä kaksi teollista raudoitusmenetelmää, matto- ja kaistarauδοitteet, joissa laatan raudoitus koostuu esivalmistetuista työmaalla asennettavista raudoituselementeistä. Kaikissa kolmessa tarkasteltavassa vaihtoehdossa raudoituksen työsuorituksen sijoittuminen muiden töiden lomaan on pääpiirteittäinen samanlainen. Välipohjalaatan rakentamisen kulku on seuraavanlainen:

- Laatan muottityö
- Laatan reikien ja varausten paikoilleen mittaus ja muottityö
- **Laatan alapinnan raudoitus**
- Viemäri- ja sähköputkitusasennukset
- Paikallavalulaataan liittyvien parvekelaattaelementtien asennus
- **Laatan yläpinnan raudoitus**
- Laatan valu

Tässä luvussa tarkastellaan pelkästään laatan ala- ja yläpinnan raudoitusta. Turun seudulla laatan raudoituksen suorittaa suurimmassa osassa tapauksista raudoitustyöhön erikoistunut aliurakoitsijayritys. Kuten edellä olevasta listasta nähdään, välipohjan tuotantoon liittyy useita erilaisia työvaiheita, joiden tekijänä voi jokaisella olla äärimmäisessä tapauksessa eri aliurakoitsija. Tällöin eri työvaiheiden koordinointi ja yhteensovitus vaatii suurta ammattitaitoa rakennuskohteen päätoteuttajan työnjohdolta.

4.1 Laatan raudoitus irtotangoon

Laatan raudoitus irtotangoon on perinteinen, hyvin työvoimavaltainen paikallavalulaatan raudoitusmenetelmä. Raudoitettaessa laattaa irtotangoon on Turun seudulla ollut tapana toteuttaa työ kokonaisurakkana, eli raudoitustöistä vastaava aliurakoitsija hankkii tarvittavat materiaalit sekä asentaa ne työmaalla. Tavanomaisesti raudoitusurakoitsijalle kuuluu myös raudoitteiden määrälaskenta rakennepiirustuksista. Raudoitusurakoitsija suorittaa raudoitteiden katkaisun määrämittaansa sekä taivutuksen toimipisteessään ja kuljettaa nämä esivalmistellut raudoitteet työmaalle asennettavaksi.

Työkohteessa irtotankorauδοituksen työsuoritus alkaa alapinnan ns. perusterästyksen teräsjaon merkinnällä muottiin. [31] Kokeneet raudoittajat eivät yleensä tätä vaihetta tee vaan osaavat asentaa teräkset silmämääräisesti oikealla jaolla. Laatan alapinnan perusterästyksen on teräsmäärältään käytetyssä suunnittelunormissa vaadittua laatan minimirauδοi-

tusta vastaava. Perusterästys koostuu useimmiten mahdollisimman pitkistä irtotangoista, jotka jatketaan limijatkoksin noudattaen rakennesuunnitelmiin merkittyä limijatkospituutta. Pisin mahdollinen tankopituus riippuu pääasiassa raudoitusurakoitsijan käytössä olevasta kuljetuskalustosta ja on useimmiten 8-12 m. [28]

Alempaa perusterästyskerrosta varten muottiin asennetaan ensin raudoitusvälikkeiden varaan työtangot n. 1,0...1,5 metrin välein kohtisuoraan suuntaan alempaan perusterästyskerrokseen nähden. Työtankojen tarkoituksena on tukea alempaa perusterästyskerrosta. [31] Työtankona ei tässä työssä tarkasteltavien laattojen tapauksessa ole yleensä tarkoituksenmukaista käyttää halkaisijaltaan suurempaa kuin 10 mm harjaterästä. Raudoitusvälikkeinä käytetään irtoteräksiä käytettäessä yleensä muovisia, pistemäisiä raudoitusvälikkeitä, jollainen on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1 Raudoitusvälike irtoteräsraudoituksen tukena

Työtankojen asennuksen jälkeen perusterästyksen alempi kerros ladotaan työtankojen varaan ja sidotaan työtankoihin riittävän tiheästi kiinnipysymisen varmistamiseksi. Perusterästyksen jälkeen asennetaan muut alapintaterästyksen alemman kerroksen tangot. Tämän jälkeen asennetaan vastaavasti toisen suunnan perusterästys eli alapintaterästyksen ylempi kerros. Lopuksi asennetaan ylemmän kerroksen muut teräkset.

Alapinnan terästyksen päätteeksi suoritetaan alapintaterästyksen sidontojen täydennys. Tangot sidotaan toisiinsa laattakentän ympäri joka risteyksessä ja sen jälkeen 45° kulmassa joka toinen tai kolmas rivi tankojen paksuudesta ja tankovälistä riippuen. [31] Samalla asennetaan lisää raudoitusvälikkeitä. Suositeltava välikejako on joka toinen tai kolmas sidos kentän keskellä sekä jokaisen yläpinnan terästystä tukevan tukipukin kohdalla 1-2 välikettä. [31] Tässä vaiheessa voidaan myös tehdä reikävarausten muottityö, jos sitä ei ole tehty ennen raudoitusyötä. Alapinnan teräkset katkaistaan reikämuotin kohdalta ja reiän pieliin asennetaan suunnitelmissa esitetty pieliraudoitus.

Yläpintateräksiä varten asennetaan tukipukit ja työtangot vähintäänkin yläpintatankojen päiden ja keskikohdan kohdalle. Työtankona suositellaan käytettäväksi vähintään seuraavaa paksuutta tuettavasta yläpintatangosta. Yläpintatangossa tulisi olla sidontapistettä vähintään kolme tankoa kohden. [31] Yläpintaterästen asennuksen yhteydessä suoritetaan laatan reunaterästen sekä mahdollisten leikkaus- ja lävistysraudoitteiden asennus.

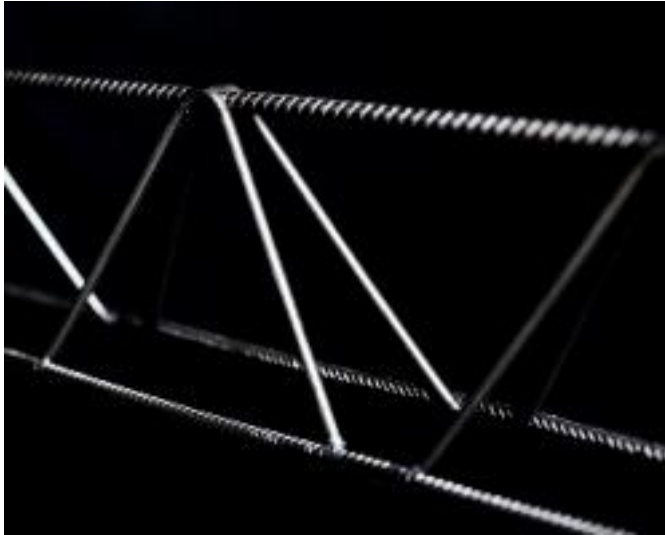
4.2 Mattorauδοitteet

Mattorauδοite on rullalle pakattu rakennuskohdekohtaisesti räätälöity mattomainen rauδοite. Menetelmä on Suomen markkinoilla uusin tässä työssä käsiteltävistä rauδοitusmenetelmistä. Yleisin Suomessa käytettävä mattorauδοitetuote on saksalaislähtöinen tuote, joka on nimeltään BAMTEC[®] ja jota Pohjoismaissa valmistaa lisenssillä Celsa Steel Service Oy. [32] BAMTEC[®]-mattorauδοite koostuu samansuuntaisista betoniterästangoista, jotka on hitsausrobotilla hitsattu sideteräsvanteisiin siten, että tankojen jako ja sijainti ovat rauδοitussuunnitelman mukaiset. Koneellisen valmistusprosessin ansiosta teräsmäärää voidaan periaatteessa optimoida hyvinkin tarkasti kohteen mukaan. Laatan muodot ja reiät voidaan huomioida mattorauδοitteen valmistuksessa. [32]

Mattorauδοitteet asennetaan yleisimmin jatkuvien asennusvälikkeiden päälle. Esimerkki asennusvälikkeestä on kuvassa 4.2. Rauδοitustyö alkaakin alapinnan rauδοitusvälikkeiden asennuksella koko laatan alueelle. Mattojen asennuksessa matto nostetaan laatan reunalle asennusvälikkeiden päälle, avataan maton pakkaussiteet, kohdistetaan ja suunnataan matto huolellisesti, jotta se avautuu oikeaan suuntaan sekä rullataan matto auki tavallisesti rauδοittajien jalkavoimia hyväksi käyttäen. Alapintarauδοitus koostuu kahdesta kerroksesta. Alemman kerroksen mattojen asennuksen jälkeen rauδοitus ”tuplataan” asentamalla ylemmät alapintamatot, joiden betoniteräkset ovat alemmaa kerrosta vastaan kohtisuorassa suunnassa. [32] Erilaisten reikien pieliteräkset voivat periaatteessa olla valmiina matoissa, mutta koska pieliteräkset ovat useimmiten maton pääteräksiä huomattavasti lyhyempiä, ne tavanomaisesti asennetaan työmaalla irtoteräksinä. [28]



Kuva 4.2 Nauhamainen rauδοitusvälike [32]



Kuva 4.3 A-tukipukki [32]

Yläpintateräkset asennetaan tavanomaisesti hitsattujen, nauhamaisten tukipukkien vaaraan. BAMTEC[®]-mattojärjestelmään kuuluu kiinteänä osana A-tukipukki, jollainen on kuvassa 4.3. Yläpintaterästyksen matot asennetaan kuten alapinnan matotkin, ensin toisen suunnan matot ja sitten toisen suunnan matot. Mattoraudoitteita käytettäessä laatan reunaterästys koostuu tavanomaisesti hitsatuista valmiista raudoite-elementeistä. [28]

BAMTEC[®]-mattojärjestelmä eroaa irtoteräsraudoituksesta työteknisesti siinä mielessä, että raudoitusmattojen asennuksen suorittavat useimmiten pääurakoitsijan omat työntekijät eikä erikoistunut raudoitusliike. Tämän johdosta menetelmä sopii parhaiten yksiporrashuoneisiin ns. pistekerrostaloihin, jossa holviraudoituksen ollessa käynnissä ei pääurakoitsijan työryhmällä usein ole varsinaiseen rakennusrungon toteuttamiseen liittyviä tehtäviä riittävästi ja kyseinen työryhmä on siten irrotettavissa raudoitustyöhön. Mattojärjestelmä eroaa irtoteräsraudoituksesta työteknisesti myös siinä mielessä, että menetelmä sitoo torninosturin tai muun työmaan pääasiallisen nostokoneen käyttöönsä koko raudoitustyön ajaksi, kun pieniä käsivoimin tehtäviä materiaalsiirtoja ei juuri ole. Rahtikustannuksista johtuen ei ole myöskään järkevää kuljettaa raudoitusmattotehtaalta vajaita kuormia työmaalle, vaan useimmiten tyyppilliselle pistekerrostalotyömaalle pitää kuljettaa ja työmaalla välivarastoida koko kohteen mattoraudoitteet yhdellä kerralla. [28]

4.3 Kaistaraudoitteet

Kaistaraudoitteet ovat hitsaamalla valmistettavia, pitkiä ja kapeita teollisia raudoitteita. Ne on tarkoitettu toimimaan yhdessä suunnassa eli niitä voidaan pitää erikoisverkkoina, joissa on toisessa suunnassa ovat toimivat pääteräkset ja toisen suunnan teräkset ovat sideteräksiä, joiden tarkoitus on pitää raudoite-elementti muodossaan. Kaistaraudoitteet ovat kolmesta tässä työssä käsitellystä raudoitustavasta vähiten Turun seudulla käytetty. [28] Kaistaraudoitteita valmistavat Suomessa rakennustuotevalmistajien lisäksi myös

jotkut raudoitusurakoitsijat, jotka tarjoavat raudoitteiden asennuspalvelun lisäksi raudoite-elementtien hitsauspalveluita.

Kaistaraudoitteiden asennustyössä ei tarvita alapintaterästen asennuksessa työteräksiä, kun käytetään nauhamaisia raudoitusvälikkeitä. Kaistaraudoitteita asennettaessa asennetaan ensin alapinnan alemman kerroksen verkot noudattaen raudoituspiirustuksissa esitettyjä ohjeita raudoitteiden limityksistä ja sijainneista. Tämän jälkeen asennetaan alapinnan alemman kerroksen verkkoja täydentävät irtoteräkset, jos niitä on ja leikataan verkot poikki reikien kohdalta suunnitelmassa esitetyllä tavalla. Alapinnan ylempi kerros eli toisen pääsuunnan raudoitteet asennetaan vastaavalla tavalla alemman kerroksen päälle. Hitsattujen verkkojen sideterästen ansiosta kaistaraudoitteita ei tarvitse sitoa läheskään niin tiheästi kuin esimerkiksi irtoterästystä. Reikien kohdat voidaan myös katkoa molemmista verkkokerroksista yhtä aikaa ylempään alapintaterästyksen varaan. [28]

Kaistaraudoitteita käytettäessä yläpintaterästyksen asennus alkaa pääosin taivutetuista verkoista koostuvan reunaterästyksen asennuksella. Tämän jälkeen asennetaan yläpintaterästyksen alemman kerroksen kaistaraudoitteet ja niitä täydentävä irtoterästys. Kaistaraudoitteita käytettäessä yläpintaterästys tuetaan tavanomaisimmin hitsattujen nauhamaisien tukipukkien varaan. Yläpintaterästyksen ylempi kerros asennetaan vastaavalla tavalla.

Kuten mattoraudoitteillakin, myös kaistaraudoitteita käytettäessä asennuksen suorittaa pääurakoitsijan työryhmä. Kaistaraudoitteiden käyttö ei sido nostokalustoa siinä määrin kuin mattoraudoitteiden käyttö, koska raudoite-elementtien siirrot holvilla tehdään käsin raudoite-elementtien pienemmän painon vuoksi.

5. RAUDOITUSTAVAN VAIKUTUKSET SUUNNITTELUUN

Eri raudoitustavat asettavat erilaisia vaatimuksia ja rajoitteita rakennesuunnittelijalle. Tässä luvussa käsitellään eroavaisuuksia raudoituksen rakennesuunnittelussa eri raudoitustapojen välillä.

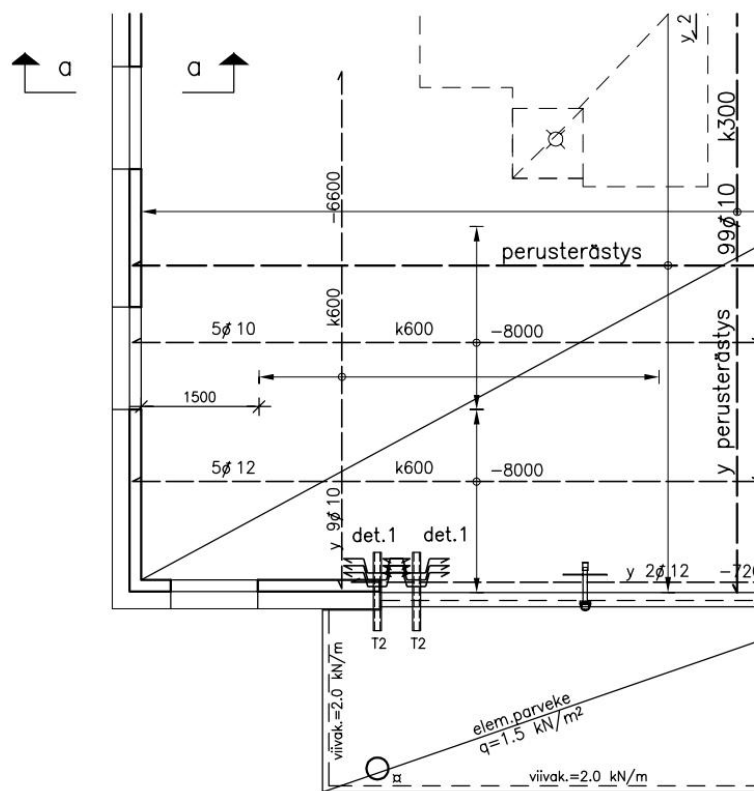
5.1 Laatan raudoitus irtotangoin

Laatan raudoitus irtotangoin on hyvin työvoimavaltainen menetelmä, joka sisältää paljon käsityötä ja materiaalien siirtoja lyhyitä matkoja käsin kantaen. Tämän vuoksi suunniteltaessa irtotankoraudoitusta tulisi huomioida ainakin seuraavat seikat [28]:

- Alapintaraudoitukseen perusterästyksen lisäksi tulevien tankojen tankojaon tulisi olla perusterästyksen jaon kerrannainen. Tämä tarkoittaa sitä, että jos perusterästyksen tankojako on esimerkiksi 300 mm, sopivia lisäterästen tankojakoja ovat 900, 750, 600, 450, 300, 150 ja 100 mm. Tämä sen vuoksi, että se mahdollistaa lisäterästen asennuksen ”silmämääräisesti”, kun esimerkiksi lisäterästen 300 mm jaolla lisätanko asennetaan jokaisen perusterästyksen kahden tangon puoliväliin.
- Lisäterästen jakoalueen tulisi alkaa laatan reunasta tai jostain muusta pisteestä, jonka raudoittaja voi itse omin silmin nähdä työkohteessa. Tällaisia pisteitä ovat ulkoseinä- ja väliseinäelementtien reunat sekä esimerkiksi laatan reikien reunat. Jos lisäterästen jakoalueen alku mitoitetaan, mitan olisi hyvä olla edellä mainittu perusterästyksen jaon kerrannainen ja mitan tulisi olla sidottu johonkin em. konkreettisista pisteistä.
- Alapintaterästyksessä on huomioitava työtankojen käytön aiheuttama lisäys alapinnan terästen betonipeitepaksuuteen sekä siten d -mitan pienentyminen työtangon paksuuden verran (yleensä 10 mm). Tämä sen vuoksi, että vaikka työtangolla ei sinänsä ole vastaavia betonipeitevaatimuksia kuin ”toimivilla” tangoilla, liian pinnassa oleva työteräs saattaa aiheuttaa ruostejälkien ilmestymisen laatan alapintaan ja värjäytyneitä kohtia tasoitteeseen.
- Kohteessa käytettävien määrämittaisten terästen katkaisupituuksien valikoiman tulisi olla mahdollisimman vähäinen työn yksinkertaistamiseksi. Koska raudoitusliikkeet saavat harjaterästangot usein tukkuliikkeestä 12 m pituuteen katkaisutuna, tulisi katkaisupituuksina käyttää tähän mittaan sopivia pituuksia eli 12 m jaollisia lukuja sekä pituuksia joista yhteen laskettuna tulee 12:lla jaollinen. Tällaisia pituuksia ovat muun muassa seuraavat (yksikkönä mm):

- 1200, 1500, 1800, 2000, 2400, 3000, 3600, 4000, 4200, 4500, 4800, 5400, 6000, 6600, 7200, 7500, 7800, 8000, 8400, 9000 ja 9600.
- Edellä mainitut rajoitukset jakoihin ja katkaisupituuksiin koskevat myös yläpintaterästäystä.
- Lisäksi laatan yläpintaterästyksessä ei ole suositeltavaa käyttää 10 mm pienempää tankokokoa, koska tällöin tankojen tukemiseen vaadittavien työtankojen määrä kasvaa liian suureksi.
- Näitä seikkoja selvennetään kuvissa 5.1 ja 5.2, jotka ovat otteita tässä työssä myöhemmin käsiteltävän esimerkkikohteen 1 raudituspiirustuksista.

Irtokantoja käytettäessä on siis kaikin tavoin pyrittävä mahdollisimman suureen yksinkertaisuuteen ja pitkiin sarjoihin raudoitusta suunniteltaessa.



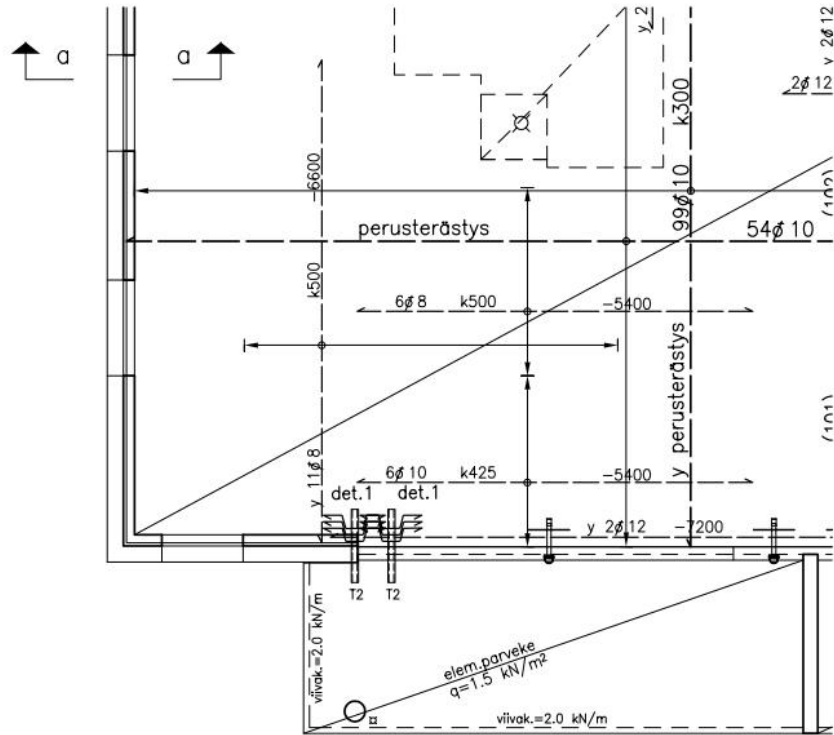
Kuva 5.1 Ote esimerkkikohteen 1 alapinnan raudituspiirustuksesta (S. Madekivi, 2015)

jakaa raudoitus sopivan kokoisiksi matto-elementeiksi ja laatia raudoitteiden asennussuunnitelma, jossa on esitetty mattorullien yksilöintikoodit, rullien kohdistuspisteet eli kohdat, joihin rulla asetetaan ennen auki rullausta, sekä aukirullaussuunta. BAMTEC[®]-järjestelmällä on yksityiskohtainen suunnitteluohje, ohjetta ei tässä työssä käsitellä, koska se on suunnattu raudoite-elementtisuunnittelijan käyttöön. BAMTEC[®]-raudoitteiden toimittaja antaa kotisivuillaan seuraavanlaiset rajoitteet, jotka ovat riittävät pääarakennesuunnittelijan käyttöön [32]:

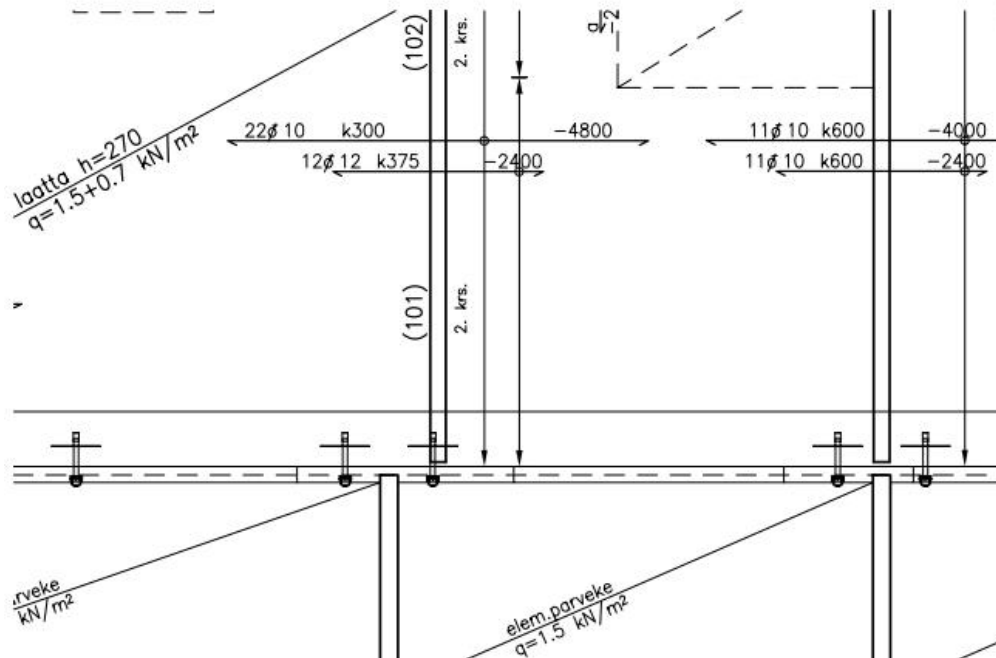
- Tankojen teräslaji B500B
- Tankojen nimellishalkaisija 8-32 mm
- Maton leveys 2-15 m
- Tankoväli 50–300 mm, portaaton välin vaihto mahdollinen
- Rullan halkaisija enintään 600 mm
- Yhden maton paino enintään 1500 kg.

Tavanomaisesti asuinkerrostalojen välipohjissa käytettävät matot ovat alapintaterästyksen osalta leveydeltään noin 4-9 m leveitä sekä painoltaan harvemmin raskaampia kuin 250 kg sekä yläpintaterästyksen osalta leveydeltään 2-4,5 m leveitä ja painoltaan 50–120 kg. Lisäksi pääarakennesuunnittelijan on huomioitava seuraavat asiat verrattuna irtotankoterästyksen, jotta raudoitusmenetelmän edut tulisivat hyötykäyttöön [28]:

- Lisäterästyksen jakoalueella ja jaolla ei ole vastaavia rajoituksia kuin irtotankoraudoituksella.
- Määrämittaisten tankojen katkaisupituuksilla ei ole vastaavia rajoituksia kuin irtotankoraudoituksella, mutta koska käytännössä sama rakennesuunnittelija laatii työssään raudoitussuunnitelmia monella eri raudoitusmenetelmällä, on työn nopeuttamiseksi ja sekaannuksien välttämiseksi on hyvä käyttää samoja katkaisupituuksia matoraudoitteilla kuin muillakin raudoitusmenetelmillä.
- Raudoitussuunnitelmissa on esitettävä yksiselitteisesti laatan reunan sijainti, koska raudoite-elementtisuunnittelija siirtää pääarakennesuunnittelijan sähköisessä muodossa (dwg) olevasta suunnitelmasta laatan sekä sen raudoituksen omaan suunnitteluohjelmistoonsa.
- Näitä seikkoja selvennetään oheisissa kuvissa 5.3 ja 5.4.



Kuva 5.3 Ote esimerkkikohteen 1 alapinnan raudituspiirustuksesta mattoraudoitteita käyttäen (S.Madekivi, 2015)



Kuva 5.4 Ote esimerkkikohteen 1 yläpinnan raudituspiirustuksesta mattoraudoitteita käyttäen (S.Madekivi, 2015)

Yhteenvedona mattoraudoituksen käytön vaikutuksesta suunnitteluun voidaan päärakenesuunnittelijan näkökulmasta todeta, ettei menetelmän käytöllä ole suurta eroa verrat-

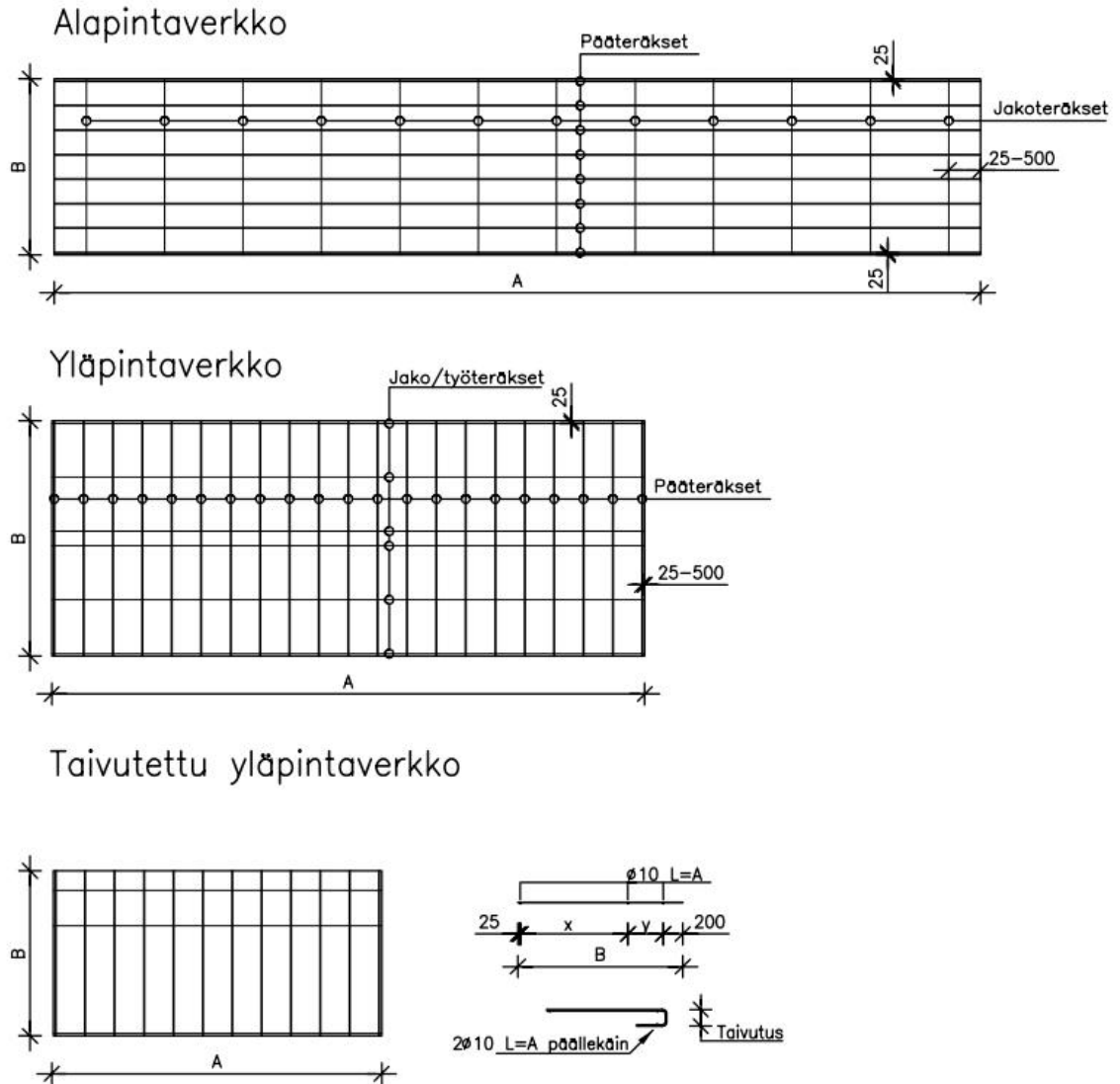
tuna irtotankoraudoitteiden käyttöön, jollei sitten raudoite-elementtisuunnittelu jostain syystä ole sovittu päärakennesuunnittelijan tehtäväksi.

5.3 Kaistaraudoitteet

Kaistaraudoitteiden asennustyötä on tarkemmin kuvailtu luvussa 4.3. Kuten matorauδοitteet, ovat kaistaraudoitteetkin hitsattuja raudoite-elementtejä. Toisin kuin matorauδοitteiden tapauksessa, kaistaraudoitteiden hitsausta ei ole automatisoitu. Ihmisvoimin tehtävää työtä ei siis ole vähennetty, vaan sitä on pelkästään siirretty pois työmaalta tehdasolosuhteisiin. [28] Tämän vuoksi kaistaraudoitteiden kannattavuuden perusedellytys on se, että tuotettavat sarjat ovat tarpeeksi pitkiä. Tällä tarkoitetaan käytännössä sitä, että yhdessä rakennuskohteessa käytössä olevien erilaisten verkkojen kappalemäärä on pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä. Erilaisten verkkojen suositeltava kappalemäärä on alapintaterästyksessä 3 kappaletta ja yläpintaterästyksessä 2. Alapintaterästyksessä kuitenkin käytetään toisinaan jopa viittä erilaista verkkoa. Tällaisissa tapauksissa kuitenkin vain verkon pituus muuttuu ja terästen jaot ja koot pysyvät samoina. [28]

Kaistaraudoitteet eroavat matorauδοitteista myös siinä mielessä, että pääsääntöisesti raudoite-elementtien suunnittelu kuuluu päärakennesuunnittelijan tehtäväksi. Päärakennesuunnittelijan tehtävänä on siis suunnitella myös käytettävät kaistaraudoitteet ja niitä täydentävä irtotankorauδοitus siten että erilaisten verkkojen kappalemäärä säilyy järkevänä. Kuvassa 5.5 on esitetty käytettävien kaistaraudoiteverkkojen perustyyppit. Kuten kuvasta nähdään, ala- ja yläpintaverkot eroavat toisistaan siten, että alapintaverkoissa pääteräkset ovat verkon pidemmän suunnan A suuntaiset, kun taas yläpintaverkoissa tilanne on päinvastainen eli pääteräkset ovat verkon lyhyemmän sivun B suuntaiset. Yläpintaverkon erikoistapaus on taivutettu yläpintaverkko eli reunahakakori, josta muodostetaan laatan reunaterästys. Taivutetun yläpintaverkon mitat x ja y ovat riippuvaisia reunahaan vaaditusta pituudesta sekä laatan paksuudesta. [28] Kaistaraudoitteiden suunnittelussa käytetään työnantajayrityksessäni suuntaa antavana ohjeena kaistaraudoitteita aikaisemmin valmistaneen, mutta kyseisen liiketoiminnan sittemmin pois myyneen Tammet Oy:n ohjetta, joka asettaa verkkojen mitoille, teräskokojen käytölle sekä teräsjaolla seuraavia rajoitteita. Suluissa annettu Celsa Steel Service Oy:n internet-sivuillaan antamat ohjeelliset vastaavat mitat. [28]

- mitta A 2000-10000 mm (2000-6000 mm, maksimissaan 11000 mm)
- mitta B 1000-2000 mm (1000-2400 mm, maksimissaan 3600 mm)
- teräksen halkaisija 4-12 mm
- pitkittäisteräsjako $n \cdot 150$ mm tai $n \cdot 200$ mm
- poikittaisteräsjako 600-1000 mm
- tankojen halkaisijoiden suhde 0,6-1,0
- hitsausliitoksen tyyppi FL20 (FL20 tai FL30)



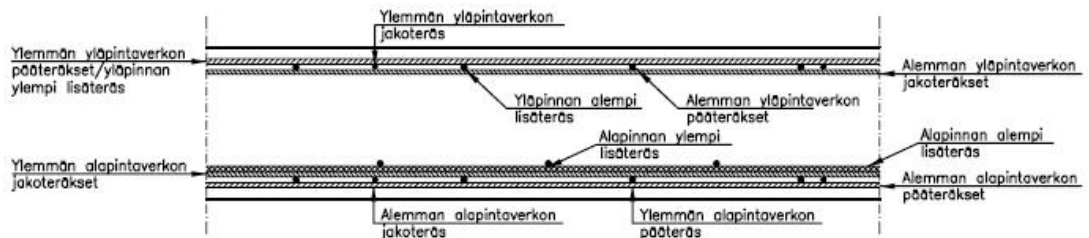
Kuva 5.5 Kaistaraudoitteiden perustyytit (S.Madekivi, 2015)

Koska erilaisten verkkojen määrä ei saa kasvaa liian suureksi, asuinkerrostalokohteessa kaistaraudoitteita täydentäviä irtoteräksiä tulee yleensä suhteellisen runsaasti. Tyypillisiä tapauksia, joissa irtoteräksiä käytetään, ovat kaistaraudoitteiden yhteydessä seuraavat [28]:

- reikien pieliteräkset
- tapaukset, joissa laatan kentät (=tukivälit) ovat hieman eripituisia, jolloin ei läheskään aina kannata kasvattaa eripituisien alapintaverkkojen määrää, vaan alapintaterästen ankkurointi ”vajaalla” kaistalla reunatuelle hoidetaan irtoteräksin.
- tapaukset, joissa rakennuksen ja sitä kautta laatan mitat ovat sellaiset, että laatan sivumitta ei ole tasan käytetyn alapintaverkon lyhyemmän sivumitan kerrannainen, jolloin jako ei mene tasan.
- yläpintaterästyksen täydennyksenä, koska yleensä läheskään aina verkon lyhyempi sivumitta B ei voi olla niin pitkä, kuin yläpintaterästykseltä vaadittaisiin.

Pääsääntöisesti alapintaverkon kaistarauδοitteiden jatkokset pyritään suorittamaan tuella. Toisinaan kuitenkin päädytään limijatkoksiin kentässä. Tällöin vierekkäisten kaistojen jatkokset on pyrittävä sijoittamaan eri poikkileikkaukseen, jotta limijatkospituus ei kasva kohtuuttomaksi. Tällä tavoin vältetään päällekkäisten rauδοitekerrosten paksuuden kasvaminen, joka vaikuttaa toisen suunnan rauδοitteiden d -mittaan pienentävästi. [28]

Kuten edellä mainittua, on suunnittelussa huomioitava, että kaistarauδοitteilla rauδοite-tussa laatasta laatan rauδοitus koostuu päällekkäin asennetuista rauδοite-elementti- ja irtoteräskerroksista. Tämä pienentää merkittävästi alapintaterästyksen ylimpien kerrosten ja yläpintaterästyksen alimpien kerrosten d -mittaa. Tilannetta on havainnollistettu kuvassa 5.6.



Kuva 5.6 Kaistarauδοitteiden asennus

Koska tavanomainen laatan teräs on halkaisijaltaan 10 mm, pienenee d -mitta 10 mm jokaisen rauδοitekerroksen kohdalla.

Yhteenvedona kaistarauδοitteiden suunnittelusta voidaan todeta, että tässäkin rauδοitusmenetelmässä on suunnittelussa pyrittävä yksinkertaisuuteen ja pitkiin sarjoihin, jotta rauδοituksesta tulisi mahdollisimman taloudellinen. Lisäksi päärakennesuunnittelijan työmäärä on tämän rauδοitusmenetelmän yhteydessä hieman suurempi kuin kahdella muulla menetelmällä.

6. RAUDOITUSTAVAN VAIKUTUKSET KUSTANNUKSIIN

6.1 Esimerkkikohteiden esittely

Tässä työssä tutkitaan raudoitustavan vaikutusta materiaali- ja työmenekkeihin ja sitä kautta kustannuksiin tarkastelemalla kolmea esimerkkikohdetta. Esimerkkikohteet esitellään lyhyesti seuraavassa.

6.1.1 Kohde 1

Esimerkkikohde 1 on kesällä 2015 valmistuvan 5-kerroksisen asuinkerrostalon toisen ja kolmannen kerroksen välinen välipohjalaatta. Kohde on suunniteltu käyttäen suunnittelunormistona Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. Rakennuksen päämitat ovat noin 30x17 metriä ja rakennuksessa on 8 asuntoa kerrosta kohti sijoiteltuna siten, että asunnot ovat rakennusmassan keskellä olevan porrashuoneen ympärillä. Asunnot ovat yksiöitä, kaksioita ja kolmioita ja asuntojen keskipinta-ala on noin 52 m².

Välipohjalaatan paksuus on 270 mm ja se tukeutuu 180 mm paksuihin huoneistojen välisiin teräsbetoniseiniin sekä 150 mm paksuihin ulkoseinäelementteihin. Elementti-hormielementit on sijoitettu osaksi huoneistojen välisiä seiniä. Julkisivu on eristerapatu. Parveketornien taustaseinät ovat kevyitä puurakenteisia seiniä. Ristiin kantavan välipohjalaatan jännevälit vaihtelevat reilusta 5 metristä lähes 10 metriin. Parvekeseinien kevytrakenteisuudesta johtuen välipohjalaatan reuna on näiltä osin vapaa, tukematon reuna. Välipohjalaatan eri kenttien kenttämomenttien maksimiarvot vaihtelevat välillä 5 kNm/m...35 kNm/m ja eri tukilinjojen tukimomenttien maksimit välillä 23...70 kNm/m.

6.1.2 Kohde 2

Esimerkkikohde 2 on kesällä 2015 aloitettavan 7-kerroksisen asuinkerrostalon toisen ja kolmannen kerroksen välinen välipohjalaatta. Kohde on suunniteltu käyttäen suunnittelunormistona eurokoodeja. Rakennuksen päämitat ovat noin 32x18 metriä ja rakennuksessa on 8 asuntoa kerrosta kohti sijoiteltuna siten, että asunnot kiertävät rakennusmassan keskellä olevaa porrashuonetta. Asunnot ovat yksiöitä, kaksioita ja kolmioita ja asuntojen keskipinta-ala on noin 54 m².

Välipohjalaatan paksuus on 270 mm ja laatta tukeutuu 180 mm paksuihin huoneistojen väliin teräsbetoniseiniin sekä 150 mm paksuihin ulkoseinäelementteihin. Elementti-hormielementit on sijoitettu osaksi huoneistojen välisiä seiniä. Julkisivu on eristerapat-tu. Ristiin kantavan välipohjalaatan jännevälit vaihtelevat reilusta 5 metristä noin 8 met-riin. Välipohjalaatan reuna on kokonaan tuettu ja vapaita reunoja ei ole. Välipohjalaatan eri kenttien kenttämomenttien maksimi-arvot vaihtelevat välillä 10 kNm/m...29 kNm/m ja eri tukilinjojen tukimomenttien maksimit välillä 21...50 kNm/m.

Kohteesta 2 laadittiin myös vertailua varten irtoteräsraudoitussuunnitelma käyttäen suunnittelunormina Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

6.1.3 Kohde 3

Esimerkkikohde 3 on kesällä 2015 aloitettavan kolme yksikerroksista ja kaksi kaksiker-roksista rivitaloa käsittävän yhtiön yhden talon alapohjarakenteena toimiva paalulaatta. Kohde on suunniteltu käyttäen suunnittelunormistona eurokoodeja. Rakennuksen pää-mitat ovat noin 9x33 metriä ja rakennuksessa on 5 asuntoa siten että asuntojen välisei-nänä ovat paikalla valetut 200 mm paksut teräsbetoniseinät. Asunnot ovat yksioita ja kaksioita ja asuntojen keskipinta-ala on noin 53 m².

Alapohjalaatan paksuus on 240 mm ja se tukeutuu joko suoraan 250x250 mm² teräsbeto-nipaaluihin tai laatan yläpuolisena tukena toimivaan palkkiraidoitettuun teräsbetoni-seinään. Kohde 3 eroaa kahdesta muusta kohteesta siten, että valittu raudoitustapa vai-kuttaa rakenteen staattiseen toimintatapaan. Kaista- ja mattoraudoitteita käyttäen ei palkkiraidoitettua teräsbetoniseiniä voi hyödyntää laatan yläpuolisena tukena. Paalujen välinen etäisyys on rungon pituussuunnassa noin 3,5 m ja rungon syvyysuunnassa 4,5 m. Rakennuksen kantavana runkona toimivat paalulaatan lisäksi rakennuksen pituus-suuntaiset kantavat ulkoseinälinjat sekä naulalevyristikkorakenteinen vesikatto. Vesika-ton kuormat ja ulkoseinien oma paino välittyvät paaluille alapohjalaatan välityksellä. Julkisivujen verhouksena on pääosin muurattu tiili ja vesikatteena betonikattotiili. Laa-tan eri kenttien kenttämomenttien maksimi-arvot vaihtelevat välillä 5 kNm/m...10 kNm/m, ulkoseinälinjoilla välillä 10...30 kNm/m ja tukimomenttien maksimit välillä 10...30 kNm/m.

Kohteesta 3 laadittiin myös vertailua varten irtoteräsraudoitussuunnitelma käyttäen suunnittelunormina Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

6.2 Raudoitustavan vaikutukset materiaalimenekkiin

Esimerkkikohteiden materiaalimenekit laskettiin raudituspiirustuksista (liite 3) Talo 90-määrälaskentaohjeen mukaan kuitenkin sillä poikkeuksella, että piirustuksiin läpi meneviksi merkittyjen terästen ja perusterästyksen limitykset määritettiin tarkemmin. Teoreettisiin teräsmenekkeihin lisättiin materiaalihukka, jonka suuruutta arvioitiin RA-TU-kortiston mukaisesti. Materiaalihukkaan liittyvien käsitteiden määritelmät ja soveltaminen tässä työssä on esitelty seuraavissa kappaleissa. [33]

Menetelmälisä M2

Menetelmälisä on menetelmämenekin ja teoreettisen menekin erotus. Menetelmälisä syntyy valitun työmenetelmän perusteella, eikä siihen voida juurikaan enää vaikuttaa työmaan toimenpiteillä [33]. Betoniraudituksen tapauksessa menetelmälisään kuuluvat muun muassa terästen limityspituudet sekä työ- ja asennusteräksset sekä työsaumojen lisäteräksset [33]. Menetelmälisän M2 suuruus on noin 10 % [31].

Kuten luvun johdannossa mainittua, laatan perusterästyksen määrä laskettiin piirustuksiin merkittyä limityspituutta käyttäen siten, että tarkasteltavan paikallavalulaatan pinta-ala määritettiin ensin sähköisessä muodossa olleesta raudituspiirustuksesta käyttäen AutoCADin pinta-alan mittaustyökalua. Tämän jälkeen laskettiin pinta-alaltaan vastaavan neliön muotoisen laatan sivun pituus. Tätä laskettua sivun pituutta sekä perusterästyksen piirustuksiin merkittyä teräsjakoa hyödyntäen laskettiin perusterästyksen teoreettinen pituus. Tämän jälkeen otettiin huomioon, että betoniteräksen yleinen varastopituus on 12 m jonka avulla saatiin arvioitua limijatkosten kappalemäärä. Limijatkosten kappalemäärän ja piirustuksiin merkityn limityspituuden avulla määritettiin limityksiin kuluva teräsmenekki. Vastaavalla tavalla meneteltiin muiden läpi meneviksi merkittyjen terästen kohdalla. Esimerkkikohteiden määriä laskettaessa saatiin limijatkosten aiheuttamaksi materiaalilisäksi 5,8 – 6,4 %. Kun otetaan lisäksi huomioon se, että esimerkkikohteissa ei esiinny työsaumoja ja huomioidaan paikallisen rauditusliikkeen (Rauditusliike Risto Haaki Oy) edustajalta saamani arvio paikallavaluholvin asennus- ja työterästen määrästä, n. 5-8 %, saadaan näiden muuttujien kautta itse lasketuksi M2-lisäksi 10,8–14,4 %, mikä on kohtuullisen hyvin linjassa RATU-kortin M2-lisän kanssa. Edellä mainittujen johdosta tässä työssä päädyttiin käyttämään työ- ja asennusterästen materiaalilisänä 5 % irtoteräsrudoitukselle ja 2,5 % kaista- ja matoraudoitteille. Kaista- ja matoraudoitteiden työteräslisä arvioitiin itse luotettavien lähteiden puutteen vuoksi seuraavin perustein:

- Kaista- ja matoraudoitteiden alapintaterästys tuetaan muovivälikkeiden, ei työterästen varaan
- Kaista- ja matoraudoitteiden yläpintaterästys vaatii kuitenkin tuennan erilaisten teollisesti valmistettujen tukipukkien avulla.

Edellä mainitun perusteella päädyttiin teollisille raudoitusvaihtoehdoille käyttämään työteräslisää, joka on puolet irtoteräsradoituksen työteräslisästä. Kaistaradoitteiden yhteydessä työteräslisä määritetään kaistaradoiteverkkojen toimivasta teräsmäärästä eli määrästä josta on vähennetty raudoiteverkkojen jakoteräkset.

Työvaihelisä M3

Työvaihelisät syntyvät työmaalla virheellisten työsuoritusten seurauksena. Työvaihelisien vähentämiseen ja poistamiseen voidaan vaikuttaa hyvällä työnsuunnittelulla ja materiaalien oikealla käytöllä. [33] Työvaihelisiin kuuluvat seuraavat osatekijät [33]:

- Materiaalin ylipituudet
- Tarpeettoman suuret materiaalivahvuudet
- Asennettu ylimääräinen materiaali
- Materiaalin paloittelusta syntyneet suuret hukkapalat, jotka tulisi hyödyntää
- Materiaalin asennuksessa turmeltunut materiaali

ML3-lisän arvoksi annetaan kirjallisuudessa 5 %. [31] Työvaihelisä M3 lisätään tässä työssä seuraaviin teräsmääriin:

- Perusterästys sekä muut läpi menevät teräkset
- Valmiiksi määrämittaan leikatut ja taivutetut irtoteräkset

Työvaihelisää ei kuitenkaan lisätä teollisesti valmistetuissa raudoitteissa olevaan teräsmäärään eikä työteräksiin ja limityksiin, jotka on huomioitu jo M2-lisässä.

Työmaalisä M4

Työmaalisät syntyvät, kun tilataan ylimääräistä materiaalia, materiaalin varastoinnissa työmaalla, siirroissa, käytössä muihin kuin alkuperäisen käyttötarkoituksen mukaisiin kohteisiin ja materiaalin hävitessä. [33] Työmaalisään kuuluvat seuraavat osatekijät [33]:

- Ylijäänyt kokonainen käyttämätön materiaali
- Materiaalin turmeltuminen varastoinnin aikana
- Materiaalien turmeltuminen siirroissa
- Huono logistiikan suunnittelu
- Useampaan kertaan käytettävän materiaalin turmeltuminen
- Materiaalin katoaminen
- Materiaalin käyttö muihin kohteisiin

ML4-lisän arvoksi annetaan kirjallisuudessa 0-2 %. Tässä työssä käytetään arvoa 1 % ja ML4-lisä huomioidaan kaikissa piirustusten mukaisissa teräksissä.

Yhteenvedona saadaan tässä työssä käytettävät seuraavat yhteenlasketut materiaalilisät betoniteräksille:

- Työteräslisiä irtoteräsraudoitetussa kohteessa 5 %
- Työteräslisiä mattoraudoitetussa kohteessa 2,5 %
- Työteräslisiä kaistarauδοitetussa kohteessa 2,5 % (huomioidaan vain toimiva teräsmäärä)
- Materiaalihukka perusterästykselle ja läpimeneville irtoteräksille 3 %
- Materiaalihukka valmiiksi määrämittaan katkaistulle ja taivutetulle irtoteräkselle 3 %
- Materiaalihukka teollisille raudoituselementeille kuten kaistarauδοitteille, matorauδοitteille ja näiden yhteydessä käytetyt hitsatut hakakorit 1 %.

6.2.1 Kohde 1

Esimerkkikohteen 1 määrälaskennan tulokset eri raudoituvaihtoehtoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 4. Taulukkoon 6.1. on koottu määrälaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut.

Taulukko 6.1 Esimerkkikohteen 1 määrälaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistarauδοitus</i>	<i>Mattoraudoitus</i>
Alapintaterästys [kg]	2436	3459 ¹⁾	2326
Yläpintaterästys [kg]	1665	2251 ²⁾	1653
Alapintaterästyksestä valmisraudoitteissa [kg]	-	3038	2092
Alapintaterästyksestä irtoteräksinä [kg]	2436	421	234
Yläpintaterästyksestä valmisraudoitteissa [kg]	-	1105	1530
Yläpintaterästyksestä irtoteräksinä [kg]	1665	1146	123
Työteräkset [kg]	205	119	99
Materiaalihukka [kg]	120	88	47
Yhteensä [kg]	4426	5917	4125

1) Sisältää 415,07 kg verkkojen jakoteräksiä (ei rakenteellisesti toimivia) 2) Sisältää 580,95 kg verkkojen jakoteräksiä

Kun otetaan huomioon kaikki määrälaskelmassa olevat teräkset, saadaan siis tulos, jonka mukaan suurin materiaalimenekki vaihtoehtoista on kaistarauδοituksella ja pienin

mattorauoituksella. Mattorauoituksen materiaalimenekki on 6,8 % pienempi kuin irtoteräsraudoituksella ja 30,3 % pienempi kuin kaistarauoituksella. Vaikka huomioitaisiin, että kaistarauoituksen materiaalimenekkiin sisältyy yhteensä lähes 1000 kg rakenteellisesti ei toimivia kaistaverkkojen jakoteräksiä, on mattorauoituksen materiaalimenekki edelleen 16,2 % pienempi kuin kaistarauoituksen. ja irtoteräsraudoituksen materiaalimenekki 10 % pienempi kuin kaistarauoituksen. Tämä selittyy osittain sillä, että ollakseen taloudellinen on kaistarauoituksessa päästävää mahdollisimman pitkiin sarjapituuksiin eli samanlaisten raudoitusverkkojen määrään. Tämä johtaa usein huomattavaan ylimääräiseen raudoituksen määrään joissakin osissa laattaa, erityisesti alapintaterästyksen osalta. [28]

Vaikka laskennassa oli huomattavia epävarmuuksia puutteellisten lähtötietojen vuoksi mattorauoitteiden työterästen määrän arvioinnissa, on huomattavaa, että vaikka mattorauoitteille käytettäisiin samaa tai jopa hieman suurempaakin työteräsmenekkiä kuin irtoteräsraudoituksessa, olisi mattorauoitteiden materiaalimenekki silti pienin.

6.2.2 Kohde 2

Esimerkkikohteen 2 määrälaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 4. Taulukkoon 6.2. on koottu määrälaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Irtoteräsraudoituksen yhteydessä on esitetty myös vertailuarvot Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellulle raudoitukselle. Nämä menekit on esitetty muodossa EC/RakMK.

Taulukko 6.2 Esimerkkikohteen 2 määrälaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistaraudoitus</i>	<i>Mattoraudoitus</i>
Alapintaterästys [kg]	2647/2297	3258 ¹⁾	2603
Yläpintaterästys [kg]	1699/1529	2289 ²⁾	1648
Alapintaterästyksestä valmisraudoitteissa [kg]	-	2965	2448
Alapintaterästyksestä irtoteräksinä [kg]	2647/2297	293	155
Yläpintaterästyksestä valmisraudoitteissa [kg]	-	1271	1508
Yläpintaterästyksestä irtoteräksinä [kg]	1699/1529	1018	140
Työteräkset [kg]	217/191	109	106
Materiaalihukka [kg]	126/112	82	48
Yhteensä [kg]	4689/4129	5738	4405

- 1) Sisältää 471 kg verkkojen jakoteräksiä (ei rakenteellisesti toimivia) 2) Sisältää 715 kg verkkojen jakoteräksiä

Kun otetaan huomioon kaikki määrälaskelmassa olevat teräkset, saadaan myös esimerkkikohteessa 2 tulos, jonka mukaan suurin materiaalimenekki vaihtoehtoista on kaistaraudoituksella ja pienin mattoraudoituksella. Mattoraudoituksen materiaalimenekki on 6,1 % pienempi kuin irtoteräsraudoituksella ja 23,2 % pienempi kuin kaistaraudoituksella. Vaikka huomioitaisiin, että kaistaraudoituksen materiaalimenekkiin sisältyy yhteensä lähes 1200 kg rakenteellisesti ei toimivia kaistaverkkojen jakoteräksiä, on mattoraudoituksen materiaalimenekki edelleen 3,2 % pienempi kuin kaistaraudoituksen.. Jos huomioidaan kaistaraudoitteissa vain toimivat teräkset, on kaistaraudoituksen materiaalimenekki 3 % pienempi kuin irtoteräsraudoituksen. Tämä eroavaisuus esimerkkikohteiden 1 ja 2 välillä johtuu osittain siitä, että esimerkkikohteen 2 laatan voimasuureissa on kenttien välillä huomattavan paljon pienempiä eroavaisuuksia kuin esimerkkikohteessa 1 laatan geometrian vuoksi ja siten päästään riittäviin raudoite-elementtien sarjapituuksiin ilman ylimääräistä terästä. [28]

Vaikka laskennassa oli huomattavia epävarmuuksia puutteellisten lähtötietojen vuoksi mattoraudoitteiden työterästen määrän arvioinnissa, on huomattavaa, että vaikka mattoraudoitteille käytettäisiin samaa tai jopa hieman suurempaakin työteräsmenekkiä kuin irtoteräsraudoituksessa, olisi mattoraudoitteiden materiaalimenekki silti pienin.

Esimerkkikohteessa 2 tutkittiin myös materiaalimenekkien eroa, kun sama rakenne suunnitellaan kahdella eri suunnittelunormistolla. Kuten taulukosta 6.2 voidaan nähdä, on irtoteräsraudoituksen alapintaterästyksen materiaalimenekki 13,2 % pienempi, kun suunnittelunormistona on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelmaa eikä eurokoodeja. Yläpintaterästyksen materiaalimenekki on vastaavasti 10 % pienempi, kun käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. Kilomääräisesti tarkasteltuna eurokoodeilla mitoitettun laatan alapintaterästyksen materiaalimenekki on noin 350 kg Suomen rakentamismääräyskokoelmaa suurempi ja yläpintaterästyksen materiaalimenekki 170 kg suurempi. Eroavaisuus on suurilta osin selitettävissä jo kahden normin minimiraudoitusvaatimusten eroavaisuudella. Minimiraudoitusvaatimus vaikuttaa ennen kaikkea perusterästyksen määrään sekä yläpintaterästyksessä laatan reunahakojen määrään. Liitteestä 4 nähdään, että alapinnan perusterästyksen määrässä on 394,41 kg suuruinen ero eri suunnittelunormien välillä, mikä on suurempi kuin laatan alapintaterästyksen kokonaismateriaalimenekkien välinen ero. Liitteestä 4 nähdään myös, että suunnittelunormien välillä on 123,16 kg suuruinen ero jo pelkästään taivutettujen yläpintaterästen materiaalimenekissä, jonka alle laatan reunahaat kuuluvat. Loput eroista yläpintaterästyksen materiaalimenekissä suunnittelunormien välillä johtunee siitä, että esimerkkikohteessa n huomattava määrä sellaisia tukilinjoja, joilla raudoituksen mitoittava tukimomentti on pienempi kuin minimiraudoitetun rakenteen taivutusmomenttikapasiteetti ja suunnittelunormien välinen ero minimiraudoituksen määrässä aiheuttaa tarpeetonta teräsmäärien kasvua.

6.2.3 Kohde 3

Esimerkkikohteen 3 määrälaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 4. Taulukkoon 6.3 on koottu määrälaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Irtoteräsraudoituksen yhteydessä on esitetty myös vertailuarvot Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellulle raudoitukselle. Nämä menekit on esitetty muodossa EC/RakMK.

Taulukko 6.3 Esimerkkikohteen 3 määrälaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistarauδοitus</i>	<i>Mattorauδοitus</i>
Alapintaterästys [kg]	2178/2079	2471 ¹⁾	2173
Yläpintaterästys [kg]	1638/1600	2222 ²⁾	1717
Alapintaterästyksestä valmisraudoitteissa [kg]	-	1455	1859
Alapintaterästyksestä irtoteräksinä [kg]	2178/2079	1016	314
Yläpintaterästyksestä valmisraudoitteissa [kg]	-	1413	1361
Yläpintaterästyksestä irtoteräksinä [kg]	1638/1600	811	356
Työteräkset [kg]	191/184	94	97
Materiaalihukka [kg]	114/110	83	52
Yhteensä [kg]	4121/3973	4870	4039

1) Sisältää 257 kg verkkojen jakoteräksiä (ei rakenteellisesti toimivia) 2) Sisältää 678 kg verkkojen jakoteräksiä

Myös esimerkkikohteessa 3 saadaan tulos, jonka mukaan suurin materiaalimenekki vaihtoehdoista on kaistarauδοituksella ja pienin mattorauδοituksella. Mattorauδοituksen materiaalimenekki on 2,0 % pienempi kuin irtoteräsraudoituksella ja 17,1 % pienempi kuin kaistarauδοituksella. Toisaalta jos jätetään kokonaan huomioitta kaistaverkkojen jakoterästys, on kaistarauδοituksen materiaalimenekki noin 2,5 % pienempi kuin mattorauδοituksen. Esimerkkikohteessa 3 on myös huomattava esimerkkikohteen 3 erilainen rakennetyyppi kahteen muuhun esimerkkiin verrattuna esimerkkikohteen 3 ollessa geometrialtaan äärimmäisen säännöllinen paalulaattarakenne kahden muun esimerkin ollessa geometrialtaan hyvinkin vaihtelevia asuinkerrostalon välipohjia. Tämän ansiosta kaistarauδοitteissa ei ole juurikaan raudoitteiden tuotantosarjapituuksien kasvattamisen vuoksi aiheutuvaa turhaa materiaalia. [28]

Laskennassa oli lähtötietojen puutteellisuuden vuoksi huomattavaa epävarmuutta matoraudoituvaihtoehdon työterästen määrästä. Jos oletettaisiin, että matoraudoitteilla työteräsmenekki olisikin yhtä suuri irtoteräsraudoituksen työteräsmenekin kanssa, niin tällöin irtoteräsraudoituksen materiaalimenekki olisi lähes sama matoraudoituksen kanssa.

Esimerkkikohteessa 3 tutkittiin myös materiaalimenekkien eroa, kun sama rakenne suunnitellaan kahdella eri suunnittelunormistolla. Kuten taulukosta 6.3 voidaan nähdä, on irtoteräsraudoituksen alapintaterästyksen materiaalimenekki 4,5 % pienempi, kun suunnittelunormistona on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelmaa eikä eurokoodeja. Yläpintaterästyksen materiaalimenekki on vastaavasti 2,4 % pienempi, kun käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. Ero johtuu tässä tapauksessa siitä, että vaikka normien välinen ero vaadittavassa minimiraudoituksen poikkipinta-alassa ei tässä tapauksessa johdakaan eurokoodi-suunnittelussa järeämpään perusterästykseen, on noudatettava normien määräyksiä suurimmasta sallitusta teräsjaosta maksimimomenttien kohdalla, joka johtaa eurokoodeilla suunnitellussa kohteessa pienehköön lisäteräsmäärään, jonka teräsjaon tihentäminen saa aikaan.

6.2.4 Materiaalimenekkien yhteenveto

Kaikkien esimerkkikohteiden tapauksessa matoraudointi oli materiaalimenekiltään pienin vaihtoehto. Huomioitavaa on kuitenkin, ettei yhtäkään tarkasteltavista esimerkkikohteista ole todellisuudessa toteutettu matoraudoitteilla eikä tuoteosatoimittajan laatimia raudite-elementtisuunnitelmia siten ollut käytettävissä tätä työtä varten. Tätä työtä varten kuitenkin suoritettiin vertailulaskelma, jossa verrattiin kahden toteutuneen matoraudointekohteen tuoteosavalmistajan piirustuksista selviävää teräsmenekkiä sekä itse kyseisen kohteen rakennepiirustuksista tässä työssä käytetyllä määrälaskentamenetelmällä laskemaani teräsmenekkiä. Vertailu osoitti, että tässä työssä käytetty laskentamenetelmä on riittävän tarkka, sillä eroa todellisten suunnitelmien ja tämän työn laskentamenetelmän tulosten välillä oli välillä 0,3-0,5 %. Kyseisten vertailukohteiden tuoteosasuunnitelmien julkaisu tämän opinnäytetyön liitteenä ei ole mahdollista. Huomioitavaa on myös matoraudointeiden työteräsmenekin karkea arviointi.

Määrälaskennassa tuli myös hyvin ilmi kaistaraudointeiden sisältämä huomattava rakenneteknisen toiminnan kannalta merkityksellinen teräsmäärä, joka koostuu kaistaraudointiverkkojen jakoteräksistä. Tämän teräsmäärän suuruus vaihteli välillä 16 % - 21 % laatan kokonaisteräsmäärästä.

Määrälaskennassa sivuttiin kahden esimerkkikohteen osalta myös eroja eurokoodin ja Suomen rakentamismääräyskokoelman välillä. Erot johtuvat suunnittelunormien välisistä eroista liittyen vaadittuun minimiraudoituksen poikkipinta-alaan sekä suurimpaan sallittuun tankojakoon maksimimomenttien alueella. Normien väliseen vertailuun valitut esimerkkikohteet valittiin siten, jotta saataisiin tuotua esiin molempien edellä mainittujen tekijöiden vaikutus. Esimerkkikohteessa 2 eurokoodi-mitoitus vaati Suomen ra-

kentamismääräyskokoelmaa tiheämmän minimiraudoituksen koko laatan alueelle, koska vaadittu minimiraudoituksen poikkipinta-ala sitä vaati. Esimerkkikohteessa 3 riitti suurimman sallitun tankojaon huomiointi, sillä kohteen laattapaksuudella vaadittu minimiraudoituksen poikkipinta-ala oli molemmilla suunnittelunormeilla sama.

6.3 Raudoitustavan vaikutukset työmenekkiin

Esimerkkikohteiden työmenekit määritettiin tämän työn kohdassa 6.2 läpi käytyjen määrälaskelmien pohjalta. Työmenekkien määrittämiseen käytettiin pääasiassa aiheeseen liittyvää RATU-korttia sekä Rakennustöiden menekit 2015-kirjaa. [31][34] Edellä mainituista lähteistä ei kuitenkaan saatu tietoa mattoraidoitteiden työmenekkeistä, vaan tätä työmenekkiä jouduttiin arvioimaan itse mattoraidoitteilla kerrostalokohteita toteutettujen työnjohtajan haastattelun perusteella. Työmenekkien arviointiin liittyvät seuraavat käsitteet:

Tehollinen aika, työvuoroaika T3

Työvuoroajat ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaiheaikatauluja, viikkoaikatauluja ja tehtäväsuunnitelmia laadittaessa. [34] RATU-kortistossa työmenekit ilmoitetaan T3-aikoina.

Työvaiheen lisäajat TL3

Työvaiheen lisäajat ovat vähintään tunnin pituisia työn keskeytyksiä, pieniä erillisiä työvaiheita tai koneiden ja laitteiden rikkoutumisia tai huoltoja, odotusaikoja, säähaittoja, tapaturmia tms. Raudoituksen TL3-lisäaikakerroin vaihtelee välillä 1,10...1,30. Pakkaspäivät eivät kuulu työvaiheen lisäaikoihin. [31][34]

Tässä työssä esimerkkikohteiden työmenekkiä laskettaessa käytetään koko TL3-lisäaikakertoimen vaihteluväliä 1,10...1,30. Tämä sen vuoksi, jotta voitaisiin nähdä TL3-kertoimen vaihtelun vaikutus kokonaistyömenekkiin eri raudoitustapojen välillä.

Kokonaisaika T4

Kokonaisaika eli työnvaihe aika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. Kokonaisaika käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. Kokonaisajat saadaan kertomalla työvuoroajat TL3-kertoimella. [34]

Lisäksi työmenekkiin vaikuttaa raudoituksen osalta suoritusmääräkerroin, joka riippuu koko kohteen asennettavasta teräsmäärästä. Laatoilla suoritusmääräkertoimet ovat taulukon 6.4 mukaiset:

Taulukko 5.4 Raudoituksen suoritemääräkerroin laatoille [31][34]

	Raudoituksen suoritemäärä [tn]				
	≤25	50	75	150	≥300
Suoritemääräkerroin	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

Kuten kohdan 6.2 määrälaskelmista nähdään, vaihtelee esimerkkikohteiden raudoituksen suoritemäärä välillä 4000 kg – 6000 kg yhtä väli- tai alapohjalaattaa kohden. Kerroksia (tai vaihtoehtoisesti esimerkkikohteen tapauksessa rivitaloyhtiössä taloja) tulisi olla ainakin 5 kpl, jotta raudoituksen suoritemäärä kohteessa yhteensä nousisi välille 25 – 50 tn. Tässä työssä työmenekkilaskennassa annetaan suoritemääräkertoimen vaihteluväliksi 1,10...1,0, jotta voitaisiin tutkia kohteen koon vaikutusta työmenekkieroihin raudoitustapojen välillä. Suuremmat kohteen kokonaissuoritusmäärät kuin 75 tn rajattiin siis pois tarkastelusta. Esimerkiksi useamman samanlaisen pistekerrostalon muodostamissa kokonaisuuksissa suoritemäärä saattaisi kuitenkin hyvinkin nousta näin korkeaksi.

Työmenekkiin raudoitustyössä vaikuttavat suuntaan tai toiseen myös monet muut asiat, kuten työryhmän kokemus, työnjohdon läsnäolo sekä sääolosuhteet. [31] Tässä työssä kuitenkin keskitytään raudoitustavasta johtuviin eroavaisuuksiin työmenekissä ja oletetaan ulkoiset ja työmaan yleisolosuhteet samoiksi jokaisella raudoitustavalla ja jokaisessa esimerkkikohteessa.

Tässä työssä työmenekkejä määritettäessä huomattiin suurimmaksi haasteeksi se, että kaistarauδοitteiden ja mattorauδοitteiden työmenekistä ei ole esimerkiksi RATU-kortistossa olleenkaan menekkitietoutta. Laattojen raudoituksista RATU-kortistossa annetaan työmenekit pelkästään irtoteräsraudoitukselle ja raudoitukselle valmisverkoilla, joiden teräskoko vaihtelee välillä 4...8 mm teräsjaon ollessa kumpaankin suuntaan 150 mm. Tässä työssä päädyttiin interpoloimaan kaistarauδοiteverkkojen työmenekki T3 seuraavaa päättelyketjua noudattaen:

- Havaittiin, että verkkojen #8k150 ja #10k250 teräksien poikkipinta-alat metriä kohden ovat lähestulkoon samat ($335 \text{ mm}^2/\text{m}$ vs. $314 \text{ mm}^2/\text{m}$).
- Esimerkkikohteessa 2 suurin osa kaistaverkoista käytetään alapinnan perusterästyksen #10k250 muodostamiseen sekä reunahakakorien 10k250 muodostamiseen. Esimerkkikohteessa 3 suurin osa kaistaverkoista kuuluu perusterästyksen #10k300 sekä reunahakakorien #10k300 muodostamiseen. Esimerkkikohteessa 1 kaistaverkkojen teräsmäärä on suurempi, 12 mm terästä on runsaasti.
- #10k300 vastaa teräksen poikkipinta-alaa $261 \text{ mm}^2/\text{m}$.

- RATU-kortistossa annetaan työmenekiksi verkolle #8k150 (10 m²) 5,0 tth/1000 kg sekä irtoteräkselle 10 mm 8,0 tth/1000 kg ja irtoteräkselle 12 mm 5,5 tth/1000 kg.
- Edellä mainittujen avulla lasketaan eri esimerkkikohteissa käytettävät kaistarauoituksen työmenekit interpoloimalla tunnetusta työmenekistä teräksien poikkipinta-alojen suhteessa:
 - o Esimerkkikohteessa 1 ja esimerkkikohteessa 3 hakakorien #10k300 ja verkkojen #10 k300 työmenekkinä TM₁
 - o Esimerkkikohteessa 2 verkkojen/hakakorien #10k250 työmenekkinä TM₂
 - o Esimerkkikohteessa 1 12 mm kaistarauoitteiden työmenekkinä TM₃
 - o Esimerkkikohteessa 3 yläpintaverkkojen #10k600 työmenekkinä TM₄

$$TM_1 = \frac{335 \text{ mm}^2/\text{m}}{261 \text{ mm}^2/\text{m}} * 5,0 \text{ tth}/1000 \text{ kg} = 6,4 \text{ tth}/1000 \text{ kg}$$

$$TM_2 = \frac{335 \text{ mm}^2/\text{m}}{314 \text{ mm}^2/\text{m}} * 5,0 \text{ tth}/1000 \text{ kg} = 5,3 \text{ tth}/1000 \text{ kg}$$

$$TM_3 = \frac{5,5 \text{ tth}/1000 \text{ kg}}{8 \text{ tth}/1000 \text{ kg}} * 5,3 \text{ tth}/1000 \text{ kg} = 3,7 \text{ tth}/1000 \text{ kg}$$

$$TM_4 = \frac{335 \text{ mm}^2/\text{m}}{130 \text{ mm}^2/\text{m}} * 5,0 \text{ tth}/1000 \text{ kg} = 12,9 \text{ tth}/1000 \text{ kg}$$

Kaistarauoitteiden lisäksi myös mattorauoitteiden työmenekit piti arvioida itse. Mattorauoitteiden työmenekkiä arvioitiin haastattelemalla mattorauoitteilla useamman pistekerrostalokohteen toteuttanutta vastaavaa työnjohtajaa, joka ilmoitti edellisen toteutuneen kohteen toteutuneet asennusajat. On huomioitavaa, että tällä tavalla saadut menekit ovat suoraan T4-aikoja eli ne sisältävät jo valmiiksi työvaiheen lisäajat TL3. Tässä työssä nämä T4-menekit redusointiin T3-menekeiksi jakamalla ne raudoitustyön TL3-kertoimen mediaanilla 1,2. Näitä laskettuja T3-menекkejä käsitellään tässä työssä työmenekkien laskennassa aivan kuten suoraan RATU-kortistosta saatuja menekkejäkin eli kertomalla niitä TL3-kertoimen minimi- ja maksimiarvoilla sekä suoritemääräkertoimen minimi- ja maksimiarvoilla. Mattorauoitteiden T3-menekkien määrittämiseen käytetyn vertailukohteen 1 määrälaskenta on esitetty liitteessä 4. Sähköpostihaastattelun perusteella toteutuneet T4-menekit vertailukohteelle 1 olivat seuraavat [35]:

- Alapintaterästys sisältäen alapinnan rauditusvälikkeiden asennuksen noin 13 tth.
- Yläpintaterästykseen tukipukit ja reunahakakorit yhteensä noin 5 tth.
- Yläpinnan rauditusmatot noin 12 tth.

Vertailukohteen 1 määrälaskennan perusteella saatiin ilman työteräksiä ja materiaalihukkaa alapintaterästyksen määräksi 1805,27 kg, yläpintaterästyksen tukipukkien arvioiduksi määräksi 78,56 kg, reunahakakorien määräksi 624,82 kg ja yläpinnan raudoitusmattojen määräksi 781,88 kg. Näiden tietojen perusteella saadaan laskettua seuraavat T4-menokit:

- Alapintaterästykselle 7,5 tth/1000 kg
- Reunahakakoreille ja yläpintaterästyksen tukipukeille 7,1 tth/1000 kg
- Yläpintaterästykselle 15,3 tth/1000 kg

Tästä saadaan edelleen laskettua T3-menokit:

- Alapintaterästykselle 6,25 tth/1000 kg
- Reunahakakoreille ja yläpintaterästyksen tukipukeille 6 tth/1000 kg
- Yläpintaterästykselle 12,75 tth/1000 kg

Suuret erot ala- ja yläpintaterästyksen menekkien välillä johtuu muun muassa siitä, että alapinnan matot asennetaan holvimuotin päälle siinä vaiheessa, jossa talotekniikkaa ei ole vielä asennettu ja lisäksi esimerkiksi varausten muotit asennetaan toisinaan vasta alapintaverkkojen asennuksen jälkeen siten, että varausten reiät leikataan verkkoihin työmaalla. [28][35] Yläpinnan mattoraudoitteiden auki rullaus ei välttämättä ole läheskään niin suoraviivaista ja mattoa pitää käsivoimin auttaa putkien ja varausten yli oikeisiin kohtiin. Seuraavassa taulukossa 6.5 on esitetty koonti tässä työssä käytettävistä työmenekeistä. Edellä laskettuja menekkejä lukuun ottamatta menokit on saatu RATU-kortistosta. [31]

Taulukko 6.5 Työssä käytettävät työmenekit

	<i>Työnosa</i>	<i>Työmenekki</i> <i>[tth/1000 kg]</i>
<i>Aloittavat työt</i>	Käsinsiirrot, lyhyet siirtomatkat	0,5
	Käsinsiirrot, pitkät siirtomatkat	3,0
	Siirrot nosturilla	0,1
<i>Irtoteräokset</i>	8 mm	12,0
	10 mm	8,0
	12 mm	5,5
	16 mm	4,5
<i>Kaistarauδοitteet</i>	Hakakorit/verkot #10k300	6,4
	Hakakorit/verkot #10k250	5,3
	Hakakorit/verkot #12k300	3,7
	Hakakorit/verkot #10k600	12,9
<i>Mattoraudoitteet</i>	Alapintaterästys	6,25
	Hakakorit+yp. työterästys	6
	Yläpintaterästys	12,75

Kuten aikaisemmin tässä luvussa mainittua, on käytettävä TL3-lisäaikakertoimen vaihteluväli 1,10...1,30 ja suoritemääräkertoimen vaihteluväli 1,10...1,0.

6.3.1 Kohde 1

Esimerkkikohteen 1 työmenekkilaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 5. Taulukkoon 6.6. on koottu työmenekkilaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Kaikki T3- ja T4-työmenekit on esitetty yksikössä työntekijätunti [tth]. T4-menekin minimi-, maksimi-, keski- ja mediaaniarvot on määritetty T3-menekistä antaen TL3-lisäaikakertoimelle sekä suoritemääräkertoimelle kyseisten muuttujien minimi- ja maksimiarvot ja saatu näin T4-ajalle neljä eri lukuarvoa raudoitustapaa kohden, joiden perusteella on laskettu edellä mainitut T4-menekin tilastolliset tunnusluvut.

Taulukko 6.6 Esimerkkikohteen 1 työmenekkilaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistarauδοitus</i>	<i>Mattorauδοitus</i>
T3	35,0	32,9	33,7
T4 minimiarvo	38,5	36,2	37,1
T4 maksimiarvo	50,1	47,0	48,2
T4 keskiarvo	44,1	41,4	42,5
T4 mediaaniarvo	44,0	41,3	42,3

Kuten taulukosta 6.6 havaitaan, suurin työmenekki on irtoteräsraudoituksella ja pienin kaistarauδοituksella. Erot ovat kuitenkin käytännössä hyvin pienet, sillä tyypillisellä 2-3 hengen raudoitustyöryhmällä [31][35] kaikki raudoitustavat ovat kokonaistyönkestoltaan tunnin sisällä toisistaan T4-mediaaniarvoiltaan. Lisäksi eri raudoitustapojen T4-aikojen minimi- ja maksimiarvoista nähdään, että eri raudoitustapojen T4-aikojen vaihteluvälit ovat ainakin osittain toisensa peittäviä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vaikka irtoteräsraudoitus onkin T4-aikojen keski- ja mediaaniarvoja tarkasteltaessa työmenekiltään suurempi kuin kaksi muuta vaihtoehtoa, on optimiolosuhteissa suoritettu (T4-ajan minimiarvo) irtoteräsraudoitus nopeampi kuin epäedullisissa olosuhteissa suoritettut (T4-ajan maksimiarvo) kaksi muuta vaihtoehtoa.

6.3.2 Kohde 2

Esimerkkikohteen 2 työmenekkilaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 5. Taulukkoon 6.7. on koottu työmenekkilaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Kaikki T3- ja T4-työmenekit on esitetty yksikössä työntekijätunti [tth]. Irtoteräsraudoituksen yhteydessä on esitetty myös vertailuarvot

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellulle raudoitukselle. Nämä menekit on esitetty muodossa EC/RakMK.

Taulukko 6.7 Esimerkkikohteen 2 työmenekkilaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistaraudoitus</i>	<i>Mattoraudoitus</i>
T3	38,0/33,0	35,5	34,4
T4 minimiarvo	41,8/36,2	39,0	37,7
T4 maksimiarvo	54,3/47,2	50,7	49,1
T4 keskiarvo	47,9/41,6	44,7	43,2
T4 mediaaniarvo	47,7/41,4	44,5	43,1

Kuten taulukosta 6.7 havaitaan, suurin työmenekki on tässäkin esimerkkikohteessa irtoteräsraudoituksella ja pienin mattoraudoituksella. Erot eri raudoitustapojen työmenekki- en välillä ovat tässäkin esimerkkikohteessa hyvin pienet ja 2-3 hengen raudoitustyöryhmällä suoritettaessa erot työn kestossa eri raudoitustapojen välillä olisivat likimain yhtä suuret kuin esimerkkikohteessa 1. Esimerkkikohteeseen 2 pätevät samat havainnot T4-ajan minimi-, maksimi-, keski- ja mediaaniarvojen suhteen kuin esimerkkikohteeseen 1, eli T4-ajan vaihteluvälit ovat osittain toisensa peittäviä eri raudoitustapojen välillä.

Esimerkkikohteessa 2 suoritettiin myös vertailua kahden eri suunnittelunormin välillä. Kuten taulukosta 6.7 nähdään, on eurokoodeilla suunniteltu rakenne hieman yli 6 tth hitaampi toteuttaa kuin Suomen rakentamismääräyskokoelmalla suunniteltu, kasvaneen materiaalimenekin vuoksi. Kuten edellä on jo havaittu, tyyppillisen kokoisella työryhmällä tämä tarkoittaa 2-3 tunnin suuruista eroa työn suoritusajassa kokonaisuudessaan.

6.3.3 Kohde 3

Esimerkkikohteen 3 työmenekkilaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 5. Taulukkoon 6.8. on koottu työmenekkilaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Kaikki T3- ja T4-työmenekit on esitetty yksikössä työntekijätunti [tth]. Irtoteräsraudoituksen yhteydessä on esitetty myös vertailuarvot Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellulle raudoitukselle. Nämä menekit on esitetty muodossa EC/RakMK.

Taulukko 6.8 Esimerkkikohteen 3 työmenekkilaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistarauδοitus</i>	<i>Mattorauδοitus</i>
T3	33,7/32,5	40,9	34,7
T4 minimiarvo	37,1/35,7	45,0	38,1
T4 maksimiarvo	48,2/46,4	58,5	49,6
T4 keskiarvo	42,5/40,9	51,6	43,7
T4 mediaaniarvo	42,3/40,7	51,4	43,5

Kuten taulukosta 6.8 havaitaan, esimerkkikohteessa 3 työmenekki on suurin kaistarauδοituksella ja pienin irtoteräsraudoituksella. Erot eri raudoitustapojen työmenekkien välillä ovat tässäkin esimerkkikohteessa hyvin pienet ja tyypillisellä raudoitustyöryhmällä irtoteräsraudoituksen työsuorituksen kesto olisi alle tunnin nopeampi kuin matorauδοituksella ja 3-5 tuntia nopeampi kuin kaistarauδοituksella. Esimerkkikohteeseen 2 pätevät samat havainnot T4-ajan minimi-, maksimi-, keski- ja mediaaniarvojen suhteen kuin esimerkkikohteeseen 1, eli T4-ajan vaihteluvälit ovat osittain toisensa peittäviä eri raudoitustapojen välillä. Kaistarauδοituksen suurempi kesto johtunee tässä esimerkkikohteessä siitä, että esimerkkikohteessä 3 on kaistarauδοituksen lisäksi suhteellisen suuri määrä irtoteräksiä.

Esimerkkikohteessa 3 suoritettiin myös vertailua kahden eri suunnittelunormin välillä. Kuten taulukosta 6.7 nähdään, on eurokoodeilla suunniteltu rakenne hieman noin 1,5 tth hitaampi toteuttaa kuin Suomen rakentamismääräyskokoelmalla suunniteltu, kasvaneen materiaalimenekin vuoksi. Tyypillisen kokoisella työryhmällä tämä tarkoittaa alle tunnin suuruista kasvua työn kokonaiskestossa.

6.3.4 Työmenekkien yhteenveto

Kuten edellä on tullut ilmi, ovat erot raudoituksen työmenekkeissä hyvin pienet eri raudoitustapojen välillä. Huomattavin havainto on se, että eri raudoitustapojen työmenekkien vaihteluvälit ovat jokaisessa esimerkkikohteessa osittain päällekkäiset eli T4-mediaani- tai keskiarvoltaan edullisimman raudoitustavan T4-maksimiarvo on suurempi kuin kahden muun raudoitusvaihtoehdon T4-minimiarvot. Tämän havainnon kautta tulee hyvin ilmi, kuinka suuri käytännön merkitys T4-aikaan on TL3-lisäaikakertomella ja suoritämääräkertoimella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kohteissa, jossa kyseistä raudoitustyötä tekee kokenut, raudoitustyöhön erikoistunut työryhmä ihanteellisissa sääolosuhteissa ilman materiaalitoimitusvaikeuksiin ja työvälineisiin liittyviä työn keskeytyksiä voi suorittaa esimerkiksi perinteisen työvoimavaltaisen irtoteräsraudoituksen vähintäänkin samalla tai jopa pienemmällä työmenekillä kuin vähemmän kokenut eikä välttämättä raudoitustyöhön erikoistunut työryhmä suorittaisi raudoite-elementeillä ky-

seisen raudoitustyön. Esimerkkikohteissa suurin T4-mediaani oli pienintä T4-mediaania 14,5...21,4 % suurempi.

Erityisesti esimerkkikohteen 3 kohdalla on kaistarauoituksen kohdalla havaittavissa kaistarauoituksia täydentävän suurehkon irtoteräsmäärän suurentava vaikutus työmenekkiin. Erityisesti reunahakakoreja täydentää suurehko määrä taivutettuja irtoteräksiä. Esimerkkikohteen 3 perusteella voisikin päätellä, ettei kaistarauoitus sovellu kovin hyvin tällaisiin pienikokoisiin paalulaattoihin suhteellisen pienen toistuvuuden vuoksi, joka aiheuttaa tarpeen täydentää kaistarauoituksia irtoteräksin, jotta kaistarauoitelementtien sarjapituus saataisiin vaadittavalle tasolle.

Esimerkkikohteissa 2 ja 3 tutkittiin myös käytetyn suunnittelunormin vaikutusta irtoteräsradoituksen työmenekkiin. Esimerkkikohteessa 2 raudoituksen työmenekki oli noin 13 % pienempi, kun käytettiin suunnittelunormina Suomen rakentamismääräyskokoelmaa eurokoodien sijaan. Esimerkkikohteessa 3 vastaava ero oli hieman alle 4 %. Erot ovat linjassa vastaavien materiaalimenekkien erojen kanssa, joita on käsitelty luvussa 6.2.

Kuten aikaisemmin tässä luvussa mainittua, työmenekkien arviointi oli hyvin hankalaa kaista- ja matorauoitteiden osalta kirjallisten lähteiden puutteen vuoksi. Eri raudoitustapojen työmenekkien suuruusjärjestys oli kuitenkin joka esimerkkikohteessa looginen irtoteräsradoituksen työmenekin ollessa suurin ja kahden erilaisen raudoitelementtiratkaisun työmenekin tätä pienempi. Erot eivät kuitenkaan olleet kovin suuria. Teollisten raudoitteiden asennusnopeus ei ole niin paljon irtoteräsasennusta suurempi kuin mitä näiden raudoitustuotteiden mainospuheissa väitetään. Syynä tähän on todennäköisesti asuinkerrostalojen välipohjalaattojen pieni koko, laatan sisällä kulkevan talotekniikan suuri määrä ja usein monimutkainen muoto verrattuna esimerkiksi teollisuus- ja liikerakennuksiin.

6.4 Raudoitustavan vaikutukset kustannuksiin

Esimerkkikohteiden kustannukset eri raudoitusmenetelmille määritettiin käyttäen tämän työn kohdissa 6.2 ja 6.3 laadittuja määrä- ja työmenekkilaskelmia. Kustannuslaskelmissa huomioitiin vain raudoitteiden materiaalikustannukset ja raudoitteiden asennuksen työkustannus. Kohdassa 6.4.4 käsitellään raudoitukseen liittyvien työsuoritusten kustannuksia, joita on mahdollista pienentää raudoitustyösuorituksen nopeutumisen kautta. Tällä tarkastelulla haetaan vastausta yhteen tämän työn tutkimuskysymyksistä eli pyritään selvittämään kuinka suuri pitäisi teollisten raudoitteiden kautta saatavan ajan säästön olla, jotta erilaisten välillisten kustannusten säästön kautta voitaisiin kompensoida teollisten raudoitteiden suurempi hinta.

Raudoitteiden materiaalikustannukset

Raudoitteiden hinta on aina ajasta ja tilanteesta riippuvaista. Hintaan vaikuttavat muun muassa raaka-aineen eli betoniteräksen hinta, kysyntä, kohteen koko sekä raudoitus-suunnitelman taso. [37] Raudoitteiden hinta on siis kohdekohtainen. Tässä työssä ei kuitenkaan etsitty mahdollisuutta hankkia hintatarjoukset esimerkkikohteiden raudoitus-suunnitelmista, vaan työssä käytettävät hinnat määritettiin sähköpostihaastatteluilla saatujen raudoitustuotteiden välisten hintaerojen sekä betoniteräksen tukkuhinnan perusteella.

Tämän työn tekoaikaan kesällä 2015 voimassa ollut betoniterästen hinnasto antaa seuraavat yksikköhinnat tämän työn määräluetteloissa oleville terästyypeille [38]:

- Kaikki teräkset harjatankoa B500B, varastopituus 12 m.
- 8 mm teräs 910 €/tn
- 10 mm teräs 880 €/tn
- 12 mm teräs 870 €/tn
- 16 mm teräs 860 €/tn

Sähköpostihaastatteluiden perusteella saatiin seuraavat yksikköhinnat [35][37]:

- Määrämittaan leikatut ja taivutetut irtoteräsraudoitteet noin 600 €/tn
- Bamtec-mattoraudoitteet noin 950 €/tn
- Hakakorit noin 950 €/tn
- Teollisesti valmistetut hitsatut työterästukipukit 2530 €/tn
- Kaistaraudoitteet noin 745 €/tn

Kuten edellä olevasta voidaan havaita, on raudoitetuotteiden hinta tosiaankin kohteesta ja tilanteesta riippuvainen, sillä sähköpostihaastatteluiden perusteella saadut hinnat ovat esimerkkikohteita muistuttavien toteutuneiden kohteiden perusteella saatuja kokemusperäisiä tietoja. Koska myöhemmin tämän työn luvussa 6.4.4 käsitellyt välillisten kustannusten yksikköhinnat ovat samoista lähteistä, päädyttiin myös materiaalikustannusten laskennassa käyttämään sähköpostihaastatteluiden perusteella saatuja yksikköhintoja. Mitkään hinnoista eivät sisällä arvonlisäveroa.

Työkustannukset

Työkustannukset määritettiin käyttäen apuna Rakennusalan työehtosopimusta 2014–2016. [36] Työkustannukset määritettiin pääsääntöisesti sekä urakkahintana että tuntipalkkoihin perustuen. Mattoraudoitteille ei ollut saatavissa urakkatyön yksikköhintoja. Työkustannusten määrittämisessä käytettiin kohdissa 6.2 ja 6.3 käytettyjä määrä- ja työmenekkilaskelmia. Tässä työssä käytetyt urakkahinnoittelun yksikköhinnat sekä rakennusalan aikapalkkajärjestelmän mukaiset taulukkopalkat on esitetty taulukoissa 6.9 ja 6.10. Työnantajan sivukuluina on molemmissa käytetty arviona palkkaus.fi-internetpalvelusta saatua nyrkkisääntöä 25 %. Urakkahinnoittelun mukaiset yksikköhin-

nat sisältävät vain asennustyön eikä terästen katkaisuja ja taivutuksia, jotka on huomioitu materiaalikustannuksissa.

Taulukko 6.9 Raudoitustöiden urakkahinnoittelu, yksikköhintoja [36]

Nimike	Yksikköhinta [€/kg]
irtoteräsasennus, 8 mm teräs	0,24
irtoteräsasennus, 10 mm teräs	0,16
irtoteräsasennus, 12 mm teräs	0,11
irtoteräsasennus, 16 mm teräs	0,09
kaistaverkko, 10 mm pääteräs	0,06
kaistaverkko, 12 mm pääteräs	0,04
urakkaan kuuluva katkaisulisten teko	0,02

Taulukko 6.10 Rakennusalan aikapalkkajärjestelmän mukaiset taulukkopalkat [36]

Palkkaryhmä	Tuntipalkka [€]
I (Aloitteleva työntekijä)	9,83
II (Vähän kokemusta omaava työntekijä)	11,18
III (Aloitteleva ammattilainen)	12,34
IV (Ammattilainen)	13,68
V (Kokenut ammattilainen)	14,96
VI (Erittäin kokenut ammattilainen)	16,07

6.4.1 Kohde 1

Esimerkkikohteen 1 kustannuslaskennan tulokset eri rauditusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 6. Taulukkoon 6.11. on koottu kustannuslaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Työkustannuksissa hinnat sisältävät työnantajan sivukuluisiksi arvioidun 25 %.

Taulukko 6.11 Esimerkkikohteen 1 kustannuslaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistaraudoitus</i>	<i>Mattorauδοitus</i>
Materiaalikustannus [€]	2656	4150	3934
Työkustannus (urakka) [€]	964	587	-
Työkustannus (tuntityö minimiarvo) [€]	473	444	455
Työkustannus (tuntityö maksimiarvo) [€]	1006	944	968
Työkustannus (tuntityö mediaaniarvo) [€]	678	636	652
Yhteensä (urakka) [€]	3620	4737	-
Yhteensä (tuntityö vaihteluväli) [€]	3129–3662	4594–5094	4389–4902
Yhteensä (tuntityö mediaaniarvo) [€]	3334	4786	4586

Kuten taulukosta 6.11 voidaan havaita, esimerkkikohteessa 1 irtoteräsraudoitus on kokonaiskustannuksiltaan edullisin riippumatta siitä, lasketaanko työkustannukset tuntivai urakkatyön kustannuksilla. Kaistaraudoitus on lähes yhtä selkeästi kokonaiskustannuksiltaan kallein. Koska käytännössä irtoteräsraudoitus asennetaan useimmiten raudoitukseen erikoistuneen aliurakoitsijan toimesta ja teolliset raudoitteet pääurakoitsijan työntekijöiden toimesta, on perusteltua kustannusvertailussa vertailla keskenään kokonaiskustannuksia, joissa irtoteräsraudoituksen hinnassa on työkustannukset urakkahinnoittelulla ja teollisissa raudoitteissa käytetään tuntityön mediaaniarvoa. Tällöin irtoteräsraudoitus olisi kokonaiskustannuksiltaan 1167 € kaistaraudoitusta edullisempi ja 967,09 € mattorauδοitusta edullisempi. Välipohjalaatan pinta-ala 442 m² huomioiden kustannuserot ovat vastaavasti 2,64 €/m² ja 2,19 €/m². Prosentuaalisesti tarkasteltuna irtoteräsraudoitus on noin 24 % kaistaraudoitusta edullisempi ja 21 % mattorauδοitusta edullisempi. On kuitenkin huomattava, että kaista- ja mattorauδοituksen kokonaiskustannusten vaihteluvälit ovat keskenään osittain päällekkäiset ja suotuisissa olosuhteissa kaistaraudoitus voi olla mattorauδοitusta edullisempi.

6.4.2 Kohde 2

Esimerkkikohteen 1 kustannuslaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 6. Taulukkoon 6.12. on koottu kustannuslaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Irtoteräsraudoituksen yhteydessä on esitetty myös ver-

tailuarvot Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellulle raudoitukselle. Nämä menekit on esitetty muodossa EC/RakMK.

Taulukko 6.12 Esimerkkikohteen 2 kustannuslaskelman kooste

	<i>Irtoteräs- raudoitus</i>	<i>Kaistaraudoitus</i>	<i>Mattorauδοitus</i>
Materiaalikustannus [€]	2814/ 2477	4081	4233
Työkustannus (urakka) [€]	1025/ 892	612	-
Työkustannus (tuntityö minimiarvo) [€]	513/ 445	479	464
Työkustannus (tuntityö maksimiarvo) [€]	1091/ 949	1019	985
Työkustannus (tuntityö mediaaniarvo) [€]	735/ 639	687	664
Yhteensä (urakka) [€]	3839/ 3370	4693	-
Yhteensä (tuntityö vaihteluväli) [€]	3327– 3905/2922–3426	4560–5100	4697–5218
Yhteensä (tuntityö mediaaniarvo) [€]	3549/ 3116	4768	4897

Kuten taulukosta 6.12 voidaan havaita, myös esimerkkikohteessa 2 irtoteräsraudoitus on kokonaiskustannuksiltaan edullisin riippumatta siitä, lasketaanko työkustannukset tuntivai urakkatyön kustannuksilla. Mattorauδοitus on hieman kaistaraudoitusta kalliimpi, mutta kaista- ja mattorauδοituksen työkustannuksien vaihteluvälit ovat keskenään osittain päällekkäiset joten sopivalla työryhmällä suotuisissa olosuhteissa mattorauδοitus voi olla edullisempi.

Irtoteräsraudoitus on kokonaiskustannuksiltaan 928,36 € kaistaraudoitusta edullisempi ja 1067,68 € mattorauδοitusta edullisempi. Välipohjalaatan pinta-ala 453 m² huomioiden kustannuserot ovat vastaavasti 2,05 €/m² ja 2,36 €/m². Prosentuaalisesti tarkasteltuna irtoteräsraudoitus on noin 20 % kaistaraudoitusta edullisempi ja 22 % mattorauδοitusta edullisempi.

Esimerkkikohteessa 2 tarkasteltiin myös kustannuseroa kahdella eri suunnittelunormilla suunnitellun rakenteen välillä irtoteräsraudoitusta käytettäessä. Eurokoodeja käyttäen suunnitellun rakenteen raudoitus oli tässä tapauksessa 469,64 € (1,04 €/m²) kokonaiskustannuksiltaan suurempi kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunniteltu. Prosentuaalisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellun rakenteen kokonaiskustannus on noin 12 % pienempi.

6.4.3 Kohde 3

Esimerkkikohteen 3 kustannuslaskennan tulokset eri raudoitusvaihtoehdoilla on tarkemmin esitetty liitteessä 6. Taulukkoon 6.13. on koottu kustannuslaskelman tämän työn kannalta tärkeimmät luvut. Irtoteräsraudoituksen yhteydessä on esitetty myös vertailuarvot Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellulle raudoitukselle. Nämä menekit on esitetty muodossa EC/RakMK.

Taulukko 6.13 Esimerkkikohteen 3 kustannuslaskelman kooste

	<i>Irtoteräsraudoitus</i>	<i>Kaistarautoitus</i>	<i>Mattorautoitus</i>
Materiaalikustannus [€]	2473/2384	3706	3738
Työkustannus (urakka) [€]	903/870	732	-
Työkustannus (tuntityö minimiarvo) [€]	456/439	553	469
Työkustannus (tuntityö maksimiarvo) [€]	968/932	1176	996
Työkustannus (tuntityö mediaaniarvo) [€]	653/628	792	671
Yhteensä (urakka) [€]	3376/3254	4438	-
Yhteensä (tuntityö vaihteluväli) [€]	2929–3441/2823–3316	4259–4882	4207–4734
Yhteensä (tuntityö mediaaniarvo) [€]	3126/3012	4498	4409

Kuten taulukosta 6.13 voidaan havaita, myös esimerkkikohteessa 3 irtoteräsraudoitus on kokonaiskustannuksiltaan edullisin riippumatta siitä, lasketaanko työkustannukset tuntivai urakkatyön kustannuksilla. Kaistarautoitus on hieman mattorautoitusta kalliimpi, mutta kaista- ja mattorautoituksen työkustannuksien vaihteluvälit ovat keskenään osittain päällekkäiset, joten sopivalla työryhmällä suotuisissa olosuhteissa kaistarautoitus voi olla edullisempi.

Irtoteräsraudoitus on kokonaiskustannuksiltaan 1122,33 €kaistarautoitusta edullisempi ja 1033,81 €mattorautoitusta edullisempi. Välipohjalaatan pinta-ala 285 m² huomioiden kustannuserot ovat vastaavasti 3,94 €/m² ja 3,63 €/m². Prosentuaalisesti tarkasteltuna irtoteräsraudoitus on noin 25 % kaistarautoitusta edullisempi ja 23,5 % mattorautoitusta edullisempi.

Esimerkkikohteessa 3 tarkasteltiin myös kustannuseroa kahdella eri suunnittelunormilla suunnitellun rakenteen välillä irtoteräsraudoitusta käytettäessä. Eurokoodeja käyttäen

suunnitellun rakenteen raudoitus oli tässä tapauksessa 122,07 € (0,43 €/m²) kokonaiskustannuksiltaan suurempi kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunniteltu. Prosentuaalisesti Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan suunnitellun rakenteen kokonaiskustannus on noin 3,6 % pienempi.

6.4.4 Kustannuslaskennan yhteenveto

Alla olevaan taulukkoon 6.14 on koottu yhteenvetona luvuissa 6.4.1–6.4.3 läpi käytyjen esimerkkikohteiden kokonaiskustannusten erot siten esittäen, että kustannuksiltaan edullisimman raudoitustavan kohdalla on merkitty 0 ja kahdelle muulle kustannuserot edullisimpaan nähden. Erot on esitetty sekä euromääräisinä että prosentteina.

Taulukko 6.14 Kokonaiskustannuksien erojen vertailu edullisimpaan

	<i>Irtoteräs- raudoitus</i>	<i>Kaistaraudoitus</i>	<i>Mattorauδοitus</i>
Kokonaiskustannus [€] Esimerkkikohte 1	0	+1167/24 %	+967/21 %
Kokonaiskustannus [€] Esimerkkikohte 2	0	+928/20 %	+1068/22 %
Kokonaiskustannus [€] Esimerkkikohte 3	0	+1122/25 %	+1034/23,5%

Kuten taulukosta 6.14 on havaittavissa, teolliset raudotteet eli kaista- ja mattorauδοitus ovat kokonaiskustannuksiltaan jokaisessa esimerkkikohteessa 20–25 % irtoteräsraudoitusta suurempia. Jos tarkastellaan eroa raudoituksen hinnassa välipohjaneliötä kohden, on eron vaihteluväli 2,05–2,64 €/m² esimerkkikohteissa 1 ja 2 (kerrostaloesimerkit) ja hieman suurempi eli suuruusluokaltaan 3,5–4,0 €/m² esimerkkikohteessa 3 (rivitalon alapohja). Huomioitavaa on myös, että kaikki kustannukset on laskettu yhtä välipohjalaattaa tai esimerkkikohteen 3 tapauksessa yhtä rivitalon alapohjalaattaa kohden.

6.4.5 Välilliset kustannukset esimerkkikohteissa

Välillisillä kustannuksilla tarkoitetaan tässä työssä kustannuksia, joiden syntyminen on siten ajasta riippuvaista, että niiden kautta voidaan saavuttaa kustannussäästöjä raudoitustyön nopeutumisen kautta. Tässä työssä välillisten kustannusten tutkimisen tarkoituksena on selvittää, kuinka suuri ajansäästö tulisi kaista- ja mattorauδοitteiden käytöllä saavuttaa, jotta luvussa 6.4.4 esitetyt kaista- ja mattorauδοitteiden suuremmat kustannukset tulisivat katetuksi. Koska välillisten kustannusten aihealue on hyvin laaja ja työssä käytettävät lähteet kustannustietouden osalta hyvin rajalliset, keskitytään tässä työssä tutkimaan vain seuraavia runkotyövaiheeseen liittyviä kustannuksia:

- Muottikaluston vuokratkustannukset

- Turvakaidekaluston vuokrakustannukset
- Elementtitukien vuokrakustannukset

Edellä mainittuun rajaukseen päätyemisellä oli pääasiallisena syynä se, että koska opinäytetyön rahoittajana ei toiminut esimerkiksi rakennusliike, oli riittävän yksityiskohtaisen kustannustiedon hankinta erittäin hankalaa ja näin ollen lähteet kustannustietouden osalta rajoittuivat rakennuskonevuokraamoiden julkisiin hinnastoihin sekä lisäksi yhteen aikaisemmin tehtyyn opinäytetyöhön. Vaikka työmaan yleiskustannukset ovat hyvin voimakkaasti hankkeesta riippuvaisia, niiden tarkastelu olisi silti hyvin oleellista tämän opinäytetyön kannalta, sillä työmaan yleiskustannuksiin kuuluvat muun muassa työmaatilat, työmaan aitaus, työnjohdon palkat sekä työmaan nostokaluston vuokrat. Edellä mainituista työmaan nostokaluston sekä työmaatilojen vuokrien hinnoittelun yksikkönä on useimmiten €/kuukausi, joten niiden kautta saatava kustannussäästö saattaa toisinaan olla hyvinkin merkittävä taulukon 6.14 kustannuseroihin nähden, jos valitun raudoitustavan perusteella syntyvä aikasäästö olisi vuokra-aikaan sopiva.

Koska välillisten kustannuksien tarkasteluun otettiin mukaan vain edellä mainitut kolme kalustokustannustekijää, välillisten kustannusten tarkastelusta jää esimerkkikohteista viimeinen eli rivitaloesimerkki, esimerkkikohde 3 pois. Tämä sen vuoksi, että rivitalojen alapohjarakenteena toimivien paalulaattarakenteiden tuotannossa ei synny kuluja tarkasteltavista syistä.

Välillisten kustannusten laskennassa käytettiin seuraavia yksikköhintoja:

- Muottikaluston vuokrakustannukset $0,12 \text{ €/m}^2/\text{vrk}$ [39]. Vuokrahinta ei sisällä muottilevyjä, jotka hankitaan erikseen. Muottikaluston vuokrakustannuksen paikkaansa pitävyys varmistettiin haastattelun yhteydessä. [35]
- Pinta-asenteinen holvin turvakaide Vepe, standarditoimituserä 40 kpl kuljetuskehikkoineen $17,12 \text{ €/vrk}$ [40]
- Elementtituki RSK4, standarditoimituserä 40 kpl kuljetuskehikkoineen, $32,45 \text{ €/vrk}$ [30]

Kaikki edellä mainitut vuokrahinnat on esitetty ilman arvonlisäveroa. Vuokrakaluston kustannuslaskelma on yksityiskohtaisesti esitetty liitteessä 6. Elementtitukien kappalemäärä laskettiin olettaen, että jokaisessa seinä- ja parvekepielielementissä on kaksi tukea ja elementtituet ovat kahdessa kerroksessa kerrallaan. Holvin turvakaiteiden kappalemäärä laskettiin holvin piirin perusteella olettaen kaidetolppaväliksi 2 m ja olettaen että työmaalla on kaidetolppia 10 % ylimääräisiä. Taulukkoon 6.15 on koottu vuokrakaluston kustannuksia kokonaisuudessaan esimerkkikohteille 1 ja 2 eri vuokra-ajoille.

Taulukko 6.15 Vuokrakaluston käytön aiheuttamat kustannukset

	<i>Esimerkkikohde 1</i>	<i>Esimerkkikohde 2</i>
€1 vrk	172	233
€2 vrk	344	466
€3 vrk	515	699
€4 vrk	687	932
€5 vrk	859	1165

Taulukoista 6.14 ja 6.15 voidaan havaita, että pelkillä vuokrakaluston käytön kustannuksista saatavilla säästöillä ei mitenkään ole mahdollista kattaa teollisten raudoitteiden suurempia kustannuksia, sillä koska eri raudoitustapojen väliset erot työmenekissä ovat suuruudeltaan muutaman tunnin luokkaa, ei raudoitustavan valinnalla voi saavuttaa useiden vuorokausien aikataulusäästöä kerrosta kohden. Teollisten raudoitteiden käytöllä voidaan kuitenkin mahdollisesti tehostaa välipohjan teon eri työvaiheiden limityksiä siten, että vuorokauden aikataulusäästö kerrosta kohden voi olla realistisesti tavoitettavissa erityisesti matoraudoitteiden käytön yhteydessä, sillä matoraudoitteiden työmenekkilaskelmista voidaan havaita, että vaikka matoraudoituksen kokonaistyömenekki kerrosta kohden ei olekaan irtoteräsraudoitusta merkittävästi parempi, on matoraudoituksen työmenekki alapintaterästyksen osalta edullisempi. Alapintaterästyksen nopeamman suorituksen johdosta välipohjan sisään jäävien LVIS-asennusten asennus voi alkaa hieman aikaisemmin. Lisäksi koska teollisia raudoitteita käytettäessä raudoitteet asentava työryhmä on koko ajan työmaalla, voi yläpintaraudoituksen asennus alkaa vaiheittain asunto kerrallaan sitä mukaa kun LVIS-asennukset ovat valmiit. [35][37]

Jos edellisen pohjalta oletetaan, että teollisten raudoitteiden käytöllä voitaisiin saavuttaa vuorokauden aikasäästö kerrosta kohden, jäisi muilla välillisillä kustannussäästöillä katettavaksi kustannuseroksi esimerkkikohteessa 1 995 €kerros kaistaradoitteiden tapauksessa ja 795 €kerros matoraudoitteiden tapauksessa. Vastaavat luvut esimerkkikohteessa 2 ovat 695 €kerros kaistaradoitteiden tapauksessa sekä 835 €kerros matoraudoitteiden tapauksessa. Saadut muilla tavoilla katettavat kustannukset ovat sen verran pienet, että ne ovat hyvin todennäköisesti saavutettavissa esimerkiksi työmaan yleiskustannusten kautta. On huomioitavaa, että kustannuslaskennassa ei puolestaan ole huomioitu mahdollisia teollisten raudoitteiden käytöstä johtuvia, kustannuksia kasvattavia välillisiä kustannuksia. Esimerkiksi matoraudoitteiden käytöstä aiheutuu lisäkustannuksia jo pelkästään sitä kautta, että matoraudoite-elementit tuodaan työmaalle täysinä rekkakuormina, usean kerroksen elementit kerrallaan ja näille pitää järjestää sääsuojaus esimerkiksi erilaisin vuokrattavin suojapeittein. [35]

7. TULOSTEN YHTEENVETO

Tässä työssä tarkasteltiin kolmea esimerkkikohdetta, joista kaksi ensimmäistä olivat asuinkerrostalojen välipohjalaattoja ja kolmas rivitalon paalulaatta-alapohja. Esimerkkikohteiden 2 ja 3 osalta suoritettiin myös vertailu eurokoodeilla ja Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti suunnitellun saman rakenteen välillä.

7.1 Materiaalimenekit

Materiaalimenekien osalta havaittiin sama tulos kaikissa esimerkkikohteissa. Mattorauδοituksella oli kaikissa esimerkkikohteissa pienin materiaalimenekki ja kaistarauδοituksella suurin irtoteräsraudoituksen sijoittuessa näiden kahden väliin. Esimerkkikohteissa 1 ja 2 mattorauδοituksen materiaalimenekit olivat 23 % ja 30 % kaistarauδοituksen materiaalimenekkiä ja noin 6 % irtoteräsraudoituksen materiaalimenekkiä pienemmät. Esimerkkikohteessa 3 erot olivat hieman pienemmät mattorauδοituksen materiaalimenekin ollessa 17 % kaistarauδοitusta ja 2 % irtoteräsraudoitusta pienempi.

Kaistarauδοituksen suuren materiaalimenekin havaittiin johtuvan osaltaan kaistarauδοitusten sisältämästä suuresta määrästä jako- ja asennusteräksiä, joilla ei ole merkitystä rakenteen toiminnan kannalta. Jakoterästen määrälaskelmassa huomioimatta jättäminen aiheutti esimerkkikohteessa 2 kaistarauδοituksen materiaalimenekin asettumisen toiseksi pienimmäksi ohi irtoteräsraudoituksen ja esimerkkikohteessa 3 kaistarauδοituksen materiaalimenekin pienemisen kaikkein pienimmäksi kolmesta vaihtoehdosta. Tällainen jakoterästen huomioimatta jättäminen on kuitenkin vain teoreettinen mahdollisuus.

Suunnittelunormien välisessä vertailussa havaittiin esimerkkikohteessa 2 Suomen rakentamismääräyskokoelmalla suunnitellun rakenteen materiaalimenekin olevan noin 12 % eli noin 560 kg pienempi kuin eurokoodeilla suunnitellun. Eron voidaan todeta johtuvan pääasiassa eurokoodin suuremmasta minimirauδοitusvaatimuksesta 270 mm teräsbetonilaatalle, joka aiheuttaa laatan alapinnan perusterästyksen noin 390 kg suuremman materiaalimenekin eurokoodeilla suunniteltaessa. Lisäksi yläpintaterästyksen kuuluvien laatan reunahakojen teräsjako määräytyy alapinnan perusterästyksen jaon perusteella, mikä puolestaan aiheuttaa noin 120 kg suuremman materiaalimenekin eurokoodeilla suunnitellussa rakenteessa. Esimerkkikohteessa 3 ero materiaalimenekissä normien välillä oli huomattavasti pienempi Suomen rakentamismääräyskokoelmalla suunnitellun rakenteen materiaalimenekin ollessa noin 3,5 % eli noin 145 kg eurokoodeilla suunniteltua pienempi. Pienempi ero johtuu siitä, että esimerkkikohteen laattapaksuudella 240 mm ei normien välinen ero minimirauδοitusvaatimuksissa aiheuttanut eroa laatan alapinnan perusterästyksen. Sen sijaan materiaalimenekin lisäys johtui eurokoodin tiu-

kemmasta vaatimuksesta liittyen suurimpaan sallittuun terästyksen tankojakoon maksimimomenttien alueella, joka eurokoodeilla suunnitellussa rakenteessa vaati tihentämään terästyksiä tietyissä kohdissa rakenteen ylä- ja alapinnassa.

7.2 Työmenekit

Esimerkkikohteiden työmenekkejä määritettäessä havaittiin TL3-lisäaikakertoimen suuri merkitys, sillä kaikissa esimerkkikohteissa T4-ajan vaihteluvälit olivat eri raudoitustapojen välillä osittain päällekkäiset eli T4-ajan mediaani- ja keskiarvoltaan edullisimman eli nopeimman raudoitustavan T4-ajan maksimiarvo oli suurempi kuin kahden muun raudoitustavan T4-ajan minimiarvo. Konkretisoituna tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kokenut työryhmä ihanneolosuhteissa voi hyvinkin nopeammin asentaa lähtökohtaisesti hitaammalla raudoitustavalla vastaavan raudoituksen kuin hieman vähemmän kokenut työryhmä huonoissa olosuhteissa lähtökohtaisesti nopeammalla raudoitustavalla vastaavan raudoituksen. T4-ajan vaihteluväli tietyssä kohteessa ja tietyllä raudoitustavalla oli suuruusluokaltaan 5-7 työntekijätuntia, mikä tavanomaisella raudoitustyöryhmällä tarkoittaa 2-4 tuntia.

Esimerkkikohteissa raudoitustapojen välinen järjestys työmenekkien osalta poikkesi hieman materiaalimenekeistä. Esimerkkikohteessa 1 raudoitustapojen työmenekkien suuruusjärjestys suurimmasta pienimpään oli irtoteräsraudoitus – mattoraudoitus - kaistaraudoitus, esimerkkikohteessa 2 vastaavasti irtoteräsraudoitus – kaistaraudoitus - mattoraudoitus ja esimerkkikohteessa 3 hieman yllättäen kaistaraudoitus – mattoraudoitus – irtoteräsraudoitus. Esimerkkikohteen 3 työmenekkien yllättävä järjestys johtunee siitä, että erityisesti kaistaraudoituksen yhteydessä jouduttiin käyttämään suurehko määrä raudoite-elementtejä täydentäviä irtoteräksiä, joita ei voitu sisällyttää raudoite-elementteihin ja joiden asennukseen kuluu siten lisää aikaa raudoite-elementtien asennuksen jälkeen. Erot eri raudoitustapojen työmenekeissä olivat kuitenkin hyvin pieniä, suurimman ja pienimmän työmenekin eron ollessa 2,7 tth esimerkkikohteessa 1, 4,6 tth esimerkkikohteessa 2 ja 9 tth esimerkkikohteessa 3. Tavanomaisella 2-3 hengen työryhmällä nämä tarkoittavat hyvin pieniä, maksimissaan 3-4 tunnin eroja työn suorituksessa.

Suunnittelunormeja vertailtaessa havaittiin 6 tth:n ero esimerkkikohteessa 2 ja esimerkkikohteessa 3 noin 1,5 tth:n ero Suomen rakentamismääräyskokoelman eduksi vertailussa eurokoodeilla suunniteltuun rakenteeseen. Työmenekkierojen suuruusluokka oli linjassa materiaalimenekkierojen suuruusluokan kanssa.

Työmenekkejä määritettäessä haasteelliseksi osoittautui lähteiden puute, sillä Raturkortistosta ei löydy työmenekkejä matto- ja kaistaraudoitteille, vaikka ne työmenetelmän osalta pintapuolisesti esitelläänkin. Tämä on selkeä kehityskohde.

7.3 Kustannukset

Kustannuslaskenta- ja vertailu osoittautui hankalaksi opinnäytetyön luonteen aiheuttamien kustannustiedon lähteiden rajoitteiden vuoksi. Esimerkkikohteissa 1 ja 3 raudoitustapojen kustannusten suuruusjärjestys pienimmästä suurimpaan oli irtoteräsraudoitus – mattoraudoitus – kaistaraudoitus ja esimerkkikohteessa 2 vastaavasti irtoteräsraudoitus – kaistaraudoitus – mattoraudoitus. Teolliset raudoitteet eli kaista- ja mattoraudoitteet olivat kokonaiskustannuksiltaan irtoteräsraudoitusta noin 20–25 % suuremmat. Tarkasteltaessa eroa raudoituksen hinnassa välipohjaneliötä kohden, on eron vaihteluväli 2,05–2,64 €/m² esimerkkikohteissa 1 ja 2 (kerrostaloesimerkit) ja hieman suurempi eli suuruusluokaltaan 3,5–4,0 €/m² esimerkkikohteessa 3 (rivitalon alapohja).

Suunnittelunormien välistä eroa esimerkkikohteissa 2 ja 3 tutkittaessa havaittiin kustannusvaikutuksen olevan hyvin linjassa materiaalimenekin kanssa Suomen rakentamismääräyskokoelmalla suunnitellun rakenteen ollessa 12 % edullisempi esimerkkikohteessa 2 ja 3,5 % edullisempi esimerkkikohteessa 3. Tarkasteltaessa eroa raudoituksen hinnassa neliötä kohden, oli ero suunnittelunormien välillä 1,04 €/m² esimerkkikohteessa 2 ja 0,43 €/m² esimerkkikohteessa 3.

Esimerkkikohteiden kustannuslaskennan lisäksi tarkasteltiin, paljonko nopeamman raudoitustavan valinnalla voidaan säästää välillisissä kustannuksissa. Tässä työssä rajoitettiin tutkimaan runkotyövaiheen vuokrakalustokustannuksia ja havaittiin, että vuorokauden aikataulusäästöllä kerrosta kohden voitaisiin kattaa 15 – 17 % teollisten raudoitteiden korkeammista kustannuksista kerrosta kohden esimerkkikohteessa 1 ja 20 – 25 % esimerkkikohteessa 2. Opinnäytetyötä tehtäessä ei saatu tietoa esimerkiksi torni- tai ajoneuvonosturien vuokrahinnoista, mutta loogisesti ajateltuna nostokaluston vuokrahinnat ovat suuruusluokaltaan tarkasteltuja pienkalustovuokria suuremmat ja lisäsäästöjä olisi saatavissa niiden kautta.

8. PÄÄTELMÄT

8.1 Päätelmät

Tutkimus osoittaa teollisten raudoitteiden kustannusten olevan perinteistä irtoteräsraudoitusta 20 – 25 % suuremmat. Toisaalta kustannuserot raudoitusmenetelmien välillä ovat euromääräiseltä suuruusluokaltaan niin pienet, että niiden kattaminen teollisten raudoitteiden avulla saaduilla aikataulusäästöillä on hyvinkin mahdollista. Tässä työssä ei kyetty saamaan yksiselitteistä vastausta sille, kuinka suuri pitäisi saavutetun aikataulusäästön olla, jotta korkeammat kustannukset tulisivat aikataulusäästöllä katetuiksi. Syynä tähän on se, että opinnäytetyön yhteydessä ei ollut käytettävissä kustannustietoutta liittyen rakennustyömaan yleiskustannuksiin ja nostokaluston vuokriin ja käyttökustannuksiin. Työ kuitenkin osoittaa, että jo hyvin pienellä, vuorokauden aikataulusäästöllä voidaan kattaa kohtalainen osa (15 – 25 % kohteesta riippuen) teollisten raudoitteiden korkeammista kustannuksista. Aikatauluvaikutusten tarkempaa tutkimusta varten työssä olisi pitänyt olla käytettävissä joidenkin vastaavanlaisten toteutuneiden kohteiden toteutuneet kustannukset eriteltyinä.

Tutkimuksessa havaittiin, että teollisten raudoitteiden käytöllä ei asuinkerrostalojen tapauksessa voida juurikaan optimoida betoniterästen määrää. Syynä tähän on pääasiassa se, että laatan minimiraudoitusvaatimus määrää hyvin suuren osan kokonaisteräsmäärästä laatan voimasuureisiin nähden suuren paksuuden vuoksi. Myöskään teollisten raudoitteiden asennusnopeus ei ole niin paljon irtoteräsasennusta suurempi kuin mitä näiden raudoitustuotteiden mainospuheissa väitetään. Syynä tähän on osaltaan asuinkerrostalojen välipohjalaattojen pieni koko, laatan sisällä kulkevan talotekniikan suuri määrä ja usein monimutkainen muoto verrattuna esimerkiksi teollisuus- ja liikerakennuksiin.

Tutkimuksessa havaittiin myös, että Suomen rakentamismääräyskokoelman ja eurokoodien mukaisesti suunnitelluilla laattarakenteilla on materiaalimenekeissä ja kustannuksissa selkeä ero. Asuinkerrostalokohteissa materiaalimenekki- ja kustannusero Suomen rakentamismääräyskokoelman eduksi on noin 12 %. Eron havaittiin syntyvän lähes pelkästään laatan minimiraudoitusvaatimusten joko suoraan tai välillisesti aiheuttamista eroista normien välillä. Rivitalon alapohjapaalulaattaa tutkiessa ero oli huomattavasti pienempi, noin 3,5 % Suomen rakentamismääräyskokoelman hyväksi eron johtuessa eroavaisuuksista normien välillä liittyen suurimpaan sallittuun terästyksen tankojakoon laattarakenteissa.

8.2 Jatkotutkimustarpeet

Tutkimusta tehtäessä havaittiin teollisiin raudoitteisiin liittyvän työmenekkitietouden olevan vähäistä ja se koostui lähinnä kyseisillä menetelmillä kohteita toteuttaneiden työnjohtajien kokemusperäisistä tiedoista ja olemassa olevasta Ratu-menekkitiedosta soveltamalla saadusta tiedosta. Tämän vuoksi tulisi Ratu-kortistoa kehitettäessä pyrkiä keräämään työmenekkitietoa kenttätutkimuksena työmailla, jotta teollisten raudoitteiden työmenekkitietous saataisiin samalle tasolle irtoteräsraudoituksen menekkitiedon kanssa.

Tarkemman kustannuserovertailun vuoksi tutkimus pitäisi voida myöhemmin toistaa siten, että lähteenä olisi käytettävissä toteutuneiden kohteiden toteutuneita kustannuksia laajalla otannalla. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimus pitäisi toistaa yhteistyössä useiden rakennusliikkeiden kanssa, jotta edellä mainittua kustannustietoutta päästäisiin hyödyntämään.

Kahta suunnittelunormia vertailtaessa havaittiin materiaalimenekki- ja sitä kautta kustannuserojen johtuvan lähes kokonaan eurokoodin minimirauditusvaatimuksesta, joka on vahvasti riippuvainen laatan paksuudesta ja siten ylimitoitettu sellaisille laattarakenteille, joiden paksuus määräytyy jonkin muun seikan kuin laattaan kohdistuvien kuormitusten johdosta. Tämän vuoksi olisi järkevää tutkia, voitaisiinko eurokoodin kansallista liitettä muuttaa siten, että se sallisi poikkeukset minimirauditusvaatimuksen noudattamisessa kuvailun kaltaisissa tapauksissa tietyin reunaehdoin, joiden voimassa olo on osoitettava. Jatkotutkimuksessa nämä reunaehdot tulisi määrittää yksiselitteisesti, jotta jatkossakin vältettäisiin laattarakenteissa riskit joiden poistamiseen minimirauditusvaatimusten asettamisella pyritään.

LÄHTEET

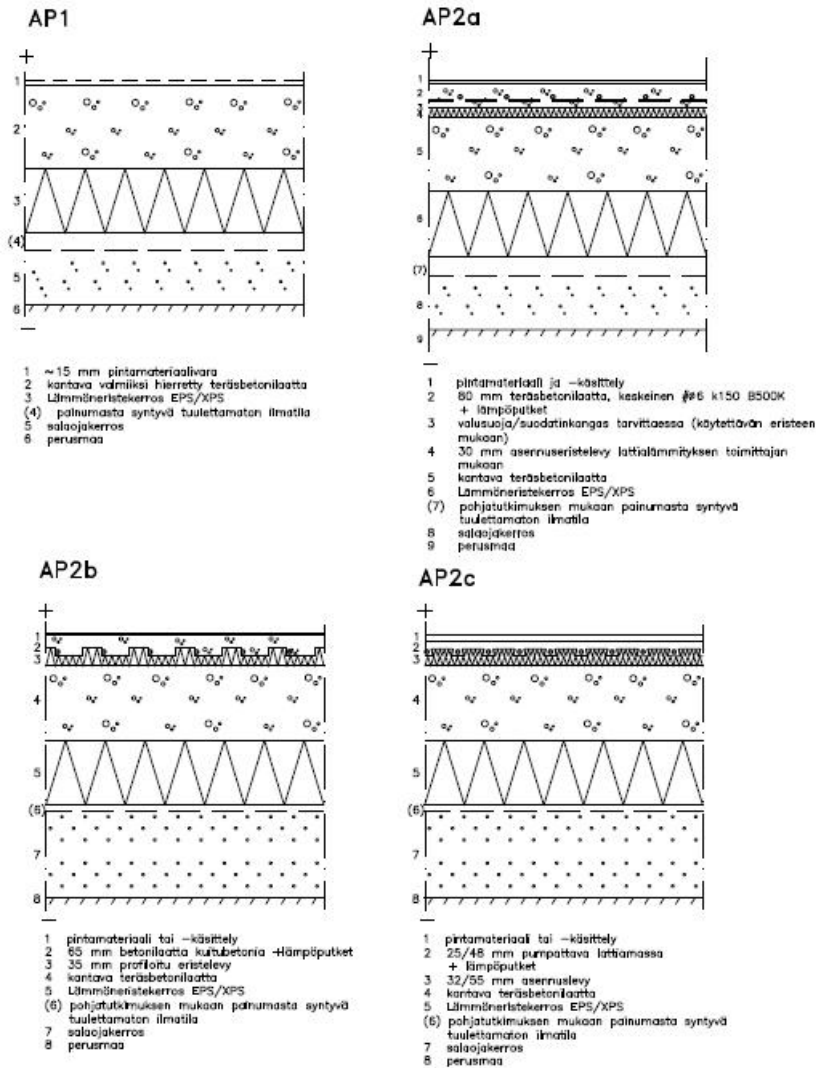
- [1] Elementtisuunnittelu.fi [WWW]. Betoniteollisuus ry. [Viitattu 31.12.2014].
Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>
- [2] BY 202. 1982. Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja, osat 1.-3. Helsinki, Suomen Betoniyhdistys ry. 1. painos. Yhteensä 664 s.
- [3] SFS-EN 1992-1-1 2005 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu, osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki, Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 217 s.
- [4] NA SFS-EN 1992-1-1. 2009. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki, Ympäristöministeriö. 15 s.
- [5] Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Helsinki, Ympäristöministeriö. 43 s.
- [6] SFS-EN 1992-1-2. 2005. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. Helsinki, Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 90s.
- [7] Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. Helsinki, Ympäristöministeriö. 9 s.
- [8] NA SFS-EN 1992-1-1. 2009. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-2 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. Helsinki, Ympäristöministeriö. 6 s.
- [9] RT 82-10903 Väliseinärakenteita. Ohjetiedosto. Syyskuu 2007. Helsinki, Rakennustieto Oy. 38 s.
- [10] RT 83-11009 Alapohjarakenteita. Ohjetiedosto. Lokakuu 2010. Helsinki, Rakennustieto Oy. 31 s.
- [11] RT 83-10902 Välipohjarakenteita. Ohjetiedosto. Elokuu 2009. Helsinki, Rakennustieto Oy. 36 s.
- [12] RT 83-11010 Yläpohjarakenteita. Ohjetiedosto. Lokakuu 2010. Helsinki, Rakennustieto Oy. 25 s.
- [13] BY 51.2007. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu 2007. Helsinki, Suomen Betoniyhdistys ry. 1. painos. 99 s.

- [14] RIL 202-2011/by61.2011. Betonirakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodit EN 1992-1-1 ja EN 1992-1-2. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry/Suomen Betoniyhdistys ry. 1. painos. 152 s.
- [15] Celsa Steel Service Oy, Betoniterästangot [viitattu 31.12.2014]. Saatavissa: <http://celsa-steelservice.fi/tuotteet/betoniterastangot/>
- [16] SFS-EN 1990. 2006. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki, Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 184s.
- [17] NA SFS-EN 1990. 2007. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1990 Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki, Ympäristöministeriö. 7 s.
- [18] RIL 201-1-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN1991-1-1, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4. 2011. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 190 s.
- [19] SFS-EN 1991-1-1. 2009. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 71s.
- [20] NA SFS-EN 1991-1-1. 2011. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-1 Eurokoodi 1: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki, Ympäristöministeriö. 5 s.
- [21] SFS-EN 1991-1-3. 2009. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 79 s.
- [22] NA SFS-EN 1991-1-3. 2011. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-3 Eurokoodi 1: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. Helsinki, Ympäristöministeriö. 7 s.
- [23] Lumikuormat Suomessa kunnittain. Elokuu 1999. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 6 s.
- [24] RIL 144–1997. 1997. Rakenteiden kuormitusohjeet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 182 s.
- [25] Varsinais-Suomen Pelastuslaitos. Pelastustiet. Ohje. [viitattu 2.1.2015]. Saatavissa: <http://www.turku.fi/Public/default.aspx?contentid=267306>

- [26] Sisäasianministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011. Asetus annettu Helsingissä 10.5.2011.[viitattu 2.1.2015] Saatavilla:
http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2011/?_offset=10
- [27] Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 408/2011. Asetus annettu Helsingissä 9.5.2011.[viitattu 2.1.2015] Saatavilla:
http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2011/?_offset=11
- [28] Haastattelu, tammikuu 2015. RI A.Rämö&RI L.Alhoke, Sweco Rakennetekniikka Oy.
- [29] Lindberg, R. & Kerokoski, O. 2010. Teräsbetonirakenteet. Tampereen teknillinen yliopisto, versio 15.11.2010. Luentomoniste. 294 s.
- [30] Suomen rakentamismääräyskokoelma B4 Betonirakenteet. Ohjeet 2005. Helsinki, Ympäristöministeriö. 83 s.
- [31] Raudoitus. Menekit ja menetelmät. TALO-Ratu ohjekortti Ratu 0402. Julkaistu 4.6.2012. 20 s.
- [32] Celsa Steel Service Oy, BAMTEC-mattorautoite [viitattu 15.4.2015]. Saatavissa: <http://celsa-steelservice.fi/tuotteet/bamtec/>
- [33] Rakennustyön materiaalisäät ja – hukat. TALO-Ratu ohjekortti Ratu S-1191. Julkaistu 1.9.2000. 16 s.
- [34] Rakennustöiden menekit 2015. Helsinki, Rakennustieto Oy. 165 s.
- [35] Sähköpostihaastattelu, heinäkuu 2015. Vastaava työnjohtaja Timo Vahtera, YIT Rakennus Oy
- [36] Rakennusalan työehtosopimus urakkahinnoitteluineen 2014–2016. [viitattu 28.7.2015]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/data/tes/stes4484-TT72Rakennus1403.pdf>
- [37] Sähköpostihaastattelu, toukokuu 2015. Casper Ålander/Celsa Steel Service Oy
- [38] Kuumavalssatut tangot. Betoniteräkset. Hinnastolehti 10A.11. Celsa Steel Service Oy. [viitattu 28.7.2015]. Saatavilla: <http://celsa-steelservice.fi/wp-content/uploads/2015/05/10A11-11052015.pdf>
- [39] Kevennetyn pilarilaatan teknis-taloudellinen tarkastelu. Diplomityö. Lauri Leikas. Marraskuu 2013. 69 s.+46 liitesivua

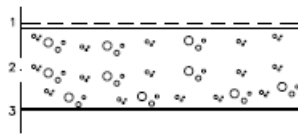
[40] Hinnasto 1.6.2015, Ramirent Oy. [viitattu 6.8.2015]. Saatavilla:
http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/hinnasto_pricelist_1.6.2015.pdf

LIITE 1: ASUINRAKENNUSTEN TYYPILLISTEN PAIKALLAVALLAATTARAKENTEIDEN RAKENNETYYPIT



Kuva LI.1 Alapohjarakenteita [10][28]

VP1

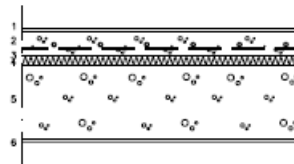


- 1 ~15 mm pintamateriaalivara
- 2 270 mm kantava vaimeikal hienretty teräsbetoni-laatta
- 3 pintakäsittely

Asennossa pintamateriaalina askelääntäsolukuvaamisen täyttävä muovimatto tai parvetti joustavalla pakenäisämmateriaalilla. Pinnolla ei saa voidella kiinnätemateriaalia!

Askelääntäsoluku $L'_{w,*} \leq 53$ dB
Ilmääneneristysluku $R'_{w,*} \geq 55$ dB

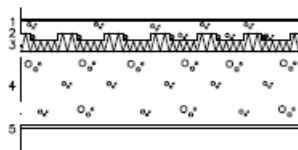
VP2a



- 1 pintamateriaali ja -käsittely
- 2 80 mm teräsbetoni-laatta, keskeinen #Ø6 k150 B500K + lämpöpötket
- 3 valusuoja/suodatinkangas tarvittaessa (käytettävän eristeen mukaan)
- 4 30 mm asennuseristely lattialämmityksen toimittajan mukaan
- 5 kantava teräsbetoni-laatta
- 6 pintakäsittely

Askelääntäsoluku $L'_{w,*} \leq 53$ dB
Ilmääneneristävyyys $R'_{w,*} \geq 55$ dB

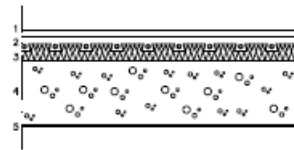
VP2b



- 1 pintamateriaali tai -käsittely
- 2 65 mm betoni-laatta kullubetonia + lämpöpötket
- 3 35 mm profiilattu eristely
- 4 kantava teräsbetoni-laatta
- 5 pintakäsittely

Askelääntäsoluku $L'_{w,*} \leq 53$ dB
Ilmääneneristävyyys $R'_{w,*} \geq 55$ dB

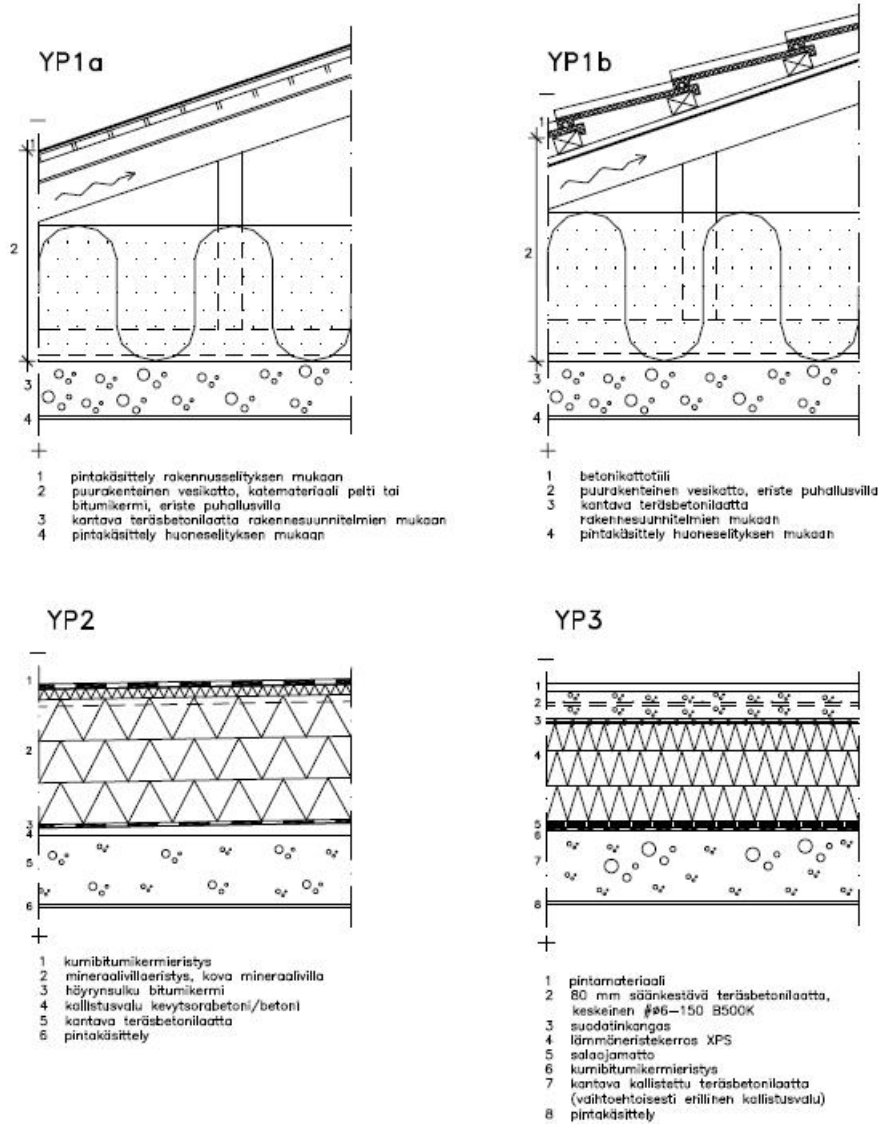
VP2c



- 1 20 mm pintamateriaali
- 2 25/48 mm pumpattava lattiamaassa + lämpöpötket
- 3 32/55 mm asennuslevy
- 4 kantava teräsbetoni-laatta
- 5 pintakäsittely

Askelääntäsoluku $L'_{w,*} \leq 53$ dB
Ilmääneneristävyyys $R'_{w,*} \geq 55$ dB

Kuva L1.2 Välipohjarakenteita [11][28]



Kuva L1.3 Yläpohjarakenteita [12][28]

LIITE 2: ASUINRAKENNUSTEN TYYPILLISTEN PAIKALLAVALLAATTARAKENTEIDEN MINIMIRAUDOITUSMÄÄRIÄ

Kaikissa taulukoissa on käytettäväksi betoniteräslaaduksi oletettu A500HW/B500B/B500K. Rakenteiden minimiterästyksen laskennassa tarvittavan d -mitan laskennassa on betonipeitteeksi oletettu 20 mm taulukossa L3.1, 35 mm taulukoissa L3.2 ja L3.3 ja 40 mm siitä eteenpäin. Betonipeitevalinta on tehty tyypillisten kyseisen lujuusluokan käyttökohteiden asettamien vaatimusten mukaisesti.

Suureen $A_{s,min}$ alaindekseissä esiintyvät kirjainyhdistelmät EC ja RakMK tarkoittavat eurokoodien ja Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan laskettuja minimiraudoitusmääriä. Arvon $A_{s,max,EC}$ yhteydessä on esitetty kaksi lukuarvoa. Ensimmäinen näistä on betonipoikkileikkauksen suuruuden mukaan määräytyvä arvo ja jälkimmäinen on määräytynyt sen perusteella, että raudoitusmäärän tulee olla korkeintaan tasapainoraudoituksen suuruinen. Arvo $A_{s,max,RakMK}$ määräytyy myöskin tasapainoraudoitusehdon perusteella.

Viimeisen sarakkeen prosenttiluku on kertoo, paljonko suurempi on EC:n mukaan laskettu minimiraudoitus.

Taulukko L2.1 Minimiraudoitusmääriä, betonin lujuus C25/30 (K30)

Laatan paksuus	$A_{s,min,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,min,RakMK}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,RakMK}$ (mm ² /l)	%
160 mm	181	155	6400/2041	2103	17
180 mm	207	174	7200/2363	2421	19
200 mm	234	194	8000/2655	2712	21
220 mm	261	213	8800/2971	3030	23
240 mm	287	232	9600/3263	3347	24
270 mm	327	261	10800/3721	3822	25
300 mm	367	290	12000/4192	4279	27
350 mm	434	338	14000/4937	5069	28
400 mm	501	387	16000/5705	5857	29
450 mm	567	435	18000/6457	6643	30

Taulukko L2.2 Minimiraudoitusmääriä, betonin lujuus C28/35 (K35)

Laatan paksuus	$A_{s,min,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,min,RakMK}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,RakMK}$ (mm ² /l)	%
160 mm	173	171	6400/2017	2149	1
180 mm	202	193	7200/2376	2546	5
200 mm	231	214	8000/2716	2916	8
220 mm	259	235	8800/3067	3269	10
240 mm	288	257	9600/3405	3631	12
270 mm	331	289	10800/3911	4161	15
300 mm	375	321	12000/4432	4721	17
350 mm	446	375	14000/5286	5610	19
400 mm	518	428	16000/6134	6528	21
450 mm	590	482	18000/6990	7454	22

Taulukko L2.3 Minimiraudoitusmääriä, betonin lujuus C30/37 (K37)

Laatan paksuus	$A_{s,min,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,min,RakMK}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,RakMK}$ (mm ² /l)	%
160 mm	181	178	6400/2169	2283	2
180 mm	211	200	7200/2548	2677	6
200 mm	241	223	8000/2927	3070	8
220 mm	272	245	8800/3283	3463	11
240 mm	302	267	9600/3643	3858	13
270 mm	347	300	10800/4201	4429	16
300 mm	392	334	12000/4742	5019	17
350 mm	467	389	14000/5663	5978	20
400 mm	543	445	16000/6566	6953	22
450 mm	618	500	18000/7477	7927	24

Taulukko L2.4 Minimiraudoitusmääriä, betonin lujuus C32/40 (K40)

Laatan paksuus	$A_{s,min,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,min,RakMK}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,RakMK}$ (mm ² /l)	%
160 mm	181	188	6400/2208	2352	-4
180 mm	213	211	7200/2620	2804	1
200 mm	244	234	8000/3020	3208	4
220 mm	276	258	8800/3414	3633	7
240 mm	307	281	9600/3802	4048	9
270 mm	354	316	10800/4390	4681	12
300 mm	401	351	12000/4965	5313	14
350 mm	480	410	14000/5943	6353	17
400 mm	559	468	16000/6902	7415	19
450 mm	637	527	18000/7892	8446	21

Taulukko L2.5 Minimiraudoitusmääriä, betonin lujuus C35/45 (K45)

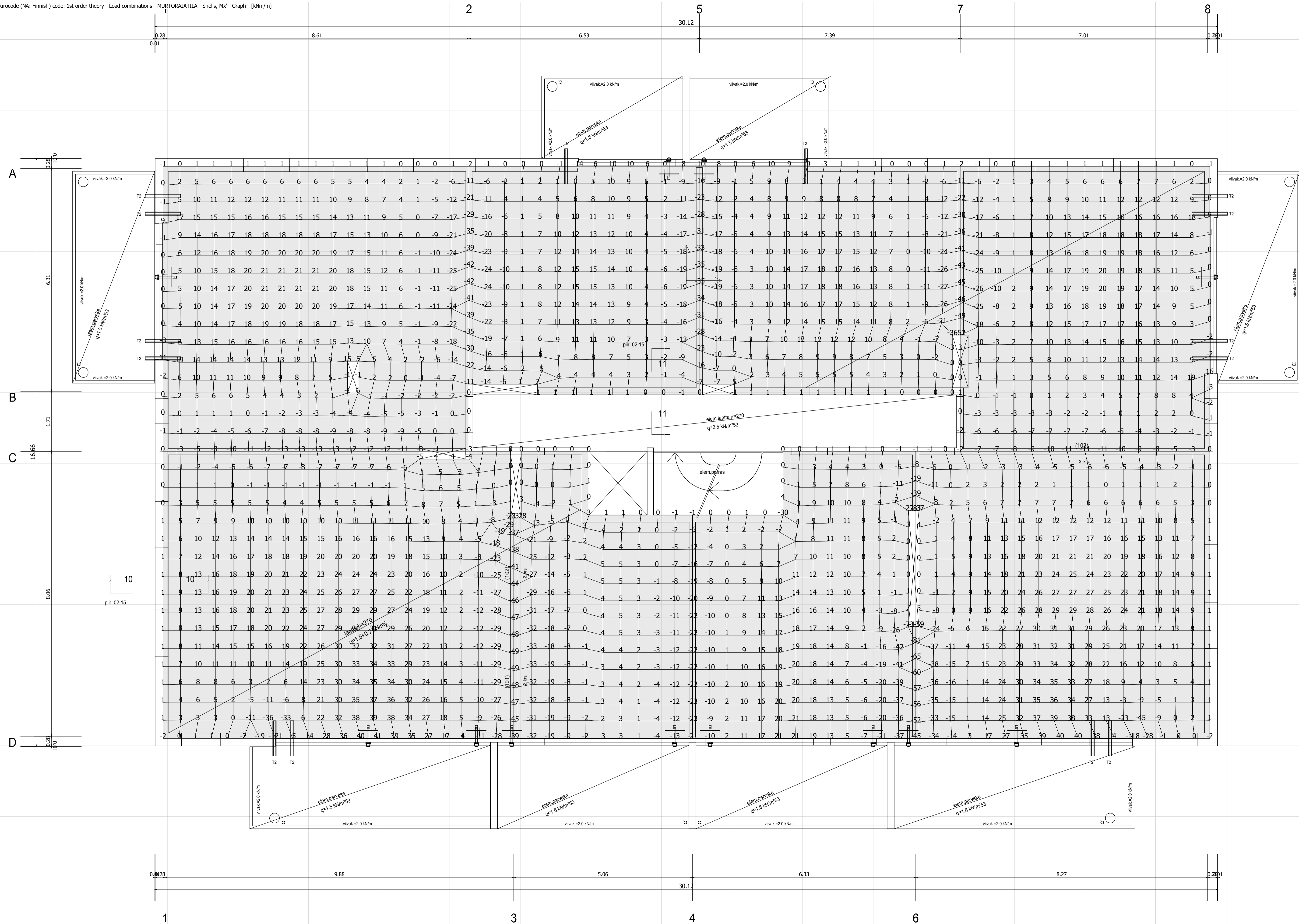
Laatan paksuus	$A_{s,min,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,min,RakMK}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,EC}$ (mm ² /l)	$A_{s,max,RakMK}$ (mm ² /l)	%
160 mm	192	203	6400/2454	2656	-5
180 mm	226	228	7200/2864	3155	-1
200 mm	259	254	8000/3286	3617	2
220 mm	293	279	8800/3718	4080	5
240 mm	326	304	9600/4155	4568	7
270 mm	376	342	10800/4785	5269	10
300 mm	426	380	12000/5438	5979	12
350 mm	510	443	14000/6491	7160	15
400 mm	593	507	16000/7566	8345	17
450 mm	676	570	18000/8633	9488	19

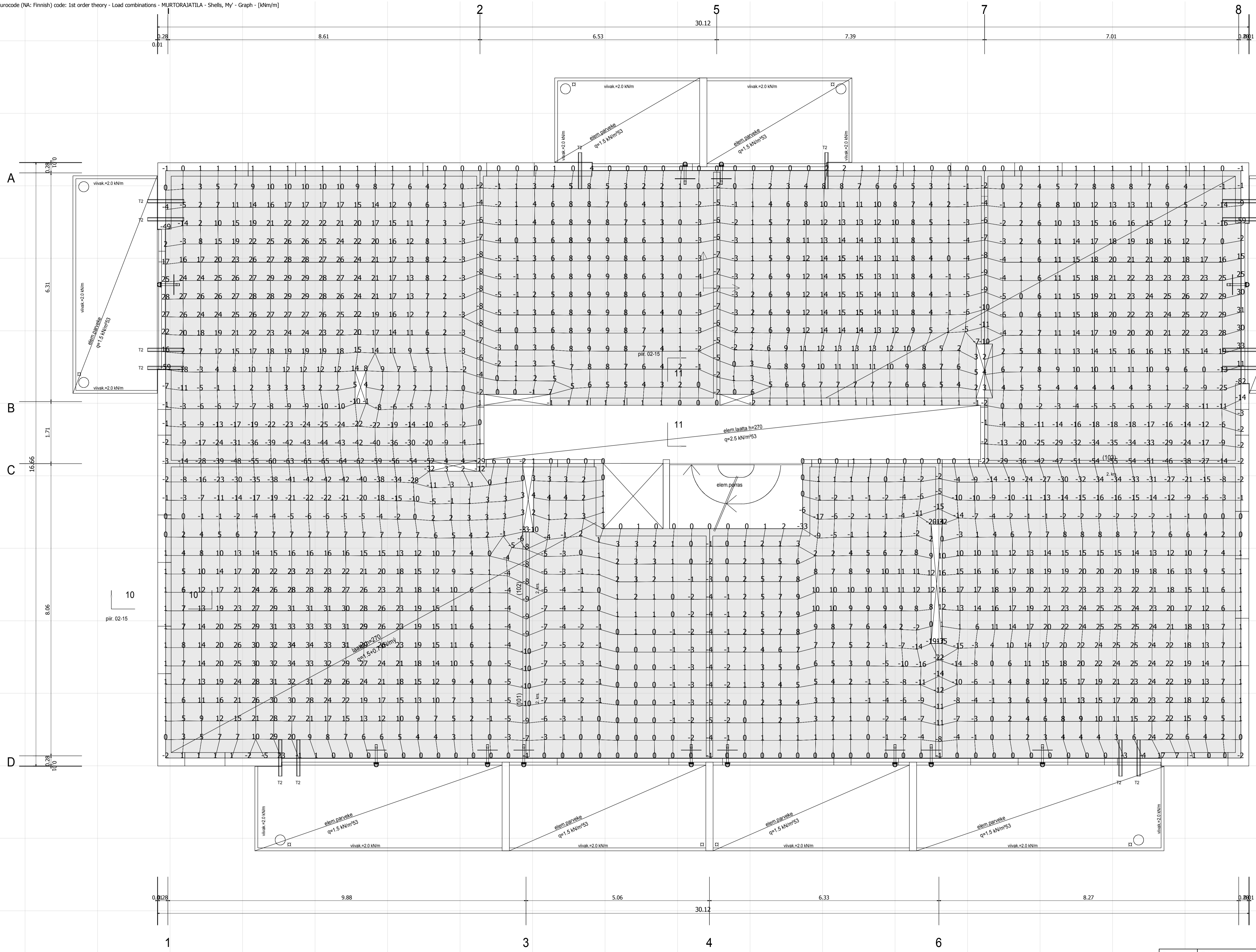
LIITE 3: ESIMERKKIKOHTTEIDEN RAUDOITUSPIIRUSTUKSET JA VOIMASUURELASKELMAT

Liite 3 sisältää seuraavat piirustukset ja laskelmatulosteet alla luetellussa järjestyksessä:

- Esimerkkikohde 1, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa x-suuntaan
- Esimerkkikohde 1, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa y-suuntaan
- Esimerkkikohde 1, irtoteräsraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 1, irtoteräsraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 1, kaistaraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 1, kaistaraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 1, matorraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 1, matorraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 2, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa x-suuntaan
- Esimerkkikohde 2, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa y-suuntaan
- Esimerkkikohde 2, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa x-suuntaan (Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 2, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa y-suuntaan (Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 2, irtoteräsraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 2, irtoteräsraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 2, irtoteräsraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys (Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 2, irtoteräsraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys (Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 2, kaistaraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 2, kaistaraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 2, matorraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 2, matorraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 3, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa x-suuntaan
- Esimerkkikohde 3, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa y-suuntaan
- Esimerkkikohde 3, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa x-suuntaan (Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 3, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa y-suuntaan (Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 3, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa x-suuntaan (matto- ja kaistaraudoitteiden rakennemalli)
- Esimerkkikohde 3, laatan taivutusmomentti murtorajatilassa y-suuntaan (matto- ja kaistaraudoitteiden rakennemalli)
- Esimerkkikohde 3, irtoteräsraudoitusvaihtoehto

- Esimerkkikohde 3, irtoteräsraudoitusvaihtoehto (Suomen rakentamismääräyskoelman mukaan määritettynä)
- Esimerkkikohde 3, kaistaraudoitusvaihtoehto, alapintaterästys
- Esimerkkikohde 3, kaistaraudoitusvaihtoehto, yläpintaterästys
- Esimerkkikohde 3, mattoraudoitusvaihtoehto





Project	Esimerkkikohde 1	Scale	1 : 50.0
Description		File name	2 - 4. KRS. KATTO.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:36:52
Signature		Comments	
FEM-Design 13 - © StruSoft			page : 1

BETONI JA TERÄS LAUD. PIIR. MUKAAN

- ← Y → Ylempi alapintaterästys
- ← A → Alempi alapintaterästys

- Läpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. jatkospituus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70 x ϕ .

- Reikiä takia katkaistava perusterästys korvataan vähintään 1,5 - kertaisella lisäterästyksellä reikiä sivustoilla. lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm.

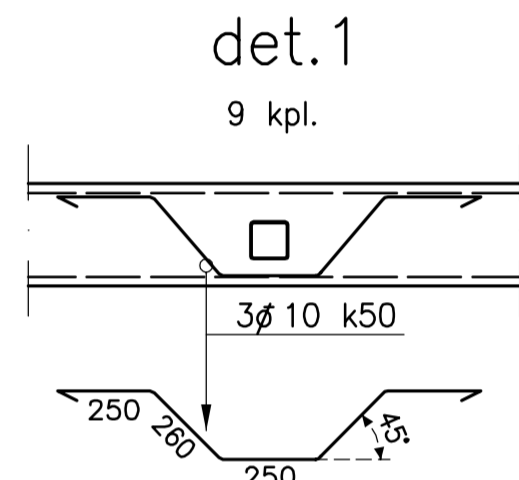
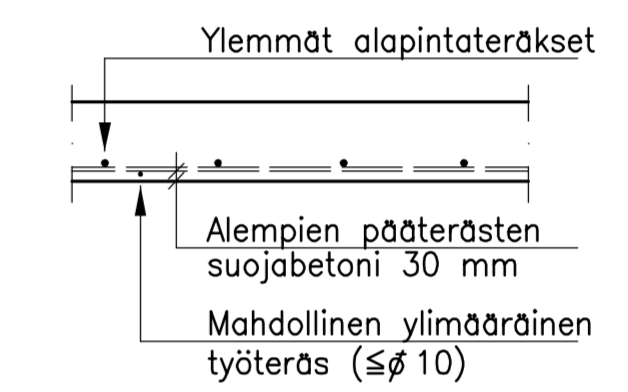
- Muuta kuin perusterästyä ei reikiä takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikiä väleihin ja sivustoille muutamalla tarvittavalla teräsosalla tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla.

- Teräkset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.

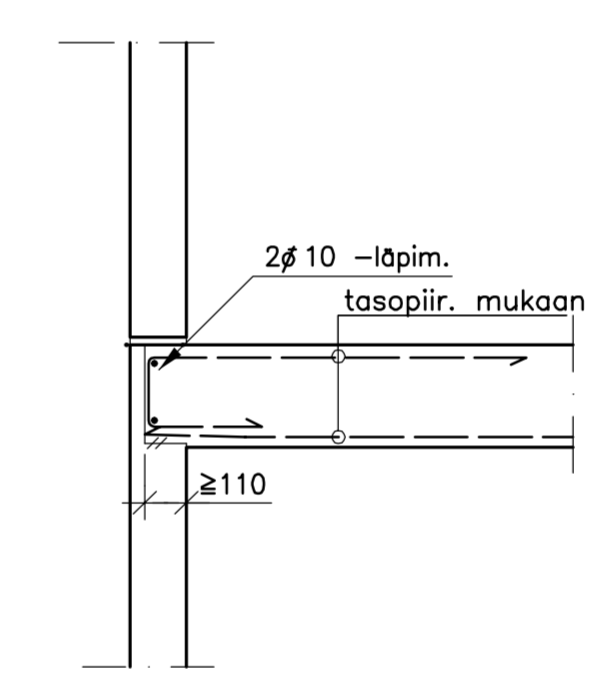
MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:

- Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan
- Laatan rauditusdetaljit erik. piir. mukaan

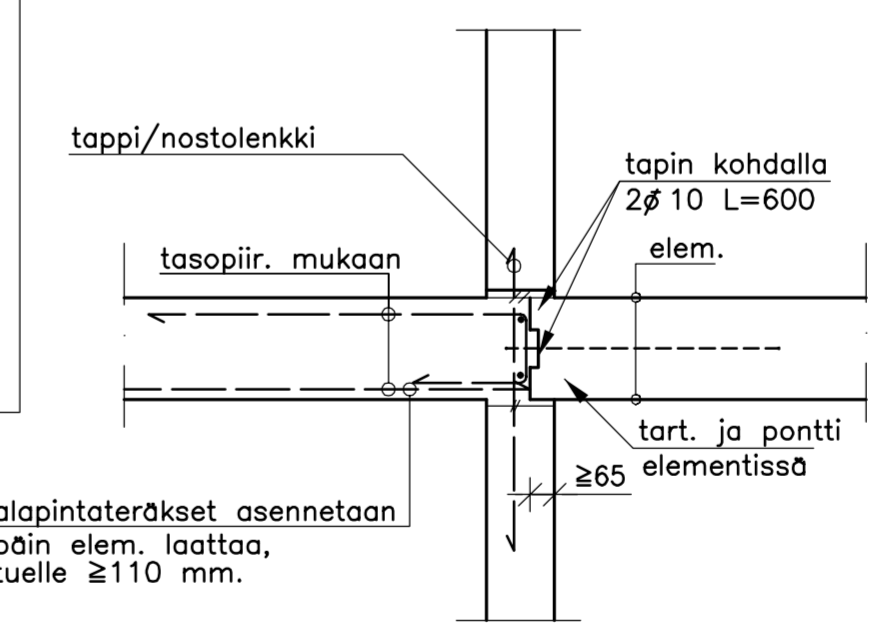
Terästen asennus



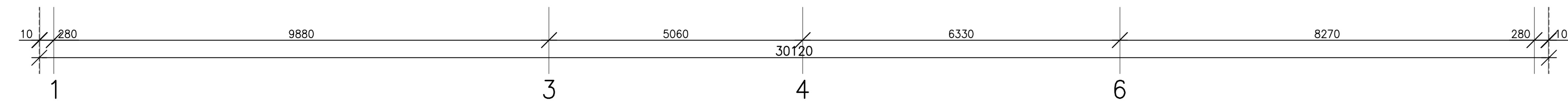
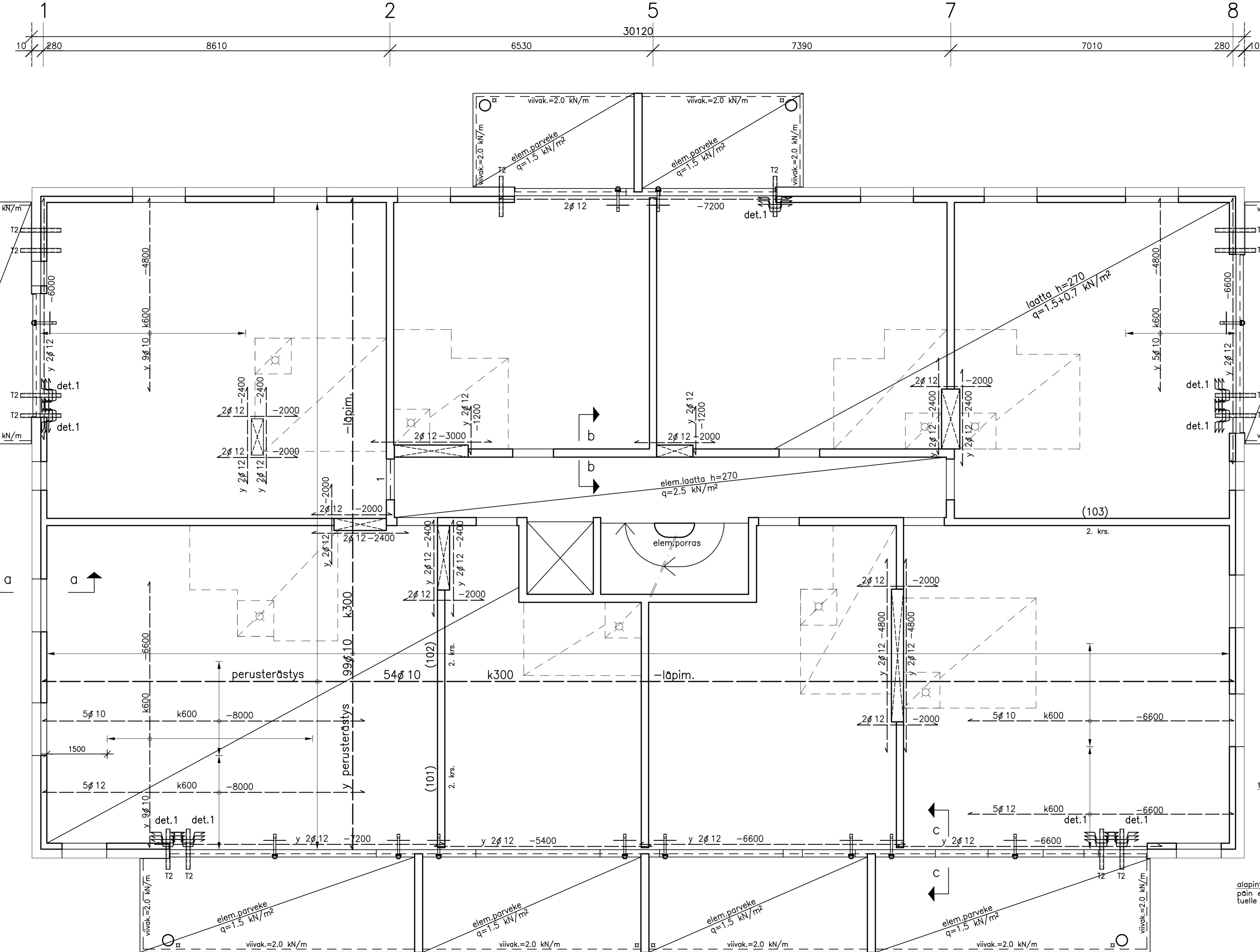
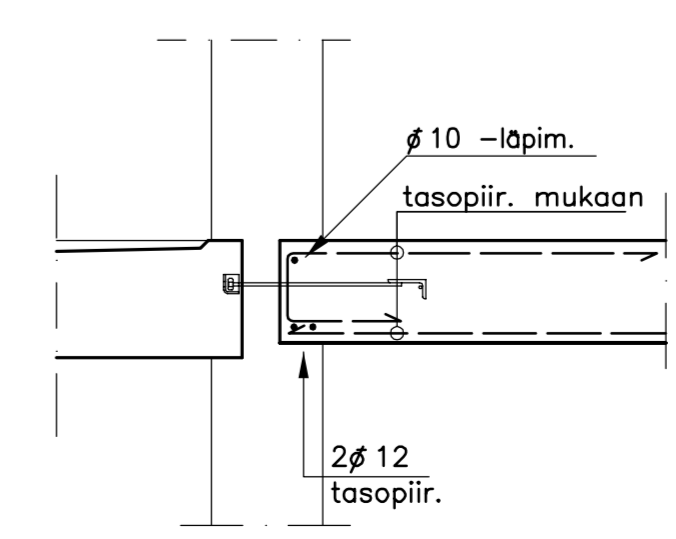
a - a
1:20





b - b
1:20



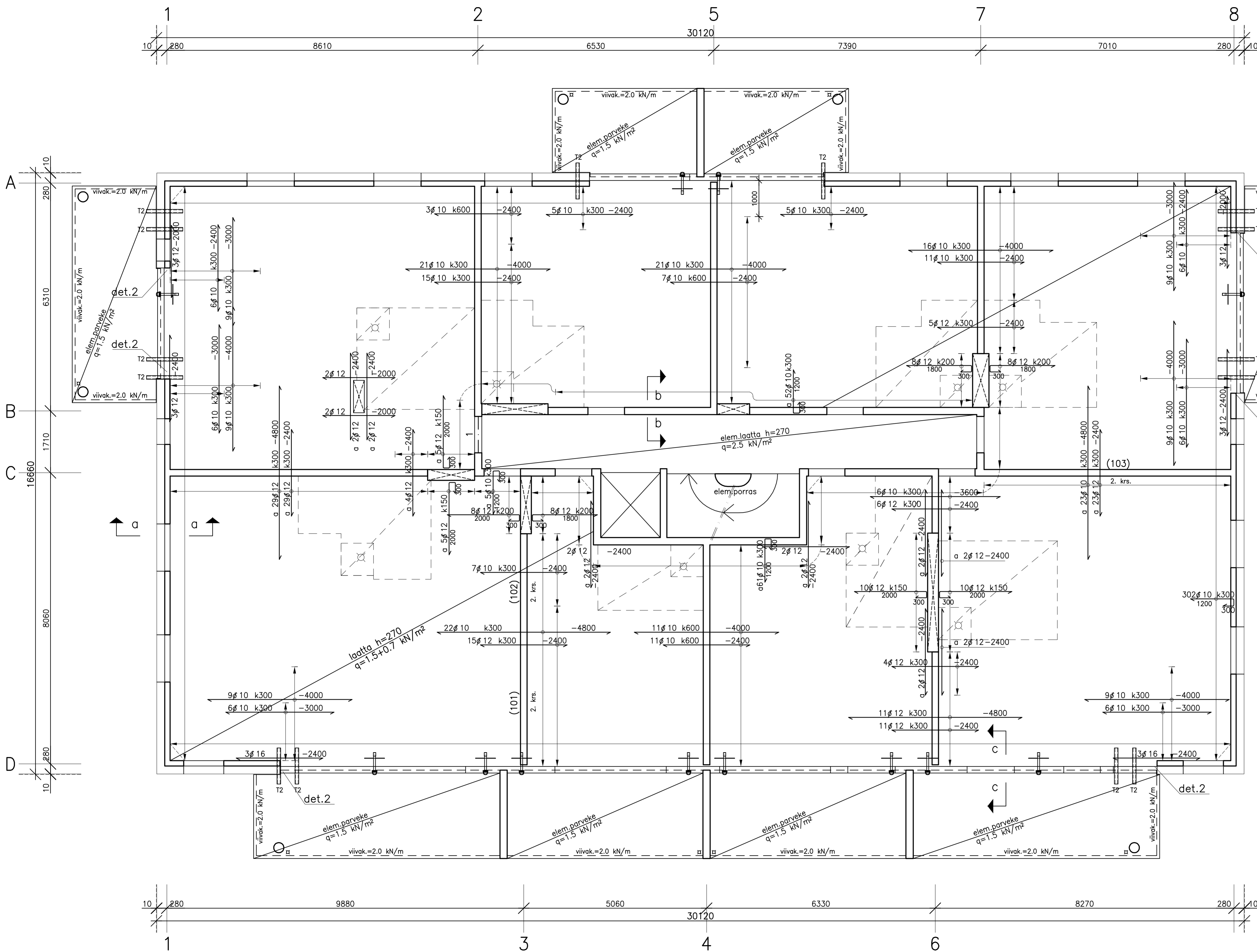
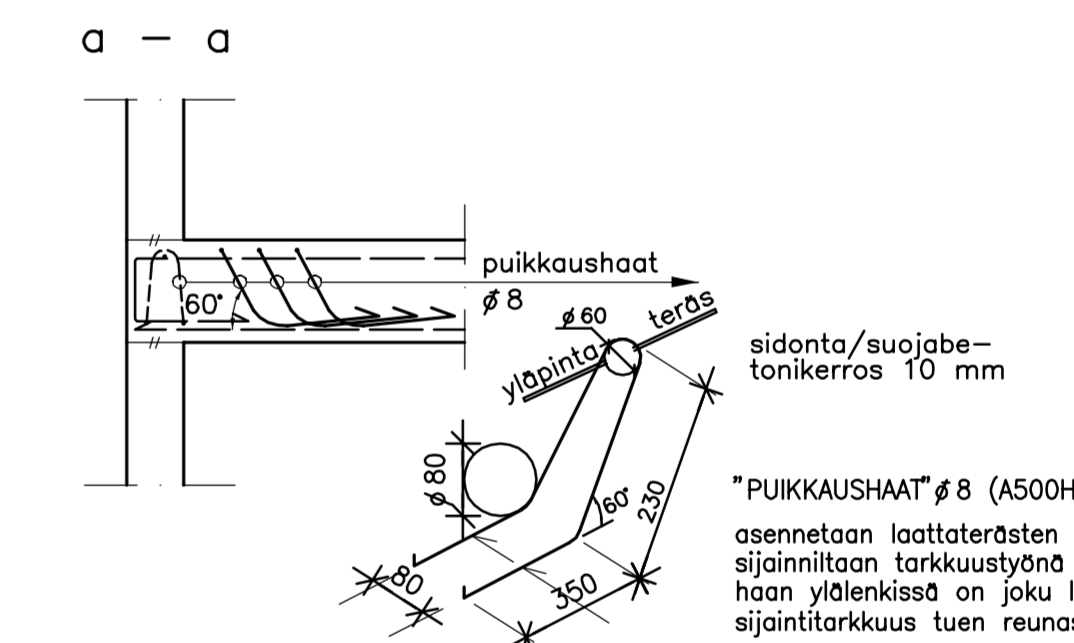
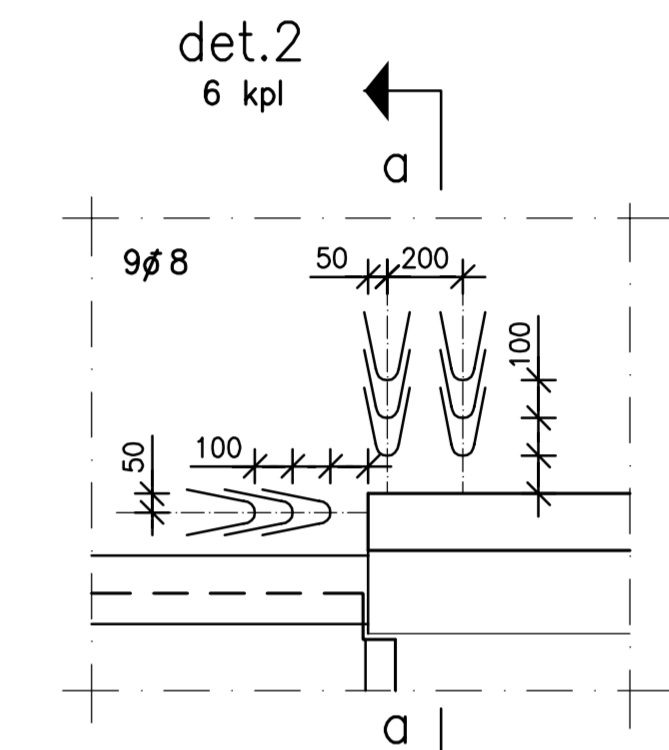
C - C
1:20



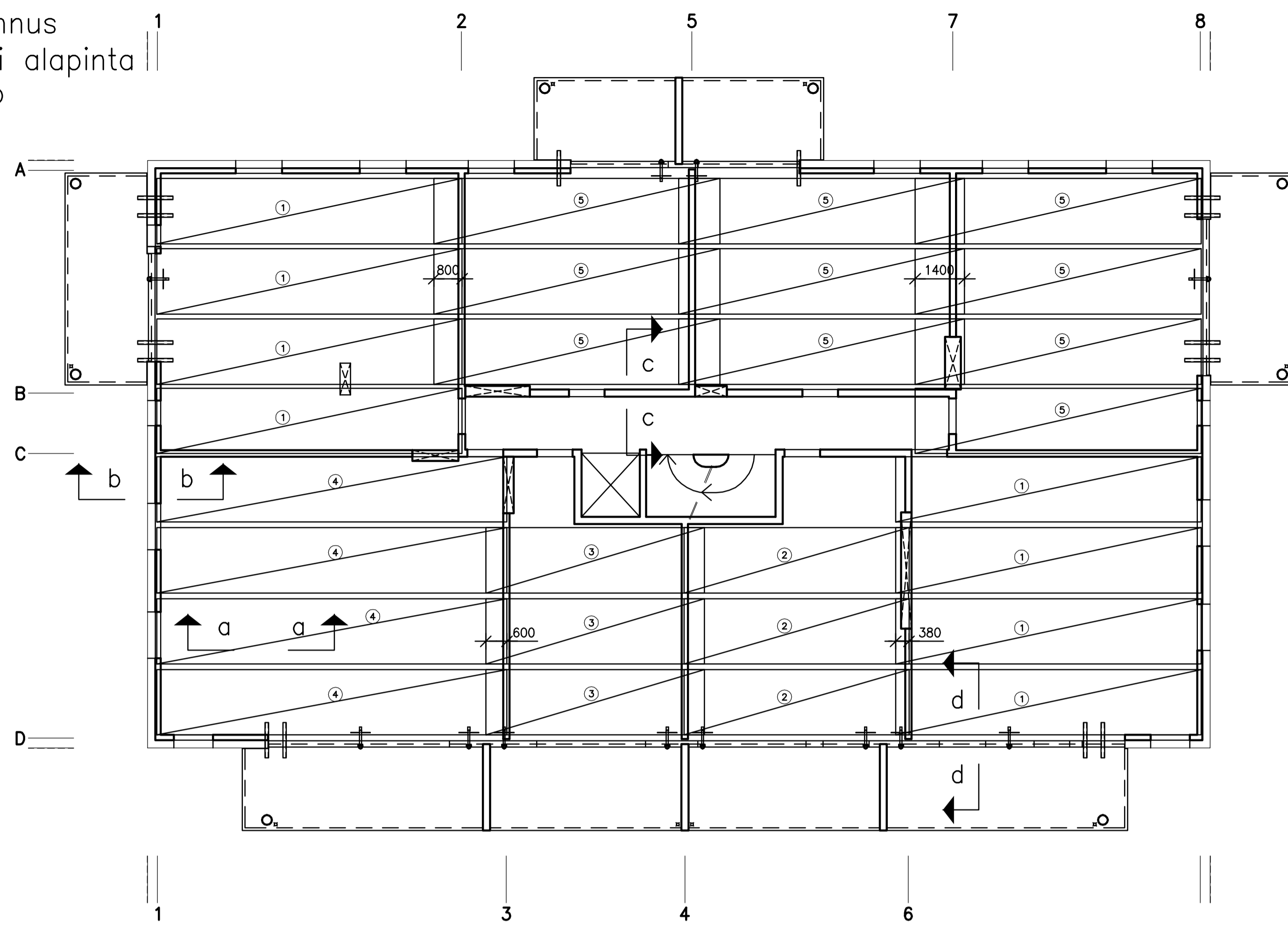
BETONI JA TERÄS LAUD. PIIR. MUKAAN

 Yläpintateräs
 Alempi yläpintateräs

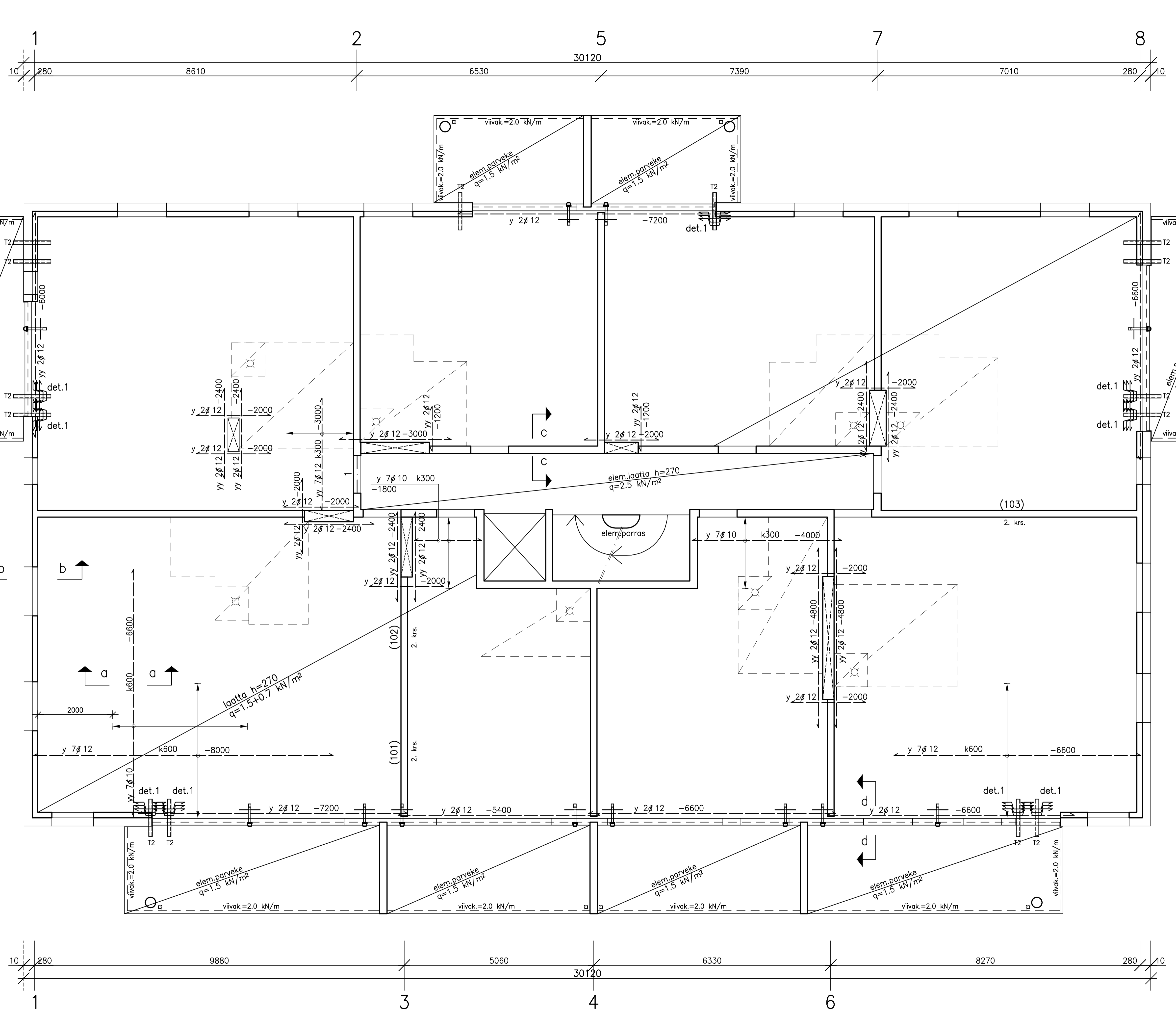
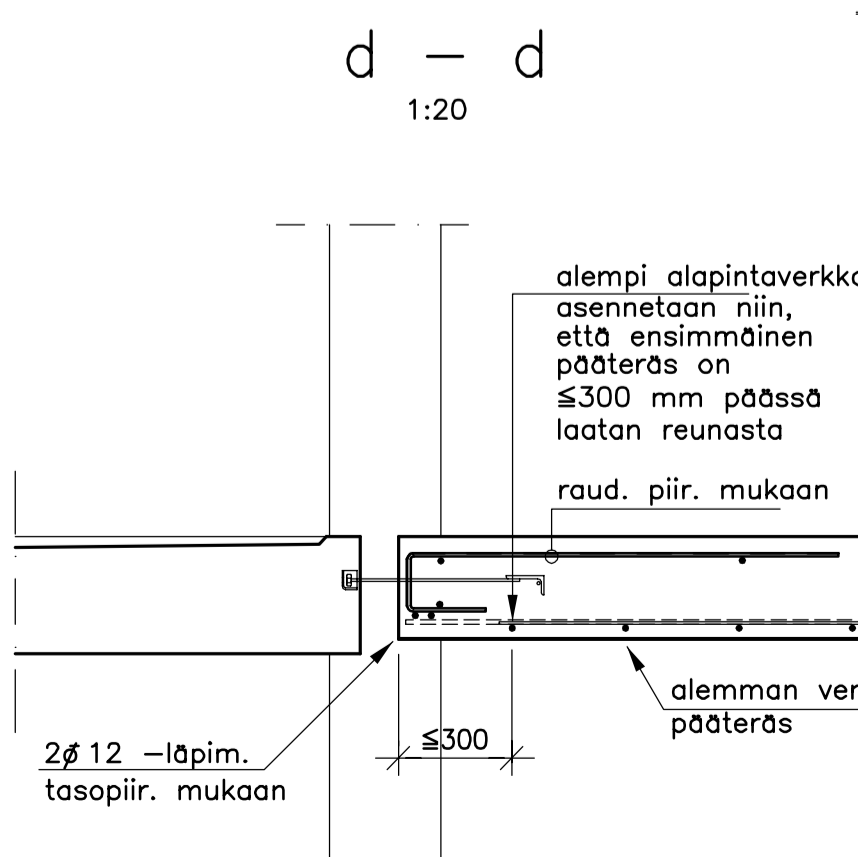
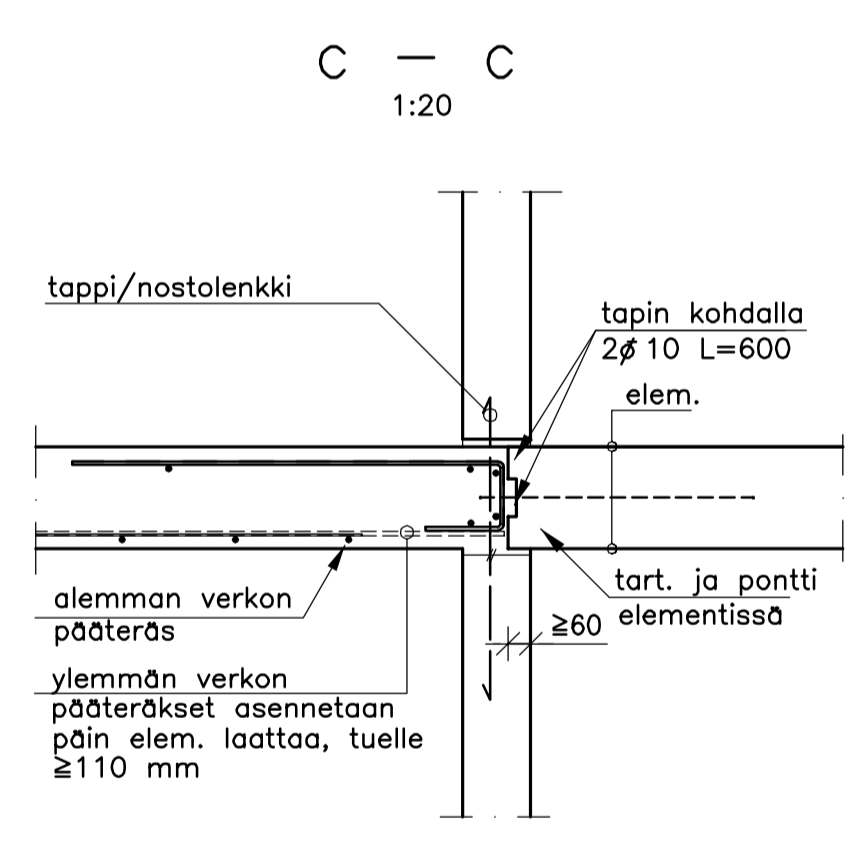
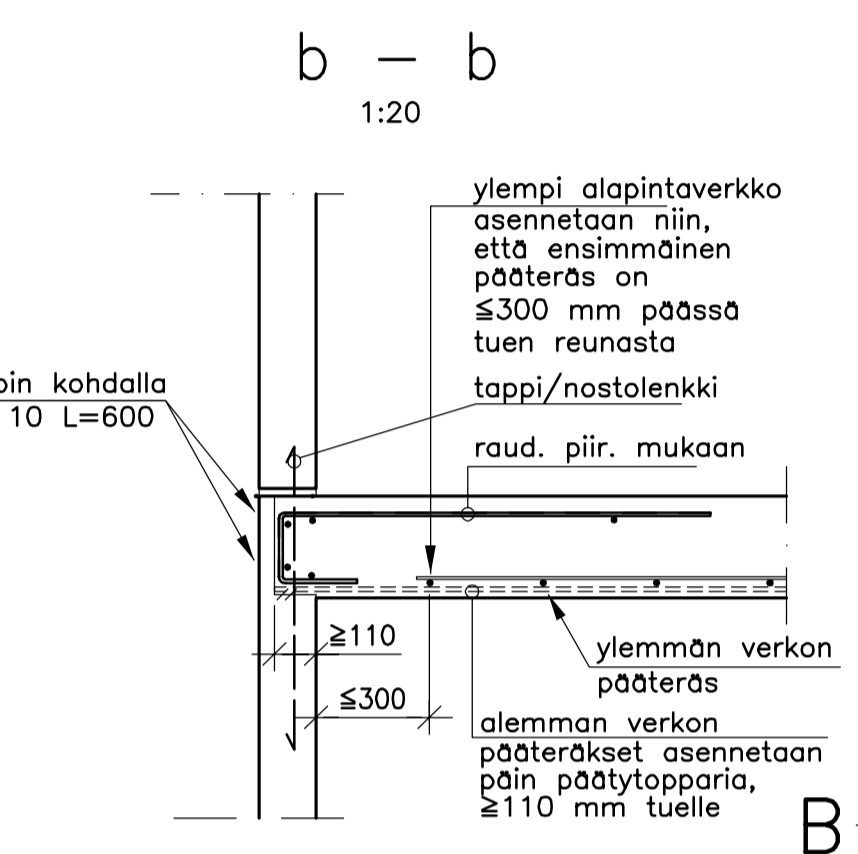
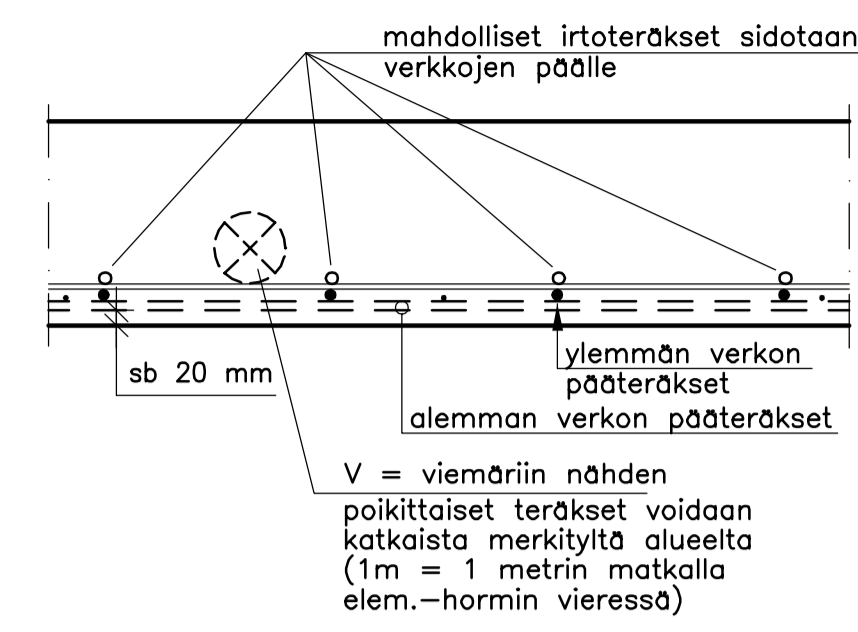
- Yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Lämpimenevät teräsket jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. jatkospitus ja jatkoskohtien keskiviäli vähintään $70 \times \phi$.
- Reikien takia ei teräsiä katkaista, vaan ne pyritään sijoittamaan reikiin sivustoille ja väleihin muuttamalla teräsjakoa, tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla
- Ylimpien terästen suojaabetoni on 20 mm
- Teräsket asennetaan keskeisesti tukiliinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.



I asennus
alempi alapinta
verkko



a - a
Verkkoterästen asennus
1:10



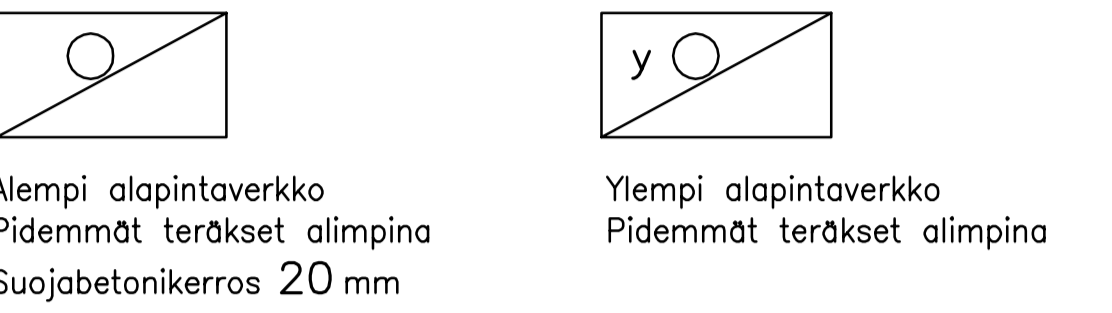
BETONI LAUD. PIIR. MUKAAN

TERÄS: ϕ A500H Irtoteräkset
 ϕ B500K Verkot

HITSATUT TERÄSVERKOT B500K, HITSAUSLUOKKA FL30 (kpl/ ϕ /k/L)

1	7/12.0/300/8650	- 11/8.0/800/1850	8 kpl
2	7/10.0/300/6370	- 8/8.0/800/1850	10 kpl
3	7/10.0/300/6190	- 8/8.0/800/1850	6 kpl
4	7/12.0/300/9920	- 13/8.0/800/1850	4 kpl
5	7/12.0/300/8100	- 10/8.0/800/1850	30 kpl

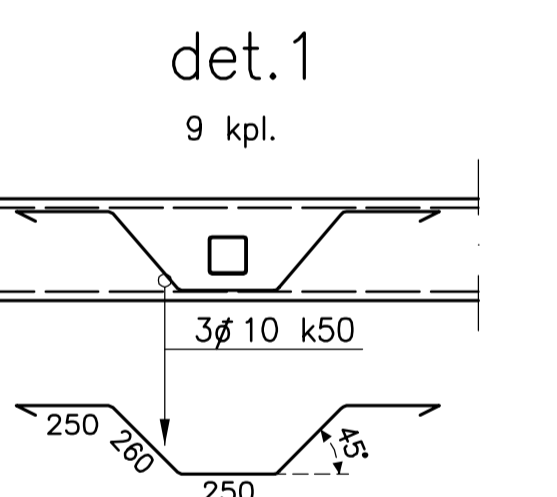
- Verkot piir. 02-15 mukaan



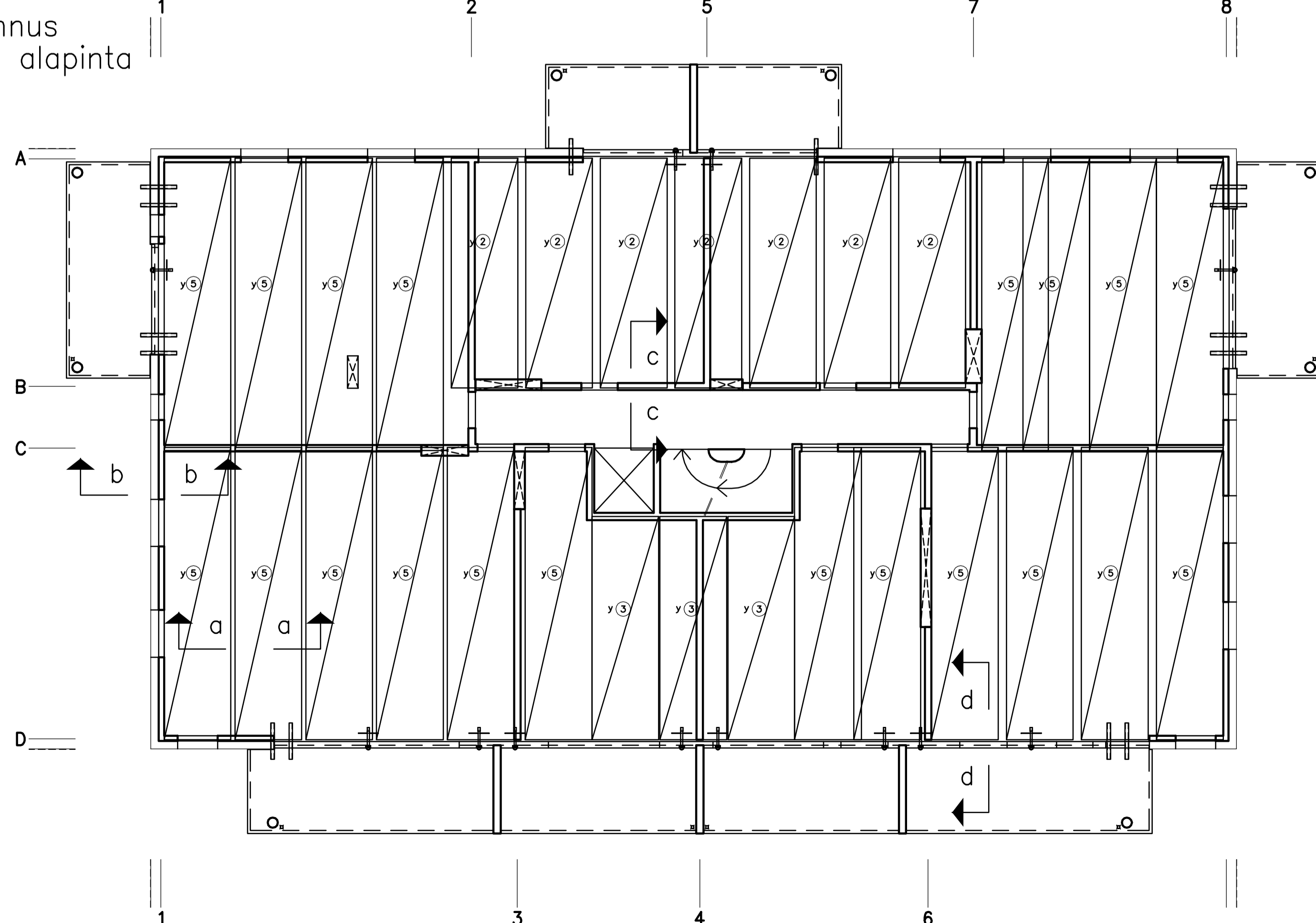
Irtoteräkset ϕ A500H, suojabetonikerros 20 mm
 \overline{yy} Yin alapintateräs
 \overline{y} Ylempi alapintateräs (as. verkkojen. päälle)

- Reikien aiheuttama lisäterästyksen piessä 1.5 x katkaistu teräsmäärä, l=reika+1500, ellei toisin ole merkitty
- Alempi alapintaverkko asennetaan siten, että päätärkset ovat alimpina.
- Ylempi alapintaverkko asennetaan siten, että päätärkset ovat alimpina.
- Lisäteräkset asennetaan ylempään alapintaverkon päälle.
- Verkkojen maksimi väli on 300 mm päätärästen suunnassa
- Verkot viedään tuelle ≥ 100 mm väliseinän kohdalla
- Reiät leikataan verkkoihin työmaalla, oikean kohdan takaamiseksi

MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:
 - Työsauma detaljit piir. 02-11 mukaan
 - Paikkalaiteavien seinäpalkkien terästyksen piir. 02-12 mukaan



II asennus
ylempi alapinta
verkko



BETONI LAUD. PIIR. MUKAAN

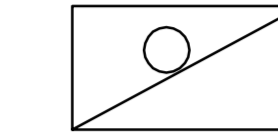
TERÄS: Ø A500H Irtoteräksket
 Ø B500K Verkot

HITSATUT TERÄSVERKOT B500K (kpl/Ø/k/L)

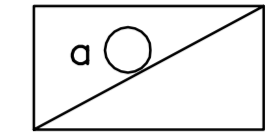
⑥ 21/12.0/300/2400 - 6 /10.0/ 150/550 /6050 7 kpl

⑦ 3 /10.0/ 360/1100 /3350 - 12/10.0/300/1685 34 kpl

- Verkot piir. 02-15 mukaan



Ylempi yläpintaverkko
 Pidemmät teräsket ylipinnä
 Suojabetonikerros 20 mm



Alempi yläpintaverkko
 Pidemmät teräsket ylipinnä
 Suojabetonikerros 20 mm

Irtoteräksket Ø A500H, suojabetonikerros 20 mm

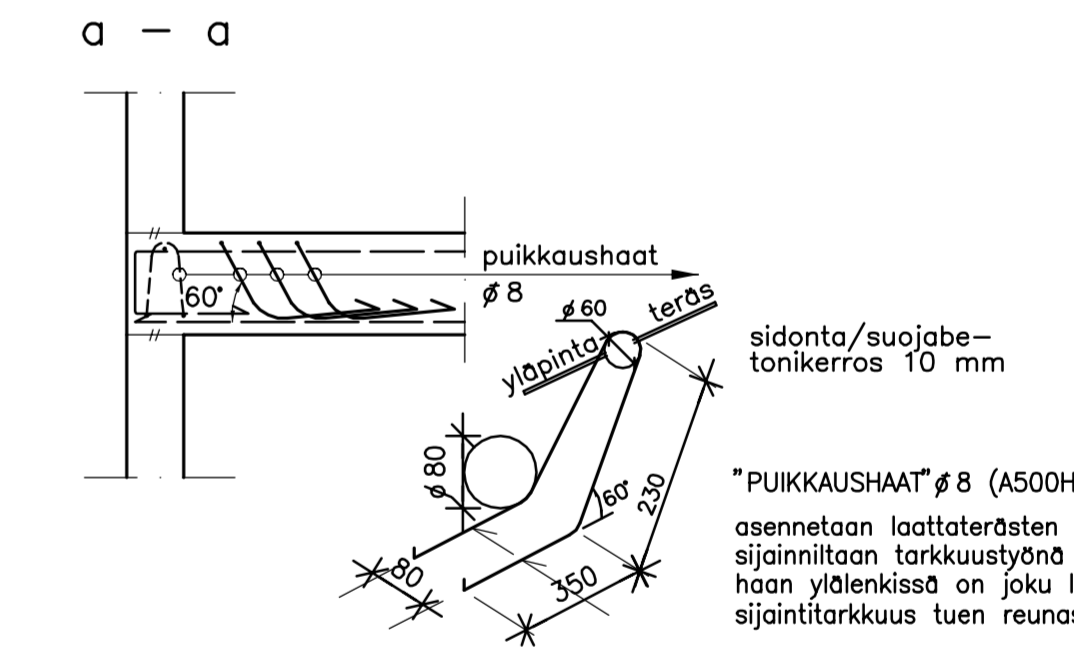
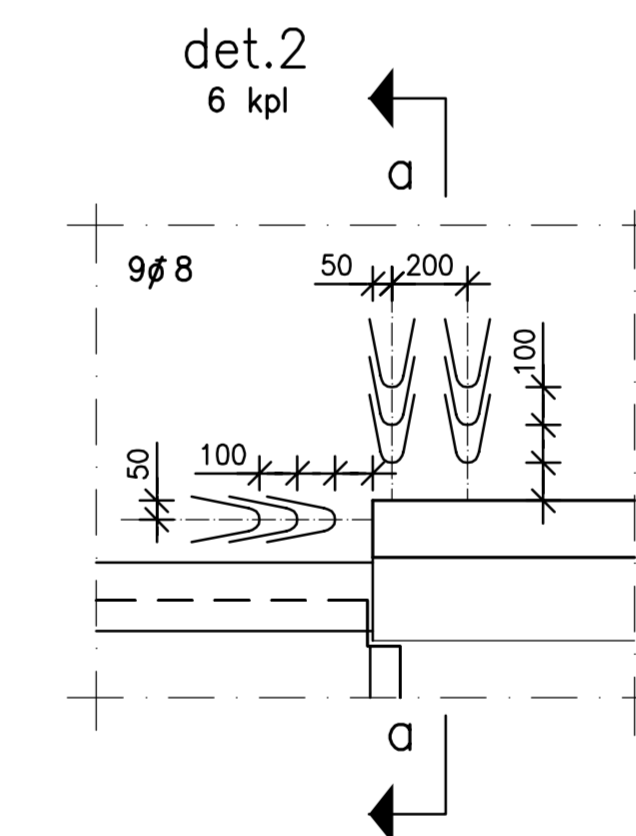
↔ Ylempi yläpintateräs
 ← a Alempi yläpintateräs

- Yläpintaterästyksen ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Teräsket asennetaan keskeisesti tukijoihin suhteen, ellei toisin ole merkitty.
- Reikien aiheuttama lisäterästyksen reian pielissä 1.5 x katkaistu teräsmäärä, l=reikä+1500, ellei toisin ole merkitty

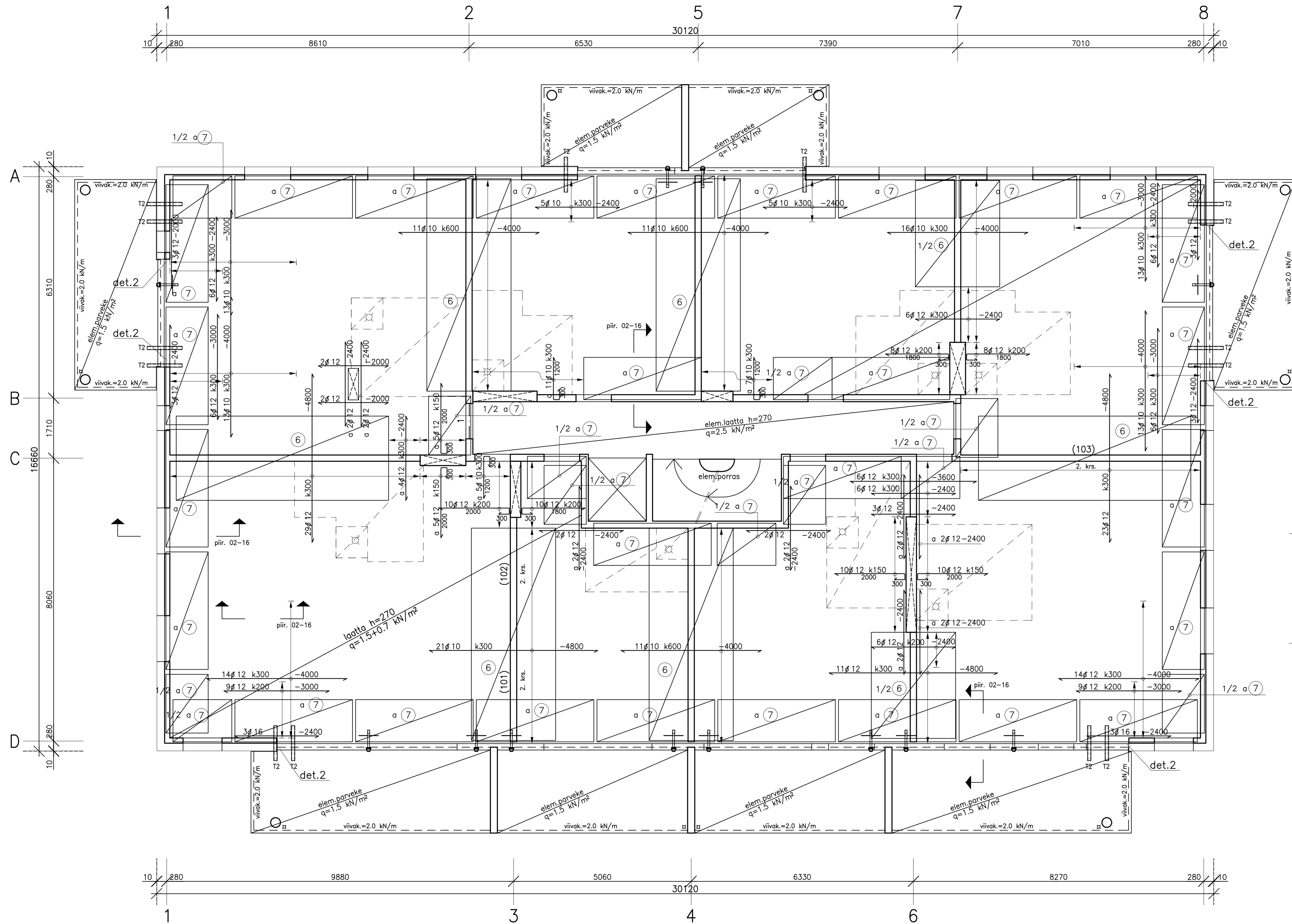
MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:

- Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan



⊗ Suihkun kaivon kohdalla olevat verkkoteräsket voidaan katkaista (enintään 2 kpl)
 ⊕ Suojabetonikerros 15 mm



*"PUIKKAUSHAAT" Ø 8 (A500H) 54 kpl
 asennetaan laattaterästen asennuksen jälkeen
 sijainnitaan tarkkuudella siten, että jokaisen
 haan ylälenkissä on joku laatan yläpintateräs
 sijaintitarkkuus tuen reunastä ±20



BETONI JA TERÄS LAUD.PIIR. MUKAAN

 Ylämpi alapintaterästys
 Alempi alapintaterästys

- Alimpien terästen suojaabetoni on 20 mm
- Lämpimenevien terästen jatkospituus vähintään 70 x ϕ .
- Perusterästerverkot jatketaan väliseinän kohdalla
- Reikiä takia katkaistava perusterästys korvataan vähintään 1,5 - kertaosella lisäterästyksellä reikiä sivustoilla. Lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm.
- Reiät leikataan verkkoihin ja lisäraudoitetaan työmaalla oikean kohdan takaamiseksi
- Muuta kuin perusterästystä ei reikiä takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikiä väleihin ja sivustoille muutamalla tarvittaessa teräsjakoa tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla.
- Teräkset asennetaan keskeisesti tukijoihin suhteeseen, ellei toisin ole merkitty.
- Teräkset vietävä ehdottomasti tuen perälle.

MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:

- Mahdolliset elementtien tartunnatortuntakaavion mukaan
- Laatan rauditusdetaljit erik. piir. mukaan

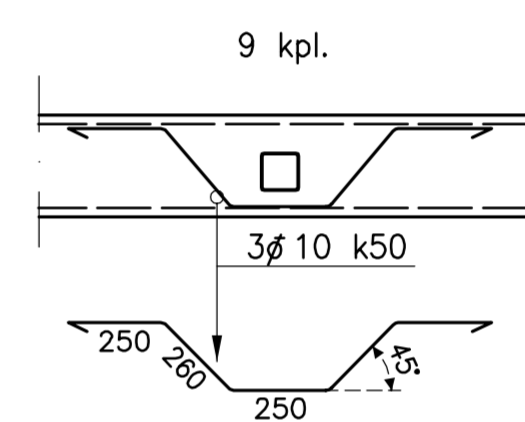
Terästen asennus

Ylemmät alapintateräkset



Alempiä päätterästen suojaabetoni 20 mm

det.1

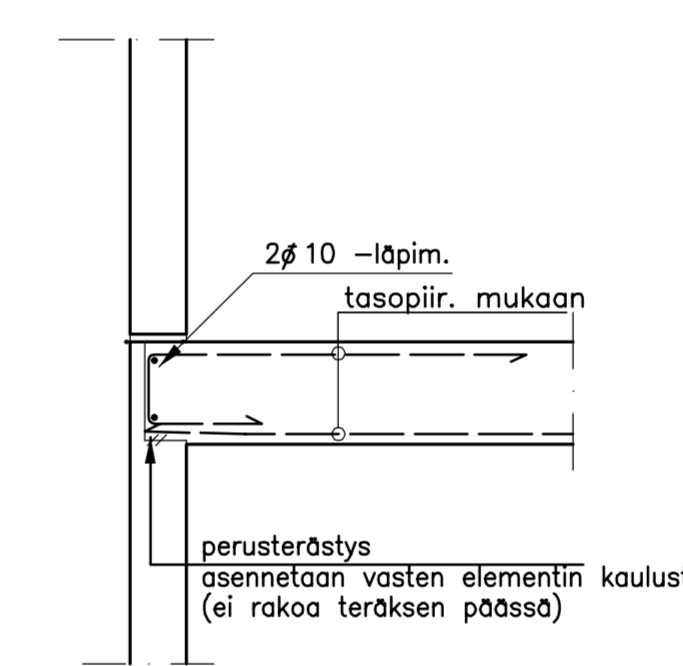


9 kpl.



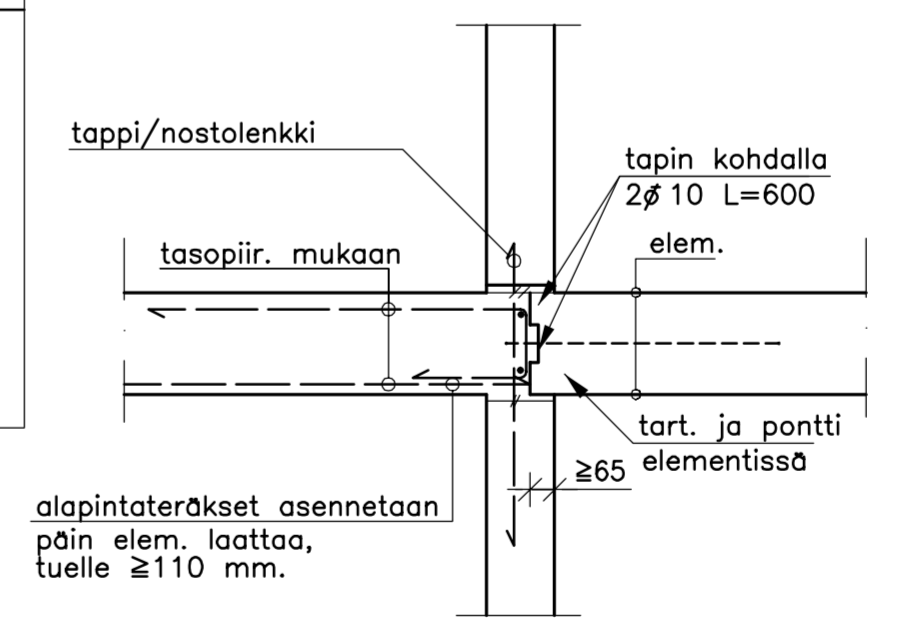
a - a

1:20



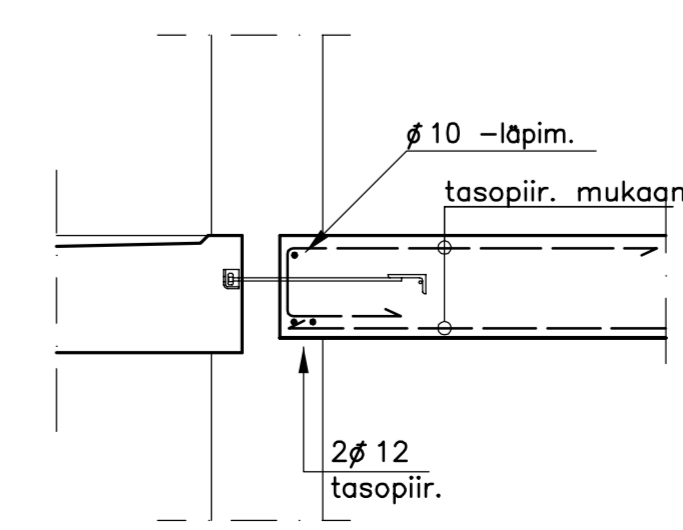
b - b

1:20

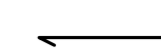
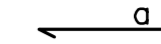


C - C

1:20



BETONI JA TERÄS LAUD.PIIR. MUKAAN

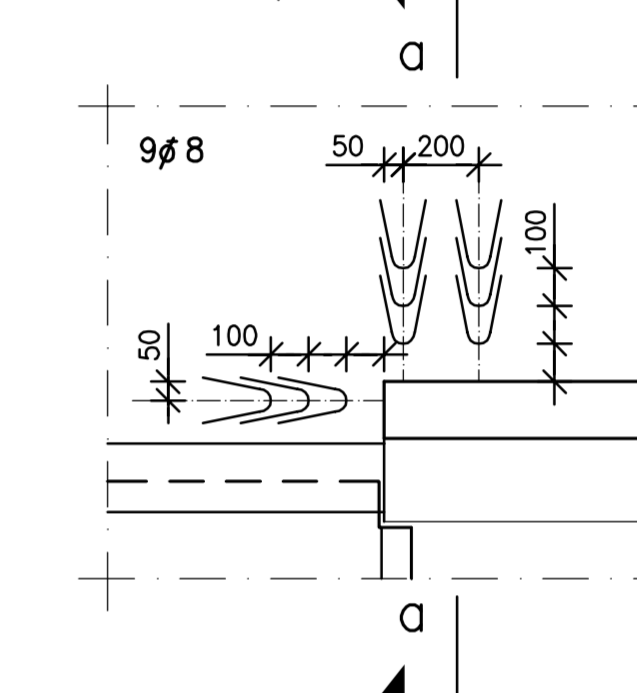
 Ylempi yläpintateräs
 Alempi yläpintateräs

- Yläpintaterästyksen on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Ylimpien terästen suojaabetoni on yleensä 20 mm, ellei toisin merkitty.
- Teräkset asennetaan keskeisesti tukijaljen suhteen, ellei toisin ole merkitty.
- Teräksiä ei katkaista reikien takia, vaan ne pyritään sijoittamaan reikien sivustolle ja väleihin muuttamalla teräsjakoa, tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla.
- Lämpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa jatkospitus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70 x ϕ .

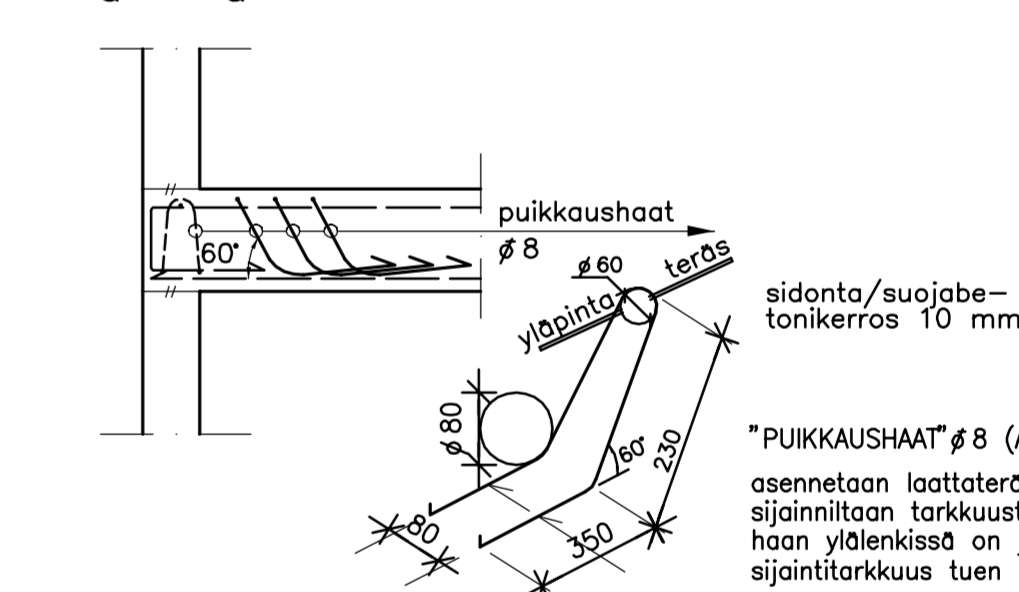
MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:

- Laatan rauditusdetaljit erik. piir. mukaan
- Mahdolliset elementtien kiinnitysteräkset tartuntakaavion mukaan

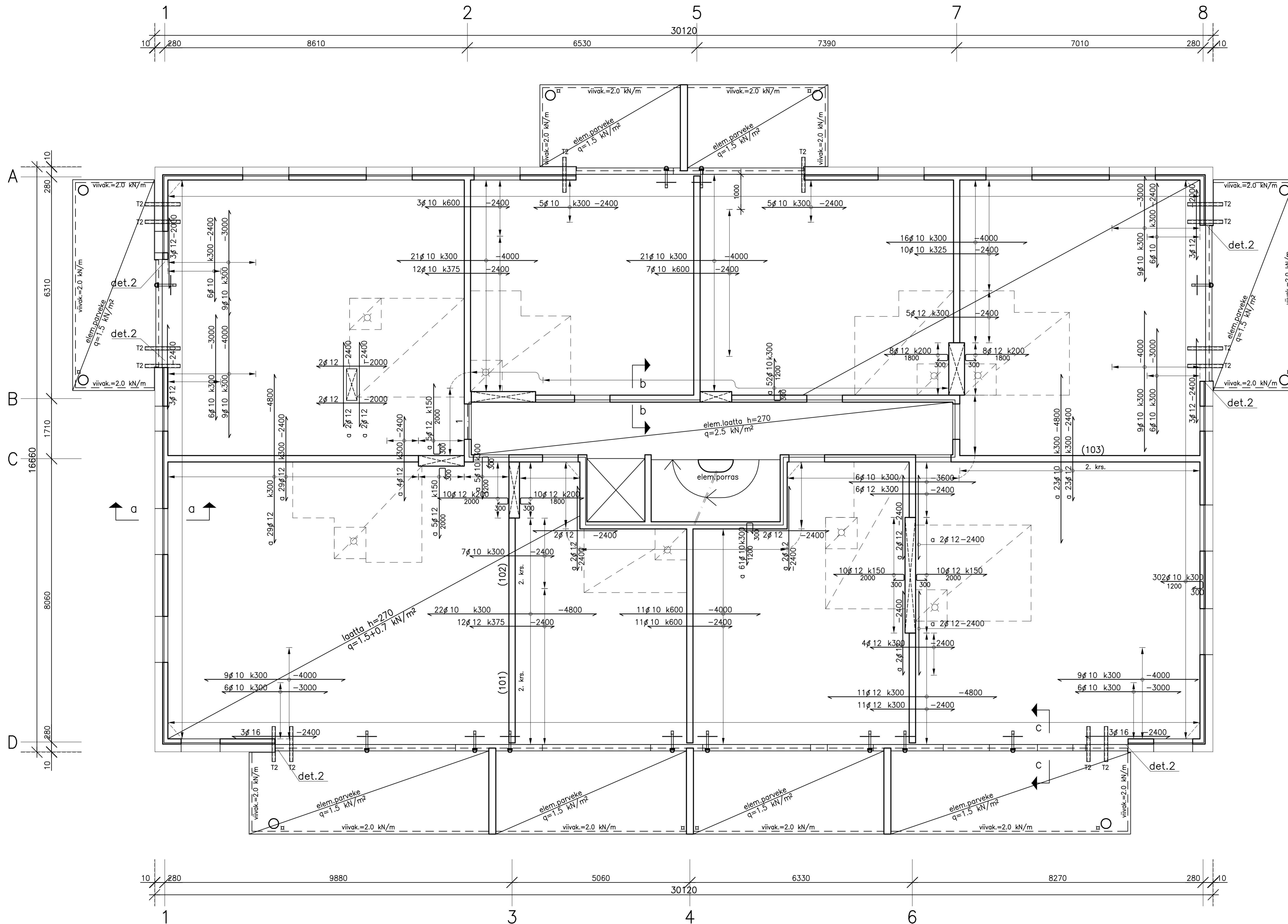
det.2
6 kpl

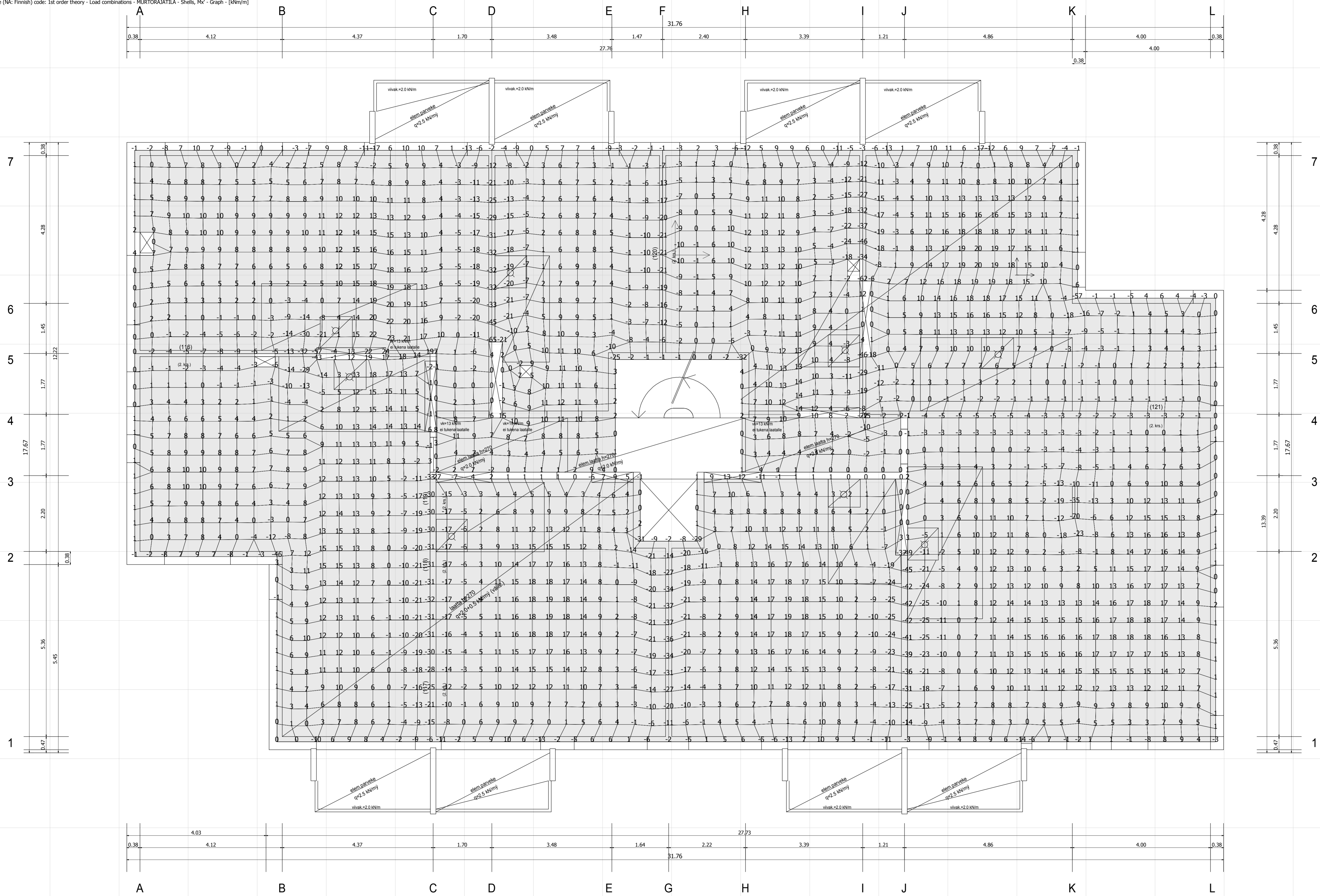


a - a

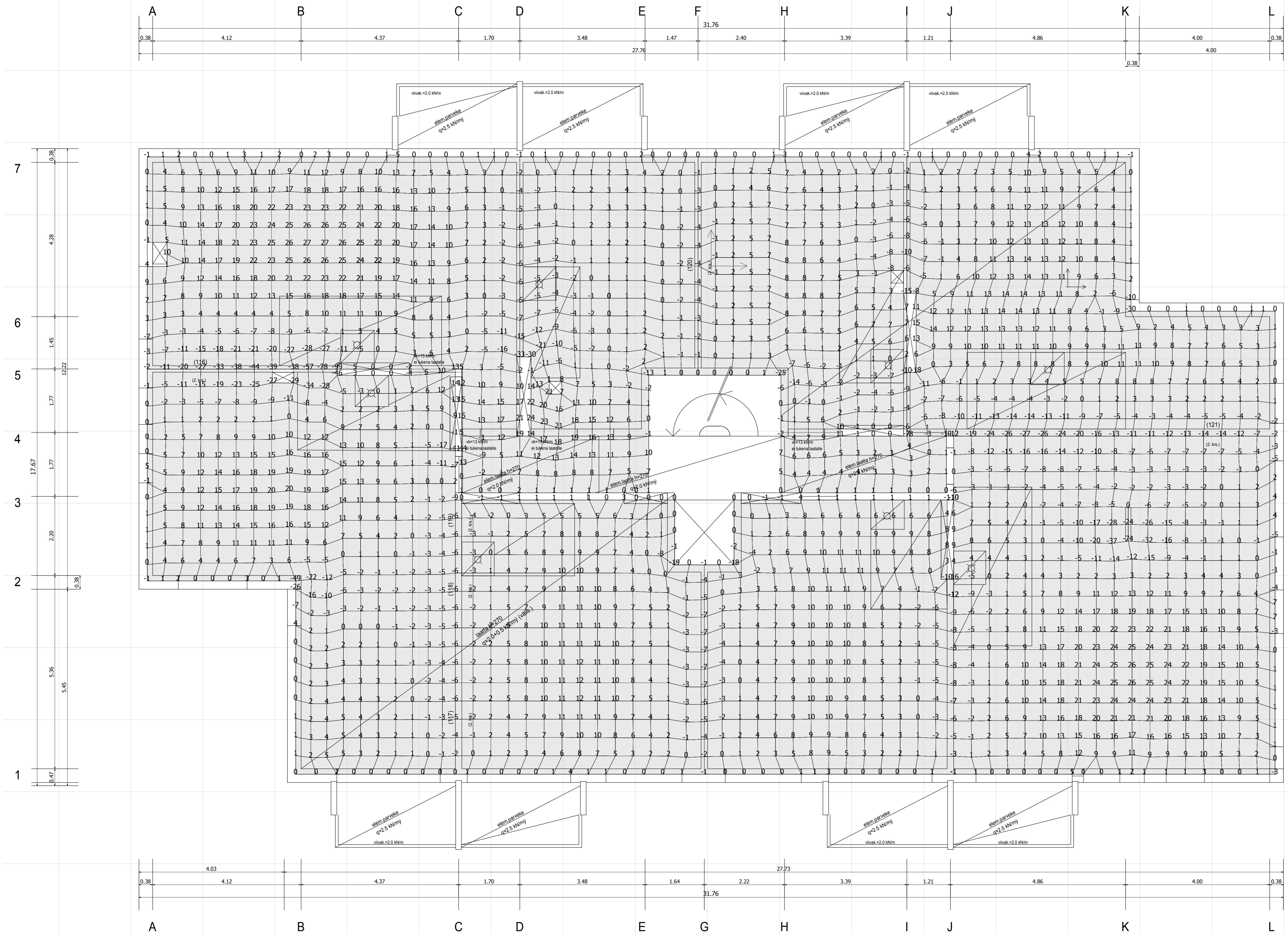


"PUIKKAUSHAAT" $\phi 8$ (A500H) 54 kpl
asennetaan laattaterästen asennuksen jälkeen sijoittamalla tarkkuusystymä siten, että jokaisen haan yläpinnissä on joku laatan yläpintateräs sijaintitarkkuus tuen reunasta ± 20



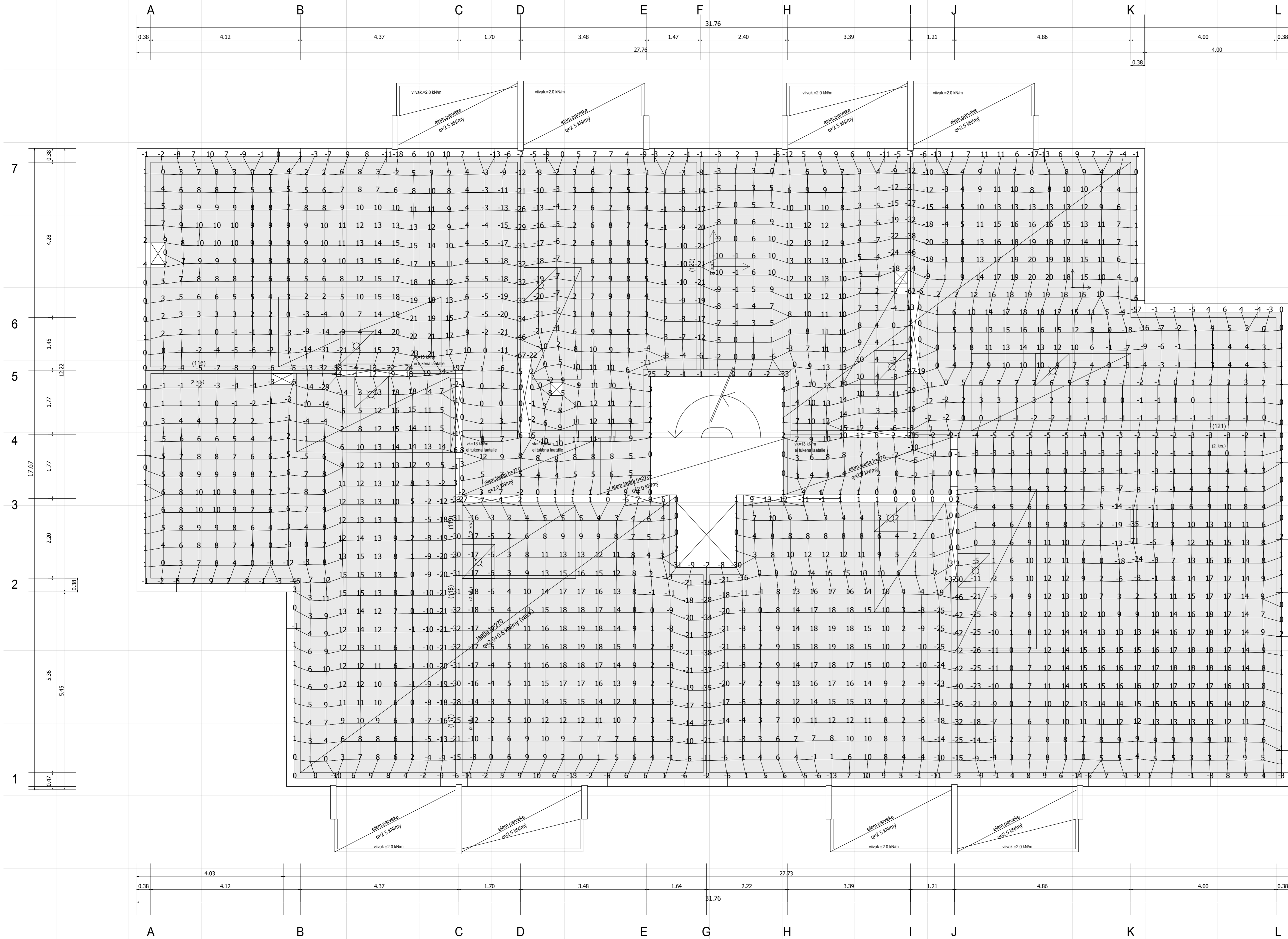


Project	Esimerkkiohde 2	Scale	1 : 50.0
Description		File name	2_KRS_KATTO (2).pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:26:46
Signature		Comments	

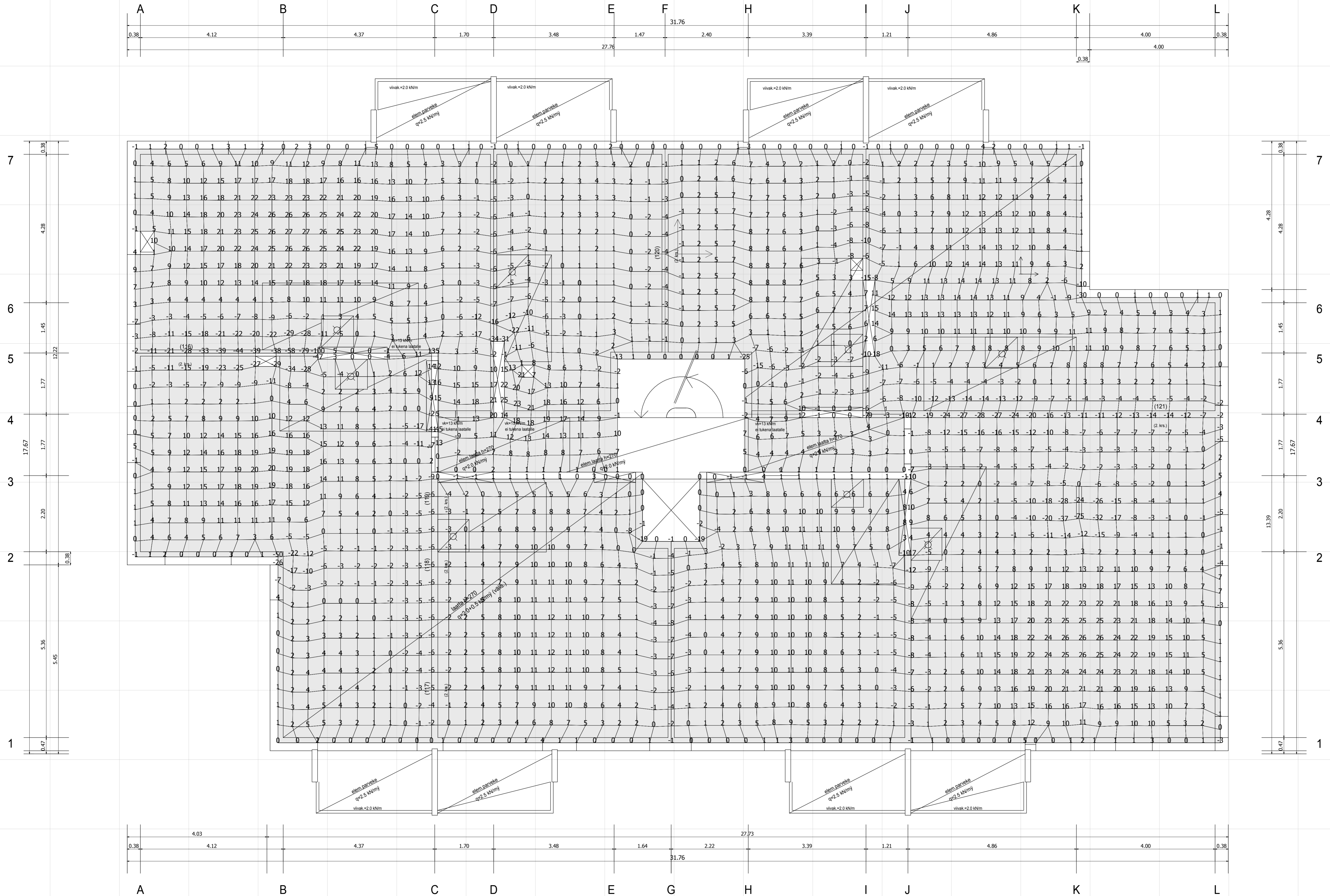


Project	Esimerkkiohde 2	Scale	1 : 50.0
Description		File name	2_KRS_KATTO (2).pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:29:20
Signature		Comments	

FEM-Design 13 - © StruSoft

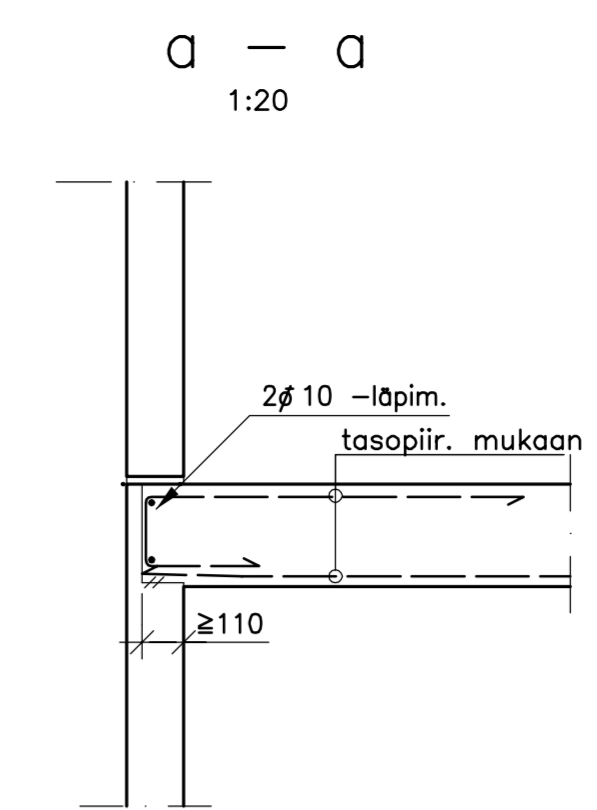
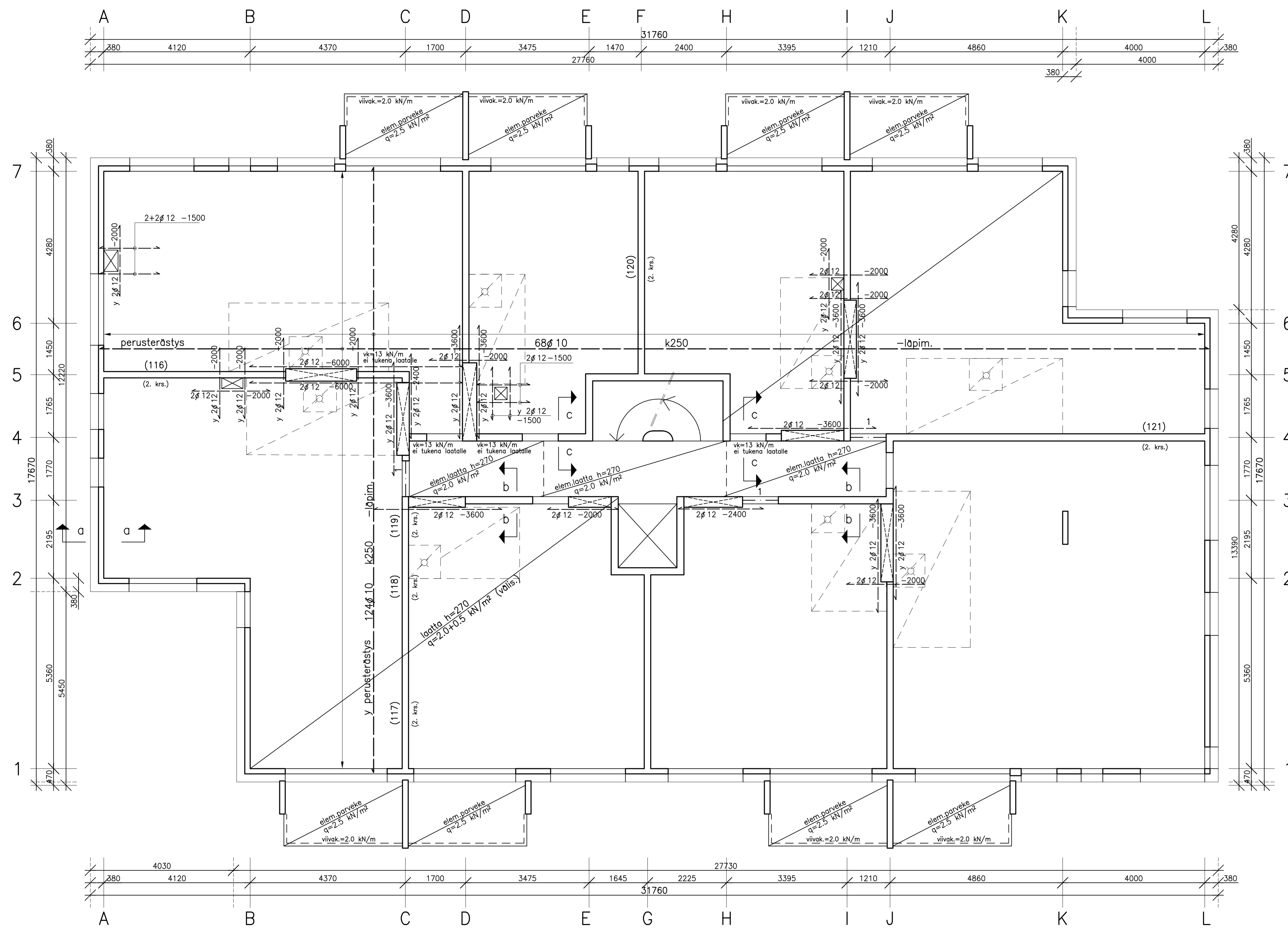


Project	Esimerkkiohde 2	Scale	1 : 50.0
Description		File name	2. KRS. KATTO (2).pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:28:47
Signature		Comments	



Project	Esimerkkiohde 2	Scale	1 : 50.0
Description		File name	2. KRS. KATTO (2).pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:30:50
Signature		Comments	

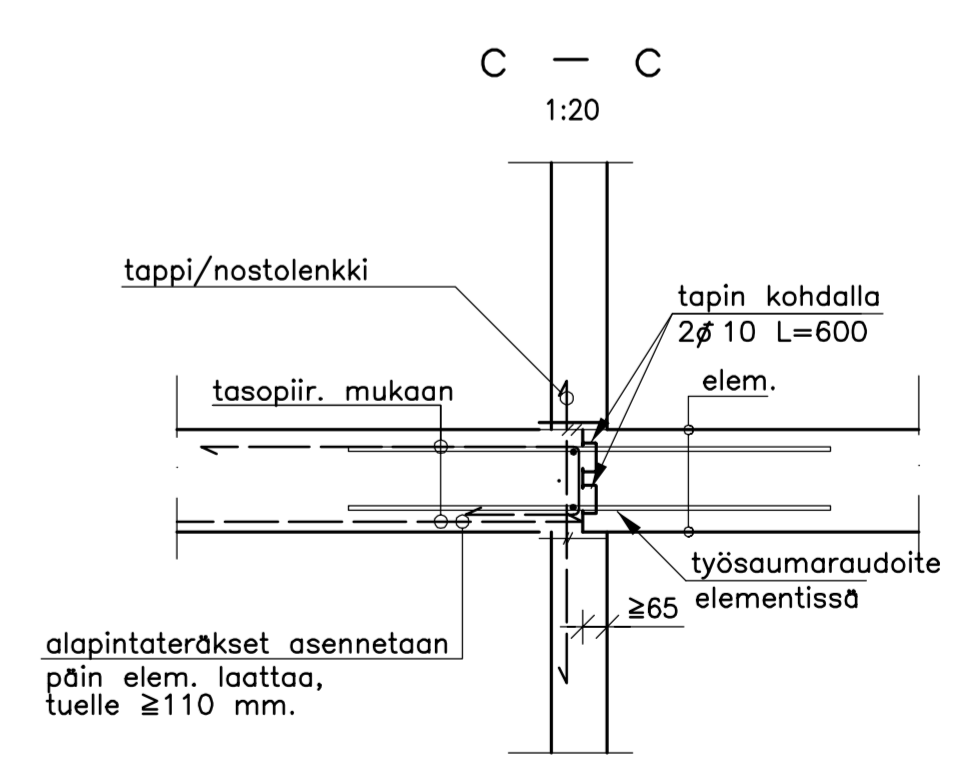
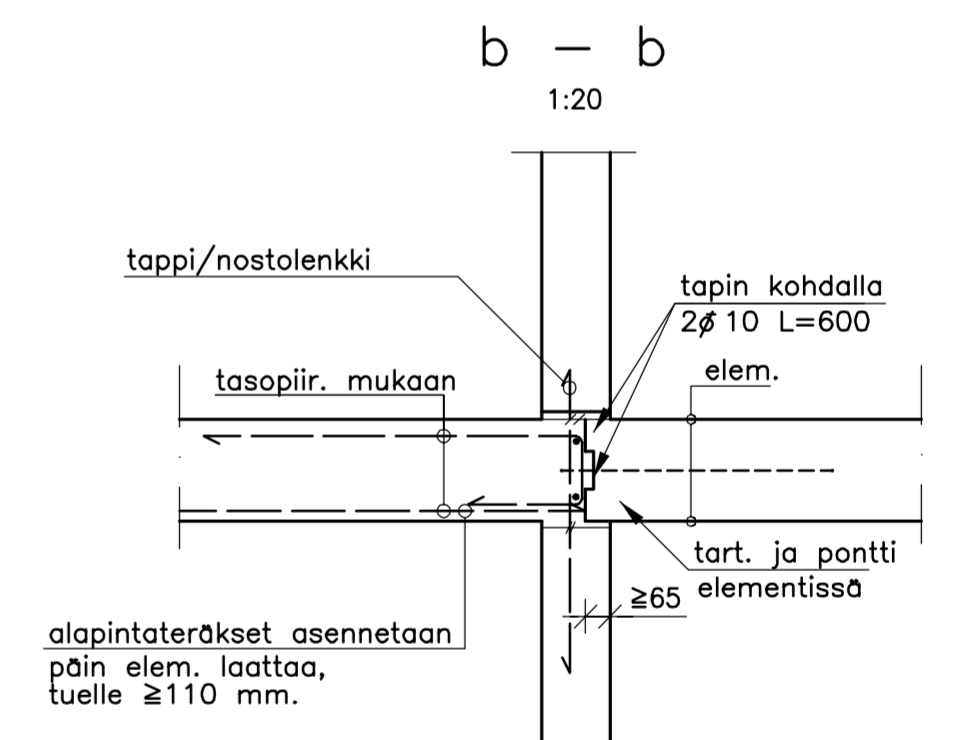
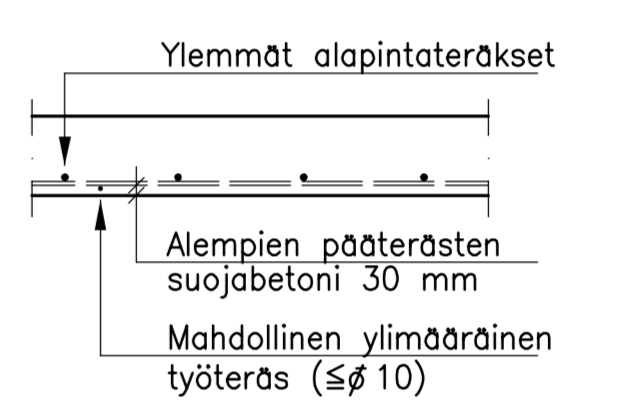
BETONI JA TERÄS LAUD. PIIR. MUKAAN

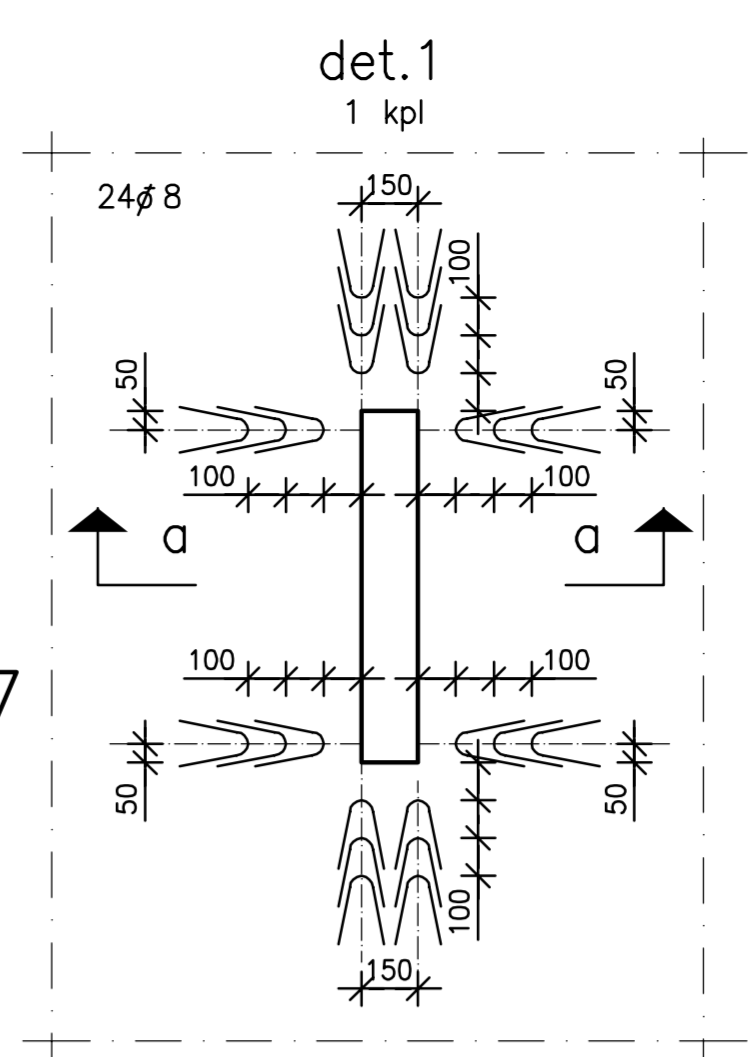
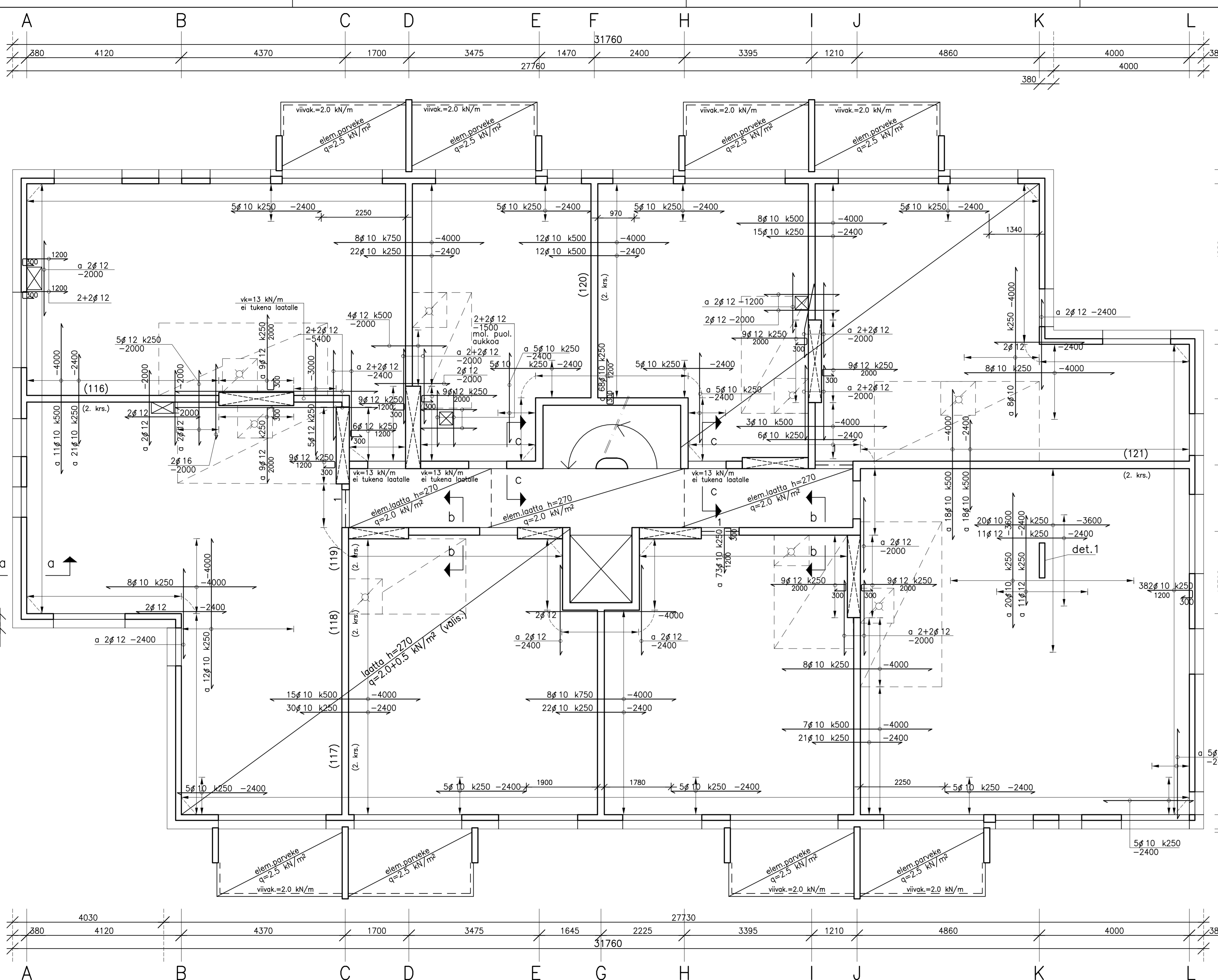


- Ylempi alapintaterästys
- Alempi alapintaterästys
- Läpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. jatkospituus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään $70 \times \phi$.
- Reikiä takia katkaistava perusterästys korvataan vähintään 1,5 - kertaisella lisäterästyksellä reikiä sivuilla. lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm.
- Muuta kuin perusterästästä ei reikiä takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikiä väleihin ja sivuille muutamalla tarvittaessa teräsjakoa tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla.
- Teräkset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.

- MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:
- Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan
 - Laatan rauditusdetaljit erik. piir. mukaan

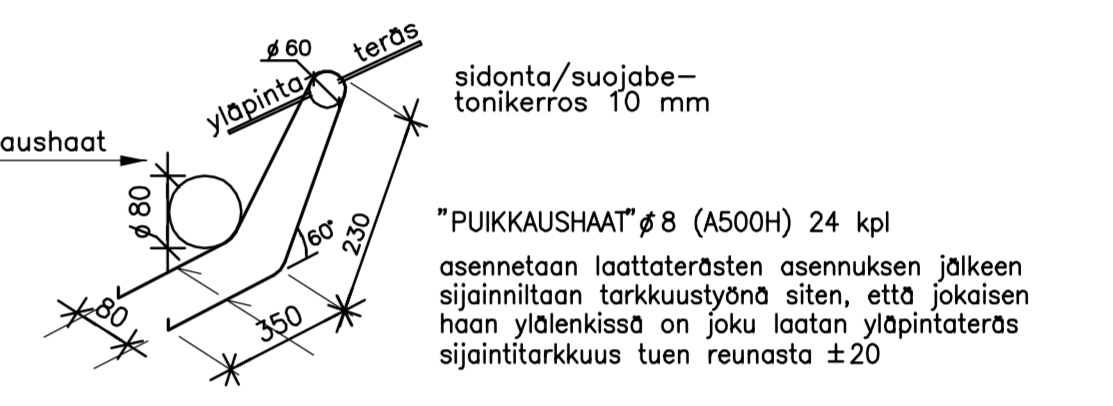
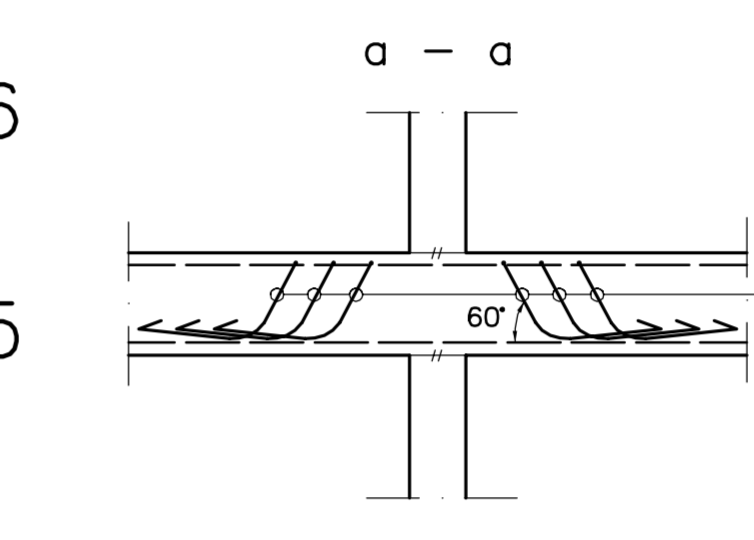
Terästen asennus



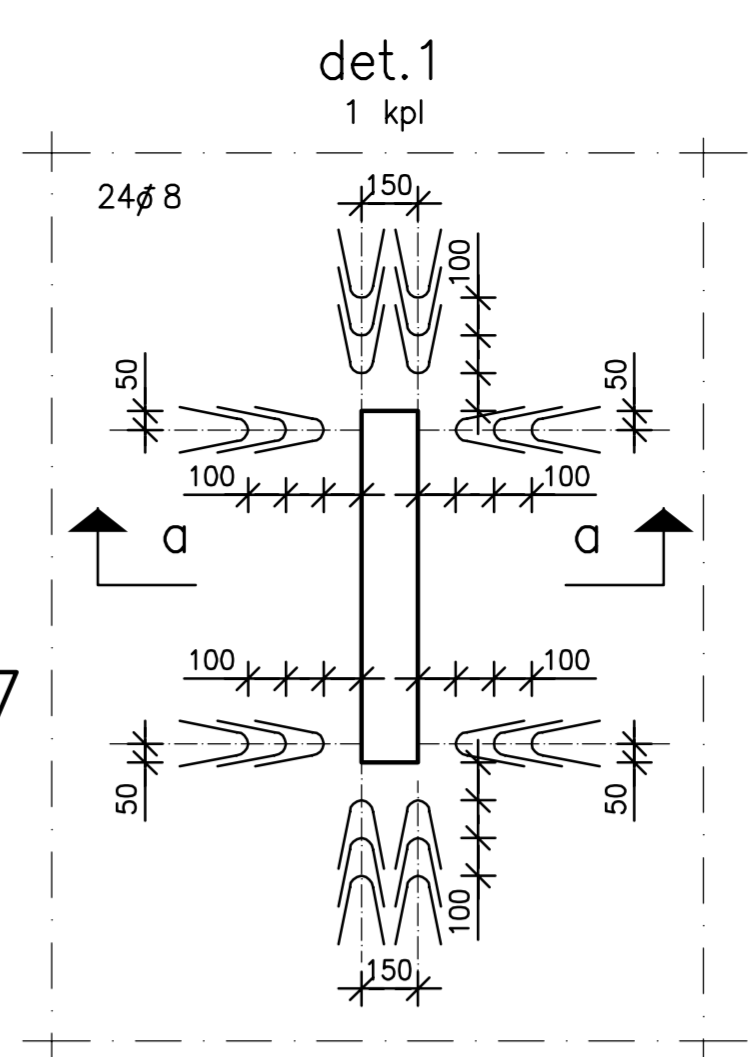
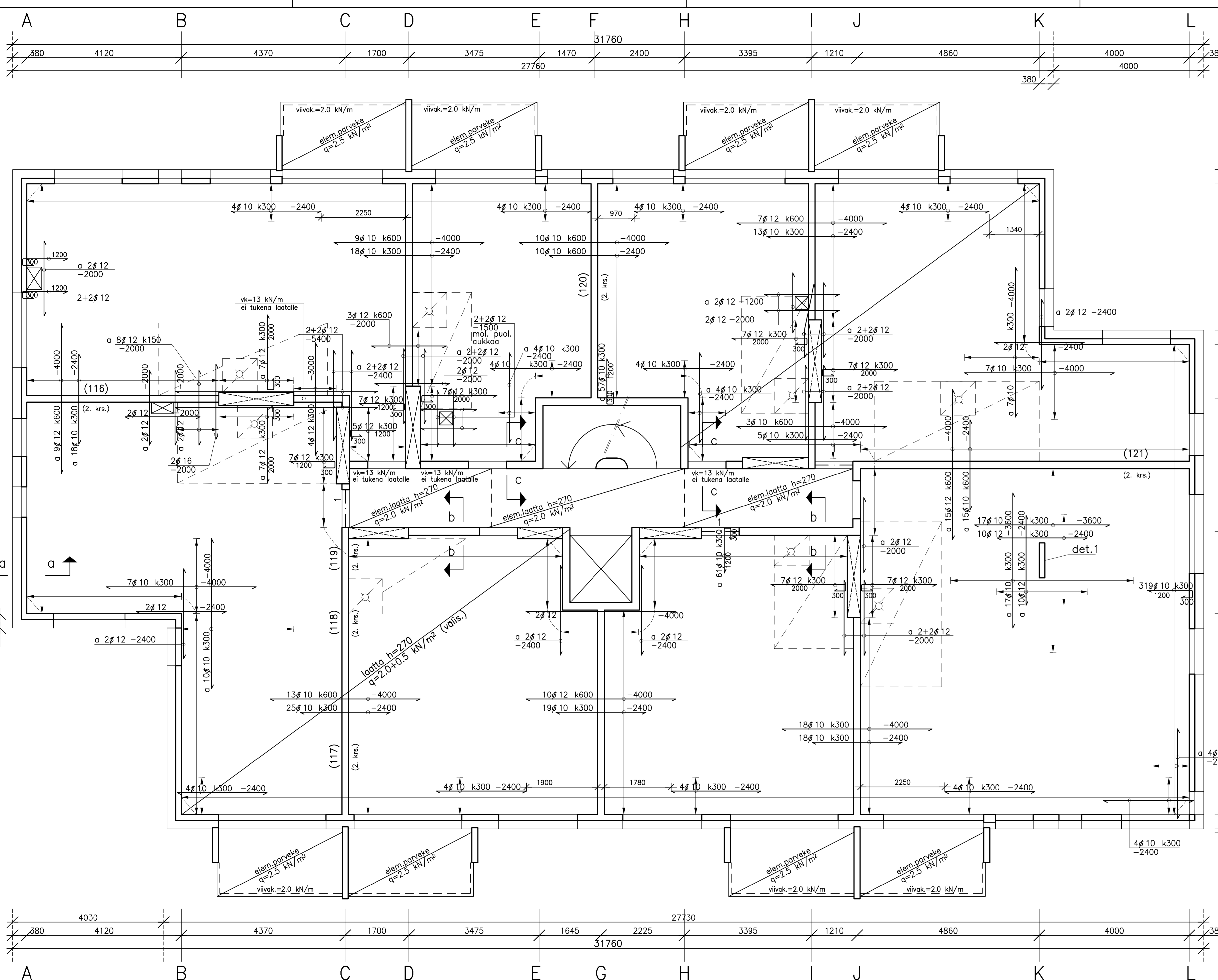


BETONI JA TERÄS LAUD. PIIR. MUKAAN

- Yläpintateräs
Alempi yläpintateräs
- Yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Läpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. jatkospituus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70 x φ.
- Reikiä takia ei teräksiä katkaista, vaan ne pyritään sijoittamaan reikiin sivustoille ja väleihin muuttamalla teräsjakoa, tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla
- Ylimpien terästen suojaabetoni on 20 mm
- Teräkset asennetaan keskeisesti tukiliinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.

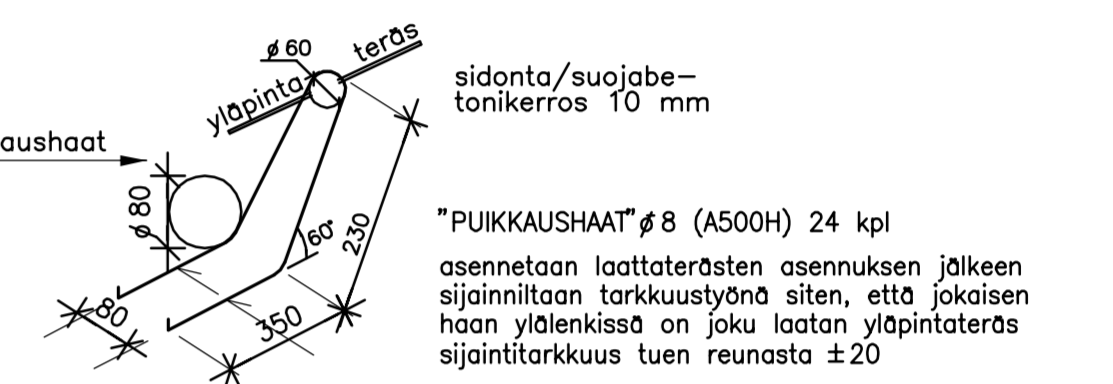
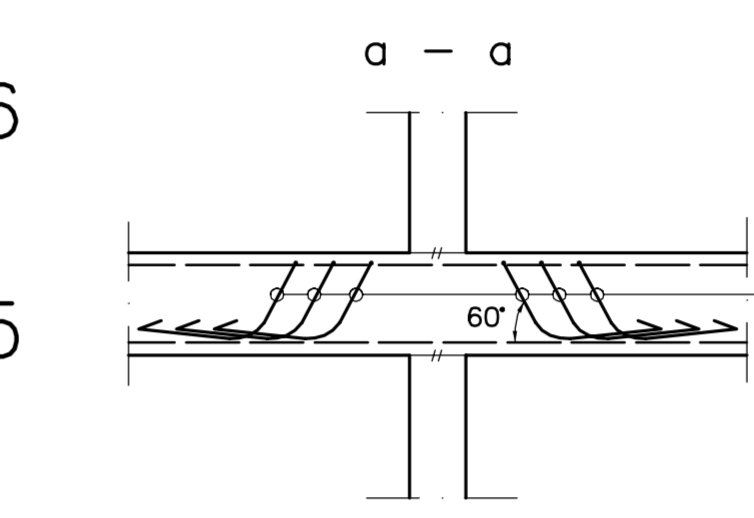


*"PUIKKAUSHAAT" φ8 (A500H) 24 kpl
asennetaan laattaterästen asennuksen jälkeen sijoittamaan tarkkuustyönä siten, että jokaisen haan yläpinnissä on joku laatan yläpintateräs sijaintitarkkuus tuen reunasta ±20



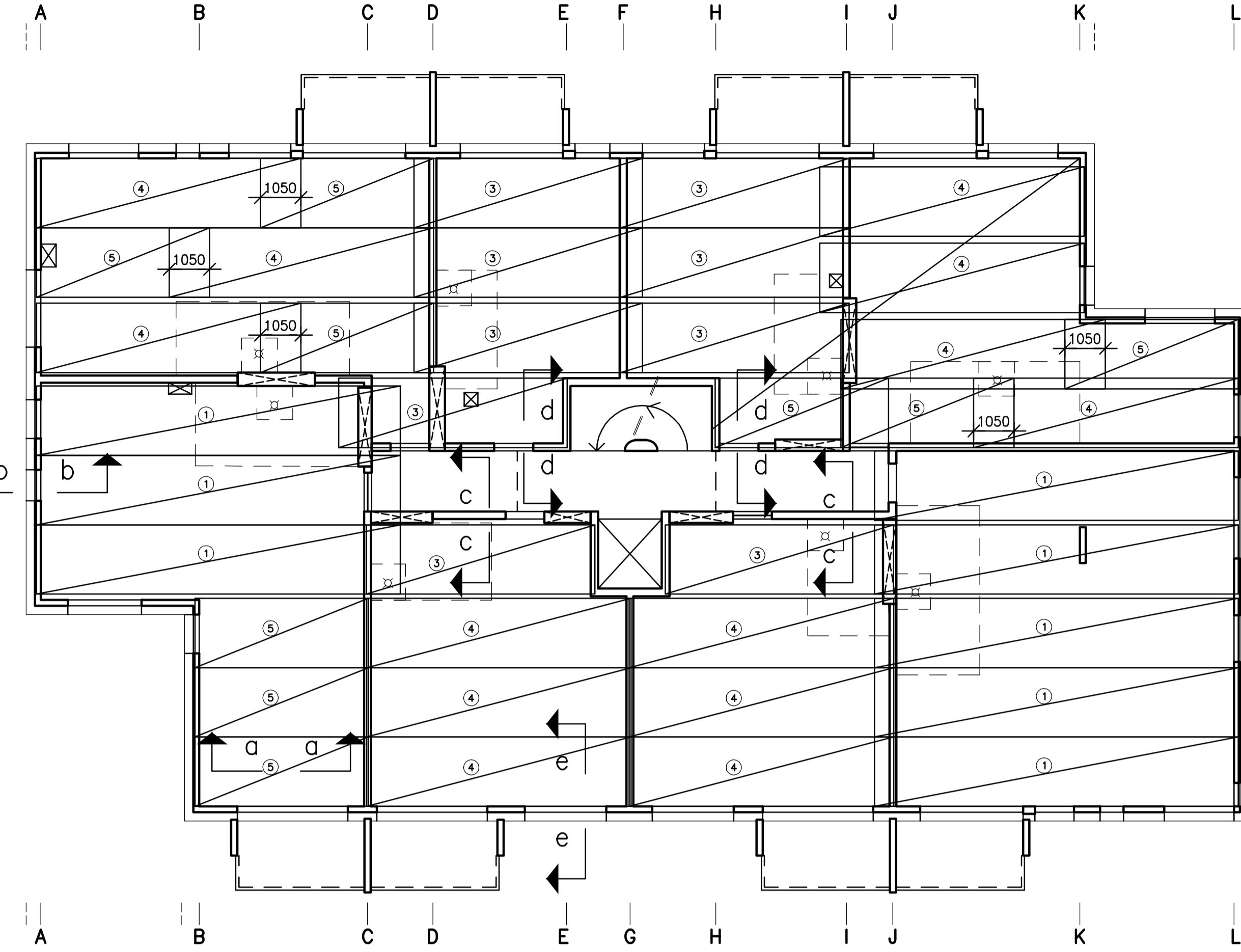
BETONI JA TERÄS LAUD. PIIR. MUKAAN

- Yläpintateräs
— Alempi yläpintateräs
- Yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Lämpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. jatkospituus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70 x φ.
- Reikiä takia ei teräksiä katkaista, vaan ne pyritään sijoittamaan reikiin sivustoille ja väleihin muuttamalla teräsjakoa, tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla
- Ylimpien terästen suojaabetoni on 20 mm
- Teräkset asennetaan keskeisesti tukiliinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.

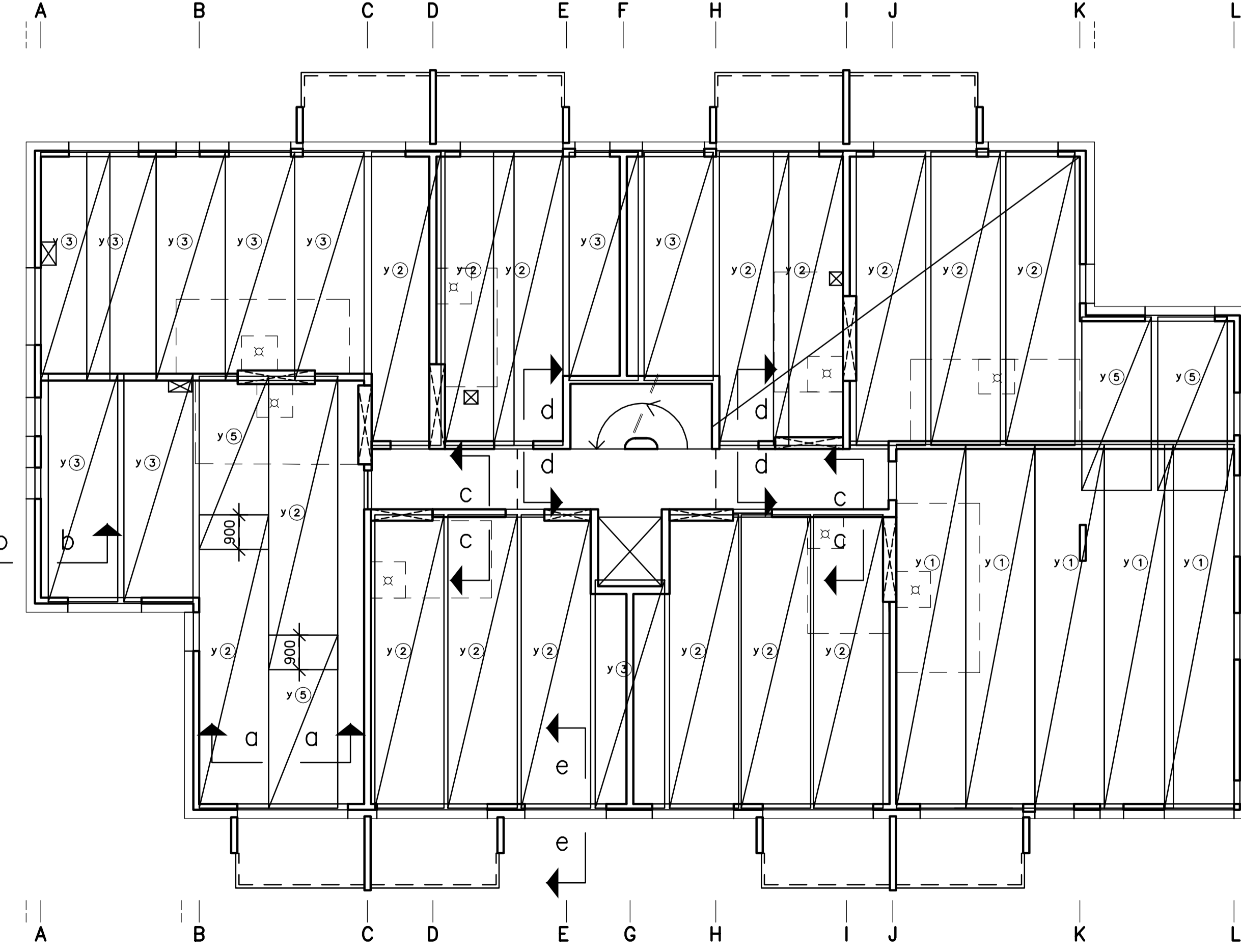


*"PUIKKAUSHAAT" φ8 (A500H) 24 kpl
asennetaan laattaterästen asennuksen jälkeen sijoittamaan tarkkuustyönä siten, että jokaisen haan ylälenkissä on joku laatan yläpintateräs sijaintitarkkuus tuen reunasta ±20

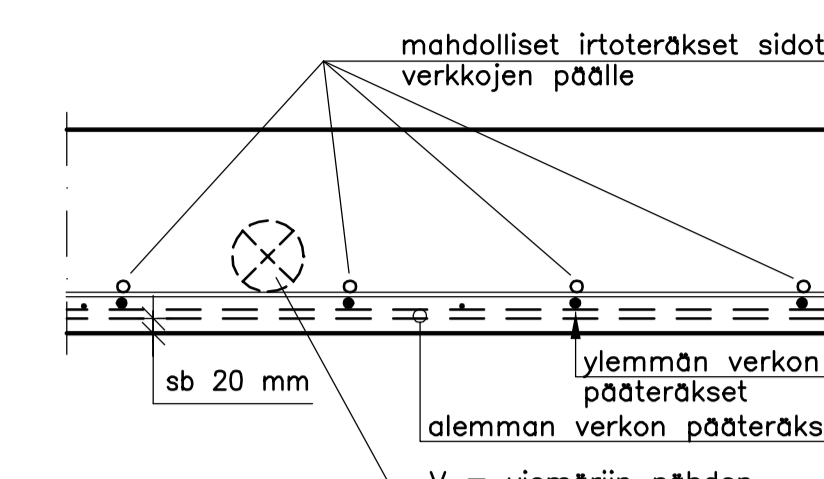
I asennus
alempi alapintaverkko
1:100



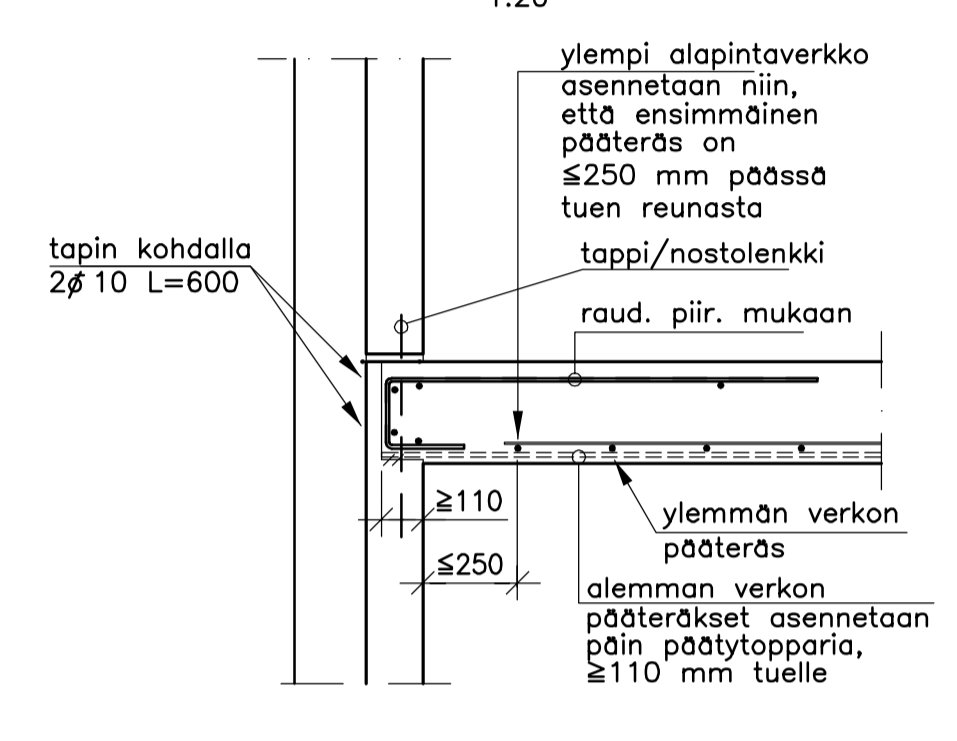
II asennus
ylempi alapintaverkko
1:100



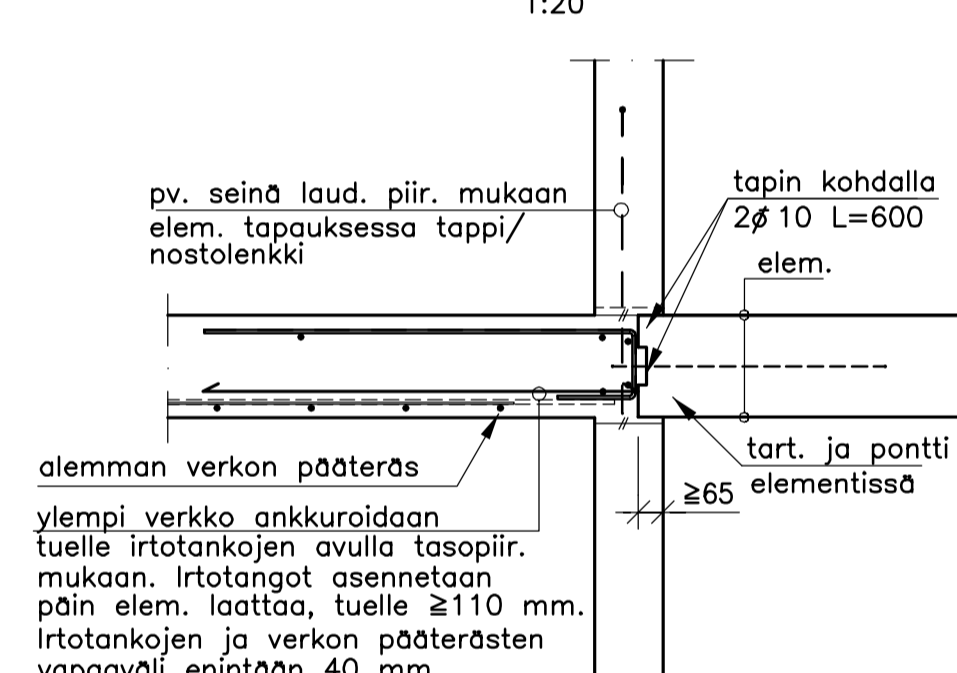
a - a
Verkkoterästen asennus
1:10



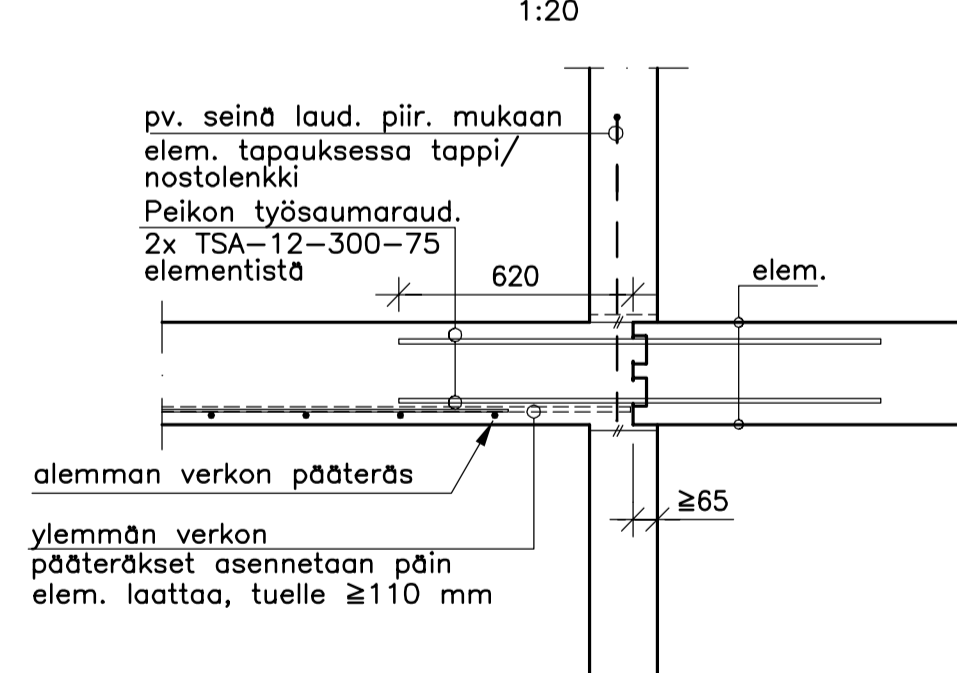
b - b
1:20



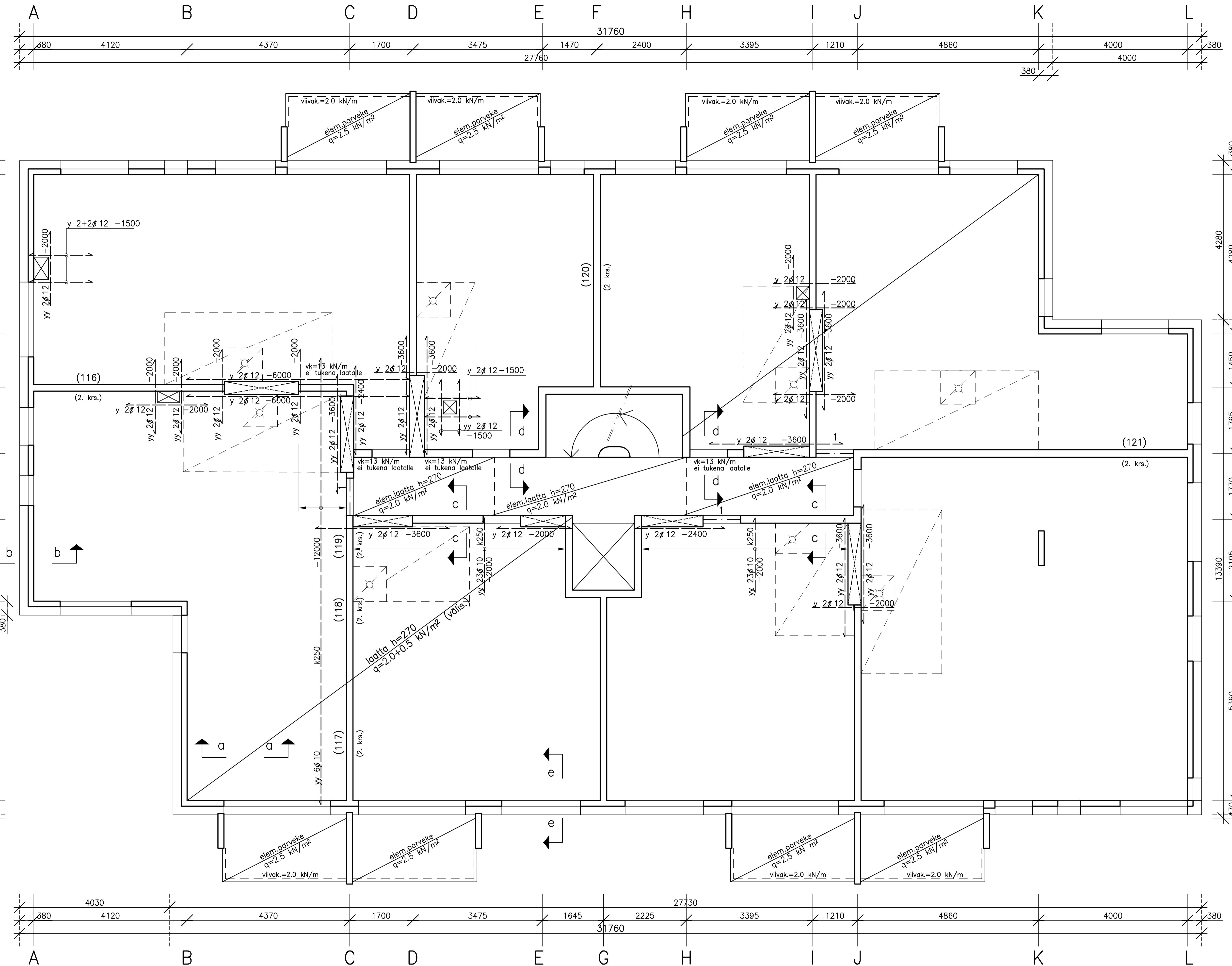
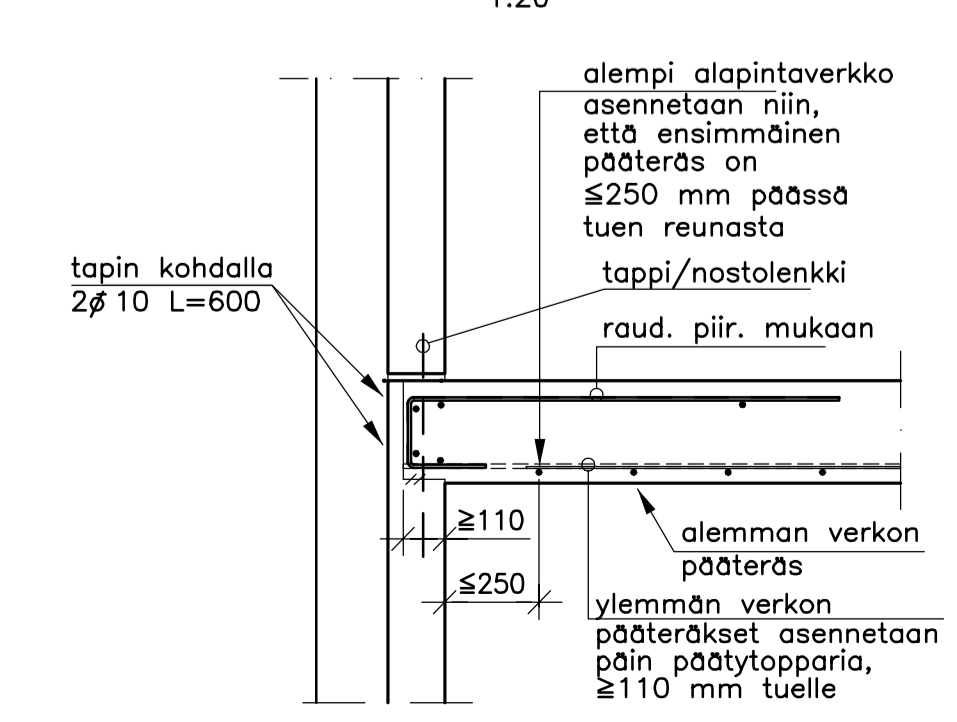
c - c
1:20



d - d
1:20



e - e
1:20



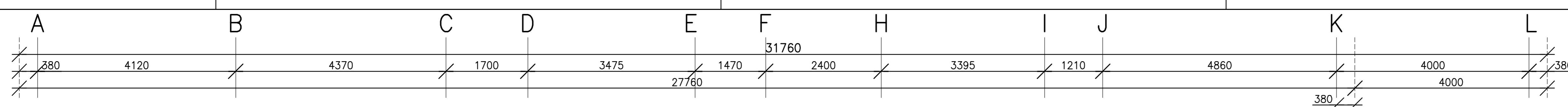
BETONI LAUD. PIIR. MUKAAN
TERÄS: Ø A500H Irtoteräksät
Ø B500K Verkot

HITSATUT TERÄSVERKOT B500K, HITSAUSLUOKKA FL30 (kpl/Ø /k/L)

1	8/10.0/250/9450	- 12/8.0/800/1800	13 kpl
2	8/10.0/250/7620	- 10/8.0/800/1800	16 kpl
3	8/10.0/250/5930	- 8/8.0/800/1800	19 kpl
4	8/10.0/250/6870	- 9/8.0/800/1800	13 kpl
5	8/10.0/250/4500	- 6/8.0/800/1800	13 kpl

- Alempi alapintaverkko
 - Ylempi alapintaverkko
 - Pidemmät teräksät alimpina
 - Pidemmät teräksät alimpina
 - Suojabetonikerros 20 mm
- Irtoteräksät Ø A500H, suojabetonikerros 20 mm
- Ylin alapintateräs
 - Ylempi alapintateräs (as. verkkojen päälle)

- Reikiin aiheuttama lisäterästyksen piessään 1.5 x katkaistu teräsmäärä, l=reikä+1500, ellei toisin ole merkitty
 - Alempi alapintaverkko asennetaan siten, että päätteräksät ovat alimpina.
 - Ylempi alapintaverkko asennetaan siten, että päätteräksät ovat alimpina.
 - Lisäteräksät asennetaan ylempään alapintaverkon päälle.
 - Verkkojen maksimi väli on 250 mm päätterästen suunnassa
 - Verkot vietään tuelle ≥100 mm väliseinän kohdalla
 - Reiat leikataan verkkoihin työmaalla, oikean kohdan takaamiseksi
- MUUT LAITTAAN TULEVAT TERÄKSET:
- Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan
 - Laatan rauditusdetaljit piir. 02-28 mukaan
 - Paikallavalettavien seinäpaikkien terästyksen piir. 02-12 mukaan

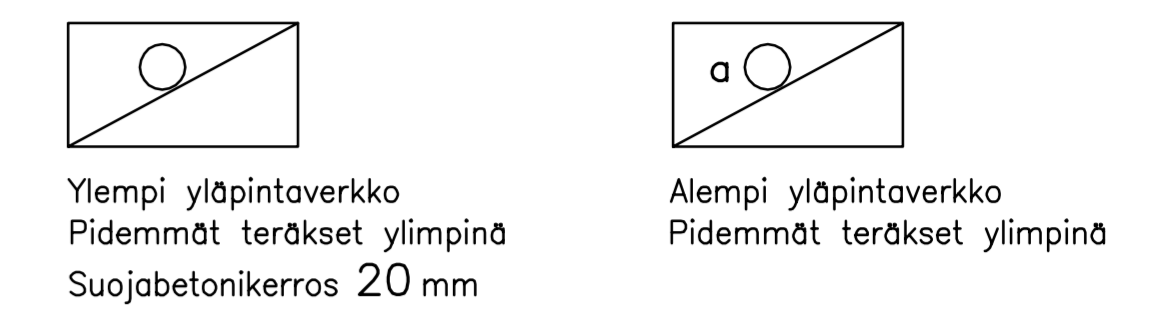


BETONI LAUD. PIIR. MUKAAN

TERÄS: Ø A500H Irtoeräksät
Ø B500K Verkot

HITSATUT TERÄSVERKOT B500K (kpl/Ø/k/L)

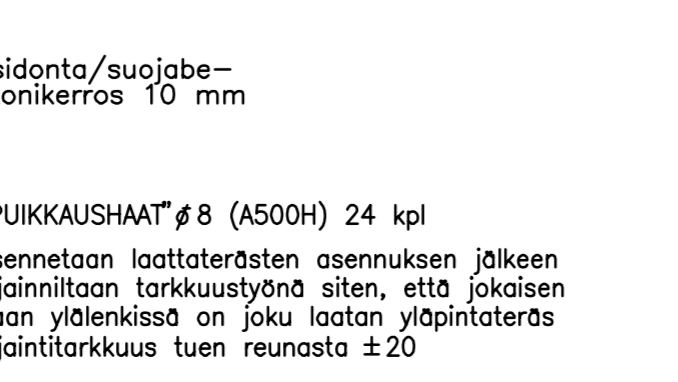
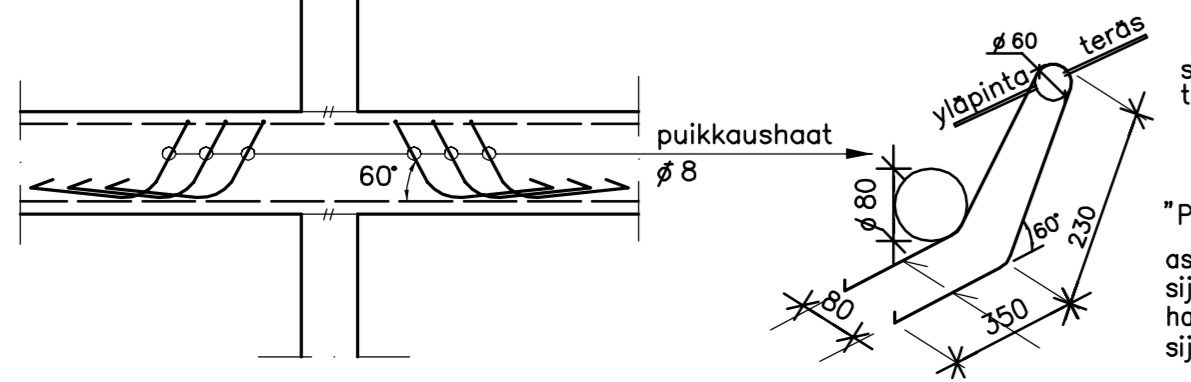
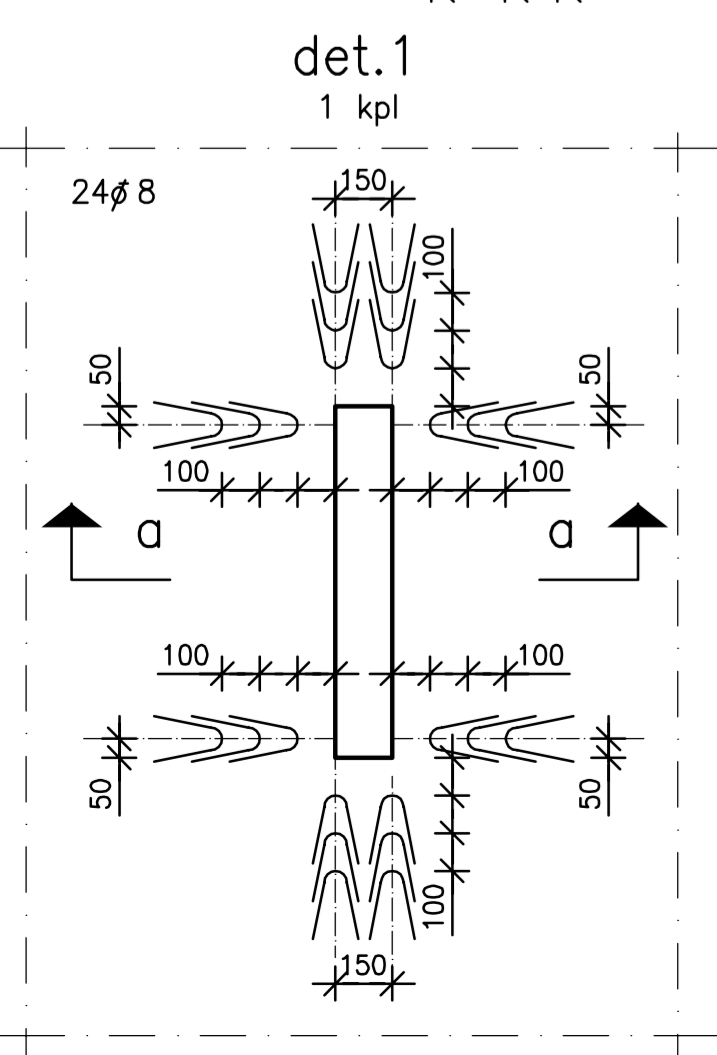
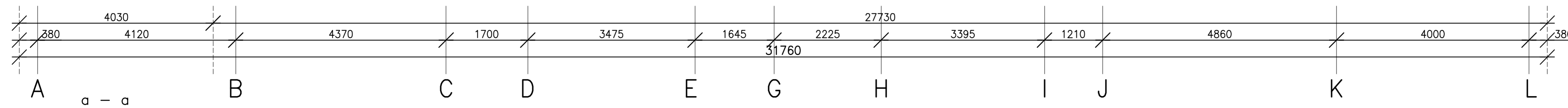
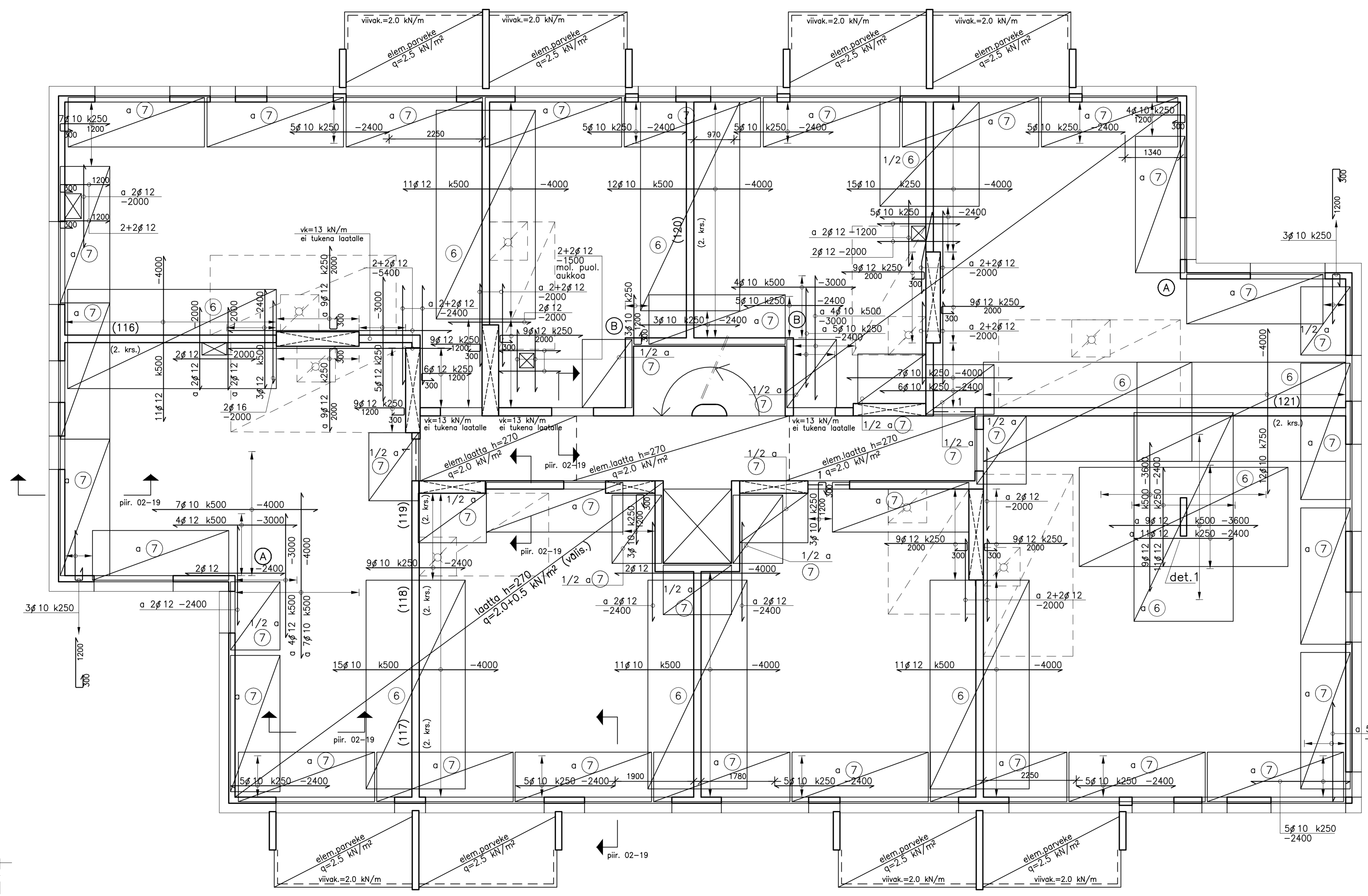
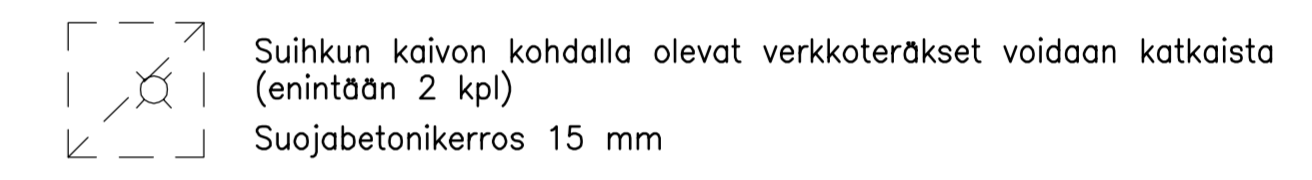
- ⑥ 21/10.0/250/2400 – 6/10.0/ 150/550 /5050 11 kpl
- ⑦ 3/10.0/ 360/1100 /3300 – 14/10.0/250/1685 (taiv. verkko) 35 kpl



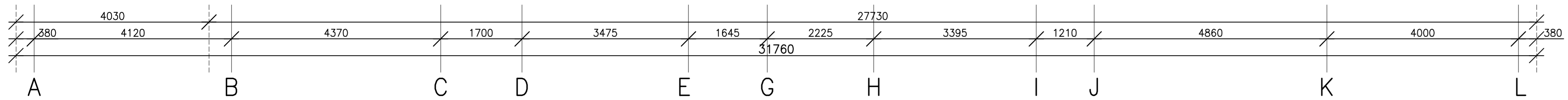
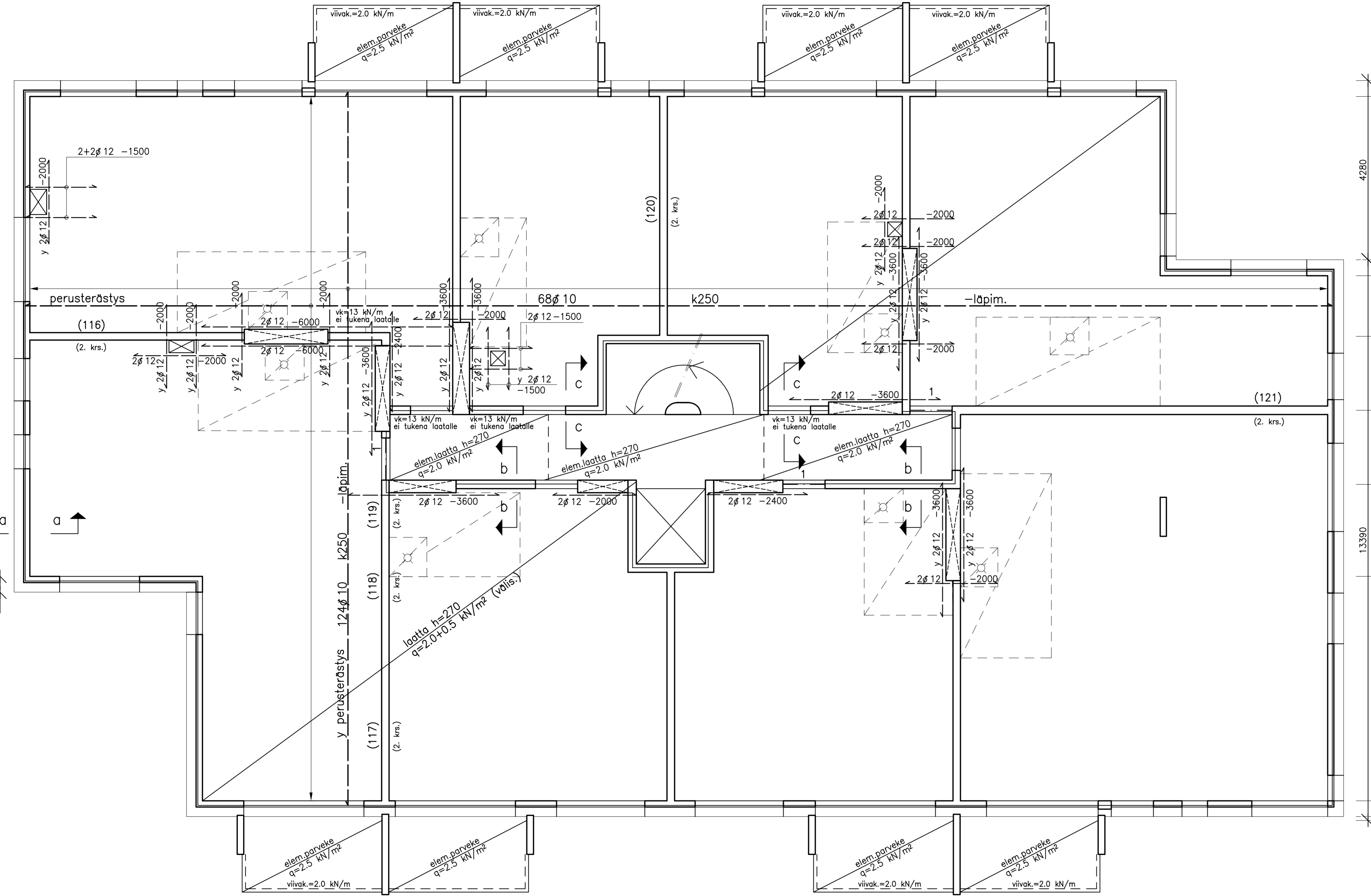
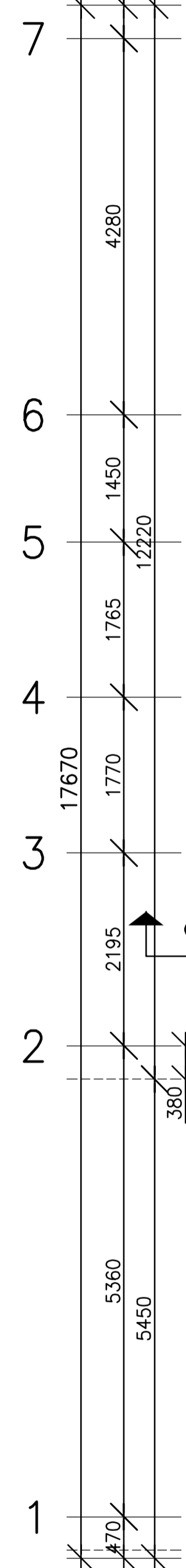
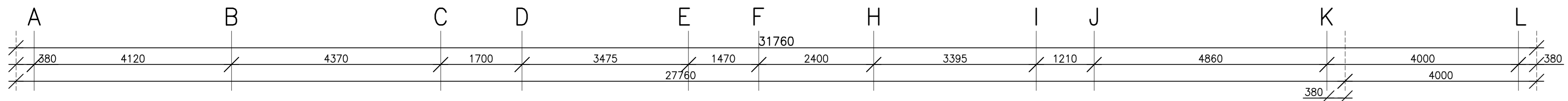
Irtoeräksät Ø A500H, suojabetonikerros 20 mm
 ↳ Ylempi yläpintateräs
 ↳ Alempi yläpintateräs

- Yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Teräsket asennetaan keskeisesti tukiliinjien suhteen, ellei toisin ole merkitty.
- Reikien aiheuttama lisäterästys reidän pielissä 1.5 x katkaistu teräsäärä, l=reikä+1500, ellei toisin ole merkitty

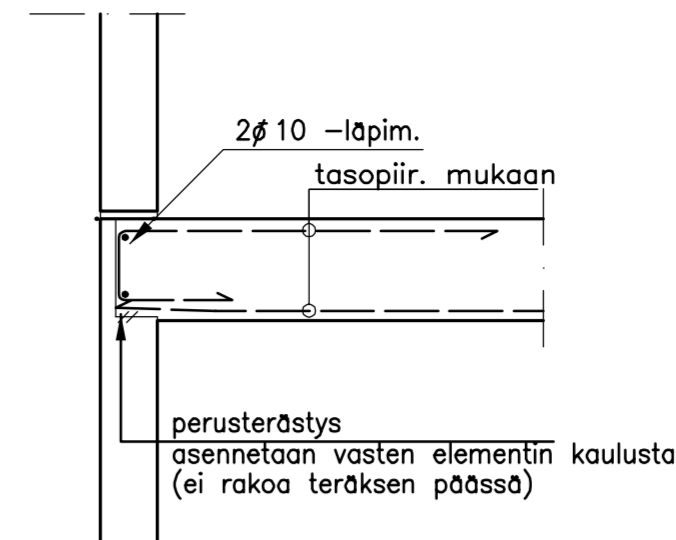
MUUT LAATTIIN TULEVAT TERÄKSET:
 - Laatan rauditusleikkaukset piir. 02-19 mukaan
 - Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan



*PUIKKAUSHAAT Ø 8 (A500H) 24 kpl
 asennetaan laattaterästen asennuksen jälkeen
 sijainniltaan tarkkuustyönä siten, että jokaisen
 haan ylälenkissä on joku laatan yläpintateräs
 sijaintitarkkuus tuen reunasta ±20



a - a
1:20



BETONI JA TERÄS LAUD.PIIR. MUKAAN

- Ylämpi alapintaterästäys
- Alempi alapintaterästäys
- Alimpien terästen suojabetoni on 20 mm
- Lāpimenevien terästen jatkospituus vähintään 70 x φ.
- Perusteräsviivot jatketaan väliseinän kohdalla
- Reikiä takia katkaistava perusterästäys korvataan vähintään 1,5 - kertaosalla lisäterästyksellä reikiä sivustoilla. Lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm.
- Reiät leikataan verkkoihin ja lisäraudoitetaan työmaalla oikean kohdan takaamiseksi
- Muuta kuin perusterästäystä ei reikiä takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikiä väleihin ja sivustoille muutamalla tarvittaessa teräsjakoa tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla.
- Teräsket asennetaan keskeisesti tukijöjen suhteen, ellei toisin ole merkitty.
- Teräsket viettävä ehdottomasti tuen päälle.

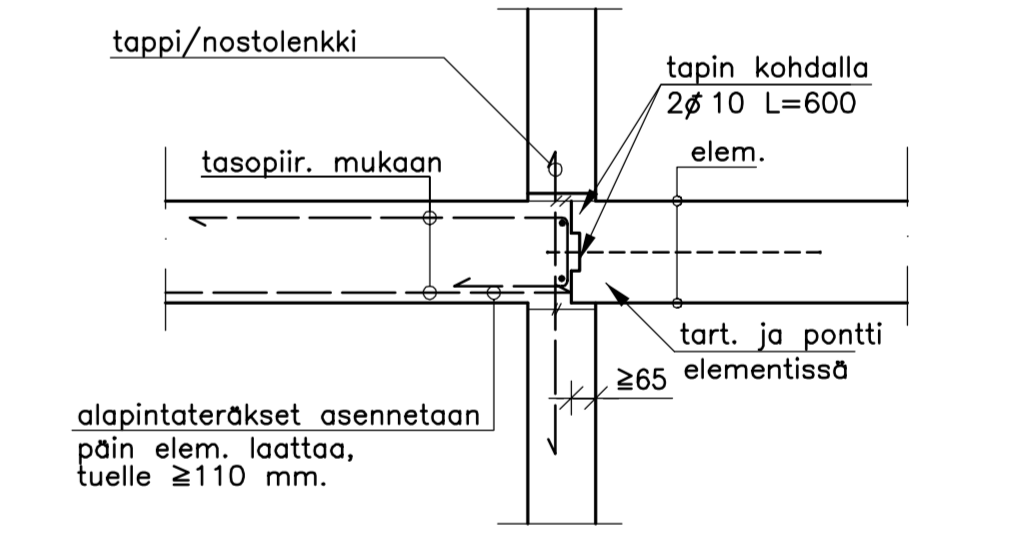
MUUT LAATTAN TULEVAT TERÄKSET:

- Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan
- Laatan raudoitustulokset erik. piir. mukaan

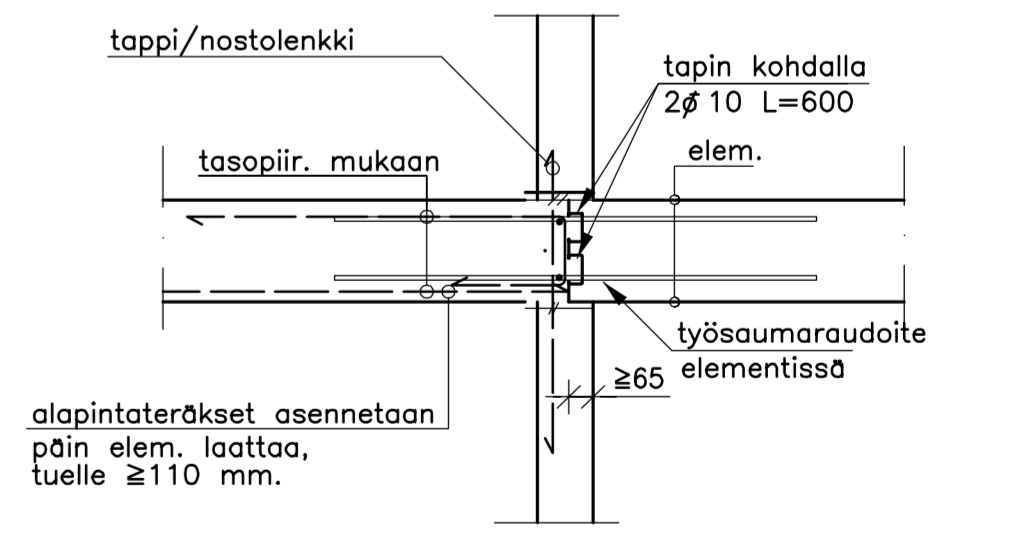
Terästen asennus

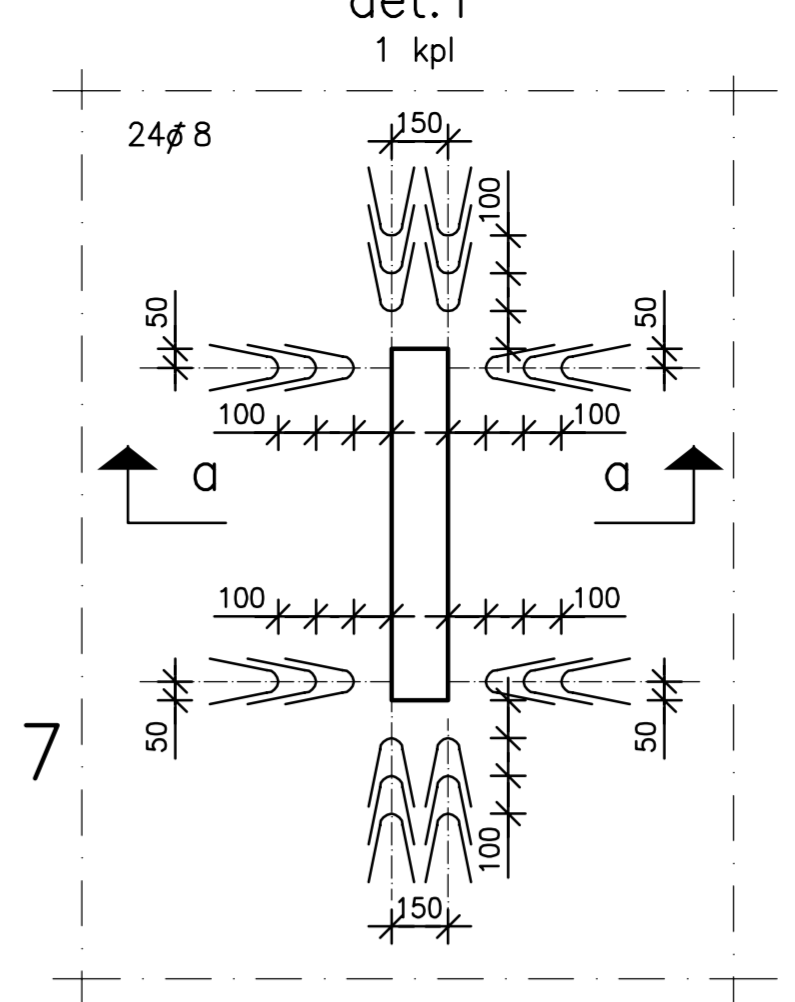
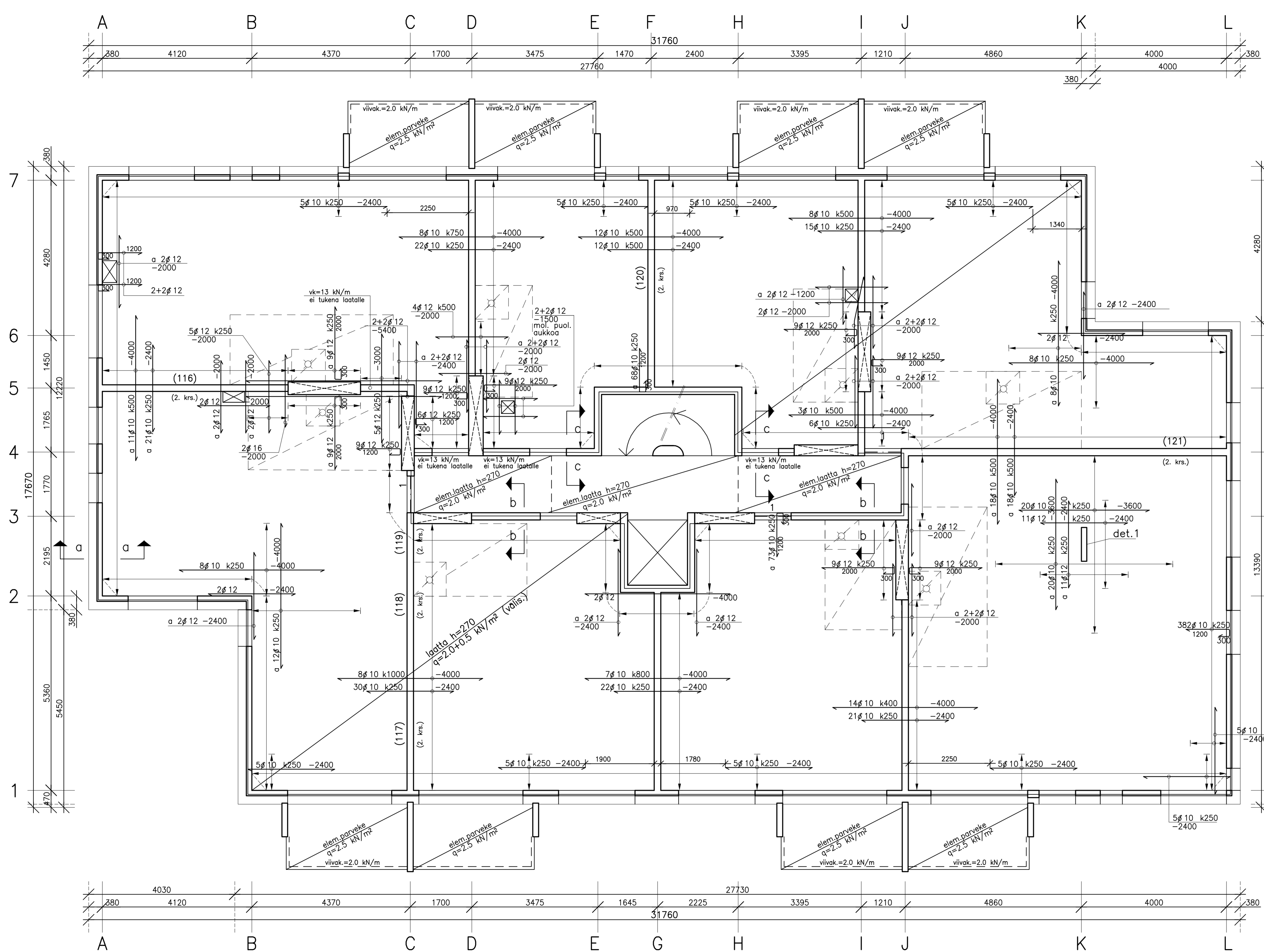


b - b
1:20



c - c
1:20

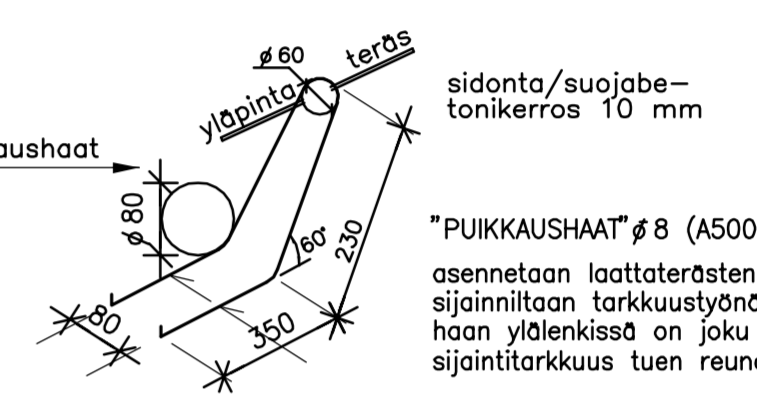
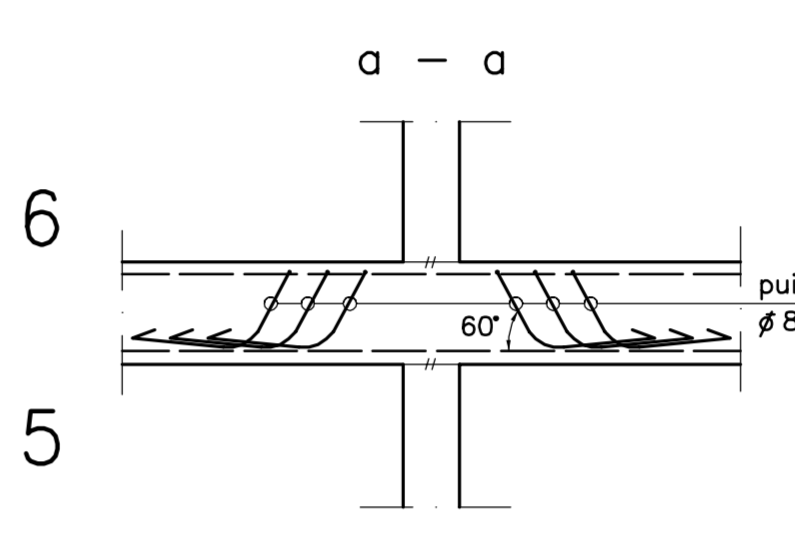




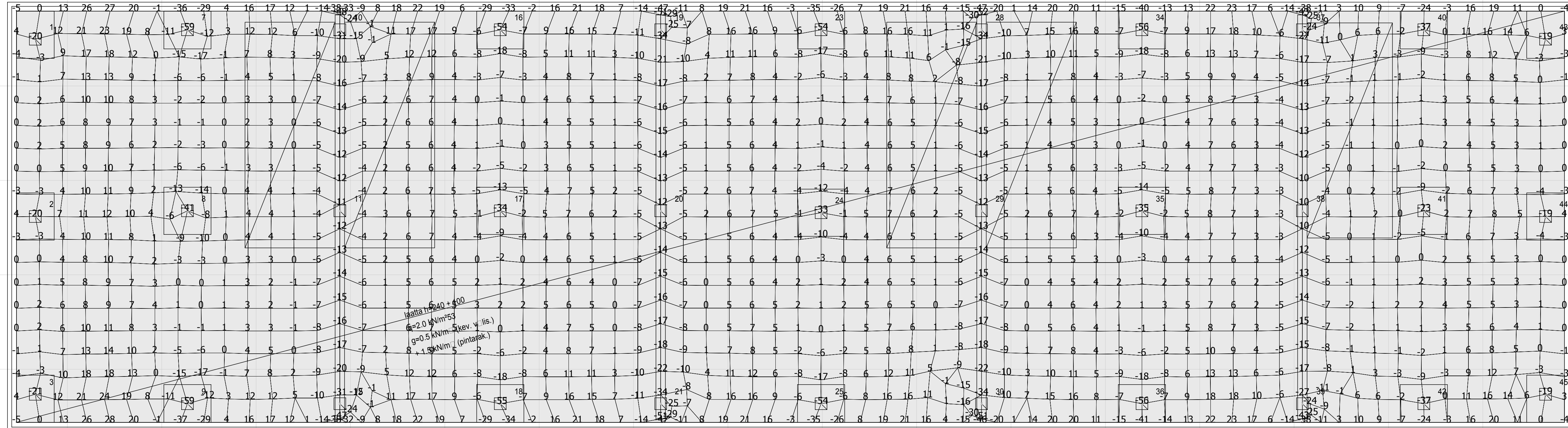
BETONI JA TERÄS LAUD.PIIR. MUKAAN

- Yläpintateräs
- Alempi yläpintateräs
- Yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Ylimpien terästen suoja betoni on yleensä 20 mm, ellei toisin merkitty.
- Teräkset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.
- Teräsiä ei katkaista reikiä takia, vaan ne pyritään sijoittamaan reikiä sivustoille ja väleihin muuttamalla teräsjakoa, tai niputtamalla muutama teräs parittain, tai loivasti taivuttamalla.
- Läpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa jatkospituus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70 x φ.

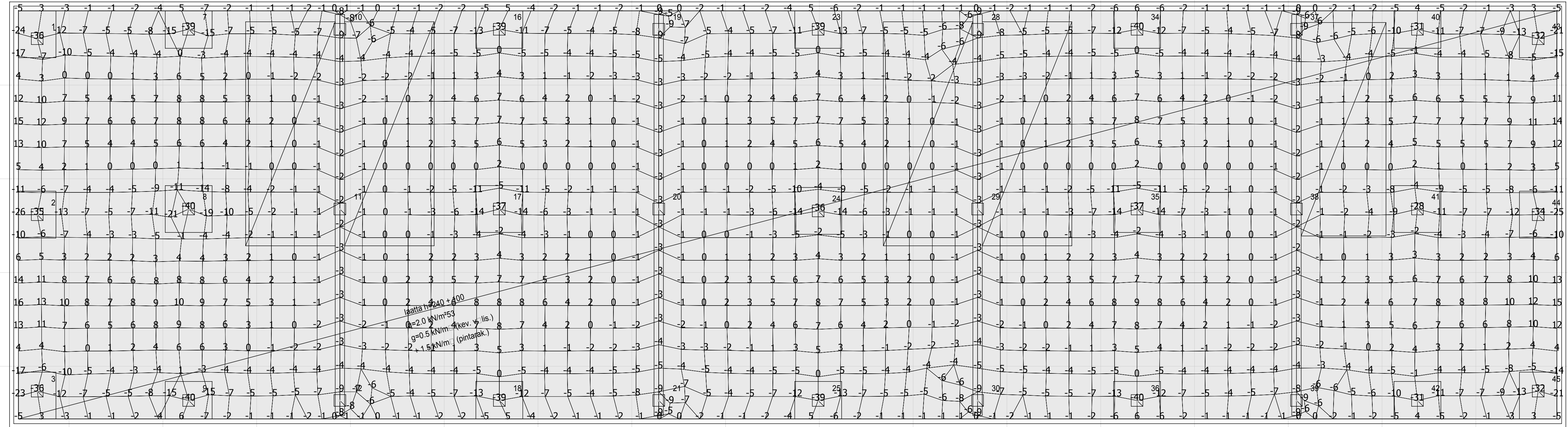
- MUUT LAATAAN TULEVAT TERÄKSET:**
- Laatan rauditusdetaljit erik. piir. mukaan
 - Mahdolliset elementtien kiinnitysteräkset tartuntakaavien mukaan



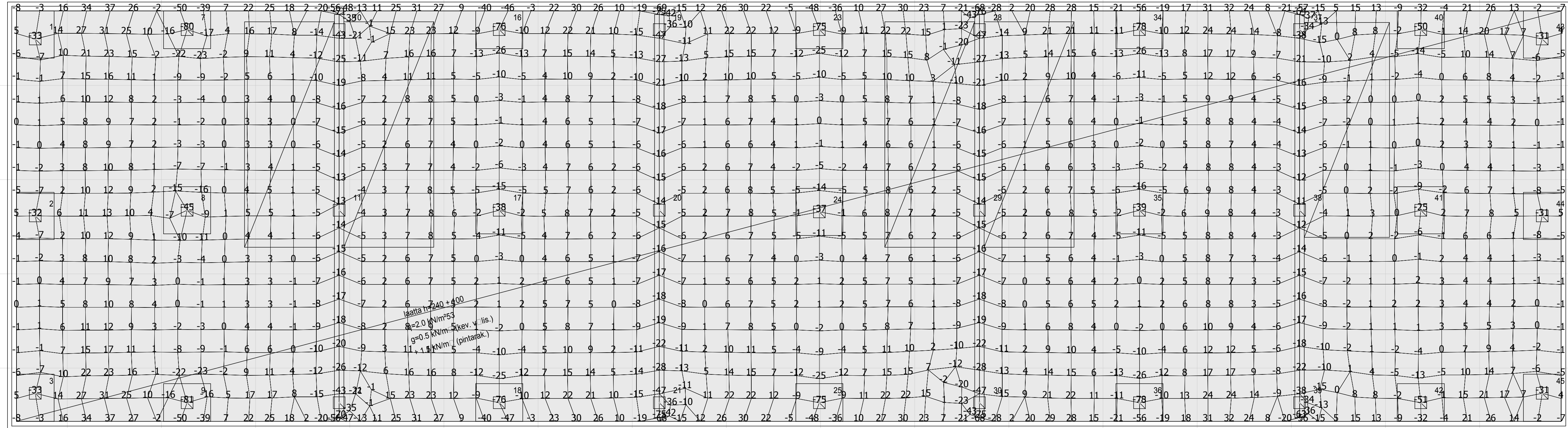
"PUIKKAUSHAATI" φ8 (A500H) 24 kpl asennetaan laattaterästen asennuksen jälkeen sijoittamaan tarkkuutena siten, että jokaisen haan yläosassa on joku laatan yläpintateräs sijaintitarkkuus tuen reunasta ±20



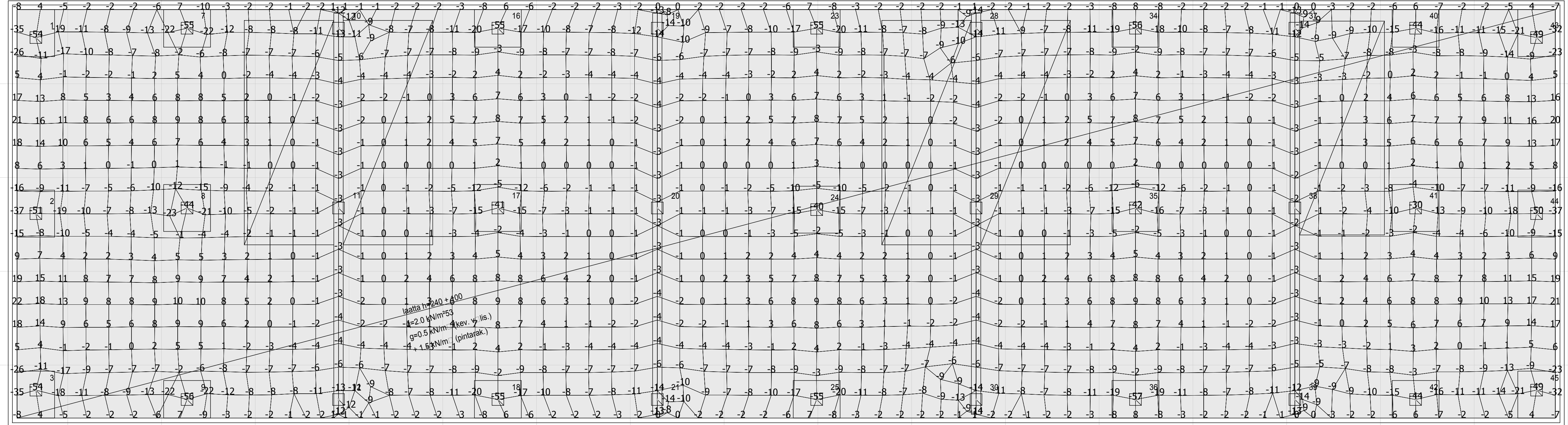
Project	Esimerkkikohde 3	Scale	1 : 50.0
Description		File name	TaloCDap.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:49:10
Signature		Comments	
FEM-Design 13 - © StruSoft			page : 1



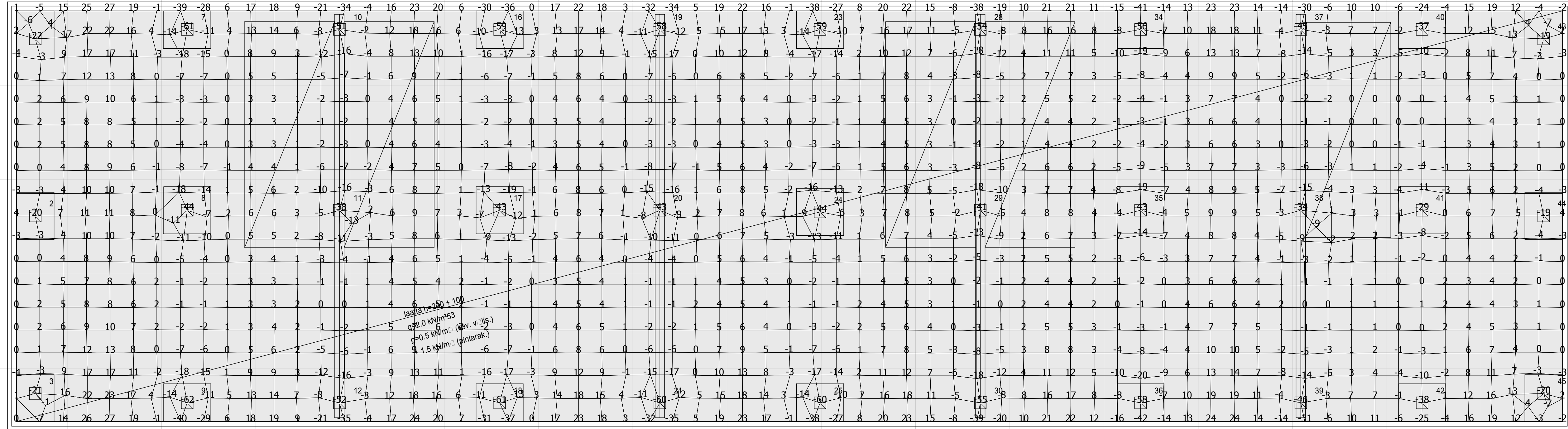
Project	Esimerkkikohde 3	Scale	1 : 50.0
Description		File name	TaloCDap.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:50:27
Signature		Comments	
FEM-Design 13 - © StruSoft			page : 1



Project	Esimerkkikohde 3	Scale	1 : 50.0
Description		File name	TaloCDap.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:49:44
Signature		Comments	

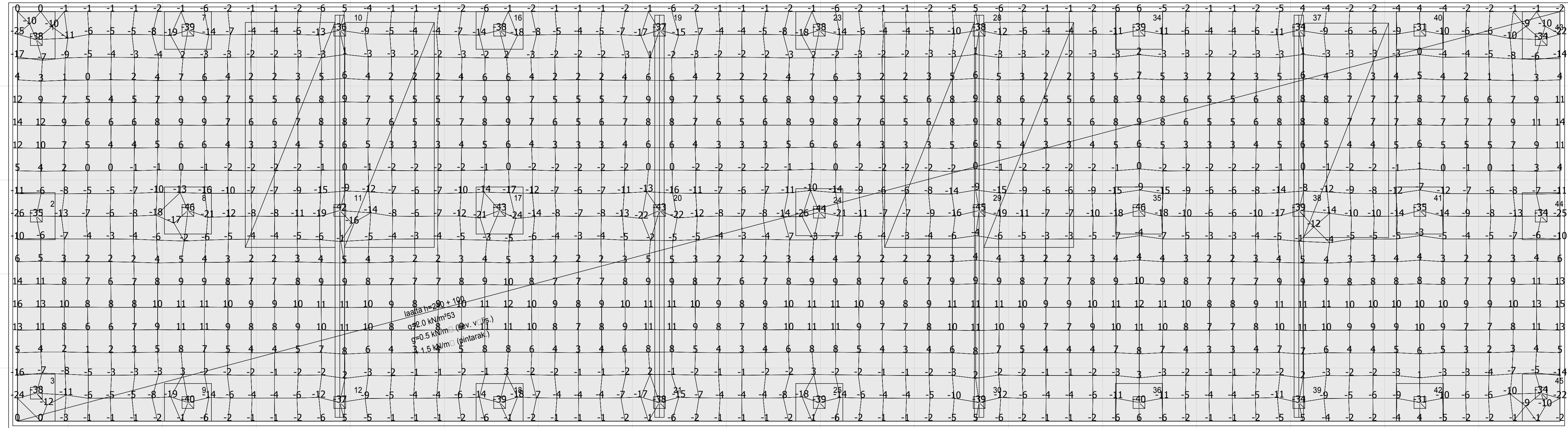


Project	Esimerkkikohde 3	Scale	1 : 50.0
Description		File name	TaloCDap.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 16:50:51
Signature		Comments	
FEM-Design 13 - © StruSoft			page : 1



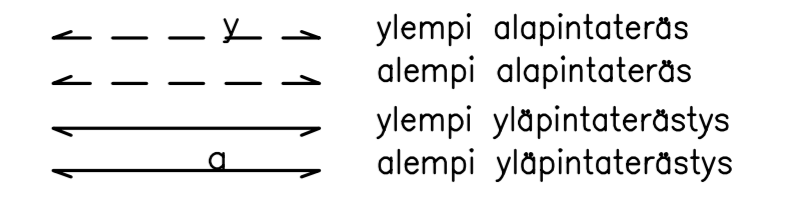
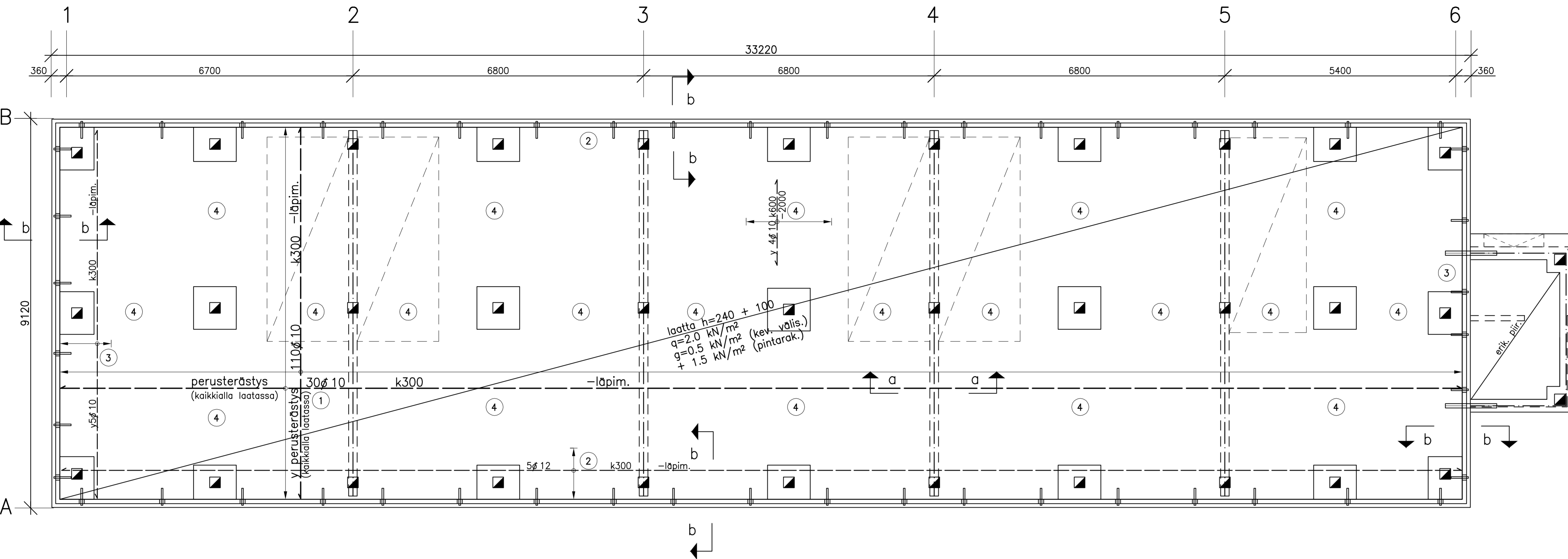
laatta $h=250 + 100$
 $q=2.0 \text{ kN/m}^2$
 $g=0.5 \text{ kN/m}^2$ (kev. v. lis.)
 $q=1.5 \text{ kN/m}^2$ (pintarak.)

Project	Esimerkkikohde 3	Scale	1 : 50.0
Description	laskelma teollisilla raudoiteilla	File name	TaloCD_kaistamatto.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 17:51:45
Signature		Comments	



Project	Esimerkkikohde 3	Scale	1 : 50.0
Description	laskelma teollisilla raudoiteilla	File name	TaloCD_kaistamatto.pla
Designer		Date/Time	06/23/15 17:51:10
Signature		Comments	

alapintaterästys

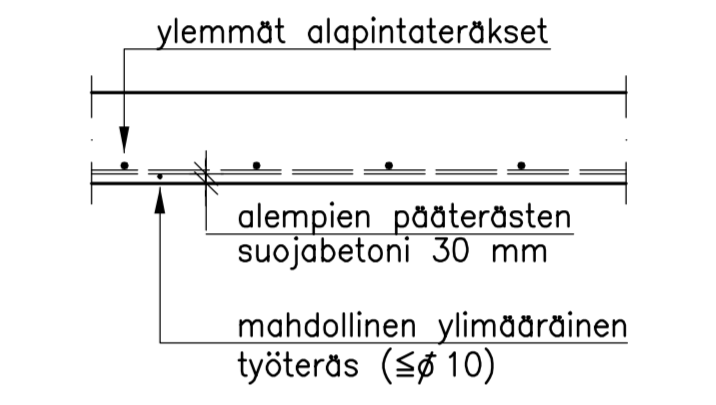


- läpimenevät teräset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. Jatkospiitus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70xφ.
- reikiä takia katkaistava perusterästäys korvataan väh. 1.5-kertaisella lisäterästyksellä reikiä sivustoilla. Lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm, ellei toisin merkitty.
- muuta kuin perusterästäystä ei reikiä takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikiä väleihin ja sivustoille muuttamalla tarvittaessa teräsjakoa tai niputtamalla muutama teräs pareittain, tai loivasti taivuttamalla
- teräset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty
- yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi
- ylimpien terästen suojaabetoni on 20 mm
- pilt-teräset ovat paalusirtymien aiheuttamia lisäteräksiä

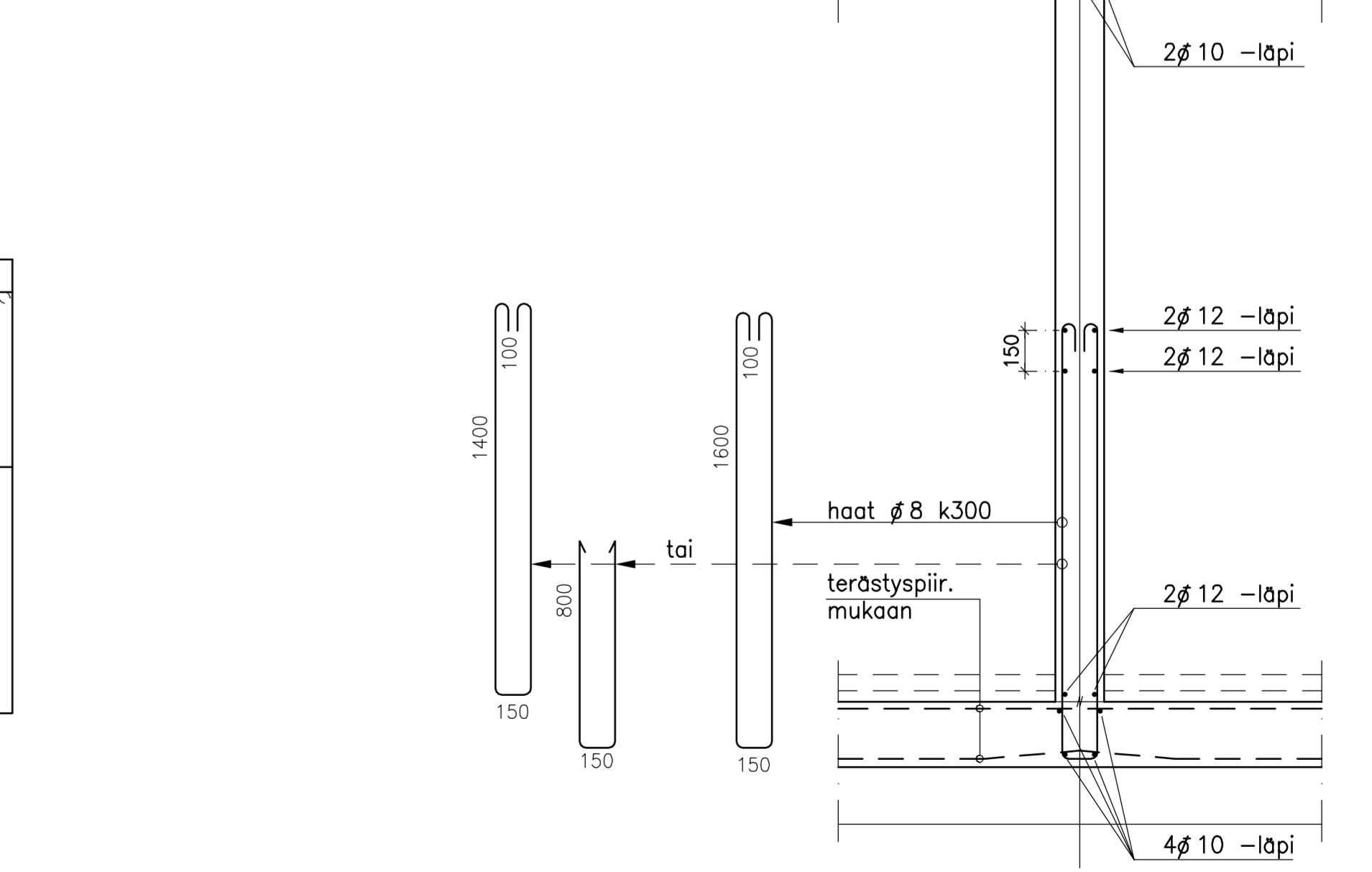
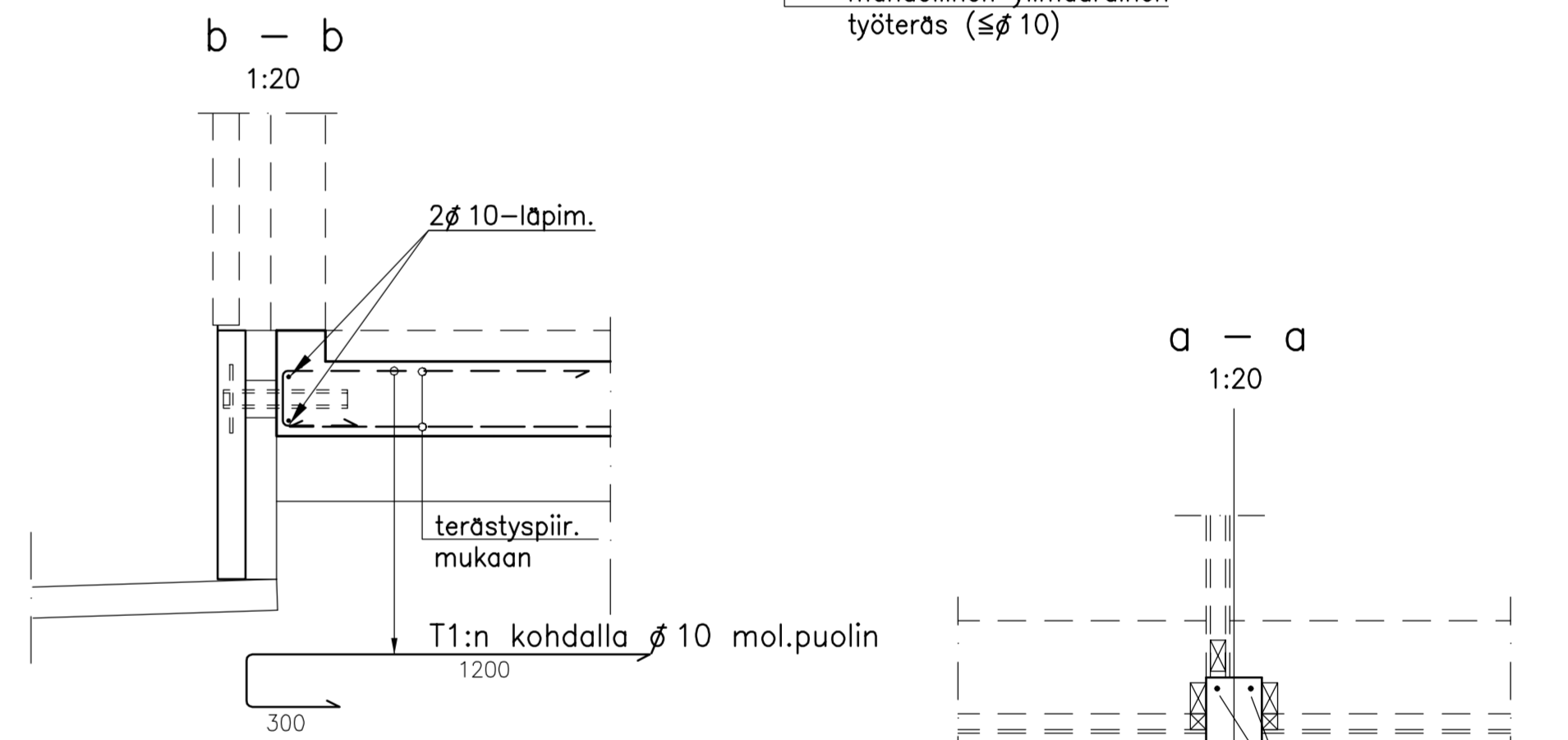
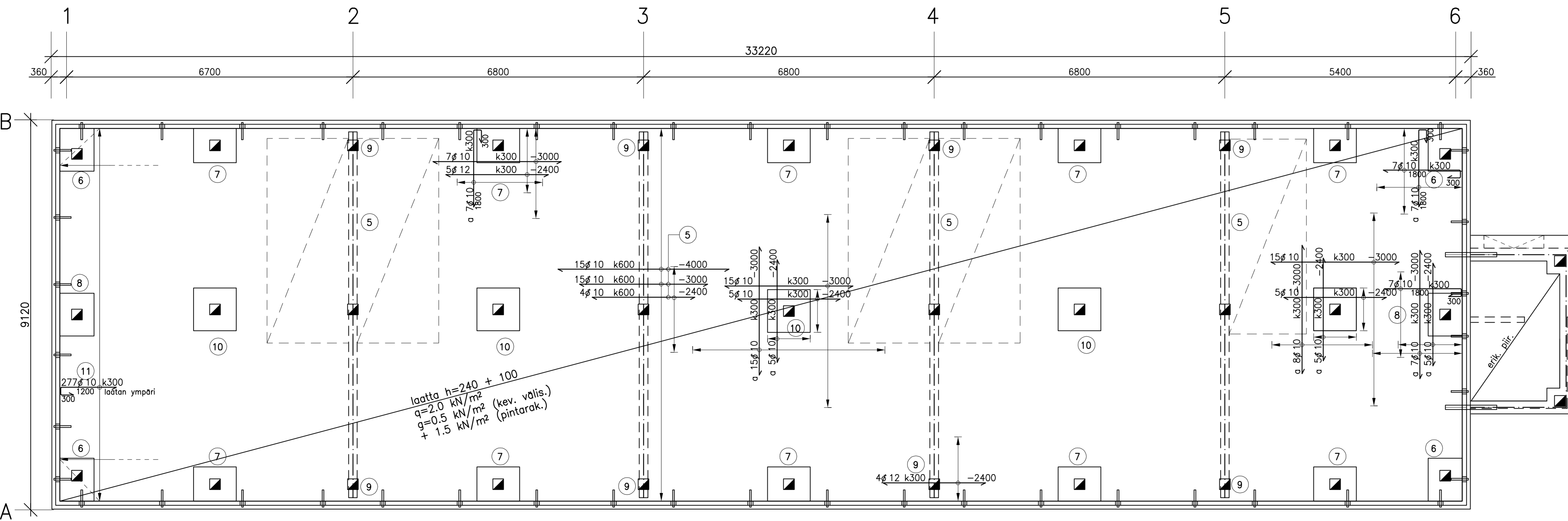
MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:
- laatan työsuomadetailit erik. piir. mukaan

BETONI JA TERÄS: LAUD.PIIR. MUKAAN

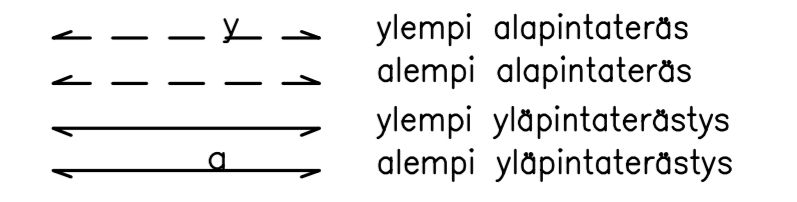
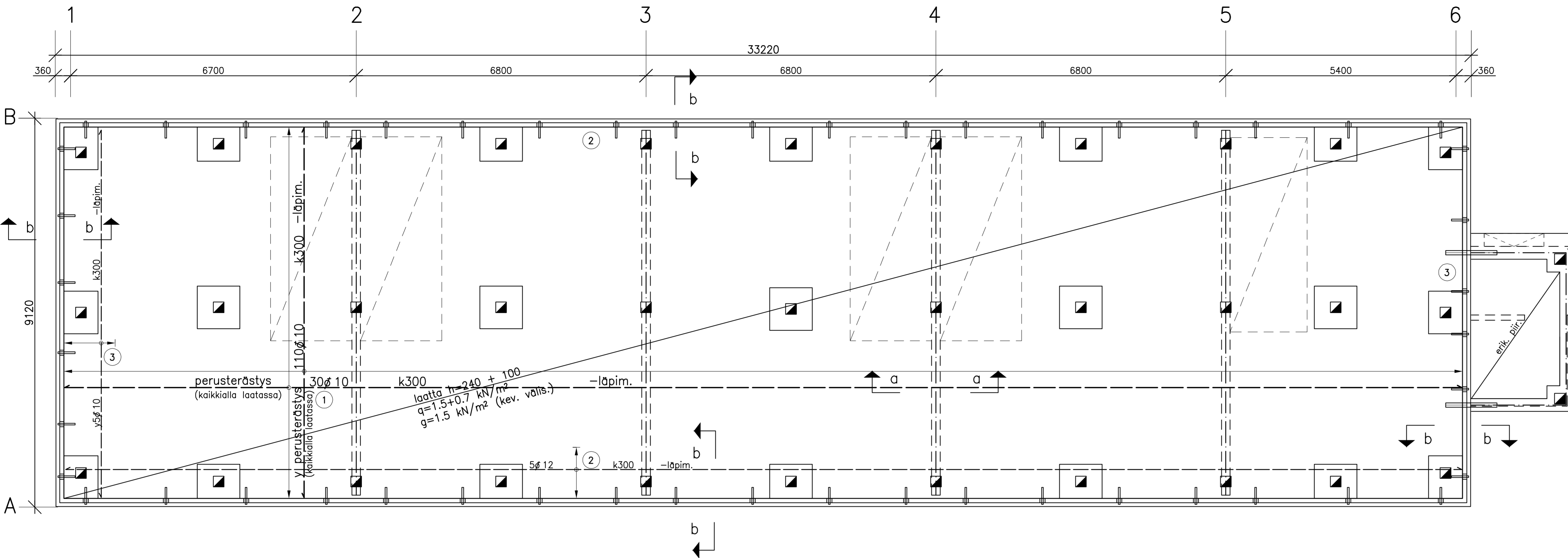
Terästen asennus



yläpintaterästys



alapintaterästys

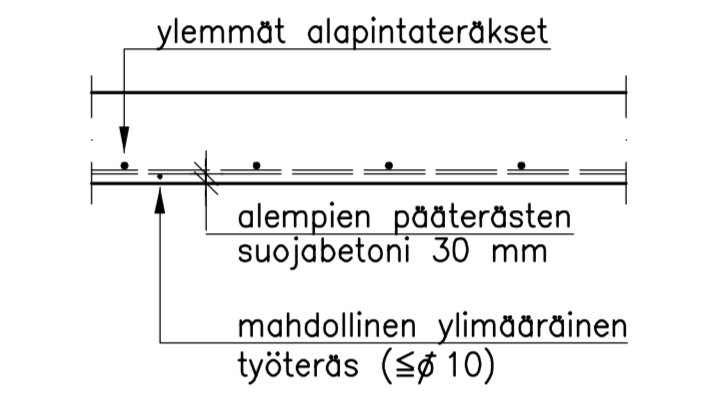


- läpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. Jatkospiitus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään 70xφ.
- reikiä takia katkaistava perusterästys korvataan väh. 1.5-kertaisella lisäterästyksellä reikien sivustoilla. Lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm, ellei toisin merkitty.
- muuta kuin perusterästystä ei reikiä takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikien väleihin ja sivustoille muuttamalla tarvittaessa teräsjakoa tai niputtamalla muutama teräs pareittain, tai loivasti taivuttamalla
- teräkset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty
- yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi
- ylimpien terästen suojaabetoni on 20 mm
- pilt-teräkset ovat paalusirtymien aiheuttamia lisäteräksiä

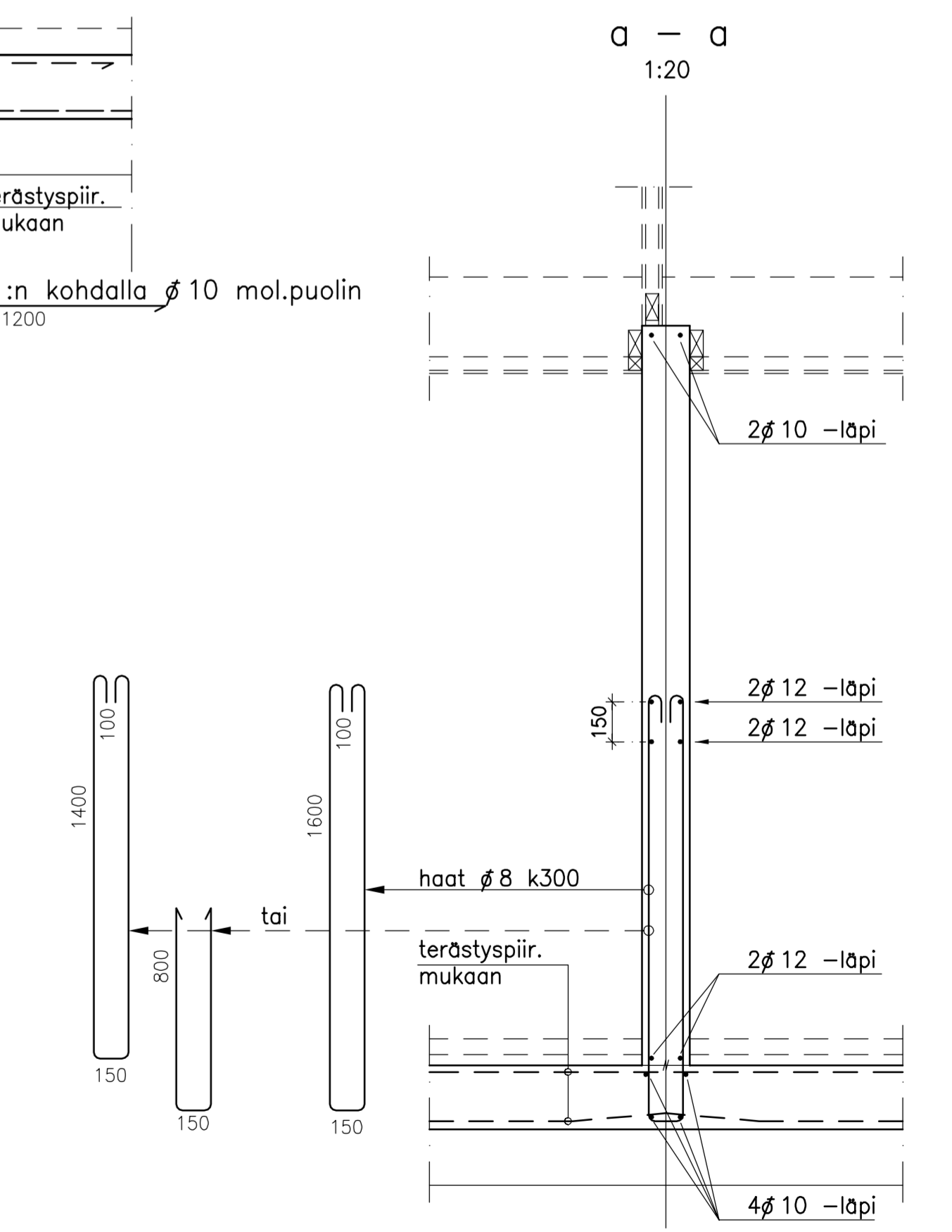
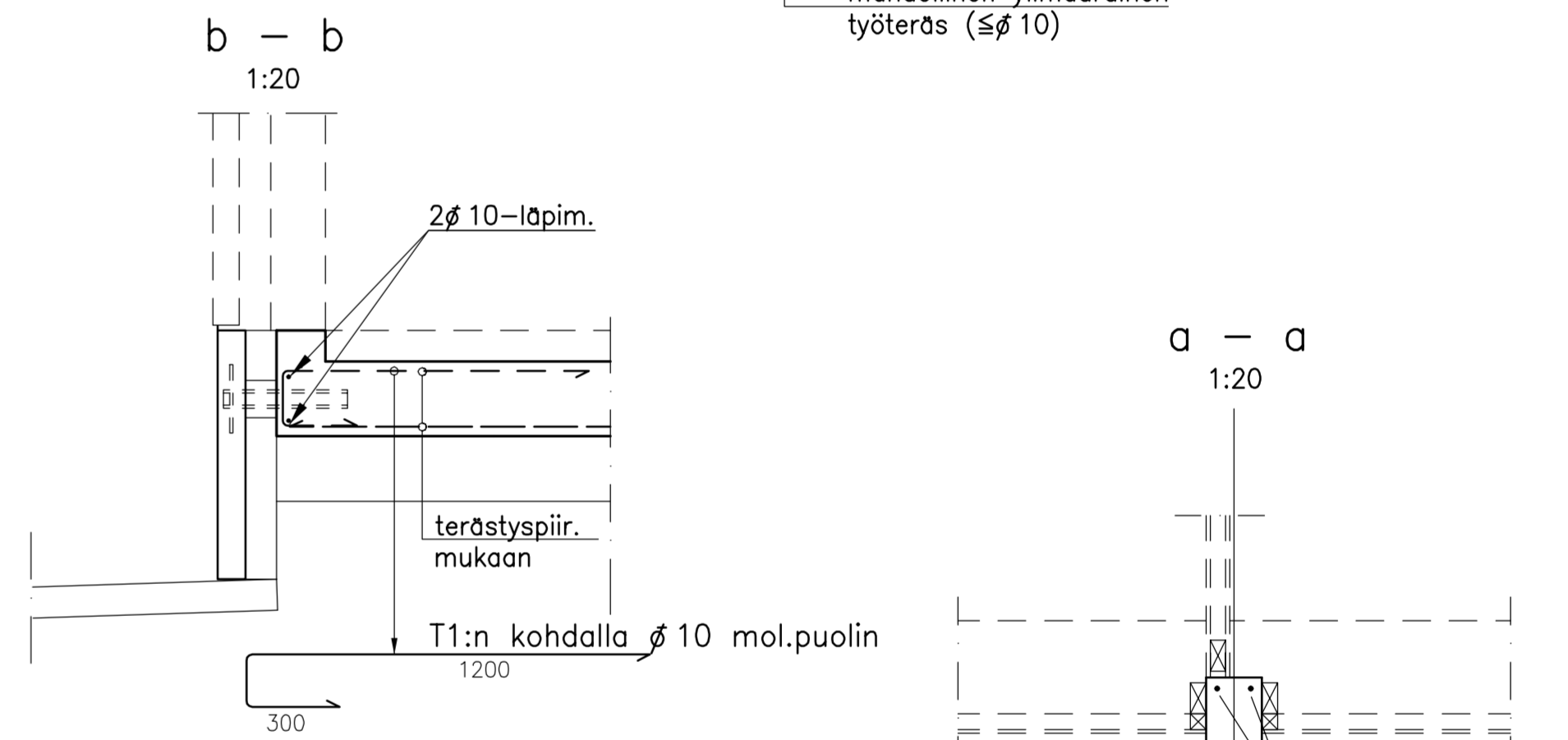
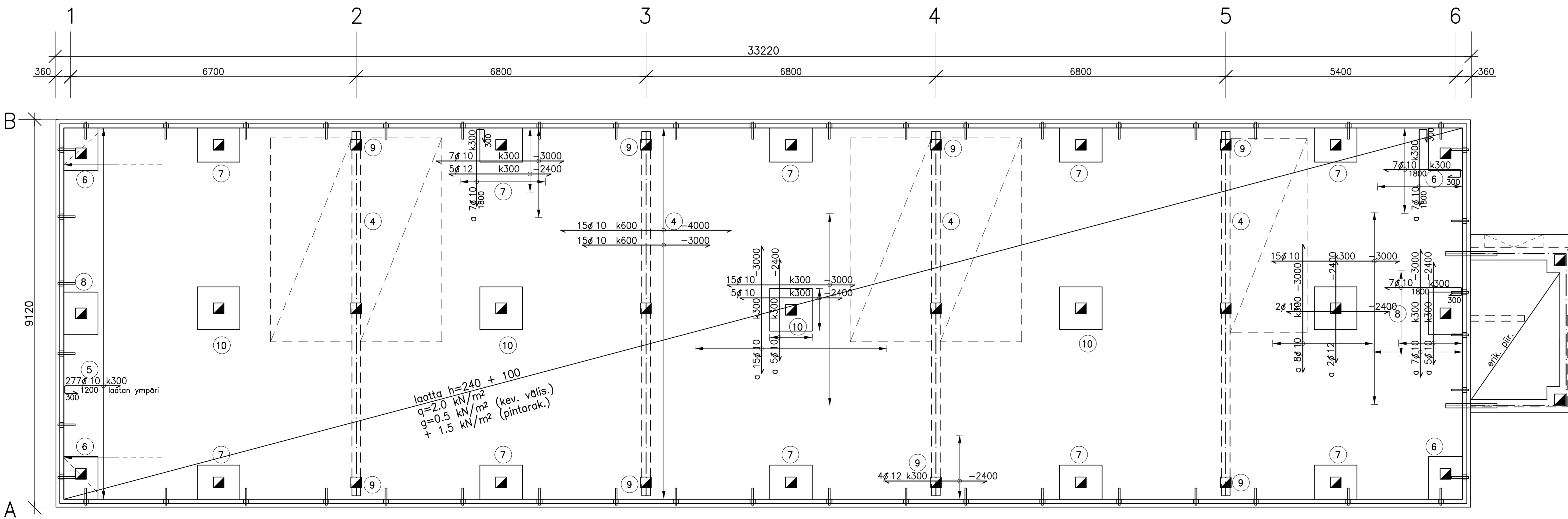
MUUT LAATTAN TULEVAT TERÄKSET:
- laatan työsaumadetailit erik. piir. mukaan

BETONI JA TERÄS: LAUD.PIIR. MUKAAN

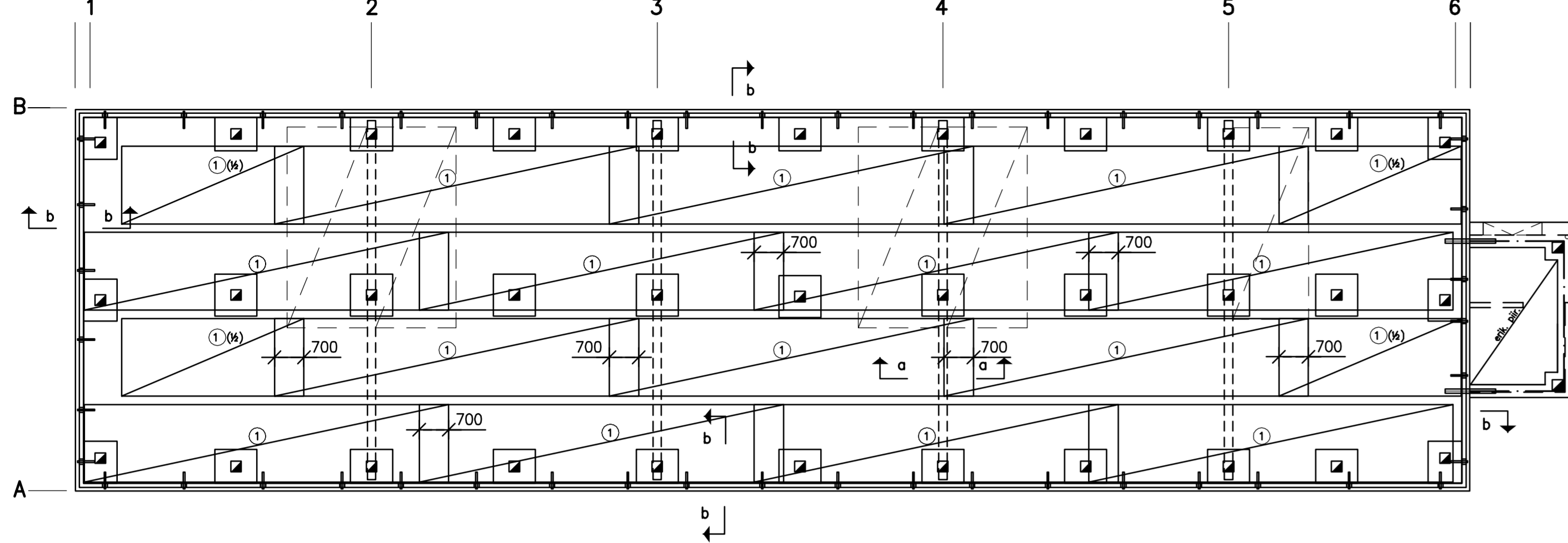
Terästen asennus



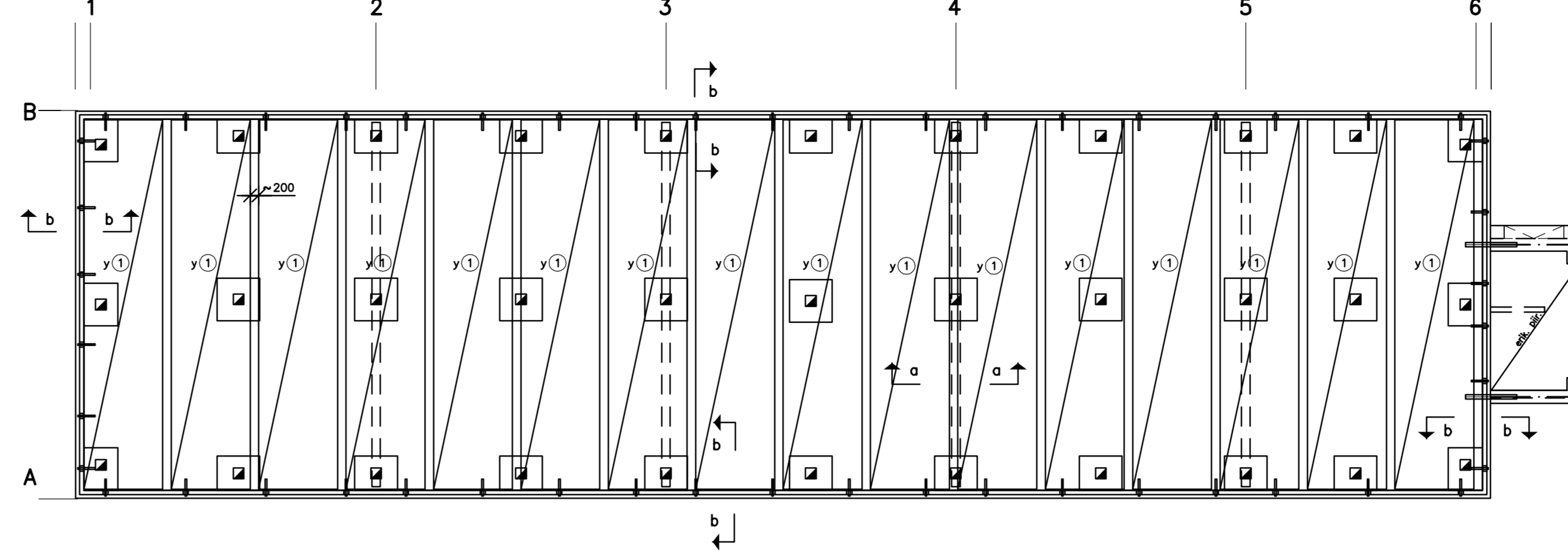
yläpintaterästys



I asennus (alempi alapintaverkko)

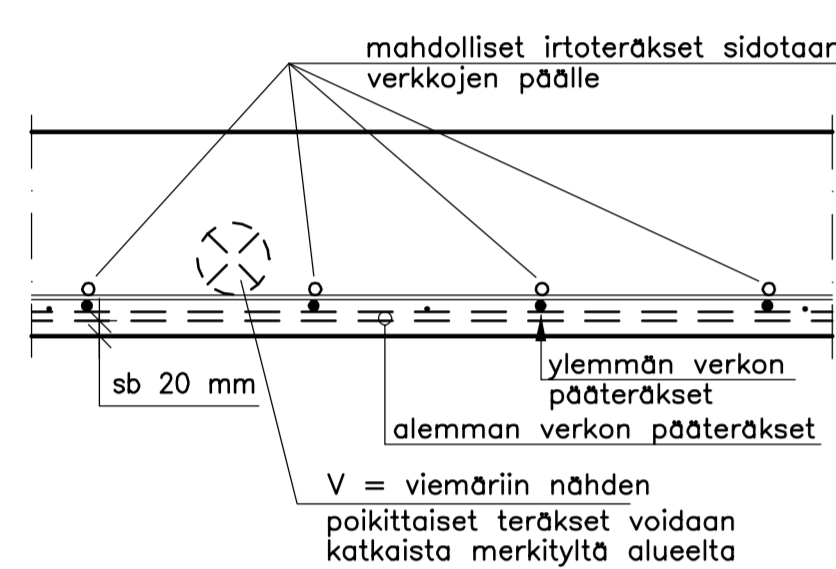


II asennus (ylempi alapintaverkko)



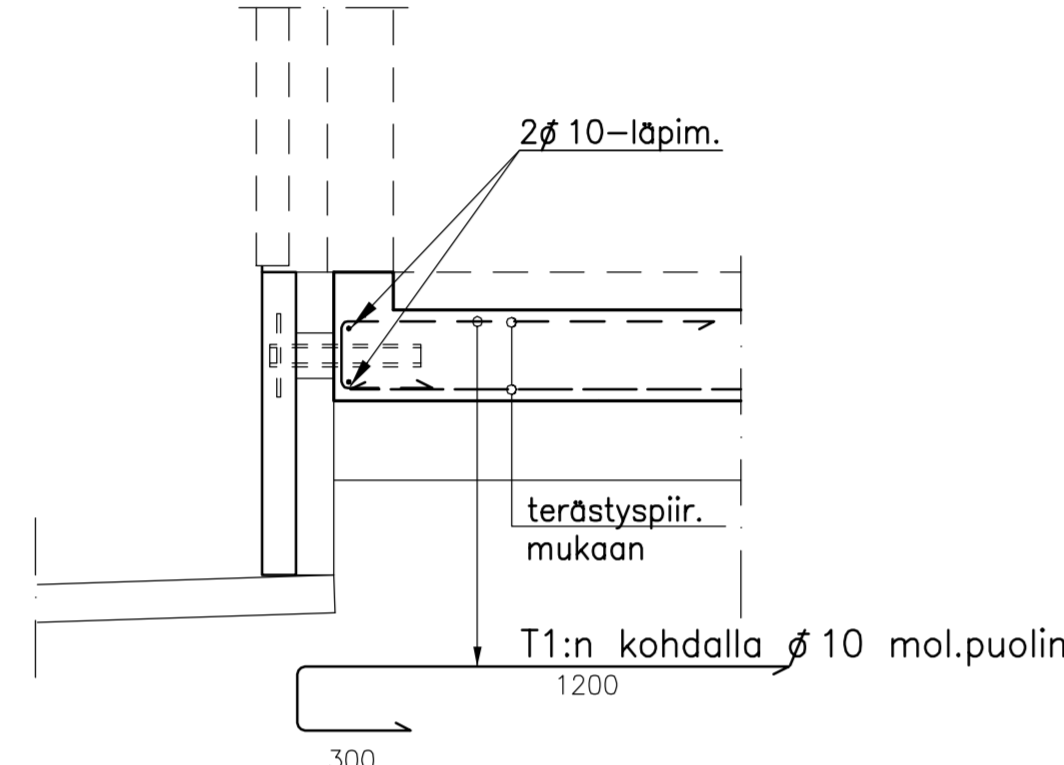
Verkkoterästen asennus

1:10

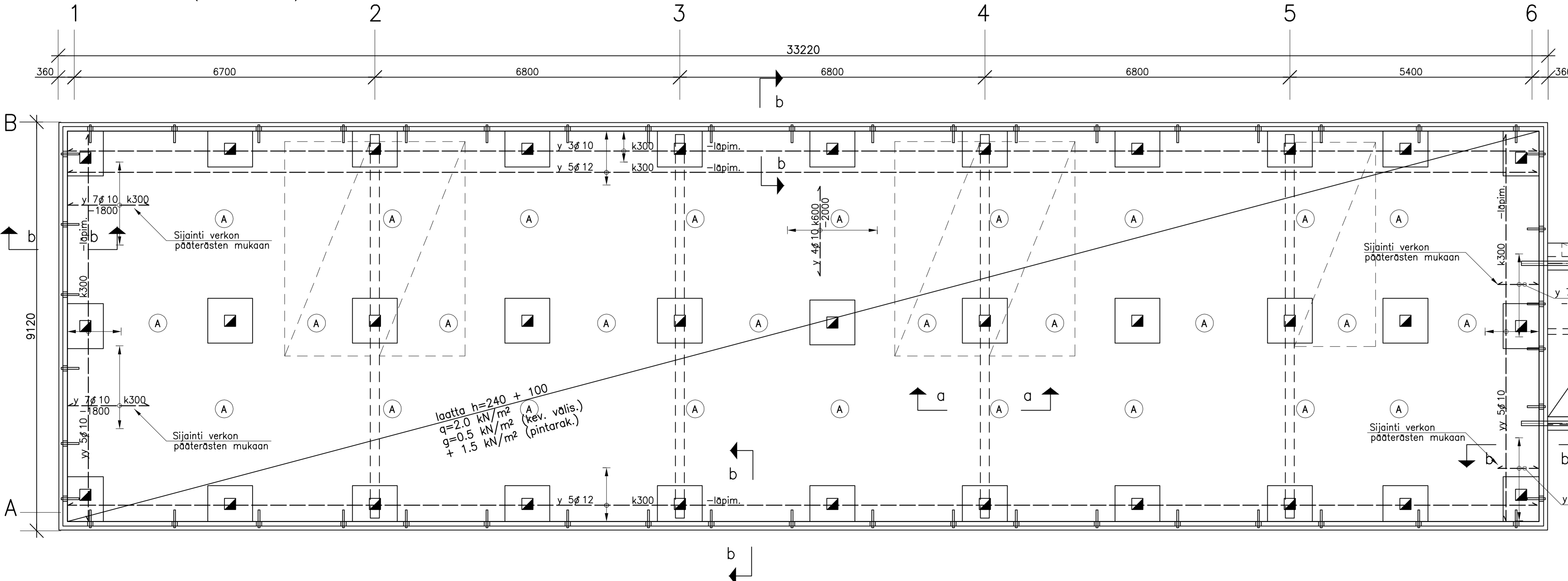


b - b

1:20



III asennus (irtoteräskset)

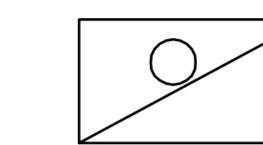


BETONI LAUD. PIIR. MUKAAN

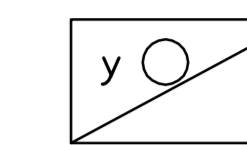
TERÄS: ϕ A500H Irtoteräskset
 ϕ B500K Verkot

HITSATUT TERÄSVERKOT B500K, HITSAUSLUOKKA FL30 (kpl/ ϕ /k/L)

① 7/10.0/300/8670 - 11/8.0/800/1850 32 kpl
 (2 kpl verkoista puolitetaan työmaalla)



Alempi alapintaverkko
 Pidemmät teräskset alimpina
 Suojabetonikerros 20 mm



Ylempi alapintaverkko
 Pidemmät teräskset alimpina

Irtoteräskset ϕ A500H, suojabetonikerros 20 mm

\overleftarrow{yy} Ylin alapintateräs
 \overleftarrow{y} Ylempi alapintateräs (as. verkkojen. päälle)

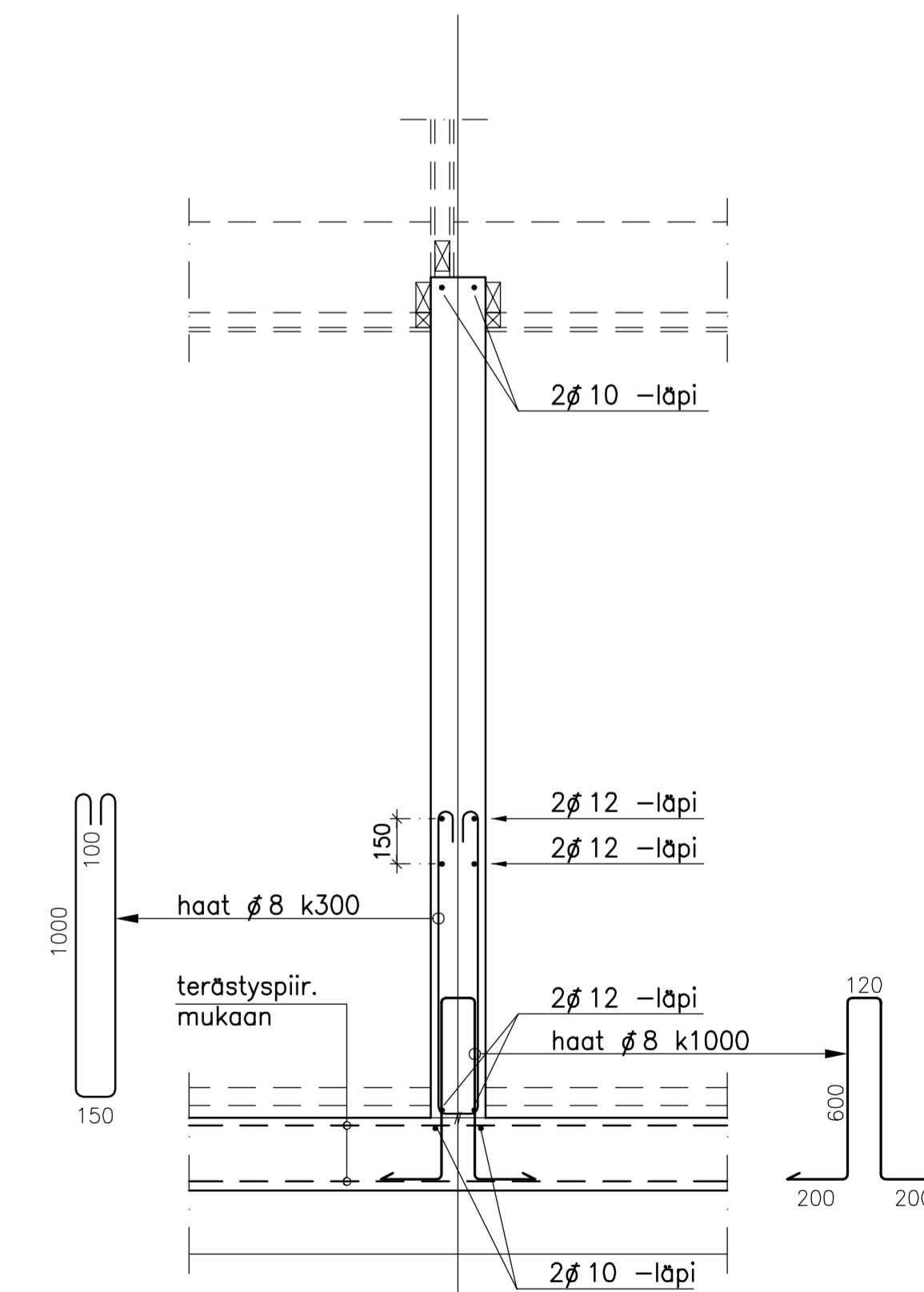
- Reikien aiheuttama lisäterästys reian pielissä 1.5 x katkaistu teräsmäärä, l=reikä+1500, ellei toisin ole merkitty
- Alempi alapintaverkko asennetaan siten, että pääteräskset ovat alimpina.
- Ylempi alapintaverkko asennetaan siten, että pääteräskset ovat alimpina.
- Verkot asennetaan siten, että reunimaisen verkon ensimmäinen pääteräs on ≤ 300 mm etäisyydellä laatan reunasta.
- Irtoteräskset asennetaan ylempään alapintaverkon päälle.
- Verkkojen maksimi väli on 300 mm pääterösten suunnassa
- Reiät leikataan verkkoihin työmaalla, oikean kohdan takaamiseksi

MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:

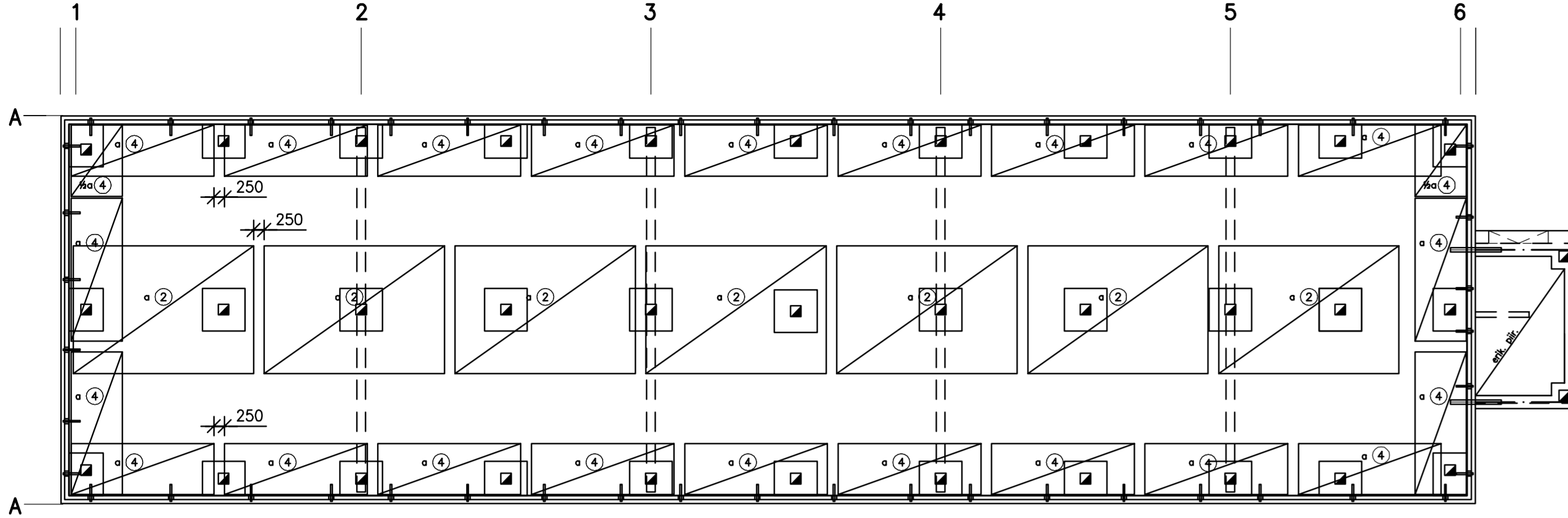
- Laatan työsaumadetaljit erik. piir. mukaan

a - a

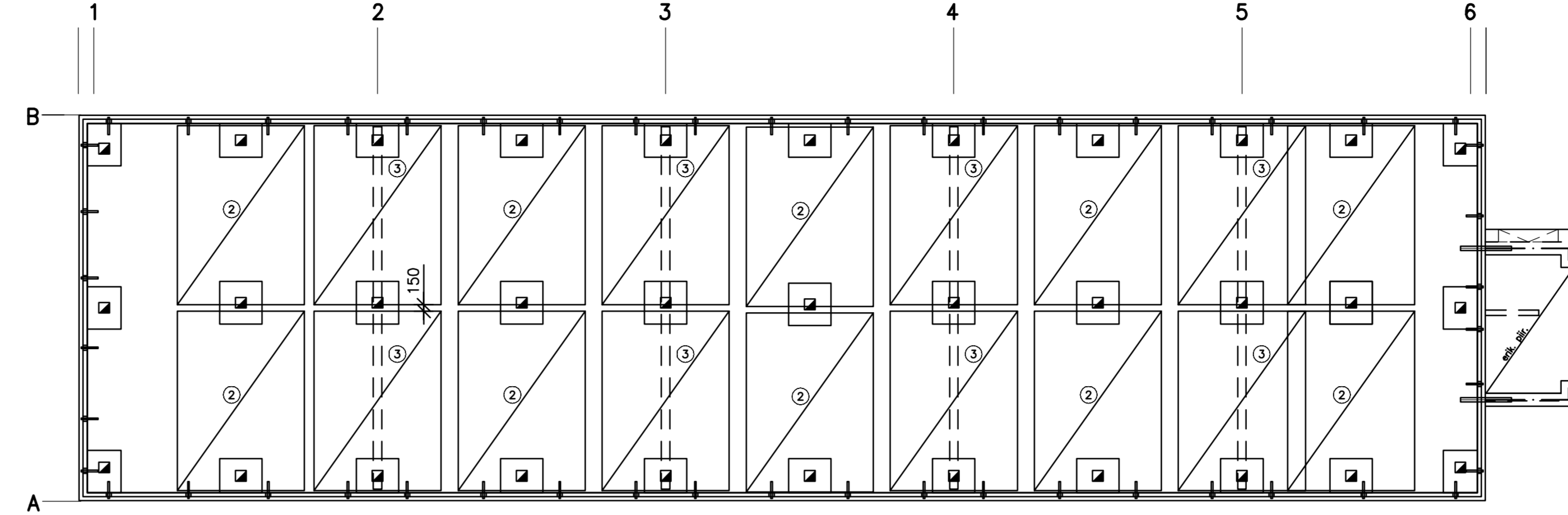
1:20



I asennus (alempi yläpintaverkko)



II asennus (ylempi yläpintaverkko)

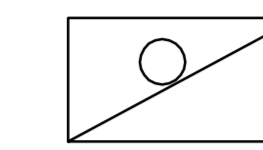


BETONI LAUD. PIIR. MUKAAN

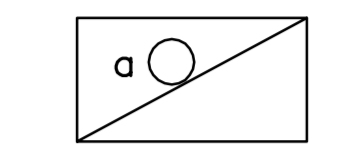
TERÄS: ϕ A500H Irtoteräksset
 ϕ B500K Verkot

HITSATUT TERÄSVERKOT B500K (kpl/ ϕ /k/L)

- ② 15/10.0/300/3000 – 6/10.0/ 150/700 /4230 17 kpl
- ③ 8/10.0/600/3000 – 6/10.0/ 150/700 /4230 8 kpl
- ④ 3/10.0/ 360/1100 /3350 – 12/10.0/300/1685 (taiv. verkko) 23 kpl



Ylempi yläpintaverkko
 Suojabetonikerros 20 mm



Alempi yläpintaverkko

Irtoteräksset ϕ A500H, suojabetonikerros 20 mm

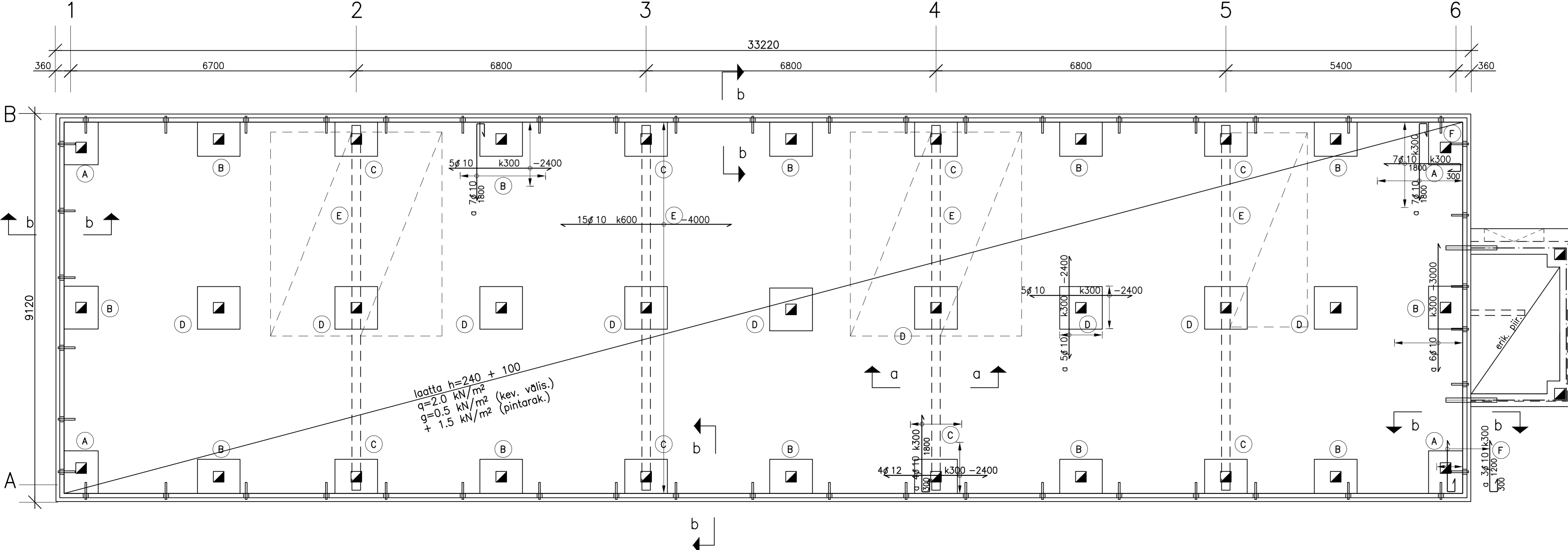
← a → Ylempi yläpintateräs
 ← a → Alempi yläpintateräs

- Yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi.
- Teräksset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty.
- Reikien aiheuttama lisäteröstys reiän pielisä 1.5 x katkaistu teräsmäärä, l=reikä+1500, ellei toisin ole merkitty

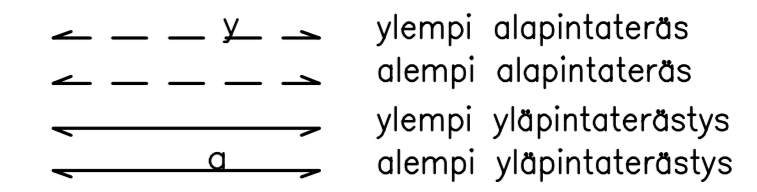
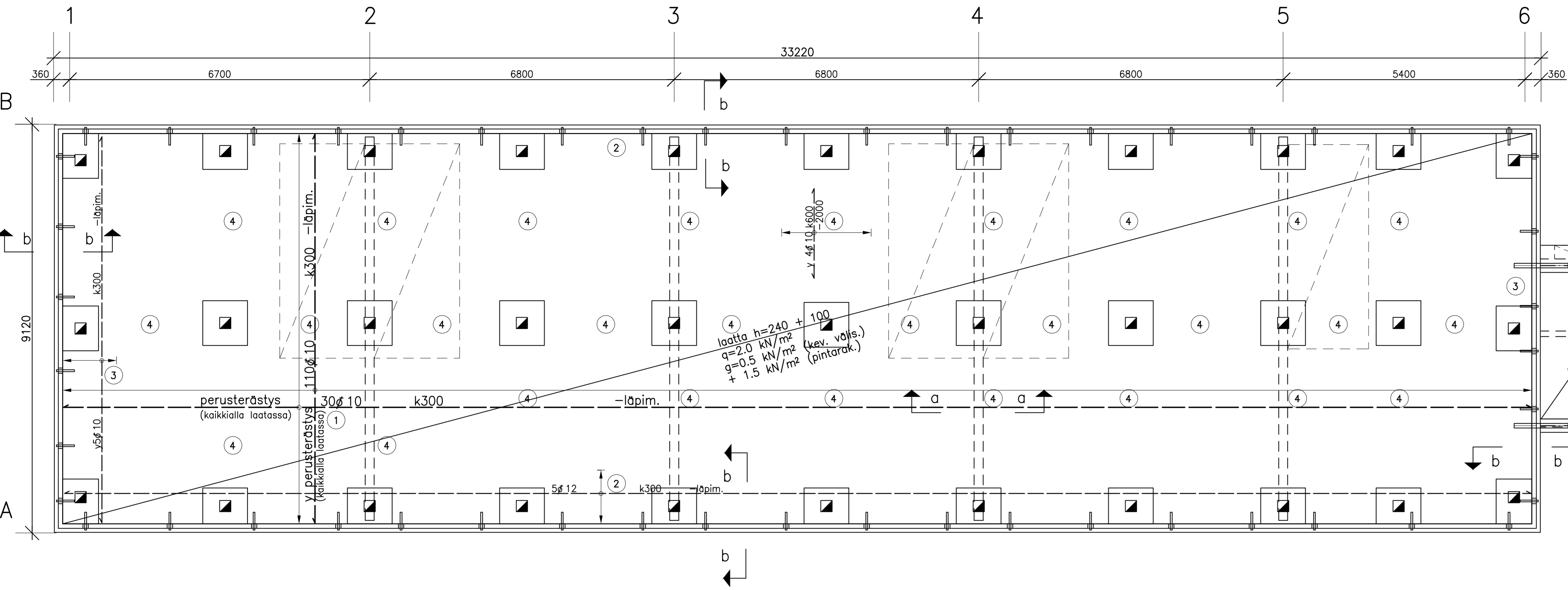
MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:

- Laatan rauditusleikkaukset alapinnan terästyspiiri. mukaan
- Mahdolliset elementtien tartunnat tartuntakaavion mukaan

III asennus (irtoteräksset)



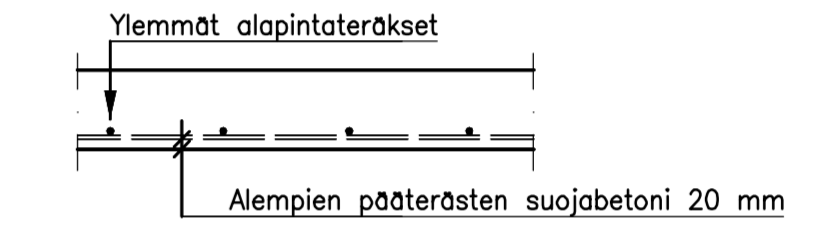
alapintaterästys



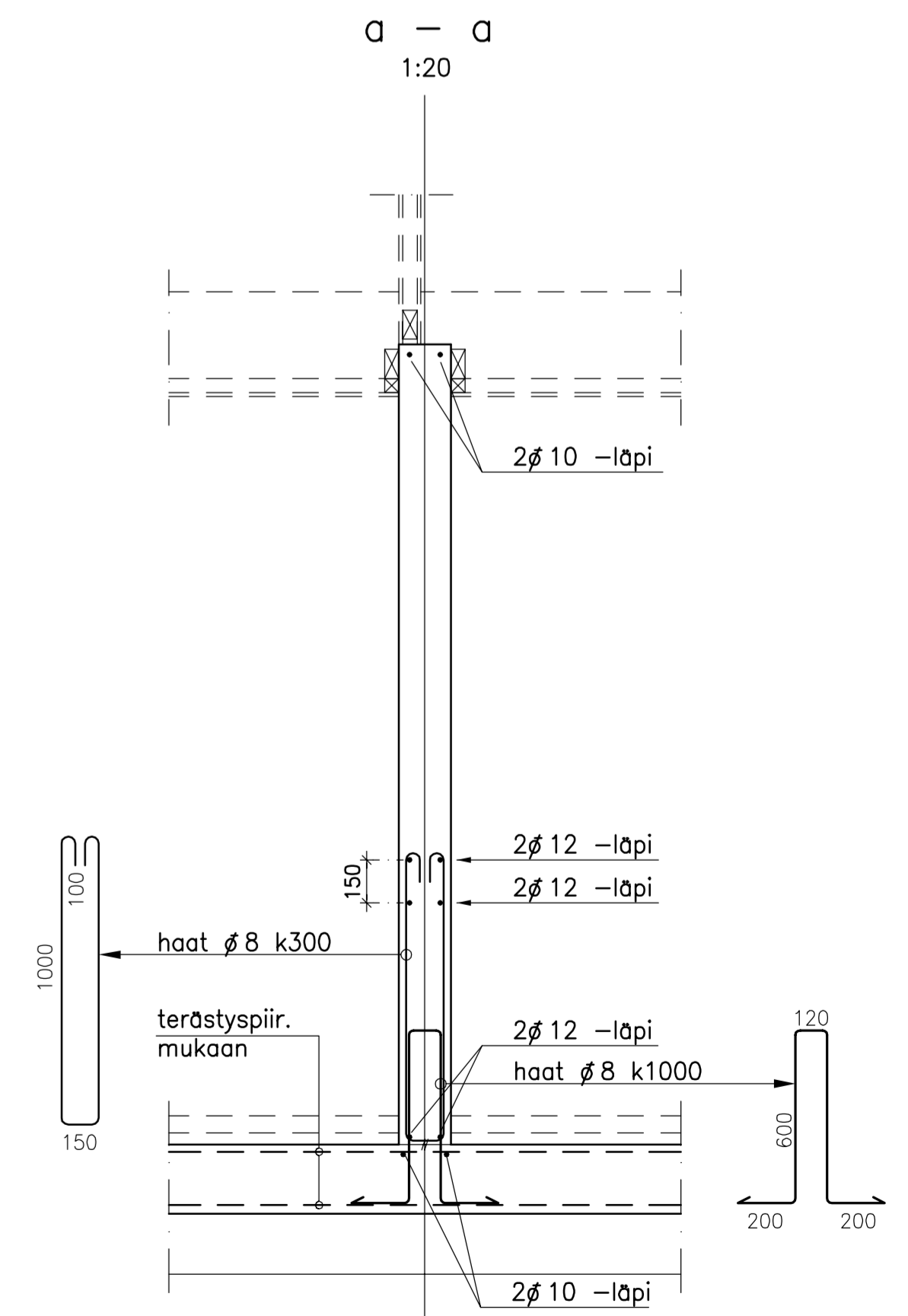
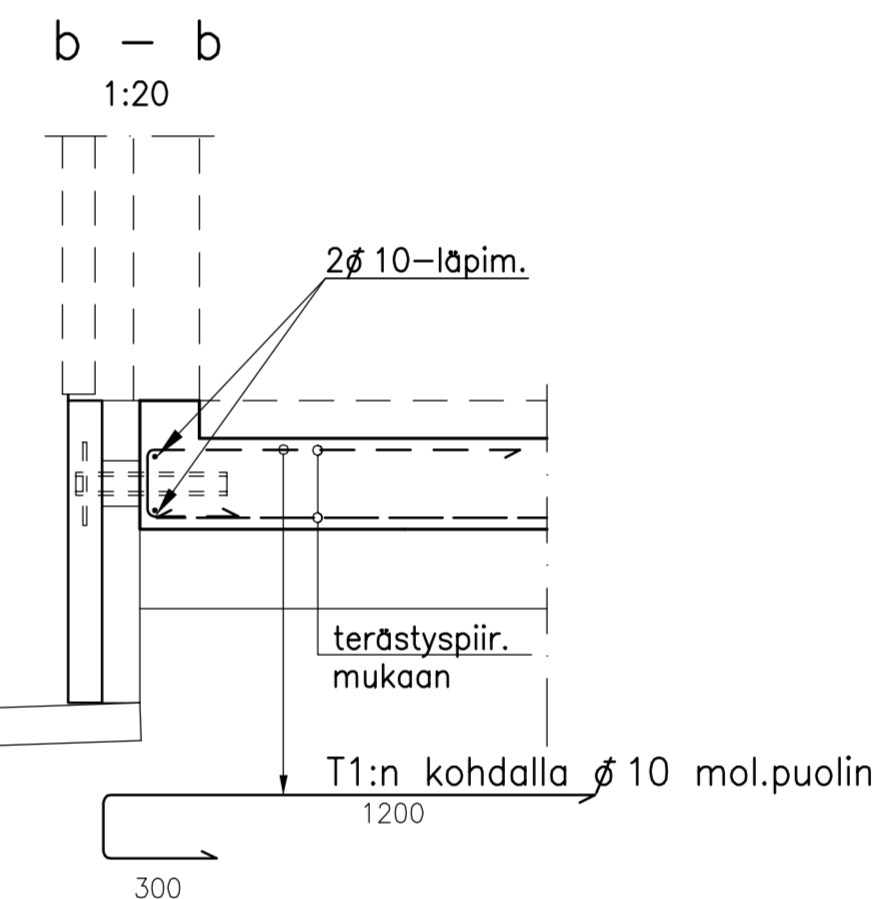
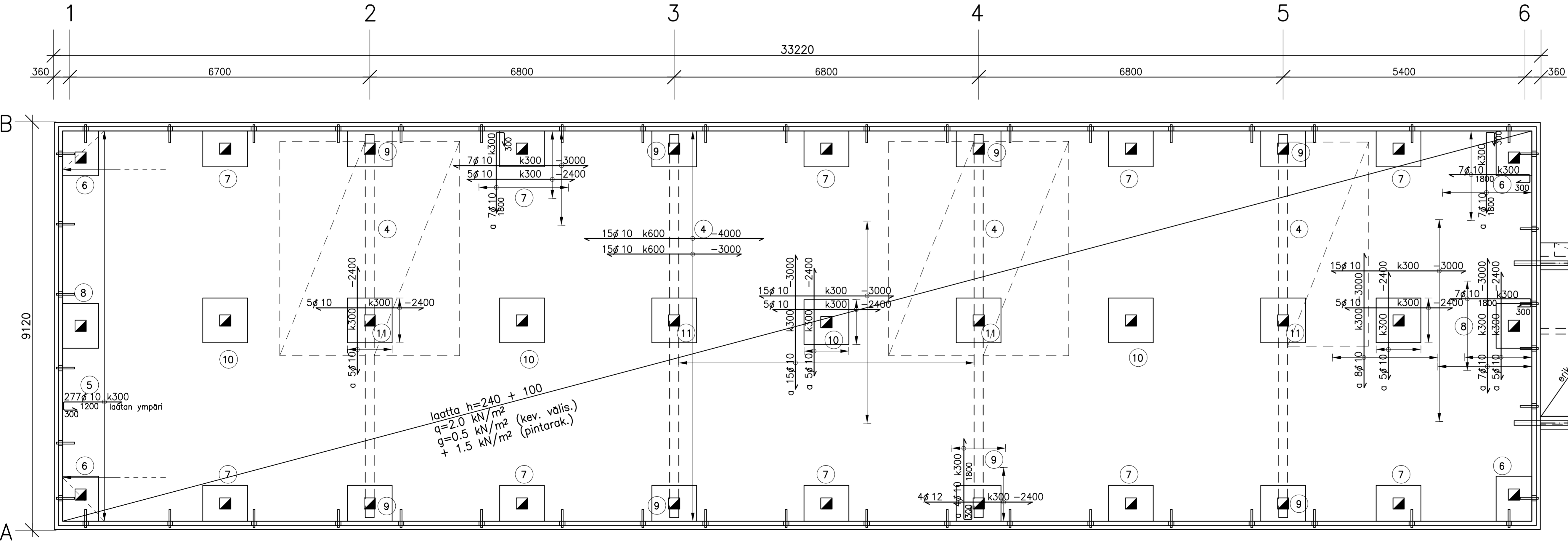
- läpimenevät teräkset jatketaan eri paikoissa siten, että korkeintaan joka toinen teräs voidaan jatkaa samassa kohdassa. Jatkospituus ja jatkoskohtien keskiväli vähintään $70 \times \phi$.
- reikien takia katkaistava perusterästys korvataan väh. 1.5-kertaisella lisäterästyksellä reikien sivustoilla. Lisäterästen pituus vähintään aukko + 1200 mm, ellei toisin merkitty.
- muuta kuin perusterästystä ei reikien takia katkaista, vaan ne sijoitetaan reikien väleihin ja sivustoille muuttamalla tarvittaessa teräsjakoa tai niputtamalla muutama teräs pareittain, tai loivasti taivuttamalla
- teräkset asennetaan keskeisesti tukilinjojen suhteen, ellei toisin ole merkitty
- yläpintaterästys on ehdottomasti tuettava siten, ettei se pääse esim. valuvaiheessa painumaan alemmaksi
- terästen suojabetoni on 20 mm
- pilt-teräkset ovat paalusirtymien aiheuttamia lisäteräksiä
- Perusteräsvätket jatketaan väliseinän kohdalla
- Reiät leikataan verkkoihin ja lisäraudoitetaan työmaalla oikean kohdan takaamiseksi

MUUT LAATTAAN TULEVAT TERÄKSET:
- laatan työsaumadetaljit piir. 01- mukaan
BETONI JA TERÄS: LAUD.PIIR. MUKAAN

Terästen asennus



yläpintaterästys



LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 1 **Laatan ala** 442 m²

Perusterästyksen sisältäen limijatkokset

Perusterästyksen on 10k300. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Irtoterästen varastopituus on 12 m ja limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 21,02 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 70,08 kpl

Perusterästyksen pituus: 2946,67 m

Limijatkosten kpl-määrä: 245,56 kpl

Limijatkosten pituus: 171,89 m

Perusterästyksen pituus yht: 3118,56 m

Perusterästyksen kilomäärä: 1924,15 kg

Perusterästyksen kilomäärä 1818,09 kg

ilman limityksiä:

Limijatkosten osuus 5,83 %

teoreettisesta pituudesta:

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	4,8	14	41,46
10	6,6	14	57,01
10	8	5	24,68
12	1,2	4	4,26
12	2	18	31,97
12	2,4	14	29,84
12	3	2	5,33
12	4,8	4	17,05
12	5,4	2	9,59
12	6	2	10,66
12	6,6	11	64,47
12	7,2	4	25,57
12	5	7	31,08

Yhteensä: 352,97 kg

Leikkauksen b-b sekä DET1 teräkset

Leikkauksen b-b mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.
DET1 on laatassa 9 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	20	10,66
10	3,81	9	54,18

Yhteensä: 64,83 kg

Leikkausten a-a ja c-c läpimenevät teräkset

Leikkausta a-a 53,1 m, 2x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus a-a: 106,2 m
Limijatkoksia: 8,85 kpl
Jatkoksien pituus: 6,20 m

Leikkausta c-c 38,3 m, 1x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus c-c: 38,3 m
Limijatkoksia: 3,19 kpl
Jatkoksien pituus: 2,23 m

Leikkauksissa yht. 152,93 m
94,36 kg

Limijatkoksien osuus 89,16 kg
teoreettisesta pituudesta 5,83 %

(ilman limityksiä)

Alapinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

2436,31 kg
5,51 kg/m²

Lisät:

Työteräslisä 121,82 kg
Materiaalihukka 69,75 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 1

Laatan ala 442 m²**Tasopiirustuksen suorat irtoteräket**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	76	112,54
10	3	42	77,74
10	3,6	6	13,33
10	4	105	259,14
10	4,8	45	133,27
12	2	10	17,76
12	2,4	123	262,14
12	4,8	40	170,50
16	2,4	6	22,75

Yhteensä: 1069,17 kg

DET 2 teräket (puikkaushaak)

Yhden puikkaushaahan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	54	26,66

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräketIrtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	420	436,65
12	1,8	2,285	24	48,70
12	2	2,485	38	83,85

Yhteensä: 569,20 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa 1665,03 kg**teräksiä yhteensä:** 3,77 kg/m²**Lisät:**

Työteräslisä 83,25 kg

Materiaalihukka 49,95 kg

LAATAN TERÄSKILOT**KAISTARAUDOITTEET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 1

Laatan ala 442 m²**Kaistaverkkojen verkkoluettelo**

	Pääteräs				Jakoteräs			
	kpl	teräs [mm]	k	L [m]	kpl	teräs [mm]	k	L [m]
1	7	12	300	8,65	11	8	800	1,85
2	7	10	300	6,37	8	8	800	1,85
3	7	10	300	6,19	8	8	800	1,85
4	7	12	300	9,92	13	8	800	1,85
5	7	12	300	8,1	10	8	800	1,85

Verkkoluettelon verkkojen painot

	Pääteräs L/verkko [m]	Jakoteräs L/verkko [m]	Pääteräs/verkko [kg]	Jakoteräs/verkko [kg]	Yht. [kg]
1	60,55	20,35	53,77	8,04	61,81
2	44,59	14,8	27,51	5,85	33,36
3	43,33	14,8	26,73	5,85	32,58
4	69,44	24,05	61,66	9,50	71,16
5	56,7	18,5	50,35	7,31	57,66

Laatan verkkojen painot**Verkkojen yhteispaino**

3037,88 kg

	kpl	Yht [kg]
1	8	494,45
2	10	333,58
3	6	195,48
4	4	284,65
5	30	1729,71

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,8	7	7,77
10	4	7	17,28
10	6,6	7	28,51
12	1,2	4	4,26
12	2	18	31,97
12	2,4	14	29,84
12	3	9	23,98
12	4,8	4	17,05
12	5,4	2	9,59
12	6	2	10,66
12	6,6	13	76,19
12	7,2	4	25,57
12	8	7	49,73

Yhteensä: 332,39 kg

Alapinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

3458,79 kg

7,83 kg/m²

Kaistaverkkojen jakoterästen osuus:

415,07 kg

Lisät:

Työteräslisä 76,09 kg

Materiaalihukka 43,01 kg

Leikkausten b-b ja c-c sekä DET1 teräket

Leikkauksen b-b mukaisia tappeja arvioidaan olevan 32 kpl.

Leikkauksen c-c mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.

DET1 on laatassa 9 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	64	23,69
10	0,6	20	10,66
10	3,81	9	54,18

Yhteensä: 88,53 kg

LAATAN TERÄSKILOT**KAISTARAUDOITTEET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 1

Laatan ala 442 m²**Kaistaverkkojen verkkoluettelo**

	Pääteräs				Jakoteräs			
	kpl	teräs [mm]	k	L [m]	kpl	teräs [mm]	k	L [m]
6	21	12	300	2,4	6	10	150/550	6,05
7	3	10	360/1100	3,35	12	10	300	1,685

Verkkoluettelon verkkojen painot

	Pääteräs L/verkko [m]	Jakoteräs L/verkko [m]	Pääteräs/verkko [kg]	Jakoteräs/verkko [kg]	Yht. [kg]
6	50,4	36,3	44,76	22,40	67,15
7	10,05	20,22	6,20	12,48	18,68

Laatan verkkojen yhteispaino

	kpl	Yht [kg]
6	7	470,07
7	34	635,00

Verkkojen yhteispaino

1105,07 kg

Tasopiirustuksen suorat irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	10	14,81
10	3	26	48,13
10	4	75	185,10
10	4,8	21	62,19
12	2	4	7,10
12	2,4	69	147,05
12	3	30	79,92
12	3,6	6	19,18
12	4	28	99,46
12	4,8	63	268,53
16	2,4	6	22,75

Yhteensä: 954,22 kg

DET 2 teräket (puikkaushaat)

Yhden puikkaushaan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	54	26,66

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräket

Suurin osa reunakoukuista muodostuu taivutetusta yp. verkosta 7. Irtokoukkujen mitat edellä mainitun verkon mittojen perusteella. Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	23	23,91
12	1,8	2,285	26	52,76
12	2	2,485	40	88,27

Yhteensä: 164,94 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

2250,89 kg

5,09 kg/m²

Kaistaverkkojen jakoterästen osuus:

580,95 kg

Lisät:

Työteräslisä 41,75 kg

Materiaalihukka 45,43 kg

LAATAN TERÄSKILOT**MATTORAUDOITE/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 1 **Laatan ala** 442 m²

Perusterästyksen sisältäen limijatkokset

Perusterästyksen on 10k300. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Mattoraudoitteet jatketaan kantavien väliseiniä päällä, jatkospituus 70d=700 mm

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 21,02 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 70,08 kpl

Perusterästyksen pituus: 2946,67 m

Kantavien seinien pituus yht: 48,32 m

Limijatkosten kpl-määrä: 161,07 kpl

Limijatkosten pituus: 112,75 m

Perusterästyksen pituus yht: 3059,41 m

Perusterästyksen kilomäärä: 1887,66 kg

Perusterästyksen kilomäärä 1818,09 kg

ilman limityksiä:

Limijatkosten osuus
teoreettisesta pituudesta: 3,83 %

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	4,8	11	20,86
8	5,4	11	23,46
8	6,6	11	28,68
10	5,4	11	36,65
12	1,2	4	4,26
12	2	18	31,97
12	2,4	14	29,84
12	3	2	5,33
12	4,8	4	17,05
12	5,4	2	9,59
12	6	2	10,66
12	6,6	6	35,16
12	7,2	4	25,57

Yhteensä: 279,08 kg

Alapinnan terästyspiirustuksessa 2325,93 kg
teräksiä yhteensä: 5,26 kg/m²

Teräksistä:

Matoissa 2091,66 kg

Irtoteräksinä 234,26 kg

Lisät:

Työteräksinä 58,15 kg

Materiaalihukka 27,94 kg

Leikkauksen b-b sekä DET1 teräket

Leikkauksen b-b mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.
 DET1 on laatassa 9 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	20	10,66
10	3,81	9	54,18

Yhteensä: 64,83 kg

Leikkausten a-a ja c-c läpimenevät teräket

Leikkausta a-a 53,1 m, 2x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus a-a: 106,2 m

Limijatkoksia: 8,85 kpl

Jatkoksien pituus: 6,20 m

Leikkausta c-c 38,3 m, 1x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus c-c: 38,3 m

Limijatkoksia: 3,19 kpl

Jatkoksien pituus: 2,23 m

Leikkauksissa yht. 152,93 m

94,36 kg

89,16 kg

ilman limityksiä

Limijatkoksien osuus 5,83 %

teoreettisesta pituudesta

LAATAN TERÄSKILOT**MATTORAUDOITE/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 1

Laatan ala 442 m²**Tasopiirustuksen suorat teräkset**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	72	106,62
10	3	42	77,74
10	3,6	6	13,33
10	4	105	259,14
10	4,8	45	133,27
12	2	10	17,76
12	2,4	120	255,74
12	4,8	40	170,50
16	2,4	6	22,75

26 kpl irto

Yhteensä: 1056,85 kg

DET 2 teräkset (puikkaushaajat)

Yhden puikkaushaajan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	54	26,66

Tasopiirustuksen taivutetut teräkset

Koukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	420	436,65
12	1,8	2,285	24	48,70
12	2	2,485	38	83,85

Yhteensä: 569,20 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä: 1652,72 kg
3,74 kg/m²

Teräksistä:

matoissa: 1530,1 kg

irtoteräksinä: 122,6 kg

Lisät:

Työteräslisä 41,32 kg

Materiaalihukka 18,98 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2 **Laatan ala** 453 m²

Perusterästyksen sisältäen limijatkokset

Perusterästyksen on 10k250. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Irtoterästen varastopituus on 12 m ja limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 21,28 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 85,14 kpl

Perusterästyksen pituus: 3624,00 m

Limijatkosten kpl-määrä: 302,00 kpl

Limijatkosten pituus: 211,40 m

Perusterästyksen pituus yht: 3835,40 m

Perusterästyksen kilomäärä: 2366,44 kg

Perusterästyksen kilomäärä 2236,01 kg

ilman limityksiä:

Limijatkosten osuus 5,83 %

teoreettisesta pituudesta:

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
12	1,5	8	10,66
12	2	26	46,18
12	2,4	4	8,52
12	3,6	18	57,54
12	6	4	21,31

Yhteensä: 144,21 kg

Leikkauksen b-b ja c-c teräkset

Leikkauksen b-b mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	20	10,66

Yhteensä: 10,66 kg

Leikkauksen a-a läpimenevät teräkset

Leikkausta a-a 96,2 m, 2x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus a-a: 192,2 m
Limijatkoksia: 16,02 kpl
Jatkoksien pituus: 11,21 m

Leikkauksessa yht. 203,41 m
125,50 kg
Limijatkoksien osuus 5,83 %
teoreettisesta pituudesta

Alapinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

2646,81 kg
5,84 kg/m²

Lisät:

Työteräslisä 132,34 kg
Materiaalihukka 75,49 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2

Laatan ala 453 m²**Tasopiirustuksen suorat irtoteräket**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	237	350,95
10	3,6	40	88,85
10	4	134	330,71
12	1,2	2	2,13
12	1,5	4	5,33
12	2	39	69,26
12	2,4	38	80,99
12	3	5	13,32
12	4	2	7,10
12	5,4	4	19,18
16	2	2	6,32

Yhteensä: 974,14 kg

DET 2 teräket (puikkaushaat)

Yhden puikkaushaan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	24	11,85

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräketIrtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	523	543,73
12	1,2	1,685	28	41,90
12	2	2,285	63	127,83

Yhteensä: 713,46 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:1699,46 kg
3,75 kg/m²**Lisät:**Työteräslisä 84,97 kg
Materiaalihukka 50,98 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2
RakMK-vertailulaskelma

Laatan ala 453 m²

Perusterästyksen sisältäen limijatkokset

Perusterästyksen on 10k300. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Irtoterästen varastopituus on 12 m ja limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 21,28 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 70,95 kpl

Perusterästyksen pituus: 3020,00 m

Limijatkosten kpl-määrä: 251,67 kpl

Limijatkosten pituus: 176,17 m

Perusterästyksen pituus yht: 3196,17 m

Perusterästyksen kilomäärä: 1972,03 kg

Perusterästyksen kilomäärä 1863,34 kg

ilman limityksiä:

Limijatkosten osuus
teoreettisesta pituudesta: 5,83 %

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	4,2	9	23,32
10	4,9	7	21,16
12	1,5	8	10,66
12	2	26	46,18
12	2,4	4	8,52
12	3,6	18	57,54
12	6	4	21,31

Yhteensä: 188,70 kg

Leikkauksen b-b ja c-c teräsket

Leikkauksen b-b mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	20	10,66

Yhteensä: 10,66 kg

Alapinnan terästyspiirustuksessa teräsiä yhteensä:

Lisät:

Työteräslisä 114,84 kg
Materiaalihukka 65,65 kg

Leikkauksen a-a läpimenevät teräsket

Leikkausta a-a 96,2 m, 2x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus a-a: 192,2 m
Limijatkoksia: 16,02 kpl
Jatkoksien pituus: 11,21 m

Leikkauksessa yht. 203,41 m
125,50 kg
Limijatkoksien osuus 5,83 %
teoreettisesta pituudesta

2296,89 kg
5,07 kg/m²

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2
RakMK-vertailulaskelma

Laatan ala 453 m²

Tasopiirustuksen suorat irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	197	291,72
10	3,6	36	79,96
10	4	84	207,31
12	1,2	2	2,13
12	1,5	4	5,33
12	2	42	74,59
12	2,4	36	76,72
12	3	4	10,66
12	4	43	152,74
12	5,4	4	19,18
16	2	2	6,32

Yhteensä: 926,66 kg

DET 2 teräket (puikkaushaat)

Yhden puikkaushaan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	24	11,85

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräket

Irtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	437	454,32
12	1,2	1,685	19	28,43
12	2	2,285	53	107,54

Yhteensä: 590,30 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

1528,81 kg
3,37 kg/m²

Lisät:

Työteräslisä 76,44 kg
Materiaalihukka 45,86 kg

LAATAN TERÄSKILOT**KAISTARAUDOITTEET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2

Laatan ala 453 m²**Kaistaverkkojen verkkoluettelo**

	Pääteräs				Jakoteräs			
	kpl	teräs [mm]	k	L [m]	kpl	teräs [mm]	k	L [m]
1	8	10	250	9,45	12	8	800	1,8
2	8	10	250	7,62	10	8	800	1,8
3	8	10	250	5,93	8	8	800	1,8
4	8	10	250	6,87	9	8	800	1,8
5	8	10	250	4,5	6	8	800	1,8

Verkkoluettelon verkkojen painot

	Pääteräs L/verkko [m]	Jakoteräs L/verkko [m]	Pääteräs/verkko [kg]	Jakoteräs/verkko [kg]	Yht. [kg]
1	75,6	21,6	46,65	8,53	55,18
2	60,96	18	37,61	7,11	44,72
3	47,44	14,4	29,27	5,69	34,96
4	54,96	16,2	33,91	6,40	40,31
5	36	10,8	22,21	4,27	26,48

Laatan verkkojen paino**Verkkojen yhteispaino**

2965,31 kg

	kpl	Yht [kg]
1	13	717,30
2	16	715,56
3	19	664,21
4	13	524,02
5	13	344,21

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2	46	56,76
10	12	6	44,42
12	1,5	8	10,66
12	2	26	46,18
12	2,4	4	8,52
12	3,6	18	57,54
12	6	4	21,31

Yhteensä: 245,40 kg

Alapinnan terästyspiirustuksessa teräsiä yhteensä:

3258,38 kg

7,19 kg/m²

471,39 kg

Kaistaverkkojen jakoterästen osuus**Lisät:**

Työteräslisä 69,67 kg

Materiaalihukka 38,45 kg

Leikkausten a-a,c-c ja e-e teräket

Leikkauksen a-a/e-e mukaisia tappeja arvioidaan olevan 50 kpl.

Leikkauksen c-c mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.

DET1 on laatassa 9 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	100	37,02
10	0,6	20	10,66

Yhteensä: 47,68 kg

LAATAN TERÄSKILOT**KAISTARAUDOITTEET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2

Laatan ala 453 m²**Kaistaverkkojen verkkoluettelo**

	Pääteräs				Jakoteräs			
	kpl	teräs [mm]	k	L [m]	kpl	teräs [mm]	k	L [m]
6	21	10	250	2,4	6	10	150/550	5,05
7	3	10	360/1100	3,3	14	10	250	1,685

Verkkoluettelon verkkojen painot

	Pääteräs L/verkko [m]	Jakoteräs L/verkko [m]	Pääteräs/verkko [kg]	Jakoteräs/verkko [kg]	Yht. [kg]
6	50,4	30,3	31,10	18,70	49,79
7	9,9	23,59	6,11	14,56	20,66

Laatan verkkojen yhteispaino

	kpl	Yht [kg]
6	11	547,71
7	35	723,22

Verkkojen yhteispaino

1270,927 kg

Tasopiirustuksen suorat irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	93	137,71
10	3	16	29,62
10	4	100	246,80
12	1,2	2	2,13
12	1,5	4	5,33
12	2	30	53,28
12	2,4	41	87,38
12	3	21	55,94
12	3,6	18	57,54
12	4	33	117,22
12	5,4	4	19,18
16	2	2	6,32

Yhteensä: 818,45 kg

DET 2 teräket (puikkaushaat)

Yhden puikkaushaan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	24	11,85

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräket

Suurin osa reunakoukuista muodostuu taivutetusta yp. verkosta 7. Irtokoukkujen mitat edellä mainitun verkon mittojen perusteella. Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	26	27,03
12	1,2	1,685	28	41,90
12	2	2,485	54	119,16

Yhteensä: 188,09 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

2289,32 kg

5,05 kg/m²

Kaistaverkkojen jakoterästen osuus

715,07 kg

Lisät:

Työteräslisä 39,36 kg

Materiaalihukka 43,26 kg

LAATAN TERÄSKILOT**MATTORAUDOITE/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2 **Laatan ala** 453 m²

Perusterästys sisältäen limijatkokset

Perusterästys on 10k250. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Mattoraudoitteet jatketaan kantavien väliseinien päällä, limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 21,28 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 85,14 kpl

Perusterästyksen pituus: 3624,00 m

Kantavien väliseinien pituus: 50 m

Limijatkosten kpl-määrä: 200,00 kpl

Limijatkosten pituus: 140,00 m

Perusterästyksen pituus yht: 3764,00 m

Perusterästyksen kilomäärä: 2322,39 kg

Limijatkosten osuus
teoreettisesta pituudesta: 3,86 %

Tasopiirustuksen irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
12	1,5	8	10,66
12	2	26	46,18
12	2,4	4	8,52
12	3,6	18	57,54
12	6	4	21,31

Yhteensä: 144,21 kg

Alapinnan terästyspiirustuksessa 2602,76 kg
teräksiä yhteensä: 5,75 kg/m²

josta

Matoissa: 2447,89 kg

Irtoteräksinä: 154,87 kg

Lisät:

Työteräslisä 65,07 kg

Materiaalihukka 29,12 kg

Leikkauksen b-b ja c-c teräket

Leikkauksen b-b mukaisia tappeja arvioidaan olevan 10 kpl.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	0,6	20	10,66

Yhteensä: 10,66 kg

Leikkauksen a-a läpimenevät teräket

Leikkausta a-a 96,2 m, 2x10 mm läpim., jatkospituus 700 mm

Leikkaus a-a: 192,2 m

Limijatkoksia: 16,02 kpl

Jatkoksien pituus: 11,21 m

Leikkauksessa yht. 203,41 m

125,50 kg

Limijatkoksien osuus 5,83 %

teoreettisesta pituudesta

LAATAN TERÄSKILOT**MATTORAUDOITE/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 2

Laatan ala 453 m²**Tasopiirustuksen suorat teräkset**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	217	321,33
10	3,6	40	88,85
10	4	125	308,50
12	1,2	2	2,13
12	1,5	4	5,33
12	2	39	69,26
12	2,4	38	80,99
12	3	5	13,32
12	4	2	7,10
12	5,4	4	19,18
16	2	2	6,32

9 kpl matoissa
22 kpl matoissa

Yhteensä: 922,32 kg

DET 2 teräkset (puikkaushaajat)

Yhden puikkaushaajan pituus on 1,25 m.

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
8	1,25	24	11,85

Tasopiirustuksen taivutetut teräksetKoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	523	543,73
12	1,2	1,685	28	41,90
12	2	2,285	63	127,83

Yhteensä: 713,46 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:1647,63 kg
3,64 kg/m²

josta

Matoissa: 1508,3 kg

Irtoteräksinä: 139,3 kg

Lisät:

Työteräslisä 41,19 kg

Materiaalihukka 19,26 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/ALAPINTA****Kohde** Esimerkkikohde 3**Laatan ala** 285,8 m²**Perusterästyksen sisältäen limijatkokset**

Perusterästyksen on 10k300. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Irtoterästen varastopituus on 12 m ja limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 16,91 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 56,35 kpl

Perusterästyksen pituus: 1905,33 m

Limijatkosten kpl-määrä: 158,78 kpl

Limijatkosten pituus: 111,14 m

Perusterästyksen pituus yht: 2016,48 m

Perusterästyksen kilomäärä: 1244,17 kgLimijatkosten osuus
teoreettisesta pituudesta: 5,83 %**Tasopiirustuksen suorat irtoteräket**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2	80	98,72

Tasopiirustuksen läpimenevät teräkset

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Kummallakin lyhyemmällä sivulla 5x10k300 ja pidemmällä sivulla 5x12k300.

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	87,1	7,26	5,08	92,18	56,88
12	328,1	27,34	22,97	351,07	311,75

Yhteensä: 368,62 kg**Leikkauksen a-a läpimenevät teräkset**

4 kpl seinälinjoja.

Seinän pituus 8,55 m Seinän korkeus 2,78 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	249,68	20,81	14,56	264,24	163,04
12	205,2	17,10	14,36	219,56	194,97

Yhteensä: 358,01 kg**Leikkauksen b-b läpimenevät teräkset**

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	166,08	13,84	9,69	175,77	108,45

Yhteensä: 108,45 kg

Leikkausten haat ypter luettelossa!

Alapinnan terästyspiirustuksessa yhteensä

2177,97 kg

7,62 kg/m²Limijatkosten osuus 6,43 %
teoreettisesta pituudesta:**Lisät:**

Työteräslisä 108,90 kg

Materiaalihukka 65,34 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 3

Laatan ala 285,8 m²**Tasopiirustuksen suorat irtoteräket**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	126	186,58
10	3	287	531,24
10	4	60	148,08
12	2,4	32	68,20

Yhteensä: 934,10 kg

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräketIrtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	327	339,96
10	1,8	2,285	140	197,38

Yhteensä: 537,34 kg

Leikkausten a-a ja b-b haat

Molempien hakojen teräs 8 mm.

Seinän pituus 8,55 m

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L[m]	kpl	Yht. [m]	Yht. [kg]
a-a	3,7	114	421,8	166,6

Yhteensä: 166,6 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

1638,05 kg

5,73 kg/m²**Lisät:**

Työteräslisä 81,90 kg

Materiaalihukka 49,14 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 3
RAKMK-vertailu

Laatan ala 285,8 m²

Perusterästys sisältäen limijatkokset

Perusterästys on 10k300. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Irtoterästen varastopituus on 12 m ja limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 16,91 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 56,35 kpl

Perusterästyksen pituus: 1905,33 m

Limijatkosten kpl-määrä: 158,78 kpl

Limijatkosten pituus: 111,14 m

Perusterästyksen pituus yht: 2016,48 m

Perusterästyksen kilomäärä: 1244,17 kg

Limijatkosten osuus
teoreettisesta pituudesta: 5,83 %

Tasopiirustuksen läpimenevät teräkset

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Kummallakin lyhyemmällä sivulla 5x10k300 ja pidemmällä sivulla 5x12k300.

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	87,1	7,26	5,08	92,18	56,88
12	328,1	27,34	22,97	351,07	311,75

Yhteensä: 368,62 kg**Leikkauksen a-a läpimenevät teräkset**

4 kpl seinälinjoja.

Seinän pituus 8,55 m Seinän korkeus 2,78 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	249,68	20,81	14,56	264,24	163,04
12	205,2	17,10	14,36	219,56	194,97

Yhteensä: 358,01 kg**Leikkauksen b-b läpimenevät teräkset**

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	166,08	13,84	9,69	175,77	108,45

Yhteensä: 108,45 kg

Leikkausten haat ypter luettelossa!

Alapinnan terästyspiirustuksessa yhteensä

2079,25 kg

7,28 kg/m²Limijatkosten osuus 6,43 %
teoreettisesta pituudesta:**Lisät:**

Työteräslisä 103,96 kg

Materiaalihukka 62,38 kg

LAATAN TERÄSKILOT**IRTOTERÄKSET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 3
RAKMK-vertailu

Laatan ala 285,8 m²

Tasopiirustuksen suorat irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	100	148,08
10	3	287	531,24
10	4	60	148,08
12	2,4	32	68,20

Yhteensä: 895,60 kg

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräket

Irtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yläpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	327	339,96
10	1,8	2,285	140	197,38

Yhteensä: 537,34 kg

Leikkausten a-a ja b-b haat

Molempien hakojen teräs 8 mm.

Seinän pituus 8,55 m

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L[m]	kpl	Yht. [m]	Yht. [kg]
a-a	3,7	114	421,8	166,6

Yhteensä: 166,6 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

1599,55 kg

5,60 kg/m²

Lisät:

Työteräslisä 79,98 kg

Materiaalihukka 47,99 kg

LAATAN TERÄSKILOT**KAISTARAUDOITTEET/ALAPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 3

Laatan ala 285,5 m²**Kaistaverkkojen verkkoluettelo**

	Pääteräs				Jakoteräs			
	kpl	teräs [mm]	k	L [m]	kpl	teräs [mm]	k	L [m]
1	7	10	300	8,67	11	8	800	1,85

Verkkoluettelon verkkojen painot

	Pääteräs L/verkko [m]	Jakoteräs L/verkko [m]	Pääteräs/verkko [kg]	Jakoteräs/verkko [kg]	Yht. [kg]
1	60,69	20,35	37,45	8,04	45,48

Verkkoja 32 kpl.

Verkkojen yhteispaino

1455,49 kg

Tasopiirustuksen suorat irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,8	14	15,55
10	0,9	14	7,77
10	2	112	138,21

Yhteensä: 161,53 kg

Tasopiirustuksen läpimenevät teräkset

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Kummallakin lyhyemmällä sivulla 5x10k300 ja pidemmällä sivulla 5x12k300.

Toisella pidemmällä sivulla lisäksi 3x10k300.

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	185,53	15,46	10,82	196,35	121,15
12	328,1	27,34	22,97	351,07	311,75

Yhteensä: 432,90 kg**Leikkauksen a-a läpimenevät teräkset**

4 kpl seinälinjoja.

Seinän pituus 8,55 m Seinän korkeus 2,78 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	181,28	15,11	10,57	191,85	118,37
12	205,2	17,10	14,36	219,56	194,97

Yhteensä: 313,35 kg**Leikkauksen b-b läpimenevät teräkset**

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	166,08	13,84	9,69	175,77	108,45

Yhteensä: 108,45 kgLimijatkoksien osuus 6,42 %
teoreettisesta pituudesta**Yhteensä:** 2471,71 kg
8,66 kg/m²**Kaistaverkkojen jakoterästen osuus:**
257,22 kg**Lisät:**
Työteräslisä 55,36 kg
Materiaalihukka 45,04 kg

LAATAN TERÄSKILOT**KAISTARAUDOITTEET/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 3

Laatan ala 285,5 m²**Kaistaverkkojen verkkoluettelo**

	Pääteräs				Jakoteräs			
	kpl	teräs [mm]	k	L [m]	kpl	teräs [mm]	k	L [m]
2	15	10	300	3	6	10	150/700	4,23
3	8	10	600	3	6	10	150/701	4,23
4	3	10	360/1100	3,35	12	10	300	1,685

Verkkoluettelon verkkojen painot

	Pääteräs L/verkko [m]	Jakoteräs L/verkko [m]	Pääteräs/verkko [kg]	Jakoteräs/verkko [kg]	Yht. [kg]
2	45	25,38	27,77	15,66	43,42
3	24	25,38	14,81	15,66	30,47
4	10,05	20,22	6,20	12,48	18,68

Laatan verkkojen yhteispaino**Verkkojen yhteispaino**

1411,52 kg

	kpl	Yht [kg]
2	17	738,22
3	8	243,74
4	23	429,56

Tasopiirustuksen suorat irtoteräket

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	150	222,12
10	3	6	11,11
10	4	60	148,08
12	2,4	32	68,20

Yhteensä: 449,50 kg

Leikkausten a-a ja b-b haat

Molempien hakojen teräs 8 mm.

Seinän pituus 8,55 m
Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m
Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L[m]	kpl	Yht. [m]	Yht. [kg]
a-a	2,5	114	285	112,6

Yhteensä: 112,6 kg

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräket

Irtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yöpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	6	6,24
10	1,8	2,285	172	242,49

Yhteensä: 248,73 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

2222,33 kg
7,78 kg/m²

Kaistaverkkojen jakoterästen osuus:

678,43 kg

Lisät:

Työteräslisä 38,60 kg
Materiaalihukka 38,44 kg

LAATAN TERÄSKILOT**Mattorautoite/ALAPINTA****Kohde** Esimerkkikohde 3**Laatan ala** 285,8 m²**Perusterästyksen sisältäen limijatkokset**

Perusterästyksen on 10k300. Lasketaan laatan perusterästyksen määrä olettaen:

Laatta on muodoltaan neliö.

Irtoterästen varastopituus on 12 m ja limityspituus $70d=700$ mm.

Neliöksi redusoidun laatan sivun pituus: 16,91 m

Perusterästyksen kappalemäärä/suunta: 56,35 kpl

Perusterästyksen pituus: 1905,33 m

Limijatkosten kpl-määrä: 158,78 kpl

Limijatkosten pituus: 111,14 m

Perusterästyksen pituus yht: 2016,48 m

Perusterästyksen kilomäärä: 1244,17 kg**Perusterästyksen kilomäärä** 1175,59 kg**ilman limityksiä:**Limijatkosten osuus
teoreettisesta pituudesta 5,83 %**Tasopiirustuksen suorat irtoteräket**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2	112	138,21

Tasopiirustuksen läpimenevät teräkset

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Kummallakin lyhyemmällä sivulla 5x10k300 ja pidemmällä sivulla 5x12k300.

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	87,1	7,26	5,08	92,18	56,88
12	328,1	27,34	22,97	351,07	311,75

Yhteensä: 368,62 kg**Leikkauksen a-a läpimenevät teräkset**

4 kpl seinälinjoja.

Seinän pituus 8,55 m Seinän korkeus 2,78 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	181,28	15,11	10,57	191,85	118,37
12	205,2	17,10	14,36	219,56	194,97

Yhteensä: 313,35 kg**Leikkauksen b-b läpimenevät teräkset**

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L [m]	Jatkoksia [kpl]	Jatkoksia [m]	Yht. [m]	Yht. [kg]
10	166,08	13,84	9,69	175,77	108,45

Yhteensä: 108,45 kgLimijatkoksien osuus 6,48 %
teoreettisesta pituudesta

Leikkausten haat ypter luettelossa!

Alapinnan terästyspiirustuksessa yhteensä2172,79 kg
7,60 kg/m²

Josta

Matoissa: 1859,45 kg

Irtoteräksinä: 313,35 kg

Lisät:

Työteräslisä 54,32 kg

Materiaalihukka 27,99 kg

LAATAN TERÄSKILOT**Mattorautoite/YLÄPINTA**

Kohde Esimerkkikohde 3

Laatan ala 285,8 m²**Tasopiirustuksen suorat irtoteräket**

Teräs [mm]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	2,4	150	222,12
10	3	315	583,07
10	4	60	148,08
12	2,4	32	68,20

Yhteensä: 1021,46 kg

Tasopiirustuksen taivutetut irtoteräketIrtokoukkujen mitat kaistaverkkojen verkkojen perusteella
Taulukossa mainittu koukun mitta=yöpinnassa oleva mitta.

Teräs [mm]	Mitta [m]	L [m]	kpl	Yht. [kg]
10	1,2	1,685	327	339,96
10	1,8	2,285	172	242,49

Yhteensä: 582,46 kg

Leikkausten a-a ja b-b haat

Molempien hakojen teräs 8 mm.

Seinän pituus 8,55 m

Laatan lyhyempi sivumitta 8,71 m

Laatan pidempi sivumitta 32,81 m

Teräs	L[m]	kpl	Yht. [m]	Yht. [kg]
a-a	2,5	114	285	112,6

Yhteensä: 112,6 kg

Yläpinnan terästyspiirustuksessa teräksiä yhteensä:

1716,50 kg

6,01 kg/m²

Josta

Matoissa: 1361,43 kg

Irtoteräksinä: 355,07 kg

Lisät:

Työteräslisä 42,91 kg

Materiaalihukka 24,27 kg

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 1/irtoteräsvaihtohto

Laatan pinta-ala 442 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2558,12	0,0001	0,26
Lyhyet käsinsiirrot	2558,12	0,0005	1,28
irtoteräs 10 mm	2206,49	0,008	17,65
irtoteräs 12 mm	229,81	0,0055	1,26
työteräkset	121,82	0,008	0,97

Yhteensä (T3) 21,43 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	1748,28	0,0001	0,17
Lyhyet käsinsiirrot	1748,28	0,0005	0,87
irtoteräs 8 mm	26,66	0,012	0,32
irtoteräs 10 mm	1032,67	0,008	8,26
irtoteräs 12 mm	582,95	0,0055	3,21
irtoteräs 16 mm	22,75	0,0045	0,10
työteräkset	83,25	0,008	0,67

Yhteensä (T3) 13,60 tth

T4-aika eri suoritelmäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	21,43	13,60	35,03	1,46
TL3=1,10 SUO=1,0	23,57	14,97	38,53	1,61
TL3=1,10 SUO=1,10	25,92	16,46	42,39	1,77
TL3=1,30 SUO=1,0	27,85	17,69	45,54	1,90
TL3=1,30 SUO=1,1	30,64	19,45	50,09	2,09
Minimiarvo (T4)	23,57	14,97	38,53	1,61
Maksimiarvo (T4)	30,64	19,45	50,09	2,09
Keskiarvo (T4)	27,00	17,14	44,14	1,84
Mediaani (T4)	26,89	17,07	43,96	1,83

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 1/kaistaraudoitevaihtoecho

Laatan pinta-ala 442 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	3534,88	0,0001	0,35
Lyhyet käsinsiirot	3534,88	0,0005	1,77
kaistaraudoitteet #10	529,06	0,0064	3,39
kaistaraudoitteet #12	2508,82	0,0037	9,28
irtoteräs 10 mm	142,08	0,008	1,14
irtoteräs 12 mm	278,83	0,0055	1,53
työteräkset	76,09	0,008	0,61

Yhteensä (T3) 18,07 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2292,64	0,0001	0,23
Lyhyet käsinsiirot	2292,64	0,0005	1,15
kaistaraudoitteet #10	635	0,0064	4,06
kaistaraudoitteet #12	470,07	0,0037	1,74
irtoteräs 8 mm	26,66	0,012	0,32
irtoteräs 10 mm	334,14	0,008	2,67
irtoteräs 12 mm	762,27	0,0055	4,19
irtoteräs 16 mm	22,75	0,0045	0,10
työteräkset	41,75	0,008	0,33

Yhteensä (T3) 14,80 tth

T4-aika eri suoritelmäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	18,07	14,80	32,87	1,37
TL3=1,10 SUO=1,0	19,88	16,28	36,16	1,51
TL3=1,10 SUO=1,10	21,86	17,91	39,77	1,66
TL3=1,30 SUO=1,0	23,49	19,24	42,73	1,78
TL3=1,30 SUO=1,1	25,84	21,17	47,00	1,96
Minimiarvo (T4)	19,88	16,28	36,16	1,51
Maksimiarvo (T4)	25,84	21,17	47,00	1,96
Keskiarvo (T4)	22,77	18,65	41,42	1,73
Mediaani (T4)	22,68	18,57	41,25	1,72

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 1/mattorauδοitevaihtoehto

Laatan pinta-ala 442 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2325,92	0,0001	0,23
Lyhyet käsinsiirrot	234,26	0,0005	0,12
Alapintamattorauδοite	2091,66	0,00625	13,07
irtoteräs 10 mm	64,83	0,008	0,52
irtoteräs 12 mm	169,43	0,0055	0,93

Yhteensä (T3) 14,87 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	1751,88	0,0001	0,18
Lyhyet käsinsiirrot	791,25	0,0005	0,40
Yläpintamattorauδοite	960,63	0,01275	12,25
reunahakakori	569,2	0,006	3,42
irtoteräs 8 mm	26,66	0,012	0,32
irtoteräs 12 mm	73,17	0,0055	0,40
irtoteräs 16 mm	22,75	0,0045	0,10
työteräkset	99,47	0,01775	1,77

Yhteensä (T3) 18,82 tth

T4-aika eri suoritemäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	14,87	18,82	33,70	1,40
TL3=1,10 SUO=1,0	16,36	20,71	37,07	1,54
TL3=1,10 SUO=1,10	18,00	22,78	40,77	1,70
TL3=1,30 SUO=1,0	19,34	24,47	43,81	1,83
TL3=1,30 SUO=1,1	21,27	26,92	48,19	2,01
Minimiarvo (T4)	16,36	20,71	37,07	1,54
Maksimiarvo (T4)	21,27	26,92	48,19	2,01
Keskiarvo (T4)	18,74	23,72	42,46	1,77
Mediaani (T4)	18,67	23,62	42,29	1,76

*Rauδοitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/irtoteräsvaihtoehto

Laatan pinta-ala 453 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2779,15	0,0001	0,28
Lyhyet käsinsiirrot	2779,15	0,0005	1,39
irtoteräs 10 mm	2502,6	0,008	20,02
irtoteräs 12 mm	144,21	0,0055	0,79
työteräkset	132,34	0,008	1,06

Yhteensä (T3) 23,54 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	1784,42	0,0001	0,18
Lyhyet käsinsiirrot	1784,42	0,0005	0,89
irtoteräs 8 mm	11,85	0,012	0,14
irtoteräs 10 mm	1314,24	0,008	10,51
irtoteräs 12 mm	367,04	0,0055	2,02
irtoteräs 16 mm	6,32	0,0045	0,03
työteräkset	84,97	0,008	0,68

Yhteensä (T3) 14,45 tth

T4-aika eri suoritemäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	23,54	14,45	37,99	1,58
TL3=1,10 SUO=1,0	25,89	15,90	41,79	1,74
TL3=1,10 SUO=1,10	28,48	17,49	45,97	1,92
TL3=1,30 SUO=1,0	30,60	18,79	49,39	2,06
TL3=1,30 SUO=1,1	33,66	20,67	54,33	2,26
Minimiarvo (T4)	25,89	15,90	41,79	1,74
Maksimiarvo (T4)	33,66	20,67	54,33	2,26
Keskiarvo (T4)	29,66	18,21	47,87	1,99
Mediaani (T4)	29,54	18,14	47,68	1,99

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/irtoteräsvaihtoehto
RAKMK-vertailulaskelma

Laatan pinta-ala 453 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2411,73	0,0001	0,24
Lyhyet käsinsiirrot	2411,73	0,0005	1,21
irtoteräs 10 mm	2152,68	0,008	17,22
irtoteräs 12 mm	144,21	0,0055	0,79
työteräkset	114,84	0,008	0,92

Yhteensä (T3) 20,38 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	1605,25	0,0001	0,16
Lyhyet käsinsiirrot	1605,25	0,0005	0,80
irtoteräs 8 mm	11,85	0,012	0,14
irtoteräs 10 mm	1033,32	0,008	8,27
irtoteräs 12 mm	477,32	0,0055	2,63
irtoteräs 16 mm	6,32	0,0045	0,03
työteräkset	76,44	0,008	0,61

Yhteensä (T3) 12,64 tth

T4-aika eri suoritelmäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	20,38	12,64	33,02	1,38
TL3=1,10 SUO=1,0	22,42	13,90	36,32	1,51
TL3=1,10 SUO=1,10	24,66	15,29	39,95	1,66
TL3=1,30 SUO=1,0	26,49	16,43	42,92	1,79
TL3=1,30 SUO=1,1	29,14	18,07	47,22	1,97
Minimiarvo (T4)	22,42	13,90	36,32	1,51
Maksimiarvo (T4)	29,14	18,07	47,22	1,97
Keskiarvo (T4)	25,68	15,92	41,60	1,73
Mediaani (T4)	25,58	15,86	41,44	1,73

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/kaistaraudoitevaihtoehdo

Laatan pinta-ala 453 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	3328,05	0,0001	0,33
Lyhyet käsinsierrot	3328,05	0,0005	1,66
kaistaraudoitteet #10	2965,31	0,0053	15,72
irtoteräs 10 mm	148,86	0,008	1,19
irtoteräs 12 mm	144,21	0,0055	0,79
työteräkset	69,67	0,008	0,56

Yhteensä (T3) 20,25 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2328,68	0,0001	0,23
Lyhyet käsinsierrot	2328,68	0,0005	1,16
kaistaraudoitteet #10	1270,93	0,0053	6,74
irtoteräs 8 mm	11,85	0,012	0,14
irtoteräs 10 mm	441,16	0,008	3,53
irtoteräs 12 mm	559,06	0,0055	3,07
irtoteräs 16 mm	6,32	0,0045	0,03
työteräkset	39,36	0,008	0,31

Yhteensä (T3) 15,22 tth

T4-aika eri suoritemäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	20,25	15,22	35,48	1,48
TL3=1,10 SUO=1,0	22,28	16,75	39,02	1,63
TL3=1,10 SUO=1,10	24,51	18,42	42,93	1,79
TL3=1,30 SUO=1,0	26,33	19,79	46,12	1,92
TL3=1,30 SUO=1,1	28,96	21,77	50,73	2,11
Minimiarvo (T4)	22,28	16,75	39,02	1,63
Maksimiarvo (T4)	28,96	21,77	50,73	2,11
Keskiarvo (T4)	25,52	19,18	44,70	1,86
Mediaani (T4)	25,42	19,10	44,52	1,86

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Väliopijalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/mattoraidoitevaihto

Laatan pinta-ala 453 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	2602,76	0,0001	0,26
Lyhyet käsinsiirrot	154,87	0,0005	0,08
Alapintamattoraidoite	2447,89	0,00625	15,30
irtoteräs 10 mm	10,66	0,008	0,09
irtoteräs 12 mm	144,21	0,0055	0,79

Yhteensä (T3) 16,52 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla holville	1753,88	0,0001	0,18
Lyhyet käsinsiirrot	959,01	0,0005	0,48
Yläpintamattoraidoite	794,87	0,01275	10,13
reunahakakori	713,46	0,006	4,28
irtoteräs 8 mm	11,85	0,012	0,14
irtoteräs 12 mm	121,12	0,0055	0,67
irtoteräs 16 mm	6,32	0,0045	0,03
työteräkset	106,26	0,01775	1,89

Yhteensä (T3) 17,79 tth

T4-aika eri suoritemäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	16,52	17,79	34,31	1,43
TL3=1,10 SUO=1,0	18,17	19,57	37,74	1,57
TL3=1,10 SUO=1,10	19,98	21,53	41,51	1,73
TL3=1,30 SUO=1,0	21,47	23,13	44,60	1,86
TL3=1,30 SUO=1,1	23,62	25,44	49,06	2,04
Minimiarvo (T4)	18,17	19,57	37,74	1,57
Maksimiarvo (T4)	23,62	25,44	49,06	2,04
Keskiarvo (T4)	20,81	22,42	43,23	1,80
Mediaani (T4)	20,73	22,33	43,06	1,79

*Raidoitusryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/irtoteräsvaihtoehto

Laatan pinta-ala 285,8 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	2286,87	0,0001	0,23
Lyhyet käsinsiirrot	2286,87	0,0005	1,14
irtoteräs 10 mm	1671,25	0,008	13,37
irtoteräs 12 mm	506,72	0,0055	2,79
työteräkset	108,9	0,008	0,87

Yhteensä (T3) 18,40 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	1723,02	0,0001	0,17
Lyhyet käsinsiirrot	1723,02	0,0005	0,86
irtoteräs 8 mm	166,6	0,012	2,00
irtoteräs 10 mm	1403,25	0,008	11,23
irtoteräs 12 mm	68,2	0,0055	0,38
työteräkset	84,97	0,008	0,68

Yhteensä (T3) 15,31 tth

T4-aika eri suoritelmäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	18,40	15,31	33,71	1,40
TL3=1,10 SUO=1,0	20,24	16,85	37,09	1,55
TL3=1,10 SUO=1,10	22,26	18,53	40,79	1,70
TL3=1,30 SUO=1,0	23,92	19,91	43,83	1,83
TL3=1,30 SUO=1,1	26,31	21,90	48,21	2,01
Minimiarvo (T4)	20,24	16,85	37,09	1,55
Maksimiarvo (T4)	26,31	21,90	48,21	2,01
Keskiarvo (T4)	23,18	19,30	42,48	1,77
Mediaani (T4)	23,09	19,22	42,31	1,76

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/irtoteräsvaihtoehto
RAKMK-vertailulaskelma

Laatan pinta-ala 285,8 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	2183,21	0,0001	0,22
Lyhyet käsinsiirrot	2183,21	0,0005	1,09
irtoteräs 10 mm	1572,53	0,008	12,58
irtoteräs 12 mm	506,72	0,0055	2,79
työteräkset	103,96	0,008	0,83

Yhteensä (T3) 17,51 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	1679,53	0,0001	0,17
Lyhyet käsinsiirrot	1679,53	0,0005	0,84
irtoteräs 8 mm	166,6	0,012	2,00
irtoteräs 10 mm	1364,75	0,008	10,92
irtoteräs 12 mm	68,2	0,0055	0,38
työteräkset	79,98	0,008	0,64

Yhteensä (T3) 14,94 tth

T4-aika eri suoritelmäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	17,51	14,94	32,45	1,35
TL3=1,10 SUO=1,0	19,26	16,43	35,69	1,49
TL3=1,10 SUO=1,10	21,19	18,08	39,26	1,64
TL3=1,30 SUO=1,0	22,76	19,42	42,18	1,76
TL3=1,30 SUO=1,1	25,04	21,36	46,40	1,93
Minimiarvo (T4)	19,26	16,43	35,69	1,49
Maksimiarvo (T4)	25,04	21,36	46,40	1,93
Keskiarvo (T4)	22,06	18,82	40,89	1,70
Mediaani (T4)	21,97	18,75	40,72	1,70

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/kaistaraudoitevaihtoehto

Laatan pinta-ala 285,5 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	2527,07	0,0001	0,25
Lyhyet käsinsiirot	2527,07	0,0005	1,26
kaistaraudoitteet #10k300	1455,49	0,0064	9,32
irtoteräs 10 mm	509,5	0,008	4,08
irtoteräs 12 mm	506,72	0,0055	2,79
työteräkset	55,36	0,008	0,44

Yhteensä (T3) 18,14 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	2872,94	0,0001	0,29
Lyhyet käsinsiirot	2872,94	0,0005	1,44
kaistaraudoitteet #10k300	1167,78	0,0064	7,47
kaistaraudoitteet #10k600	243,74	0,0129	3,14
irtoteräs 8 mm	112,58	0,012	1,35
irtoteräs 10 mm	630,04	0,008	5,04
irtoteräs 12 mm	680,2	0,0055	3,74
työteräkset	38,6	0,008	0,31

Yhteensä (T3) 22,78 tth

T4-aika eri suoritemäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	18,14	22,78	40,92	1,71
TL3=1,10 SUO=1,0	19,95	25,06	45,01	1,88
TL3=1,10 SUO=1,10	21,95	27,57	49,51	2,06
TL3=1,30 SUO=1,0	23,58	29,62	53,20	2,22
TL3=1,30 SUO=1,1	25,94	32,58	58,52	2,44
Minimiarvo (T4)	19,95	25,06	45,01	1,88
Maksimiarvo (T4)	25,94	32,58	58,52	2,44
Keskiarvo (T4)	22,85	28,71	51,56	2,15
Mediaani (T4)	22,76	28,59	51,35	2,14

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan työmenekkilaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/mattoraudoitevaihtoehto

Laatan pinta-ala 285,5 m²

Alapintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	2172,79	0,0001	0,22
Lyhyet käsinsiirrot	313,34	0,0005	0,16
Alapintamattoraudoite	1859,45	0,00625	11,62
irtoteräs 10 mm	118,37	0,008	0,95
irtoteräs 12 mm	194,97	0,0055	1,07

Yhteensä (T3) 14,01 tth

Yläpintaterästys

Nimike	Määrä [kg]	Yks. men. [tth/kg]	Yht. [tth]
Siirto nosturilla	1813,72	0,0001	0,18
Lyhyet käsinsiirrot	792,26	0,0005	0,40
Yläpintamattoraudoite	1021,46	0,01275	13,02
reunahakakori	339,96	0,006	2,04
irtoteräs 8 mm	112,58	0,012	1,35
irtoteräs 10 mm	242,49	0,008	1,94
työteräkset	97,23	0,01775	1,73

Yhteensä (T3) 20,66 tth

T4-aika eri suoritemäärä- ja TL3-kombinaatioilla

	Alapinta [tth]	Yläpinta [tth]	Yht.[tth]	Työn kesto* [tv]
T3	14,01	20,66	34,67	1,44
TL3=1,10 SUO=1,0	15,42	22,72	38,14	1,59
TL3=1,10 SUO=1,10	16,96	25,00	41,95	1,75
TL3=1,30 SUO=1,0	18,22	26,85	45,07	1,88
TL3=1,30 SUO=1,1	20,04	29,54	49,58	2,07
Minimiarvo (T4)	15,42	22,72	38,14	1,59
Maksimiarvo (T4)	20,04	29,54	49,58	2,07
Keskiarvo (T4)	17,66	26,03	43,69	1,82
Mediaani (T4)	17,59	25,93	43,51	1,81

*Raudoitustyöryhmä 3 RAM/RM

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 1/irtoteräsvaihtoehto
Laatan pinta-ala 442 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräokset, alapinta	2436,31	0,6	1461,79
irtoteräokset yläpinta	1665,03	0,6	999,02
irtoteräokset yhteensä	4101,34	0,6	2460,80
työteräokset	205,07	0,6	123,04
materiaalihukka	119,70	0,6	71,82
Yhteensä	4426,11		2655,67

Työkustannukset (urakkahinnoinnilla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräokset			
10 mm	2206,49	0,16	353,04
12 mm	229,81	0,11	25,28
Yp. teräokset			
8 mm	26,66	0,24	6,40
10 mm	1032,67	0,16	165,23
12 mm	582,95	0,11	64,12
16 mm	22,75	0,90	20,48
Työteräokset	205,07	0,25	50,44
Teräokset yhteensä	4306,4		
Katkaisulistat		0,02	86,13
Yhteensä:			771,11
Sivukuluineen:			963,89

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	542,47	678,08
T4 minimi, PR=I	378,75	473,44
T4 maksimi, PR=VI	804,95	1006,18
T4 minimi, PR=VI	619,18	773,97
T4 maksimi, PR=I	492,38	615,48
Minimiarvo	378,75	473,44
Maksimiarvo	804,95	1006,18
Keskiarvo	567,54	709,43
Mediaaniarvo	542,47	678,08

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 1/kaistarautovaihtoehto
Laatan pinta-ala 442 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräksset, alapinta	420,91	0,6	252,55
irtoteräksset yläpinta	1145,82	0,6	687,49
irtoteräksset yhteensä	1566,73	0,6	940,04
kaistaraut, alapinta	3037,88	0,745	2263,22
kaistaraut, yläpinta	1105,07	0,745	823,28
työteräksset	117,84	0,6	70,70
materiaalihukka	88,44	0,6	53,06
Yhteensä	5915,96		4150,30

Työkustannukset (urakkahinnoittelulla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräksset			
kaistarautoitteet #10	529,06	0,06	31,74
kaistarautoitteet #12	2508,82	0,04	100,35
10 mm irto	142,08	0,16	22,73
12 mm irto	278,83	0,11	30,67
Yp. teräksset			
kaistarautoitteet #10	635	0,06	38,10
kaistarautoitteet #12	470,07	0,04	18,80
8 mm irto	26,66	0,24	6,40
10 mm irto	334,14	0,16	53,46
12 mm irto	762,27	0,11	83,85
16 mm irto	22,75	0,90	20,48
Työteräksset	117,84	0,25	28,99
Irtoteräksset yhteensä	1684,57		
Katkaisulistat		0,02	33,69
Yhteensä:			469,27

Sivukuluineen:

586,58

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	509,03	636,28
T4 minimi, PR=I	355,45	444,32
T4 maksimi, PR=VI	755,29	944,11
T4 minimi, PR=VI	581,09	726,36
T4 maksimi, PR=I	462,01	577,51
Minimiarvo	355,45	444,32
Maksimiarvo	755,29	944,11
Keskiarvo	532,57	665,72
Mediaaniarvo	509,03	636,28

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 1/mattoraidoitusvaihtoehto
Laatan pinta-ala 442 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräksset, alapinta	234,26	0,6	140,56
irtoteräksset yläpinta	122,58	0,6	73,55
irtoteräksset yhteensä	356,84	0,6	214,10
mattoraid, alapinta	2091,66	0,95	1987,08
mattoraid, yläpinta	1529,83	0,95	1453,34
työteräksset	99,47	2,53	251,66
materiaalihukka	46,92	0,6	28,15
Yhteensä	4124,72		3934,33

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	521,86	652,32
T4 minimi, PR=I	364,40	455,50
T4 maksimi, PR=VI	774,41	968,02
T4 minimi, PR=VI	595,71	744,64
T4 maksimi, PR=I	473,71	592,13
Minimiarvo	364,40	455,50
Maksimiarvo	774,41	968,02
Keskiarvo	546,02	682,52
Mediaaniarvo	521,86	652,32

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/irtoteräsvaihtoehto
Laatan pinta-ala 453 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräokset, alapinta	2646,81	0,6	1588,09
irtoteräokset yläpinta	1699,49	0,6	1019,69
irtoteräokset yhteensä	4346,30	0,6	2607,78
työteräokset	217,31	0,6	130,39
materiaalihukka	126,47	0,6	75,88
Yhteensä	4690,08		2814,05

Työkustannukset (urakkahinnoinnilla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräokset			
10 mm	2502,6	0,16	400,42
12 mm	144,21	0,11	15,86
Yp. teräokset			
8 mm	11,85	0,24	2,84
10 mm	1314,24	0,16	210,28
12 mm	367,04	0,11	40,37
16 mm	6,32	0,90	5,69
Työteräokset	217,31	0,25	53,45
Teräokset yhteensä	4563,57		
Katkaisulistat		0,02	91,27
Yhteensä:			820,19
Sivukuluineen:			1025,24

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	588,37	735,46
T4 minimi, PR=I	410,80	513,49
T4 maksimi, PR=VI	873,08	1091,35
T4 minimi, PR=VI	671,57	839,46
T4 maksimi, PR=I	534,06	667,58
Minimiarvo	410,80	513,49
Maksimiarvo	873,08	1091,35
Keskiarvo	615,58	769,47
Mediaaniarvo	588,37	735,46

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/irtoteräsvaihtoehto RAKMK
Laatan pinta-ala 453 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräokset, alapinta	2296,89	0,6	1378,13
irtoteräokset yläpinta	1528,81	0,6	917,29
irtoteräokset yhteensä	3825,70	0,6	2295,42
työteräokset	191,28	0,6	114,77
materiaalihukka	111,51	0,6	66,91
Yhteensä	4128,49		2477,09

Työkustannukset (urakkahinnoittelulla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräokset			
10 mm	2152,68	0,16	344,43
12 mm	144,21	0,11	15,86
Yp. teräokset			
8 mm	11,85	0,24	2,84
10 mm	1033,32	0,16	165,33
12 mm	477,32	0,11	52,51
16 mm	6,32	0,90	5,69
Työteräokset	191,28	0,25	47,05
Teräokset yhteensä	4016,98		
Katkaisulistat		0,02	80,34
Yhteensä:			714,05
Sivukuluineen:			892,56

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	511,37	639,21
T4 minimi, PR=I	356,04	445,05
T4 maksimi, PR=VI	758,83	948,53
T4 minimi, PR=VI	582,06	727,57
T4 maksimi, PR=I	464,17	580,22
Minimiarvo	356,04	445,05
Maksimiarvo	758,83	948,53
Keskiarvo	534,49	668,12
Mediaaniarvo	511,37	639,21

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/kaistarautovaihtoehto
Laatan pinta-ala 453 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräksset, alapinta	293,07	0,6	175,84
irtoteräksset yläpinta	1057,75	0,6	634,65
irtoteräksset yhteensä	1350,82	0,6	810,49
kaistaraut, alapinta	2965,31	0,745	2209,16
kaistaraut, yläpinta	1270,93	0,745	946,84
työteräksset	109,03	0,6	65,42
materiaalihukka	81,71	0,6	49,03
Yhteensä	5777,80		4080,93

Työkustannukset (urakkahinnoittelulla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräksset			
kaistarautoitteet #10	2965,31	0,06	177,92
10 mm irto	148,86	0,16	23,82
12 mm irto	144,21	0,11	15,86
Yp. teräksset			
kaistarautoitteet #10	1270,93	0,06	76,26
8 mm irto	11,85	0,24	2,84
10 mm irto	441,16	0,16	70,59
12 mm irto	559,06	0,11	61,50
16 mm irto	6,32	0,90	5,69
Työteräksset	109,03	0,25	26,82
Irtoteräksset yhteensä	1420,49		
Katkaisulistat		0,02	28,41
Yhteensä:			489,70

Sivukuluineen:

612,12

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	549,38	686,72
T4 minimi, PR=I	383,57	479,46
T4 maksimi, PR=VI	815,23	1019,04
T4 minimi, PR=VI	627,05	783,81
T4 maksimi, PR=I	498,68	623,34
Minimiarvo	383,57	479,46
Maksimiarvo	815,23	1019,04
Keskiarvo	574,78	718,48
Mediaaniarvo	549,38	686,72

Väliopijalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 2/mattoraidoitusvaihtoehto
Laatan pinta-ala 453 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräokset, alapinta	154,87	0,6	92,92
irtoteräokset yläpinta	139,29	0,6	83,57
irtoteräokset yhteensä	294,16	0,6	176,50
mattoraid, alapinta	2447,89	0,95	2325,50
mattoraid, yläpinta	1508,33	0,95	1432,91
työteräokset	106,26	2,53	268,84
materiaalihukka	48,38	0,6	29,03
Yhteensä	4405,02		4232,77

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	531,36	664,20
T4 minimi, PR=I	370,98	463,73
T4 maksimi, PR=VI	788,39	985,49
T4 minimi, PR=VI	606,48	758,10
T4 maksimi, PR=I	482,26	602,82
Minimiarvo	370,98	463,73
Maksimiarvo	788,39	985,49
Keskiarvo	555,90	694,87
Mediaaniarvo	531,36	664,20

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/irtoteräsvaihtoehto
Laatan pinta-ala 285,5 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräokset, alapinta	2177,97	0,6	1306,78
irtoteräokset yläpinta	1638,05	0,6	982,83
irtoteräokset yhteensä	3816,02	0,6	2289,61
työteräokset	190,80	0,6	114,48
materiaalihukka	114,48	0,6	68,69
Yhteensä	4121,30		2472,78

Työkustannukset (urakkahinnoittelulla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräokset			
10 mm	1671,25	0,16	267,40
12 mm	506,72	0,11	55,74
Yp. teräokset			
8 mm	166,6	0,24	39,98
10 mm	1403,25	0,16	224,52
12 mm	68,2	0,11	7,50
Työteräokset	190,80	0,25	46,93
Teräokset yhteensä	4006,82		
Katkaisulistat		0,02	80,14
Yhteensä:			722,21
Sivukuluineen:			902,77

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	522,11	652,63
T4 minimi, PR=I	364,59	455,74
T4 maksimi, PR=VI	774,73	968,42
T4 minimi, PR=VI	596,04	745,05
T4 maksimi, PR=I	473,90	592,38
Minimiarvo	364,59	455,74
Maksimiarvo	774,73	968,42
Keskiarvo	546,28	682,84
Mediaaniarvo	522,11	652,63

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/irtoteräsvaihtoehto RAKMK
Laatan pinta-ala 285,5 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräokset, alapinta	2079,25	0,6	1247,55
irtoteräokset yläpinta	1599,55	0,6	959,73
irtoteräokset yhteensä	3678,80	0,6	2207,28
työteräokset	183,94	0,6	110,36
materiaalihukka	110,37	0,6	66,22
Yhteensä	3973,11		2383,87

Työkustannukset (urakkahinnoittelulla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräokset			
10 mm	1572,53	0,16	251,60
12 mm	506,72	0,11	55,74
Yp. teräokset			
8 mm	166,6	0,24	39,98
10 mm	1364,75	0,16	218,36
12 mm	68,2	0,11	7,50
Työteräokset	183,94	0,25	45,25
Teräokset yhteensä	3862,74		
Katkaisulistat		0,02	77,25
Yhteensä:			695,69
Sivukuluineen:			869,61

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	502,48	628,11
T4 minimi, PR=I	350,83	438,54
T4 maksimi, PR=VI	745,65	932,06
T4 minimi, PR=VI	573,54	716,92
T4 maksimi, PR=I	456,11	570,14
Minimiarvo	350,83	438,54
Maksimiarvo	745,65	932,06
Keskiarvo	525,72	657,15
Mediaaniarvo	502,48	628,11

Välipohjalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/kaistarautovaihtoehto
Laatan pinta-ala 285,5 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräksset, alapinta	1016,22	0,6	609,73
irtoteräksset yläpinta	1422,82	0,6	853,69
irtoteräksset yhteensä	2439,04	0,6	1463,42
kaistaraut, alapinta	1455,49	0,745	1084,34
kaistaraut, yläpinta	1411,52	0,745	1051,58
työteräksset	93,96	0,6	56,38
materiaalihukka	83,48	0,6	50,09
Yhteensä	5483,49		3705,81

Työkustannukset (urakkahinnoinnalla)

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
Ap. teräksset			
kaistarautoitteet #10	1455,49	0,06	87,33
10 mm irto	509,5	0,16	81,52
12 mm irto	506,72	0,11	55,74
Yp. teräksset			
kaistarautoitteet #10	1411,52	0,06	84,69
8 mm irto	112,58	0,24	27,02
10 mm irto	630,04	0,16	100,81
12 mm irto	680,2	0,11	74,82
Työteräksset	93,96	0,25	23,11
Irtoteräksset yhteensä	2533		
Katkaisulistat		0,02	50,66
Yhteensä:			585,70
Sivukuluineen:			732,12

Työkustannukset (tuntihinnoinnalla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	633,66	792,07
T4 minimi, PR=I	442,45	553,06
T4 maksimi, PR=VI	940,42	1175,52
T4 minimi, PR=VI	723,31	904,14
T4 maksimi, PR=I	575,25	719,06
Minimiarvo	442,45	553,06
Maksimiarvo	940,42	1175,52
Keskiarvo	663,02	828,77
Mediaaniarvo	633,66	792,07

Väliopijalaatan kustannuslaskelma

Kohde: Esimerkkikohde 3/mattoraidoitusvaihtoehto
Laatan pinta-ala 285,5 m²

Materiaalikustannukset

Nimike	Määrä [kg]	Yks. hinta [€/kg]	Yht. [€]
irtoteräksset, alapinta	313,34	0,6	188,00
irtoteräksset yläpinta	355,07	0,6	213,04
irtoteräksset yhteensä	668,41	0,6	401,05
mattoraid, alapinta	1859,45	0,95	1766,48
mattoraid, yläpinta	1361,42	0,95	1293,35
työteräksset	97,23	2,53	245,99
materiaalihukka	52,26	0,6	31,36
Yhteensä	4038,77		3738,22

Työkustannukset (tuntihinnoittelulla) eri T4- ja palkkaryhmäkombinaatioilla

	Kustannus [€]	Sivukuluineen [€]
T4 mediaani, PR=III	536,91	671,14
T4 minimi, PR=I	374,92	468,65
T4 maksimi, PR=VI	796,75	995,94
T4 minimi, PR=VI	612,91	766,14
T4 maksimi, PR=I	487,37	609,21
Minimiarvo	374,92	468,65
Maksimiarvo	796,75	995,94
Keskiarvo	561,77	702,22
Mediaaniarvo	536,91	671,14