



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Tartu kolledž

TERASKIUDUDE JA ARMATUURVARRASTEGA ARMEERITUD BETOONIST VAHELAGEDE LAHENDUSTE VÕRDLUS

SOLUTION COMPARISON OF STEEL FIBER CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE SLAB CEILINGS

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Ott Asi

Üliõpilaskood:: 165273EAEI

Juhendajad: Lehar Leetsaar, Mati Laurson

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Ott Asi

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose –
Kiudbetoon ja armatuurvarrastega monoliitbetoon vahelagede lahenduste võrdlus

mille juhendaja on Lehar Leetsaar

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

TalTech Tartu kolledž
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Ott Asi 165273EAEI

Õppekava, peeriala: EAEI02/12Tartu – Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine

Juhendaja(d): Lektor, Lehar Leetsaar, +372 53 409 015

Konsultant: Ekspert, Mati Laurson, +372 50 34 916

Lõputöö teema:

Teraskiudude ja armatuurvarrastega armeeritus betoonist vahelagede lahenduste võrdlus

Solution comparison of steel fiber concrete and reinforced concrete slab ceilings

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Armatuurvarrastega raudbetoon vahelae dimensioneerimine ja selle tulemus.
2. Kiudbetoon vahelae dimensioneerimine ja selle tulemus.
3. Kahe lahenduse praktilisuse võrdlemine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Armatuurvarrastega raudbetoon vahelae arvutused ja tulemused	06.04
2.	Kiudbetoon vahelae arvutused ja tulemused	20.04
3.	Kahe erineva lahenduse võrdlus / analüüs, jooniste vormistamine	13.05

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: 20. mai 2022. a

/allkirjastatud digitaalselt/

SISUKORD

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	7
SISSEJUHATUS	9
ABSTRACT	10
1 ÜLDOSA	11
1.1 Lähteandmed	11
1.2 Asendiplaan	11
1.3 Hoone tutvustus	12
2 ARMEERITUD VAHELAE ARVUTUS	14
2.1 Metoodika	14
2.2 Konstruktsiooni kirjeldus	14
2.3 Koormused	15
2.3.1 Joonkoormused.....	15
2.3.2 Pindkoormused	17
2.4 Plaadi sisejõud	20
2.4.1 Sisejõudude kontroll.....	22
2.5 Plaadi põhiarmatuuri dimensioneerimine.....	24
2.5.1 Välitingimustes oleva plaadi armatuuri dimensioneerimine	27
2.6 Plaadi lisaarmatuuri dimensioneerimine	29
2.7 Plaadi pragunemise kontroll	31
2.8 Plaadi läbipainde kontroll	33
2.9 Talade armatuuri dimensioneerimine.....	35
3 KIUDBETOONIGA VAHELAE ARVUTUS.....	38
3.1 Kiudbetooni olemus.....	38
3.2 Metoodika	39
3.3 Plaadi tugevusklassi määramine	40
3.4 Plaadi dimensioneerimine	41
3.4.1 Lähteandmed.....	41
3.4.2 Paindekandevõime	43
3.4.3 Lisaarmatuur paindel	45
3.4.4 Põikjõukindlus ja APC sarrus.....	46
3.4.5 Plaadi pragunemine.....	47
3.4.6 Läbipainde kontroll	48
3.5 Lisatud armatuur plaadile	48
3.6 Talade dimensioneerimine	49

4 VAHELAGEDE VÕRDLUS.....	50
4.1 Tehniline lahendus	50
4.1.1 Kiudbetooni eelised	50
4.1.2 Kiudbetooni puudused	50
4.2 Mahud.....	50
4.2.1 Betooni maht.....	50
4.2.2 Teras sisaldus armeeritud vahelaes.....	51
4.2.3 Teras sisaldus kiudbetooniga vahelaes	53
4.2.4 Mahtude võrdlus	55
4.3 Maksumus	55
4.3.1 Armeeritud vahelagi	56
4.3.2 Kiudbetoonist vahelagi.....	57
4.3.3 Maksumuse võrdlus.....	58
KOKKUVÕTE	60
SUMMARY	61
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	62
LISAD	63
L1.2. Disainistuudio III aines koostatud plakatid	64
L2.4. Plaadi sisejõud risti töötavat suunda	66
L2.5. Armatuuri vajadus risti töötavat suunda.....	68
GRAAFILINE OSA.....	71

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

RSAP – tarkvara „Autodesk Robot Structural Analysis Professional“

APC (armatuur) – progresseeruvat varingut takistav sarrus kiudbetoonil

g_k – normatiivne omakaalukoormus

q_k – normatiivne kasuskoormus

g_d – arvutuslik omakaalukoormus

q_d – arvutuslik kasuskoormus

j_m – jooksevmeeter

$q_{vs.k2}$ – kipsist vaheseinte normatiivne koormus teisele korrusele

$q_{vs.k3}$ – kipsist vaheseinte normatiivne koormus kolmandale korrusele

$q_{vs.k3.osa}$ – kipsist vaheseinte normatiivne koormus kolmanda korruse väljaulatuvale osale

γ_G – alalise koormuse varutegur

γ_Q – kasuskoormuse varutegur

$q_{vs.k}$ – korterite vaheliste vaheseinade normatiivne koormus lihtsustatud skeemile

c_{min} – minimaalne lubatud armatuuri kaitsekiht

Δc_{dev} – kaitsekihi lubatud hälve

c_{nom} – nominaalne nimikaitsekihi paksus, mis läheb kasutusse

w_{max} – maksimaalne lubatud pragude laius

$f_{k,max}$ – maksimaalne lubatud läbipaine kasutuspiir seisundis

f_k – realiseeruv läbipaine kasutuspiir seisundis

l_{eff} – elemendi arvutussille

$A_{s,min}$ – minimaalne armatuuri ristlõikepindala vajadus

φ_1 – armatuurvarda diameeter

a_1 – üksiku armatuurvarda ristlõikepindala

s_{max} – maksimaalne lubatud armatuurvarda samm

s – armatuurvarda samm

A_s – armatuuri ristlõikepindala kokku

$A_{s,lisa}$ – lisaarmatuuri ristlõikepindala kokku

$A_{s,sum}$ – lisaarmatuuri ja põhiarmatuuri ristlõikepindala summa

ULS – kandepiir seisund (*ultimate limit state*)

SLS – kasutuspiir seisund (*serviceability limit state*)

b_{eff} – tala vöö (plaadi) arvutuslaius

b – silde laius

b_w – tala laius

l_0 – tala paindemomentide ligikaudne nullpunktide vahekaugus

h – plaadi paksus

γ_c – betooni osavarutegur
 α_{cc} – betooni osavarutegur
 α_{ct} – betooni osavarutegur
 f_{ck} – betooni normatiivne survetugevus
 f_{cd} – betooni arvutuslik survetugevus
 f_{ctd} – betooni arvutuslik tõmbetugevus
 f_{ctk} – betooni normtõmbetugevus (95% tõenäosusega tagatud)
 E_{cm} – betooni keskmine elastsusmoodul
 $f_{R,1}$ – kiudbetooni R1 tõmbetugevus
 $f_{R,3}$ – kiudbetooni R3 tõmbetugevus
 γ_f – kiudbetooni osavarutegur
 $\gamma_{f,SLS}$ – kiudbetooni osavarutegur kasutuspiirseisundis
 $f_{ft,R1}$ – R1 jääktõmbetugevus
 $f_{ft,R3}$ – R3 jääktõmbetugevus
 η_f – koefitsient sõltuvalt betooni valamise suunast
 η_{det} – koefitsient sõltuvalt staatilisest määramatusest
 $f_{ftd,R1}$ – R1 arvutuslik jääktõmbetugevus
 $f_{ftd,R3}$ – R3 arvutuslik jääktõmbetugevus
 $f_{ftd,R3,SLS}$ – R1 arvutuslik jääktõmbetugevus kasutuspiirseisundis
 d_s – armatuurvarda kasuskõrgus
 γ_s – armatuuri varutegur (terase varutegur)
 f_{yk} – armatuurvarda normatiivne voolupiir
 f_{yd} – armatuurvarda arvutuslik voolupiir
 ε_{c3} – plaadi kompressioon
 ε_{ct} – plaadi suhteline deformatsioon
 w_u – pragude avanemise suurus
 ε_{ftu} – deformatsioon sõltuvalt pragude suurusest
 x – neutraaltelje kaugus rōistlōikest
 F_{cc} – surve resultantjōud
 F_f – kiudude mõjust tulenev tõmbe resultantjōud
 F_{st} – armatuuri mõjust tulenev tõmbe resultantjōud
 $\varepsilon_{c,\bar{u}}$ – ristlōike alumise serva suhteline deformatsioon
 $\varepsilon_{c,\bar{a}}$ – ristlōike ülemise serva suhteline deformatsioon
 M_{Rd} – kandevōime paindel
 M_{Ed} – mõjuv arvutuslik moment
 V_{Ed} – mõjuv arvutuslik pōikjōud

SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö lähteülesandeks on uusehitis, mis asub Tartus Raadi linnaosas. Hoone mudel on koostatud töö autori poolt Disainistuudio III aines. Tegemist on neljakorruselise multifunktsionaalse majaga, millest kahel esimesel korrusel on äripinnad ja kahel viimasel asuvad korterid.

Käesolevas töös on käsitletud ebakorrapäraste ja keerulisemate vahelagede konstruktsioone, mis on lahendatud monoliitse raudbetoonplaadina. Projekteeritud on ainult teise ja kolmanda korruse vahelaed ning ülejäänud hoone konstruktsioone pole käsitletud.

Eesmärgiks on dimensioneerida vahelaekonstruktsioon kahe erineva lahenduse põhjal ja võrrelda nende optimaalsust. Üks lahendus on armeeritud vahelaeplaat, teine on kiudbetoonist vahelaeplaat. Eeldus on kiudbetooniga saada optimaalsem tulemus. Talad, mis toetavad vahelaeplaati, pole toodud võrdlusesse, kuna käesolevas töös on projekteeritud talad mõlemal lahendusel ühesugusteks. Võimalik on talade armatuuri optimeerimine kiudbetooniga, kuid antud töö mahtu see ei mahu.

Töö põhiosa jaguneb nelja osasse: üldosa, armeeritud vahelaed arvutus, kiudbetooniga armeeritud vahelaed arvutus ja vahelagede võrdlus. Esimene osa tööst kirjeldab töö aluseks võetud hoonet. Töö teises osas kirjeldatakse projekteeritavaid konstruktsioone ja neile mõjuvaid koormusi ning teostatakse vajalikud arvutused kande- ja kasutuspiirteisundis. Kolmandas osas on esitatud ülevaade kiudbetoonist ning on teostatud kiudbetoonist vahelagede arvutused. Neljandas osas võrreldakse projekteeritud vahelagesid ning analüüsitakse nende optimaalsust.

Magistritöö koostamisel on kasutatud järgnevaid arvutiprogramme: Microsoft Word 365, Microsoft Excel 365, Autodesk Autocad 2021, Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021, Autodesk Revit 2021, Adobe Illustrator CC 2015, PTC Mathcad Prime.

ABSTRACT

The object of this master's thesis is a new building located in Raadi district of Tartu. The model of the building is created during the course named Design studio III. It is a four-storey multifunctional building, of which the first two floors are for commercial purposes and the upper two floors are for apartments.

This thesis includes the construction of irregular and more complex slab ceilings, which are solved as a monolithic reinforced concrete slab. Only the second and third floor ceilings have been designed, rest of the building structures are not considered in this work.

The aim is to dimension the slab ceiling structure on the basis of two different solutions and to compare their optimality. One of the solutions is reinforced concrete ceiling slab, and the other is a fiber concrete ceiling slab. The assumption is to get a more optimal result with fiber concrete. The amount of reinforcement used in beams that support the ceiling are not considered in the analysis, because both solutions use the same beam design. It is possible to optimize the reinforcement of beams with fiber concrete, but this has not been discussed in this work.

The main part of the work is divided into four parts: Overview of the base information, the calculation of the reinforced concrete slab ceilings, the calculation of the fiber concrete slab ceilings and the comparison of the two solutions. The first part of the work describes the building on which the work is based. The second part describes the designed structures and the loads affecting it. It also includes necessary calculations in ultimate limit state and serviceability limit state. The third part has an overview of fiber concrete and has necessary slab ceiling calculations described. The fourth part compares the designed two solutions and analyzes their optimality.

The following software has been used for this master's thesis: Microsoft Word 365, Microsoft Excel 365, Autodesk Autocad 2021, Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021, Autodesk Revit 2021, Adobe Illustrator CC 2015, PTC Mathcad Prime.

1 ÜLDOSA

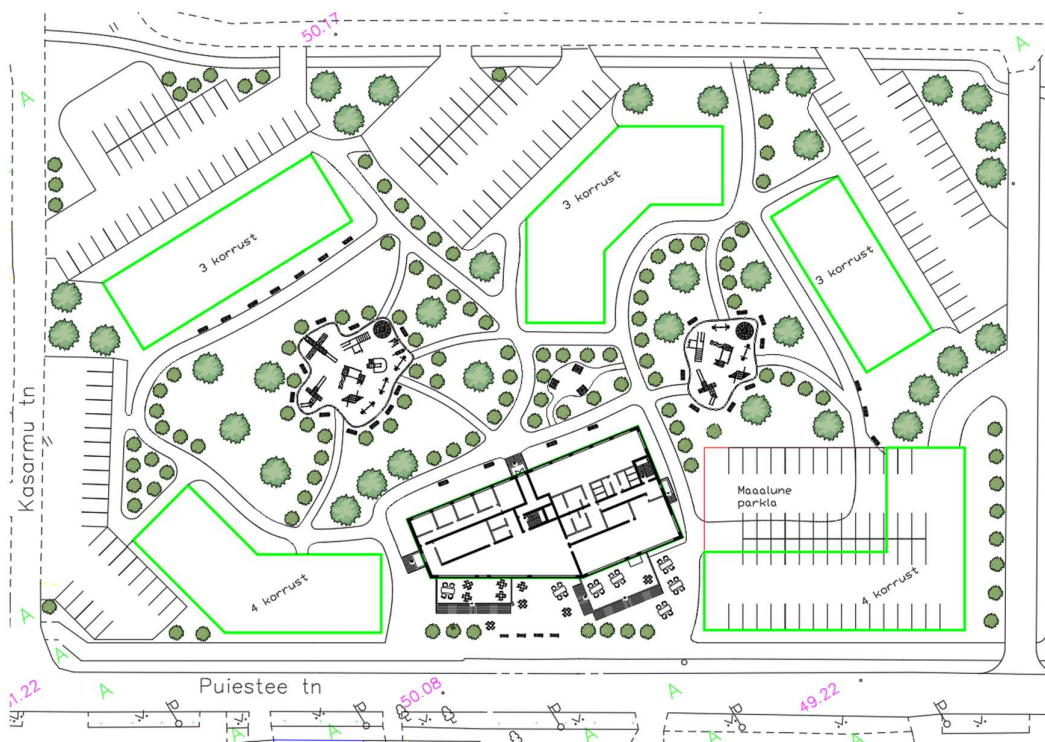
1.1 Lähteandmed

Lähteandmeteks on kasutatud aines Disainistuudio III (hoonete kompleksid) koostatud eskiisjoonised.

1.2 Asendiplaan

Kvartal asub Tartus Raadi linnaosas, Puiestee ja Kasarmu tänava vahel. Kvartali suurus on 2,2 ha ja sinna on paigutatud 6 kortermaja, millest ühel on kaks korrust äripindu. Puiestee tänava poole on äripindadele mõeldud plats koos terrassidega, kus suvel asub välimööbel. Sisehoov kujuneb majade asetuse poolest kvartalil kaks, mille keskel asuvad laste mänguväljad. Kõik teed majade vahel on mõeldud jalakäijatele ja teede ääres asuvad ka pargipingid. Keset kvartalit on planeeritud grillinurk koos grillide ja laudadega, kus kvartali elanikud saavad aega veeta. Parkimise asukohad on kvartalil paigutatud võimalikult peitu. Need asuvad väljaspool maju. Kahe hoone parkla on paigutatud maa alla. Hoonete fassaadide välimised kihid on hall tellis või betoon.

Joonis 1.1. Asendiplaan kvartalist.



1.3 Hoone tutvustus

Töö aluseks võetud hoonel on neli korrust: kaks esimest korrust on äripinnad ja kaks ülemist korrust on elupinnad ehk korterid. Hoone asub kvartalis Puiestee tänava ääres (keskmine hoone Joonis 1.1). Ehitusaluseks pindalaks on 1120 m².

Fassaadilahendusteks on ülemistel korrustel hall telliskivi, alumistel korrustel betoon. Kandvateks konstruktsioonideks on raudbetoon (Joonis 1.2 ja Joonis 1.3).

Hoonel on maa-alune parkla, mis asub kõrvalhoone all ning parklasse pääseb läbi tunneli, mis asetseb keldrikorrusel.

Joonis 1.2. Renderdatud pilt hoone lõunapoolsest fassaadist.



Joonis 1.3. Renderdatud pilt hoone põhjapoolsest fassaadist.



Korruste plaanid on graafilises osas. Korterite pinnad leiab tabelist (Tabel 1.1).

Tabel 1.1. Korruste ruumikava.

Esimene korrus	Pindala (m²)	Teine korrus	Pindala (m²)
Restoran 1	219	Kontor 1	157
Restoran 2	165	Kontor 2	94
Jõusaal	194	Kontor 3	86
Kontor	106	Kontor 4	121
WC 1	15	Kontor 5	112
WC 2	43	WC	50
		Tehnoruum	21

Kolmas korrus	Pindala (m²)	Neljas korrus	Pindala (m²)
Korter K-301	64,5	Korter K-401	108,4
Korter K-302	57,6	Terrass K-401	30,6
Korter K-303	106,3	Korter K-402	115,8
Korter K-304	79,6	Terrass K-402	48,7
Korter K-305	59,6	Korter K-403	59,6
Korter K-306	53,6	Korter K-404	53,6
Korter K-307	53,6	Korter K-405	53,6
Korter K-308	55,6	Korter K-406	55,6
Korter K-309	55,6	Korter K-407	55,6
Korter K-310	105,3	Korter K-408	105,3
Korter K-311	104,7	Korter K-409	104,7
Korter K-312	61,1	Korter K-410	61,1
Korter K-313	51,1	Korter K-411	51,1

2 ARMEERITUD VAHELAE ARVUTUS

2.1 Metoodika

Armeeritud vahelae arvutamiseks on kasutatud programmi „Autodesk Robot Structural Analysis Professional“, edaspidi „RSAP“. Programm võimaldab arvutada erinevate konstruktsioonitüüpide sisejõudude, toereaktsioone, pingeid, läbipaindeid jne. nende väljundite abil võimaldab ka dimensioneerida erinevaid terasprofile ja armatuuri raudbetoonis.

Tarkvarasse on mudeldatud skeem vastavalt lähteülesandele – plaat koos avadega, seinad, postid, kandvad ja koormused. Kõik koormused on sisestatud normatiivsetena ja koormuskombinatsioonides on kasutatud varutegureid. Sisestatud on ka standarditele vastavad konstruktsiooninõuded. Armatuuri dimensioneerimine toimub RSAP abil.

RSAP'i väljundid on erinevad kaardid, mille abil saab kontrollida armatuuri dimensioneerimise õigsust. Näiteks on siia töösse lisatud kuvatõmmised RSAP'i kaartidest, mis näitavad sisejõude, armatuuri vajadust, läbipainet ja pragude suurust. Nende põhjal leitakse vajalik armeering

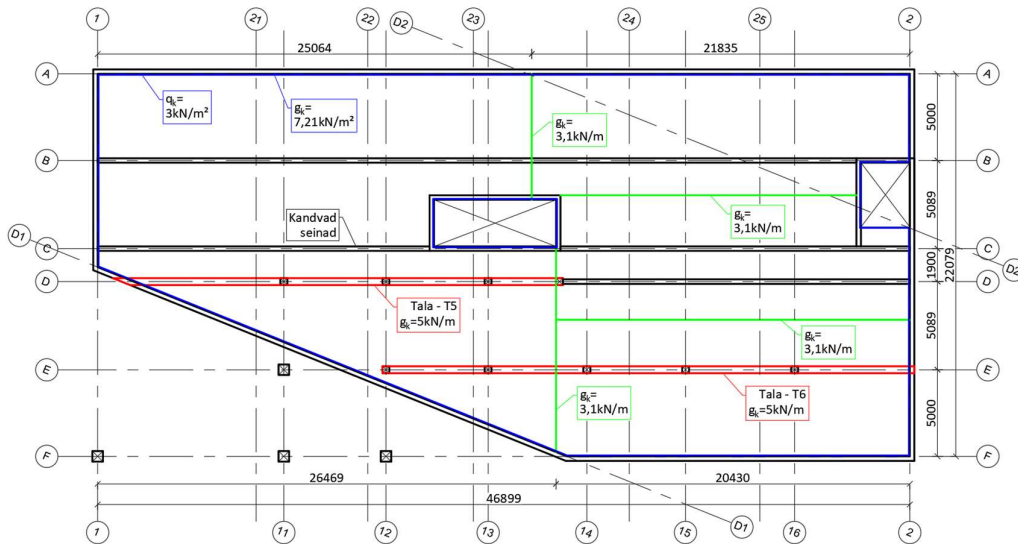
2.2 Konstruktsiooni kirjeldus

Konstruktsioon töötab plaat-tala süsteemi põhjal. Telgedel 1, 2, A, B, C, D, E, F ja D1 asuvad kandvad talad või kandvad seinad (vastavalt lähteülesandele), millele toetub monoliitne 200 mm paks armeeritud vahelaeplaat, mis toetub taladele või armeeritud 240 mm betoonõõnesplokk seinale. Talad on arvutatud ribiplaatristlõike skeemi põhjal ja toetuvad 400x400 mm postidele või 240 mm kandvale seinale. Teljest D1 allavasakule jäävad seinad on arvestatud jäikade tugevana (Joonis 2.2), kuna seal kohal asuvad kandvad seinad, mis töötavad kaks korrust kõrgete taladena.

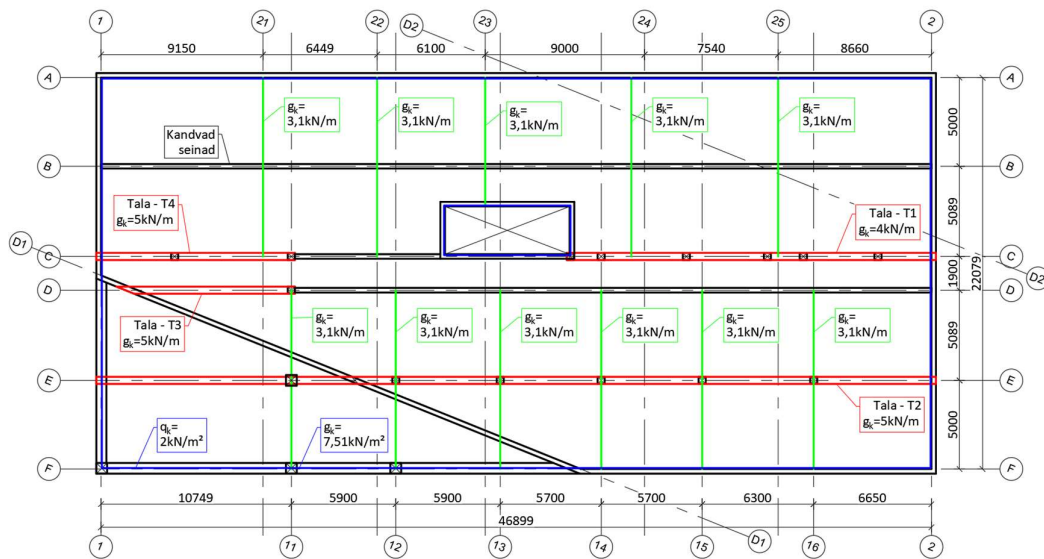
Töös on käsitletud ainult teise ja kolmanda korruse vahelagesid, et see ei läheks liiga mahukaks.

Vahelae skeem mudeldatud RSAP'i (Joonis 2.1 ja Joonis 2.2).

Joonis 2.1. Teise korruse konstruktiivne skeem.



Joonis 2.2. Kolmanda korruse konstruktiivne skeem.



2.3 Koormused

2.3.1 Joonkoormused

Vaheseinte kihid ja seina kõrgused on vastavalt lähteülesandele ja koormuse tüüp on alaliskoormus. Joonkoormusi skeemile põhjustavad talad ja seinad. Korterite vahelised vaheseinad (Tabel 2.1) on kantud õigete asukohtadena RSAP mudelisse. Vahelagesid kandvad seinad (armeeritud betoonõhnesplökk 240 mm + viimistlus), mis asuvad talade kohal, töötavad ise kõrge talana ja suudavad omakaalu koormuse ise ära kanda – nende seinte koormust pole arvutusskeemis arvestatud ja tagavara kasuks pole neid

kandma pandud. Korterite sisesed vaheseinad (Tabel 2.2) on lihtsustamise mõttes arvestatud vahelaele pindkoormusena.

Koormused on arvatud järgmiselt (Tabel 2.1 ja Tabel 2.2 (tulbad)):

- Normatiivne pindkoormus (vertikaali pidi 1 m² sein) – kihi paksus (m) * bruto mahukaal (kN/m³) = normatiivne koormus (kN/m²)
- Normatiivne joonkoormus (horisontaalne joonkoormus vahelaele 1m sein kohta) – normatiivne pindkoormus (kN/m²) * sein kõrgus (m) = normatiivne joonkoormus (kN/m)

Tala koormus on arvestatud ilma plaadita (Tabel 2.3), sest 200 mm plaadi koormus arvestatakse vahelae kihtides. Arvatud on järgmiselt (Joonis 2.3):

$$Tala\ joonkoormus = 0,4 * (0,7 - 0,2) * 25 = 5\ kN/m^2$$

Tabel 2.1. Korterite vahelised vaheseinad.

Korterite vaheline sein	Kihi paksus (mm)	Bruto Mahukaal (kN/m ³)	Normatiivne koormus (kN/m ²)	Seina kõrgus (m)	Normatiivne joonkoormus (kN/m)
Kipsplaat + viimistlus	25	9[1]	0,23	2,8	0,63
Kivivill + karkass	10	1[2]	0,01	2,8	0,03
Boorbetoon	150	4,25[3]	0,64	2,8	1,79
Kivivill + karkass	10	1[2]	0,01	2,8	0,03
Kipsplaat + viimistlus	25	9[1]	0,23	2,8	0,63
	220				3,10

Tabel 2.2. Korterite sisesed vaheseinad (kontorite vahelised seinad).

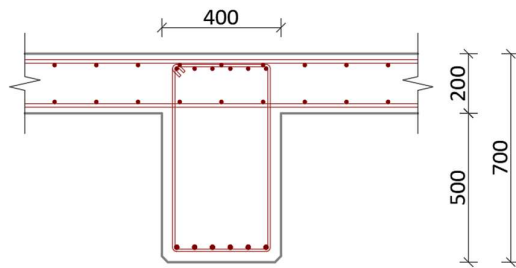
Korterite sisene vahesein	Kihi paksus (mm)	Bruto Mahukaal (kN/m ³)	Normatiivne koormus (kN/m ²)	Seina kõrgus (m)	Normatiivne joonkoormus (kN/m)
Kipsplaat + viimistlus	15	9[1]	0,135	2,8	0,38
Mineraalvill + raam	150	2,4	0,36	2,8	1,01
Kipsplaat + viimistlus	15	9[1]	0,135	2,8	0,38
	180				1,76

Tabel 2.3. Tala koormus.

Tala	Kõrgus (mm)	Laius (mm)	Plaadi paksus (mm)	Mahukaal (kN/m ³)	Normatiivne Joonkoormus (kN/m)
Raudbetoon	700	400	200	25[1]	5

RSAP võimaldab arvutada ka ise plaadi ja talade omakaalu ning määrab selle „DL1“ (*Dead load nr.1*) koormuse alla, kuid antud töös on tehtud skeem selliselt, et selle kasutamine poleks korrektne. Omakaalu koormused on sisestatud mudelisse käsitsi ja koormuskombinatsioonides pole „DL1“ koormusega arvestatud.

Joonis 2.3. Ribiplaat ristlõike mõõdud.



RIBIPLAAT RISTLÕIGE
1:20

2.3.2 Pindkoormused

Muutuvkoormuse ehk kasuskoormuse väärtused sõltuvad korrusepinna funktsiooni järgi:

- Klass A – eluruumid, haiglapalatid, hotellide numbritoad, köögid ja WC-d. Pindkoormus $q_k = 2\text{kN/m}^2$. [1]
- Klass B – bürooruumid. Pindkoormus $q_k = 3\text{kN/m}^2$. [1]

Teisel korrusel asuvad kontorid ja see klassifitseerub klassi B. Kolmandal korrusel asuvad korterid, mis liigituvad eluruumide alla – klass A.

Alaline koormus ehk omakaalust tulenev koormus on vastavalt lähteülesandele. Materjalide mahukaalud viitega „[1]“, on võetud Konstruktori käsiraamatust leheküljelt 184. Normatiivne koormus on arvutatud:

- kihi paksus (m) * materjali mahukaal (kN/m³) = Normatiivne pindkoormus (kN/m²).

Korterite sisesed vaheseinad (kipsseinad) on arvestatud lihtsustamise mõttes pindkoormusena, kuna nad on suhteliselt kerged ja asetsevad üsna ebakorrapäraselt.

Teisel korrusel on kipsseina 100 jm ja põranda pind 887 m². Kolmandal korrusel on kipsseina 235 jm ja põranda pind on 1035 m². Väljaulatuvas osas on vahelae all soojustus, mis suurendab sinna mõjuvat koormust, kuid seal on vähem vaheseinu: kipsseina jooksevmeetreid on 22 m ja selle osa pind on 150 m². Kipsseina lauskoormus on 1,76 kN/m (Tabel 2.2).

Kipsist vaheseinte (kontorite vahelised vaheseinad) koormus teisele korrusele ($q_{vs.k2}$):

$$q_{vs.k2} = \frac{1,76 * 100}{887} = 0,199 \text{ kN/m}^2$$

Kipsist vaheseinte (korterite vahelised vaheseinad) koormus kolmandale korrusele ($q_{vs.k3}$):

$$q_{vs.k3} = \frac{1,76 * 235}{1035} = 0,401 \text{ kN/m}^2$$

Kipsist vaheseinte koormus kolmanda korruse väljaulatuva osale ($q_{vs.k3.osa}$):

$$q_{vs.k3.osa} = \frac{1,76 * 22}{150} = 0,259 \text{ kN/m}^2$$

Arvutatud vaheseinte koormused on ümardatud üles tagavara kasuks. Pindkoormused teisele ja kolmandale korrusele on toodud tabelites (Tabel 2.4, Tabel 2.5 ja Tabel 2.6). Terve kolmanda korruse pindkoormus on sama.

Tabel 2.4. Teise korruse pindkoormused.

Koormuse nimetus	Kihi paksus (mm)	Materjali mahukaal (kN/m³)	Normatiivne koormus (kN/m²)
Parkett	10	7[1]	0,07
Betoontasanduskiht	80	24[1]	1,92
Isover FLO	30	0,77[4]	0,02
Raudbetoonplaat	200	25[1]	5,00
Vaheseinad (kipsseinad)			0,20
Alaline koormus (g_k)			7,21
Muutuvkoormus (q_k)			3,00[1]

Tabel 2.5. Kolmanda korruse pindkoormused.

Koormuse nimetus	Kihi paksus (mm)	Materjali mahukaal (kN/m³)	Normatiivne koormus (kN/m²)
Parkett	10	7[1]	0,07
Betoontasanduskiht	80	24[1]	1,92
Isover FLO	30	0,77[4]	0,02
Raudbetoonplaat	200	25[1]	5,00
Vaheseinad			0,50
Alaline koormus (g_k)			7,51
Muutuvkoormus (q_k)			2,00[1]

Tabel 2.6. Kolmanda korruse pindkoormused väljaulatuvas osas.

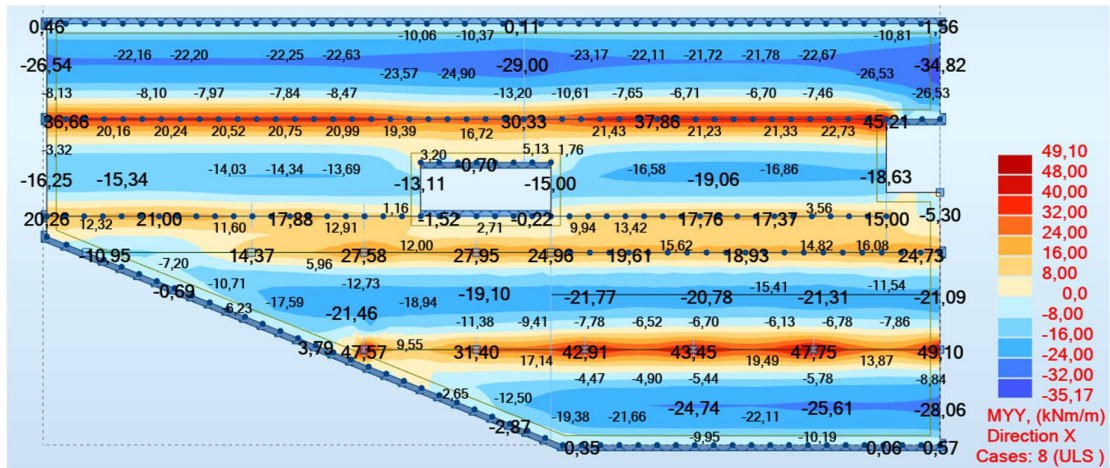
Koormuse nimetus	Kihi paksus (mm)	Materjali mahukaal (kN/m³)	Normatiivne koormus (kN/m²)
Parkett	10	7[1]	0,07
Betoontasanduskiht	80	24[1]	1,92
Isover FLO	30	0,77[4]	0,02
Raudbetoonplaat	200	25[1]	5,00
EPS60 + ankrud	100	1	0,10
Krohv	8	17[1]	0,14
Vaheseinad			0,26
Alaline koormus (g_k)			7,51
Muutuvkoormus (q_k)			2,00[1]

2.4 Plaadi sisejõud

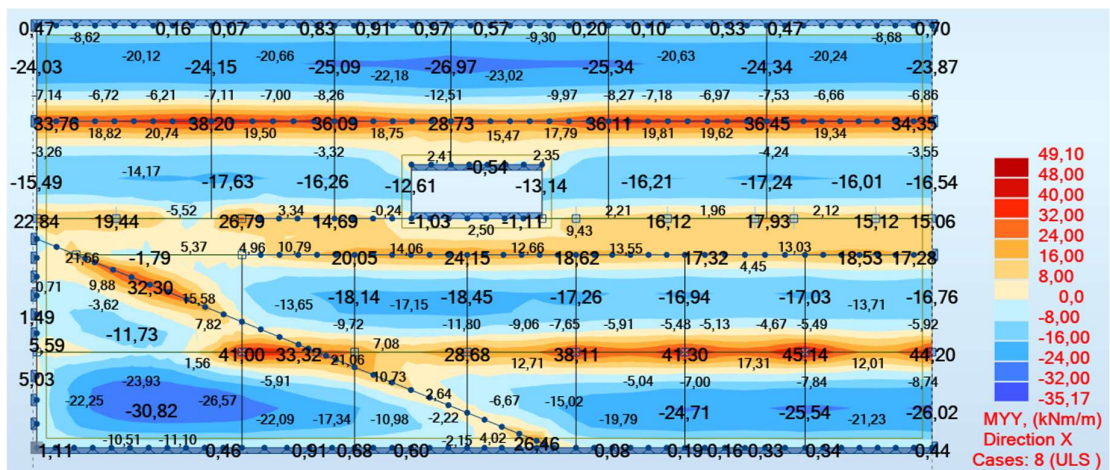
Arvutusskeem on mudeldatud RSAP'i (Joonis 2.2 ja Joonis 2.3) ja arvatud sisejõud. Teise ja kolmanda korruse plaatide sisejõudude väärtused on toodud joonistel (Joonis 2.4, Joonis 2.5, Joonis 2.6 ja Joonis 2.7). Positiivse momendi väärtusega on ülemine plaadi kiht tõmmatud. Kuna arvutusskeem toimib risti talade ja kandvate seinadega, siis tekivad seal ka suuremad sisejõud. Momendid ja põikjõud mõjuvad ka risti töötavat suunda (joonised lisas), kuid on oluliselt väiksemad ja ei saa määravaks. (kuvatõmmised RSAP'ist)

Koormused ULS'is ehk kandepiir seisundis on korrutatud varuteguritega. Varutegur alaliskoormustele $\gamma_G = 1,2$ [1], varutegur muutuvkoormustele $\gamma_Q = 1,5$ [1]

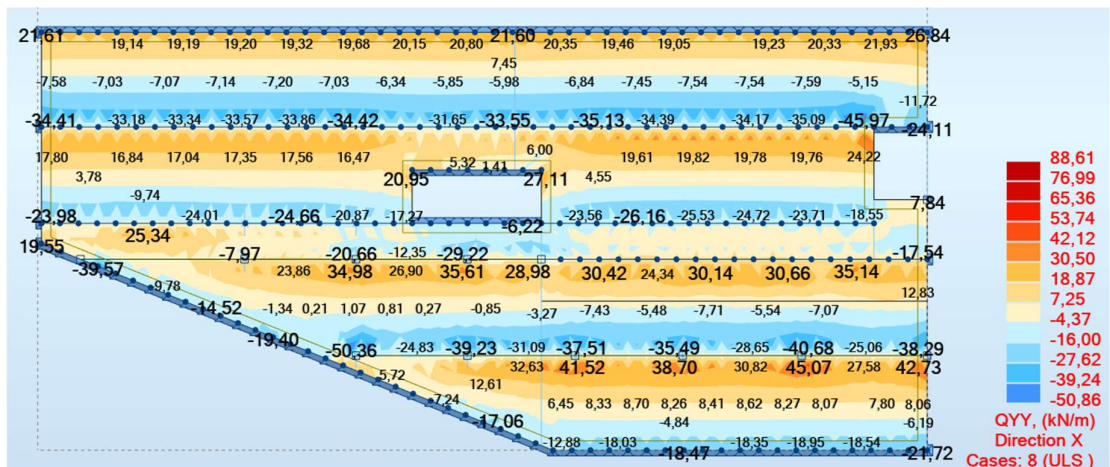
Joonis 2.4. Teise korruse plaadile mõjuvad momendid (kNm) töötavas suunas.



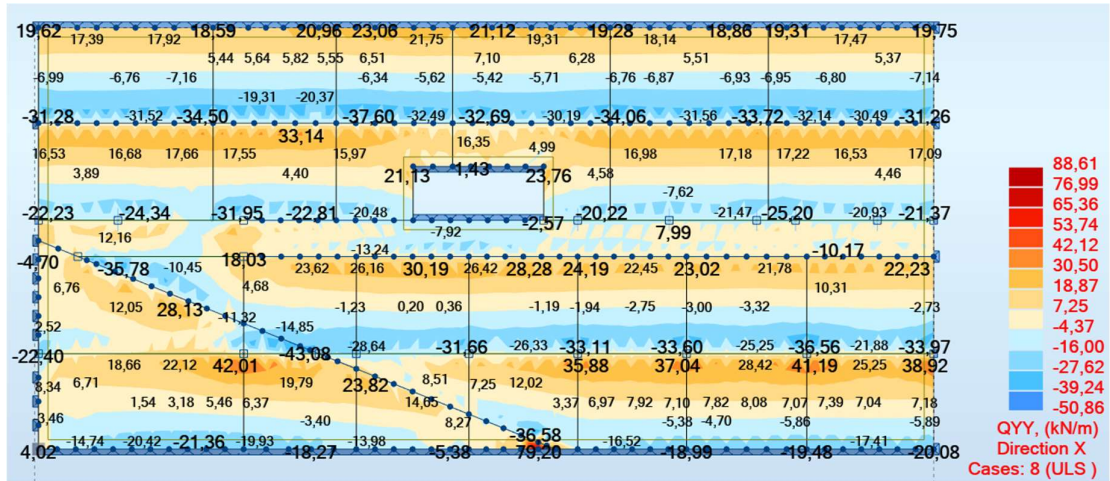
Joonis 2.5. Kolmanda korruse plaadile mõjuvad momendid (kNm) töötavas suunas.



Joonis 2.6. Teise korruse plaadile mõjuvad põikjõud (kN) töötavas suunas.



Joonis 2.7. Kolmanda korruse plaadile mõjuvad põikjõud (kN) töötavas suunas.



2.4.1 Sisejõudude kontroll

RSAP'i usaldusväärsete tulemuste veendumiseks on vaja teha kontroll teistsuguse skeemi põhjal. Erinev skeem näeb välja järgmine: lõige paralleelselt jätkuvtalana töötavast plaadist (Joonis 2.8, Joonis 2.9). jätkuvatala silded vasakult paremale – 5 m; 5,09 m; 1,9 m; 5,09 m; 5m.

Korterite vahelistest vaheseintest (Tabel 2.1) tulenev koormus on paralleelne plaadi sildega. Minimaale sh. ka ebasoodsaim vaheseinte samm on 5,9 m. Lihtsustamise mõttes jaotatakse vaheseinte koormus pindkoormuseks. Skeemile arvutatakse normatiivne pindkoormus:

$$q_{vs.k} = \frac{3,1 \text{ kN/m}}{5,9 \text{ m}} = 0,53 \text{ kN/m}^2$$

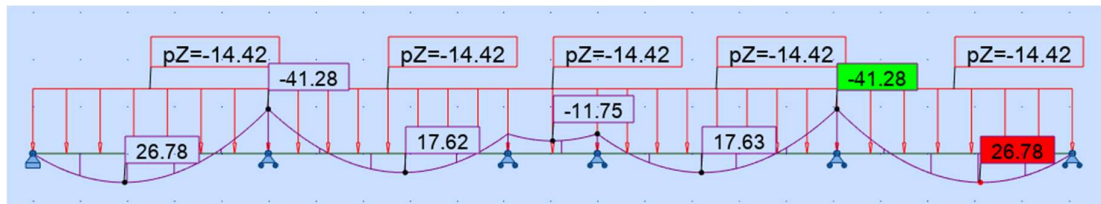
Kuna korterite vahelised vaheseinad asuvad üksteisest piisavalt kaugel, siis päris täpselt pindkoormusena ei saa seda arvestada. Vahetult seinaga all mõjub plaadile suurem koormus, kui seinte vahelisel alal – ümardatakse tagavara kasuks ~ 2kN.

Arvutuslik koormus (Tabel 2.7) lihtsustatud skeemidelt (Joonis 2.8 ja Joonis 2.9) on näha plaadile mõjuvat koormust ja sisejõudude.

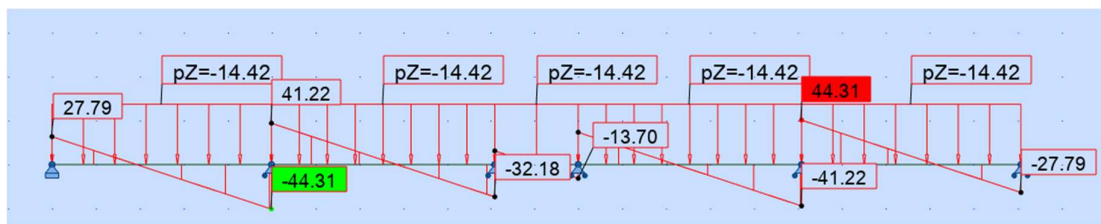
Tabel 2.7. Lauskoormus kolmanda korruse vahelaale (lihtsustatud jätkuvtalana töötava plaadi arvutuskeemi jaoks).

Koormuse nimetus	Kihi paksus (mm)	Materjali mahukaal (kN/m ³)	Normatiivne koormus (kN/m ²)	Koormuse osavaru-tegur	Arvutuslik koormus (kN/m ²)
Parkett	10	7[1]	0,07		
Betoontasanduskiht	80	24[1]	1,92		
Isover FLO	30	0,77[4]	0,02		
Raudbetoonplaat	200	25[1]	5,00		
Vaheseinad (kipsseinad)			0,50		
Korterite vahelised vaheseinad			2,00		
Alaline koormus			9,51	1,2[1]	11,42
Muutuvkoormus			2,00	1,5[1]	3,00
Arvutuslik koormus kokku					14,42

Joonis 2.8. Lihtsustatud plaadi skeemi momendid koos mõjuvate koormustega (kNm)

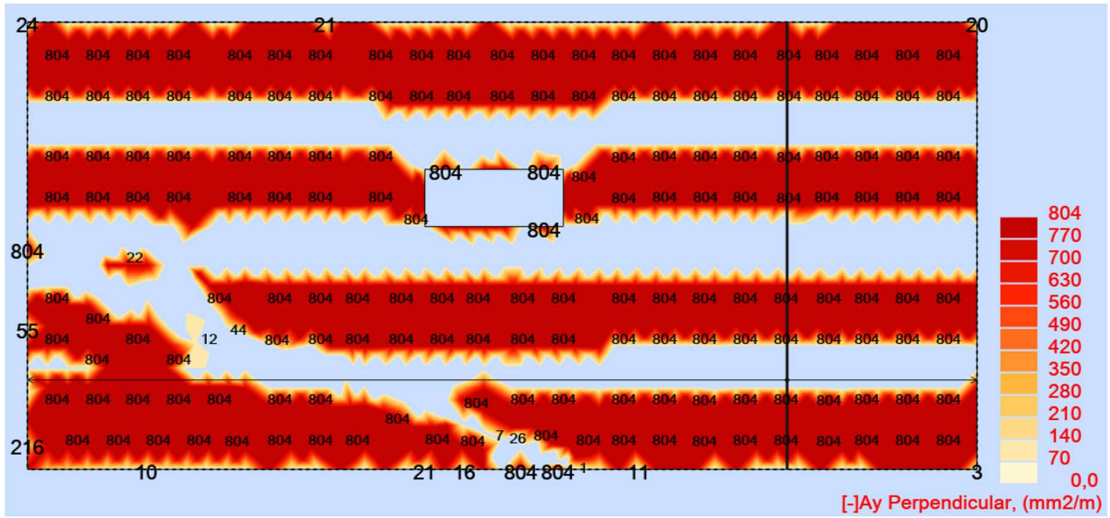


Joonis 2.9. Lihtsustatud plaadi skeemi põikjõud koos mõjuvate koormustega (kN)

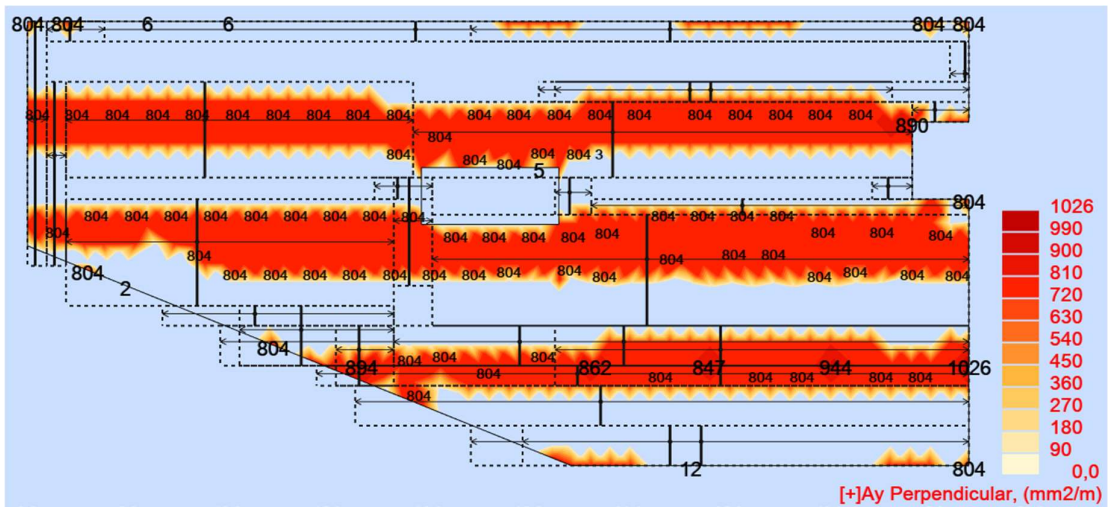


Võrreldes kahe erineva skeemi momente (Joonis 2.5 ja Joonis 2.8) ja põikjõude (Joonis 2.7 ja Joonis 2.9), on need väärtused ligilähedased. Sisejõudude usaldusväärsuses ning plaat-tala skeemi õigsuses saab olla kindel.

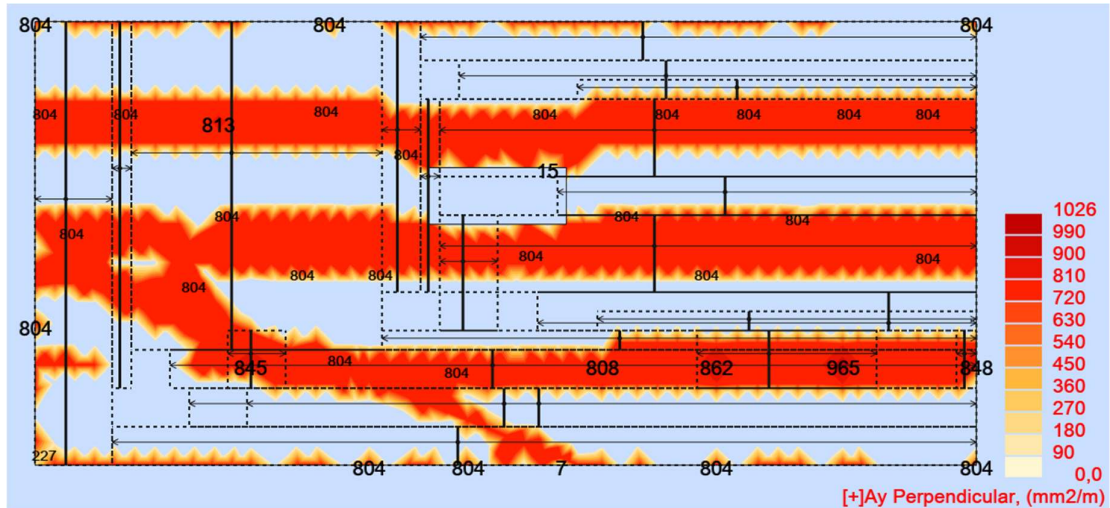
Joonis 2.11. Kolmanda korruse armatuuri vajadus plaadi alumises kihis töötavas suunas (mm²/m).



Joonis 2.12. Teise korruse armatuuri vajadus plaadi ülemises kihis töötavas suunas (mm²/m).

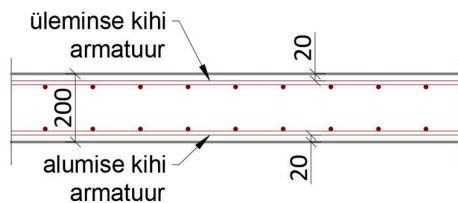


Joonis 2.13. Kolmanda korruse armatuuri vajadus plaadi ülemises kihis töötavas suunas (mm²/m).



Kuvatõmmised on tehtud RSAP tulemustest (Joonis 2.10, Joonis 2.11, Joonis 2.12 ja Joonis 2.13). Seal on näidatud armatuuri vajadus töötavas suunas (pildil ülevalt alla) mm²/m. Armatuuri vajadus risti töötavas suunas (pildil vasakult paremale) on toodud lisas.

Joonis 2.14. Plaadi lõige sisetingimustes.



LÕIGE - PLAAT
1:20

Alumise kihi minimaalne armatuuri vajadus ($A_{s,min}$) on 804 mm²/m (Joonis 2.10 ja Joonis 2.11). Ülemises kihis (Joonis 2.12 ja Joonis 2.13), kus on armatuuri vajadus üle 804 mm²/m, on määravaks saanud kasutuspiiriseisundis pragude laius (Joonis 2.22, Joonis 2.23, Joonis 2.24, Joonis 2.25). Plaadi põhiarmatuur ülemises ja alumises kihis valitakse 804 mm²/m järgi. Lisaarmatuur lisatakse piirkondadesse, kus on selleks vajadust.

Armatuurvarda diameetriga Ø12 (φ_1) ristlõikepindala (a_1):

$$a_1 = \pi * \left(\frac{\varphi_1}{2}\right)^2 = \pi * 6^2 = 113,1 \text{ mm}^2$$

Maksimaalne armatuurvarda samm (s_{\max}), kui armatuuri vajadus on $804 \text{ mm}^2/\text{m}$:

$$s_{\max} = \frac{a_1 * 1000}{A_{s,\min}} = \frac{113,1 * 1000}{804} = 140,6 \text{ mm}$$

Armatuurvarda sammuks (s) tuleb ümardades 140 mm . Kontroll armatuuri ristlõikepindalast meetri kohta (A_s):

$$A_s = \frac{a_1 * 1000}{s} = \frac{113,1 * 1000}{140} = 807,8 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\min} < A_s$$

$$804 \text{ mm}^2/\text{m} < 807,8 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \text{OK!}$$

Põhiarmatuuriks tuleb mõlema telje sihis, nii plaadi ülemises, kui ka alumises kihis $\emptyset 12$ sammuga $s = 140 \text{ mm}$. Armatuurvõrgu standardset mõõtu pole silmaga 140 mm – armatuurvardad põimitakse objektile kokku.

2.5.1 Välitingimustes oleva plaadi armatuuri dimensioneerimine

Kolmandal korrusel on väljaulatuv vahelae osa, mis ulatub välikeskkonda. Selleks arvutatakse RSAP'is terve vahelae alumine kiht välitingimuste järgi ja vaadeldakse seda osa eraldi.

Järgmiste andmetega on arvestatud betoonplaadi alumise kihi arvutamisel RSAP'is:

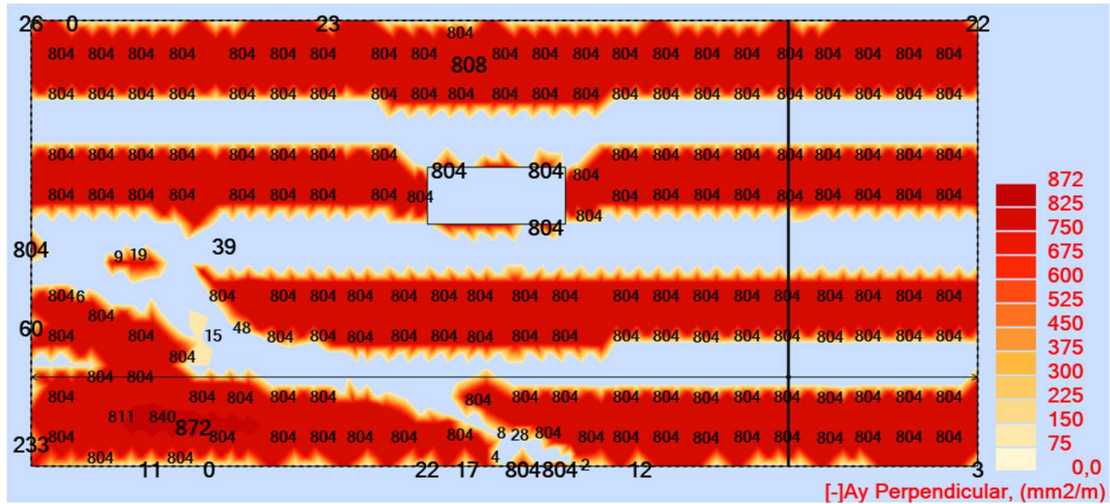
- Vahelagedele kehtib keskkonnaklass XC3 – betoon mõõduka või kõrge õhuniiskusega siseruumides või vihma eest kaitstud betoon välisõhus. Konstruksiooniklass S4. [5]
- Orienteeruv betooni tugevusklass keskkonnaklassi XC3 juures on C30/37 [5]. Antud töös on valitud C25/30, kuna betoon pole otseselt välisõhus, vaid on soojustuse all ja vihma eest kaitstud.
- Armatuuri kaitsekihi (c_{\min}) minimaalne lubatud väärtus konstruksiooniklassiga S4 ja keskkonnaklassiga XC3 on 25 mm . Kaitsekihi lubatav hälve (Δc_{dev}) on 5 mm , kui objektile teostatakse kaitsekihi mõõtmist. Nimikaitsekihi paksus on määratud järgmise valemiga: [5]

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 25 + 5 = 30 \text{ mm}$$

- Kasutuspiir seisundis lubatav betooni pragude laius on $w_{\max} = 0,3 \text{ mm}$. [5]

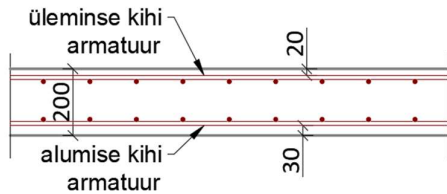
- Lubatav läbipaine $w = l_{eff}/250$, kus l_{eff} – elemendi arvutussille. [5]
- Põhiarmatuuri diameeter Ø12 klassiga B500K.

Joonis 2.15. Kolmanda korruse armatuuri vajadus plaadi alumises kihis töötavas suunas välitingimustes (mm^2/m).



Kuvatõmmis on tehtud RSAP tulemusest. Joonisel näidatud armatuuri vajadus töötavas suunas välitingimuste (XC3 keskkonnaklass) järgi (Joonis 2.15). Risti töötavat suunda armatuuri vajadus on toodud lisa.

Joonis 2.16. Plaadi lõige välitingimustes.



LÕIGE - PLAAT VÄLITINGIMUSTES

1:20

Alumise kihi maksimaalne armatuuri vajadus ($A_{s,min}$) töötavas suunas on $872 \text{ mm}^2/\text{m}$. Määravaks sai kasutuspiiriseisundis pragude suurus (pragude maksimaalne lubatud suurus on välitingimustes väiksem (Joonis 2.22)). Risti töötavat suunda maksimaalne armatuuri vajadus on $804 \text{ mm}^2/\text{m}$ ja sobib samuti armatuurvardad Ø12 sammuga 140 mm.

Töötavat suunda pidi varraste samm $s = 120 \text{ mm}$. Armatuuri ristlõike pindala meetri kohta (A_s) sellisel juhul:

$$A_s = \frac{a_1 * 1000}{s} = \frac{113,1 * 1000}{120} = 942,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$872 \text{ mm}^2/\text{m} < 942 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \text{OK!}$$

2.6 Plaadi lisaarmatuuri dimensioneerimine

Ülemises kihis ei piisa igas tsoonis põhiarmatuurist ja sinna tuleb lisada lisaarmatuur. Ülemisel plaadi kihil (Joonis 2.12 ja Joonis 2.13) on maksimaalne armatuuri vajadus töötavas suunas 1026 mm²/m ($A_{s,min}$). Armatuurvardaid on hea objektil lisada põhiarmatuuri vahele ning sama läbimõõduga. Lisaarmatuuri sammuks tuleb $s = 3 * 140 = 420$ mm, ehk iga kolmanda põhiarmatuuri vahele tuleb üks lisaarmatuur. Armatuuri klass B500K.

Lisaarmatuuri ristlõike pindala meetri kohta ($A_{s,lisa}$):

$$A_{s,lisa} = \frac{a_1 * 1000}{s} = \frac{113,1 * 1000}{420} = 269,2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Armatuuri ristlõike pindala meetri kohta kokku ($A_{s,sum}$):

$$A_{s,sum} = A_s + A_{s,lisa} = 269,2 + 807,8 = 1077,0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

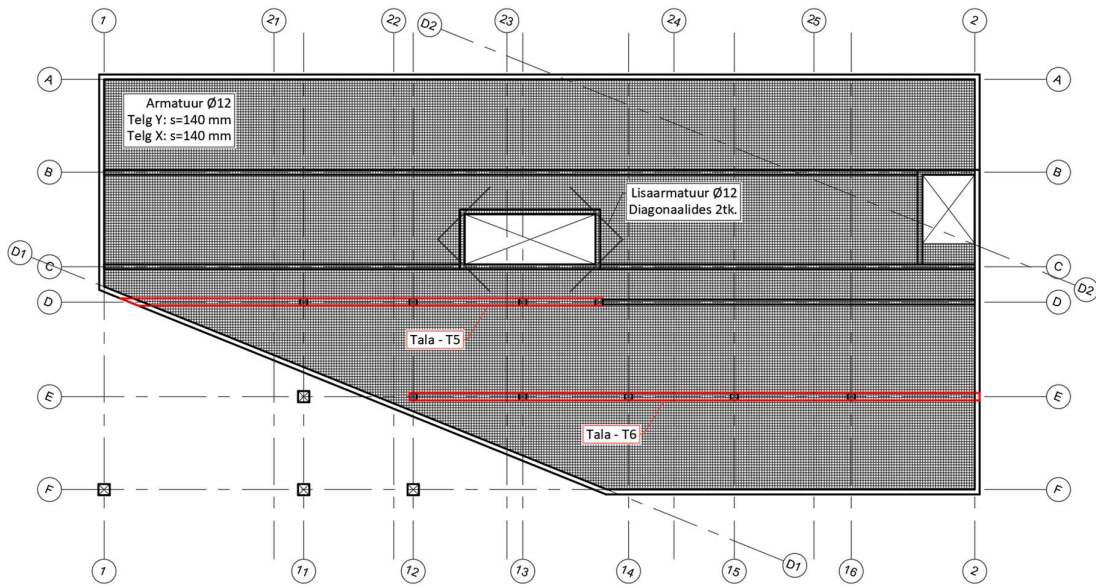
Kontroll lisaarmatuuri ristlõike pindala piisavusest:

$$A_{s,min} < A_{s,sum}$$

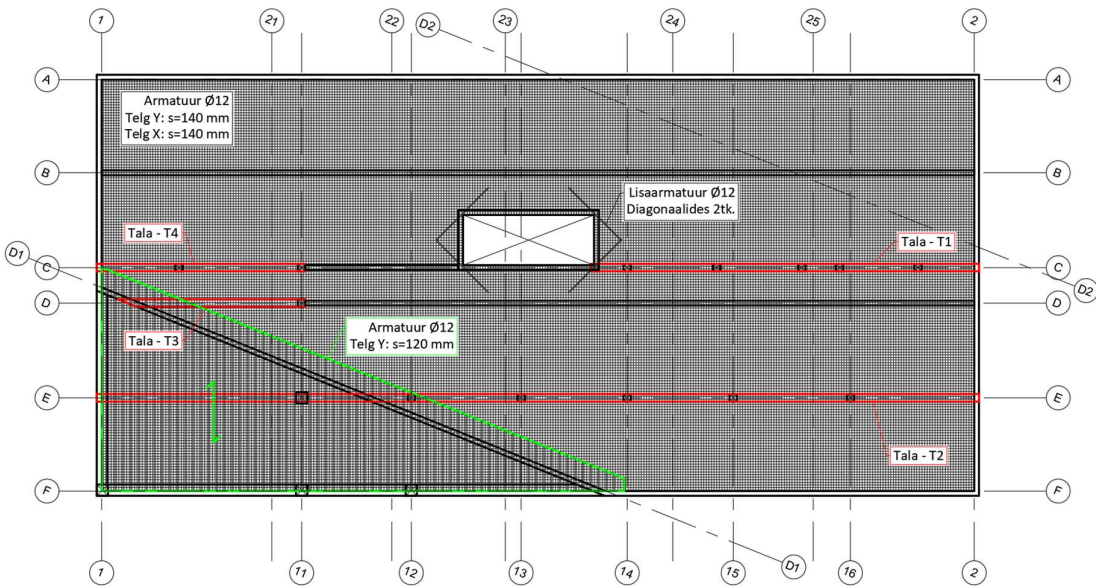
$$1026 \text{ mm}^2/\text{m} < 1077 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \text{OK!}$$

Piisab sellest, et iga kolme põhiarmatuurvarda järele lisada üks lisa armatuurvarras. Kehtib kohtades kus armatuuri vajadus ületab 804 mm²/m. Armatuuri asetus on plaadis kirjeldatud graafiliselt (Joonis 2.17, Joonis 2.18, Joonis 2.19 ja Joonis 2.20).

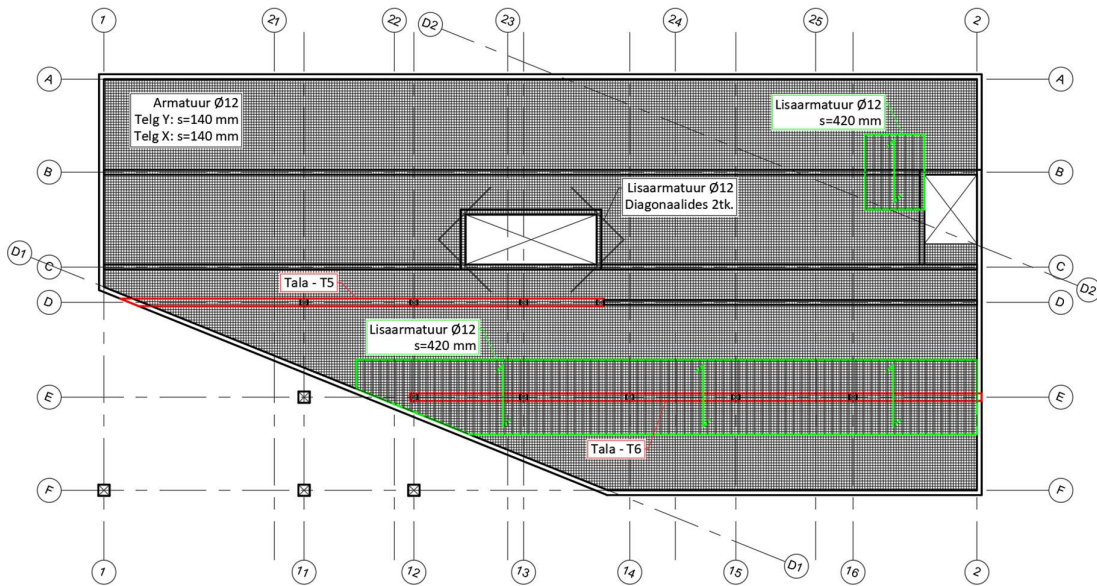
Joonis 2.17. Teise korruse plaadi armeering alumises kihis.



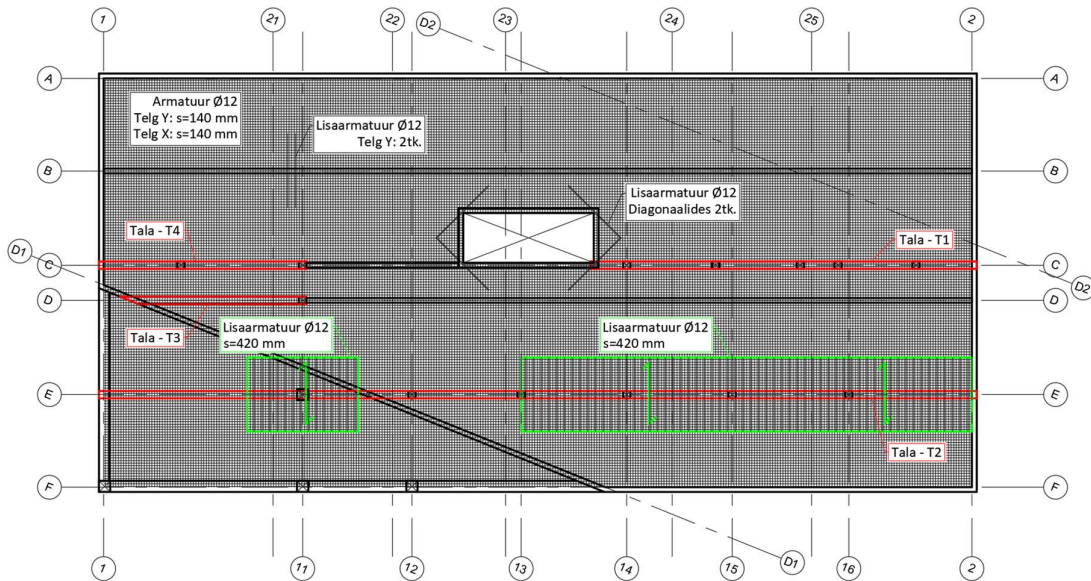
Joonis 2.18. Kolmanda korruse plaadi armeering alumises kihis.



Joonis 2.19. Teise korruse armeering ülemises kihis.



Joonis 2.20. Kolmanda korruse armeering ülemises kihis.

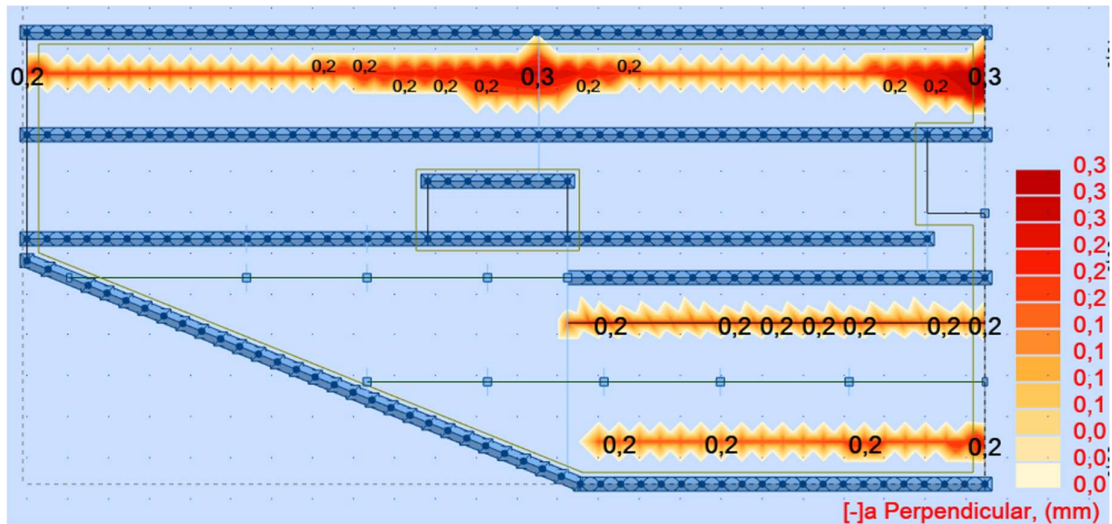


2.7 Plaadi pragunemise kontroll

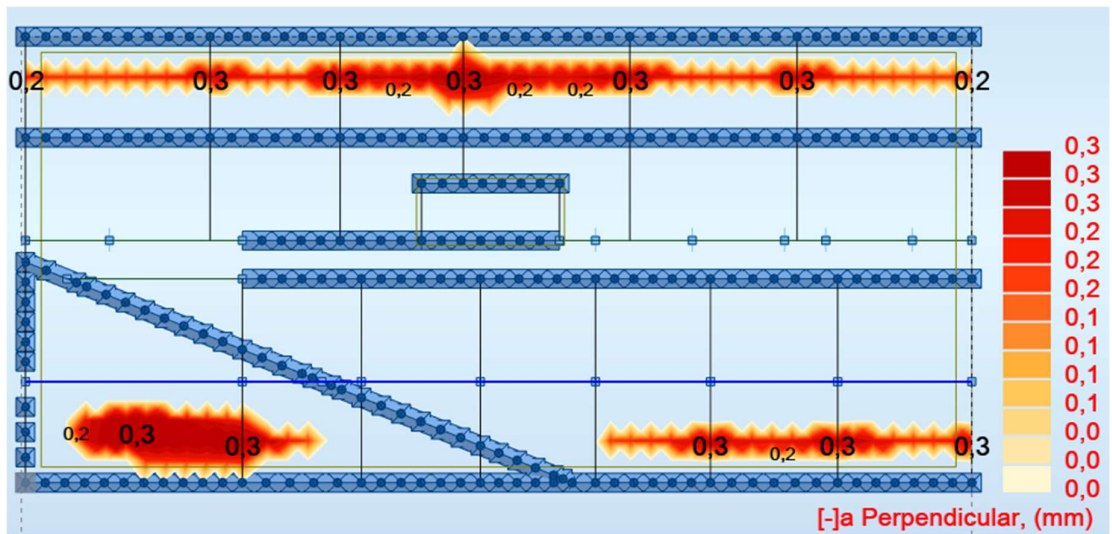
Kasutuspiiriseisundis (SLS) maksimaalne lubatav betooni pragude laius keskkonnaklassiga XC1 on $w_{max} = 0,4$ mm ja keskkonnaklassiga XC3 on $w_{max} = 0,3$ mm [5]. Teise korruse plaadile kehtib keskkonnaklass XC1. Kolmanda korruse plaadi ülemisele kihile kehtib XC1 ja alumisele kihile väljaulatuvas osas XC3.

Pragude laius RSAP kaartidelt ülemises kui alumises kihis ei ületa lubatud piire: keskkonna klassiga XC1 on $w_{\max} = 4$ mm ja keskkonnaklassiga XC3 on $w_{\max} = 3$ mm (Joonis 2.21, Joonis 2.22, Joonis 2.23, Joonis 2.24).

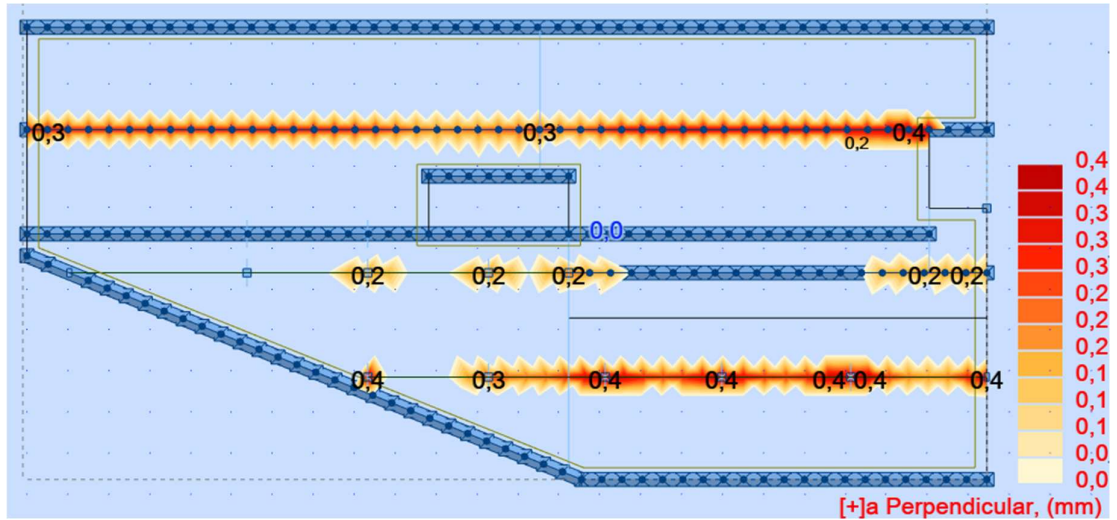
Joonis 2.21. Teise korruse pragude laius töötavas suunas alumises kihis (mm).



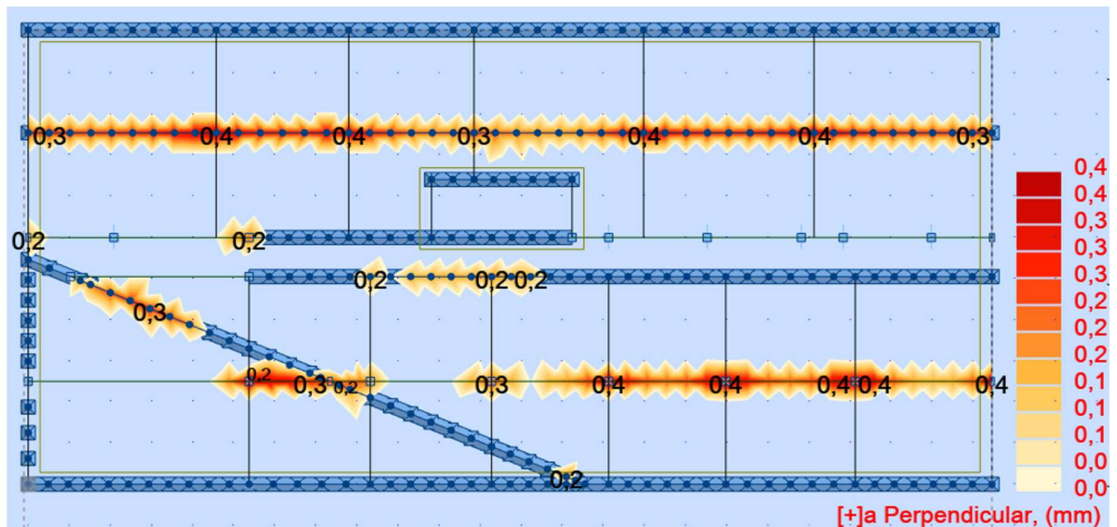
Joonis 2.22. Kolmanda korruse pragude laius töötavas suunas alumises kihis XC3 (mm).



Joonis 2.23. Teise korruse pragude laius töötavas suunas ülemises kihis (mm).



Joonis 2.24. Kolmanda korruse pragude laius töötavas suunas ülemises kihis (mm).



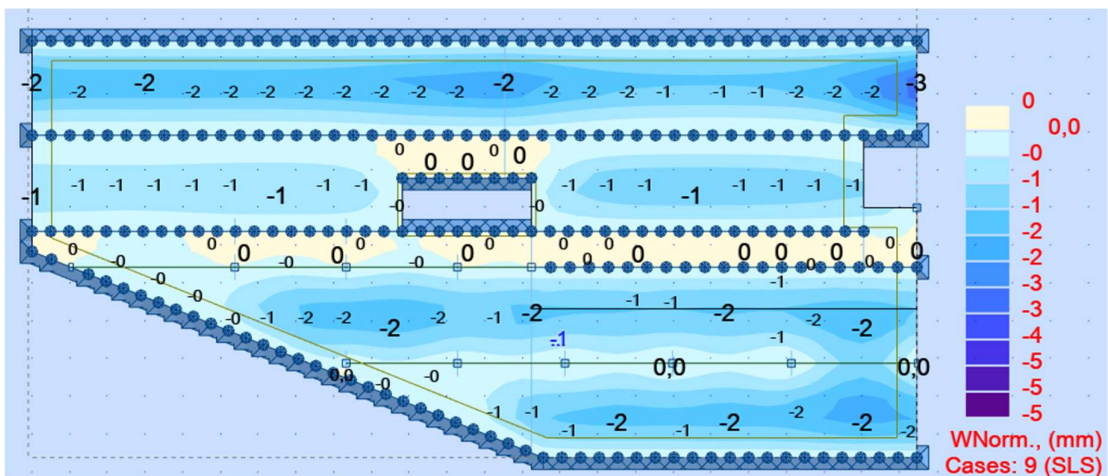
2.8 Plaadi läbipainde kontroll

Kasutuspiirseisundis (SLS) tuleb kontrollida plaadi läbipainet normatiivsete koormustega. Lubatav maksimaalne läbipaine $f_{k,max} = l_{eff}/250$, kus l_{eff} – elemendi arvutussille [5]. Plaadi maksimaalne sille on lähteülesandes 5 m ja sellega võib arvestada kogu plaadi osas. Väiksemate plaadi sillete juures on näha, et plaadil on läbipaine 0 mm või selle lähedal (Joonis 2.25 ja Joonis 2.26), siis ei ole mõtet selles tsoonis kontrolli teha.

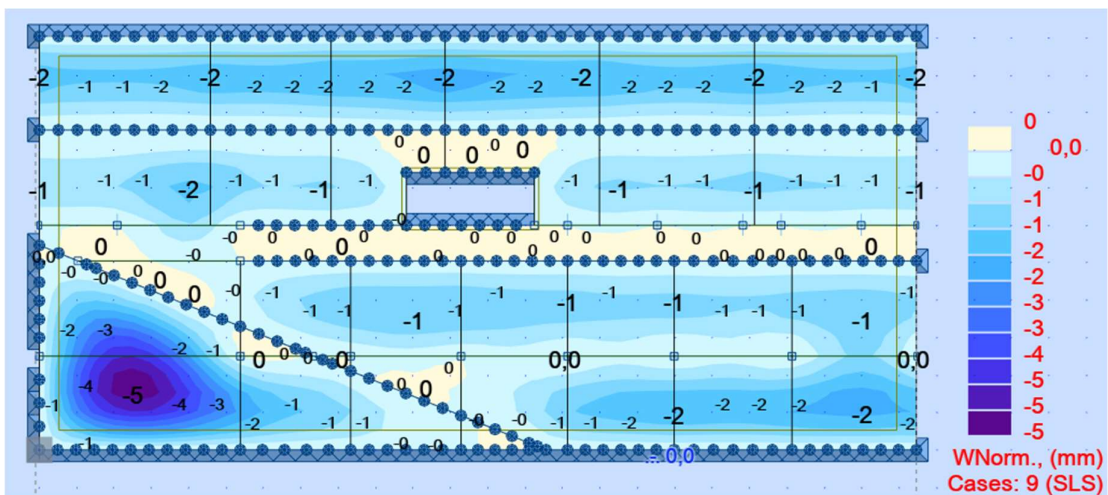
$$f_{k,max} = \frac{l_{eff}}{250} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ mm}$$

Kolmanda korruse väljaulatuval osal on plaadil küllaltki suur läbipaine võrreldes teiste tsoonidega, sest seal toetab plaati suure sildega tala, mis paindub samuti läbi. Joonis 2.25 ja Joonis 2.26 (kuvatõmmised RSAP'ist) on näha, et maksimaalne läbipaine SLS'is $f_k = 5 \text{ mm}$, mis on väiksem lubatud maksimaalsest läbipaindest $f_{k,max} = 20 \text{ mm}$. Plaadi läbipaine jääb lubatud piiridesse. Maksimaalsest lubatud läbipaindest on kasutatud 25%.

Joonis 2.25. Teise korruse plaadi läbipaine (mm).



Joonis 2.26. Kolmanda korruse plaadi läbipaine (mm).



2.9 Talade armatuuri dimensioneerimine

Vahelaed on monoliitbetoonist ja tala töötab koos plaadiga. Talad on arvatud ribiplaatristlõike skeemi järgi. Kuna plaat ei tööta alati täislaiuses, tuleb välja arvutada plaadi arvutuslaius [5]. Plaadi sildeid on lähteülesandes kahte erinevat, sealjuures ka kahte erinevat tüüpi tala ristlõiget. Teljel „E“ on plaadi sille 5m, teljel „D“ ja „C“ ühel pool sille 1,9 m, lihtsustamise mõttes ja tagavara kasuks on arvestatud mõlemale poole plaadi sildeks 1,9 m. Talad T1, T3, T4 ja T5 on arvestatud plaadi sildega 1,9 m; talad T2 ja T5 on arvestatud sildega 5 m. (Joonis 2.1 ja Joonis 2.2)

Antud töös on dimensioneeritud talade armatuur C25/30 betooniga ja kiudbetooniga koostöös pole talasid arvatud. Talad kuuluvad vahelaie konstruktsiooni alla ja on oluline dimensioneerida nende mõõdud, kuna nad mõjutavad kogu konstruktsiooni jäikust ja plaadi pingete jagunemist.

Talade armatuuri dimensioneerimiseks arvutatakse ribiplaatristlõike mõõdud. Plaadi arvutuslaius (b_{eff}) sildega $b = 5m$: [5]

$b = 5 m$; $b_w = 0,4 m$ (väärtused Joonis 2.3) (tähised Joonis 2.27).

$l_0 = 2,3 m$ (tala paindemomentide nullpunktide vahekaugus – võetud on ligikaudne minimaalne suurus tagavara kasuks RSAP tala diagrammilt, igat sillet pole eraldi vaadeldud)

Väärtus b_1 on arvatud vastavalt Joonis 2.27:

$$b_1 = \frac{b - b_w}{2} = \frac{5 - 0,4}{2} = 2,3 m$$

b_{eff1} väärtus (Joonis 2.27) on arvatud valemiga [5]:

$$b_{eff1} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$$

$$b_{eff1} = \min(0,2 * 2,3 + 0,1 * 2,3 = 0,69; 0,2 * 2,3 = 0,46; 2,3) = 0,46 m$$

b_{eff} väärtus on arvatud (Joonis 2.27):

$$b_{eff} = b_{eff1} * 2 + b_w = 0,46 * 2 + 0,4 = 1,32m$$

Plaadi arvutuslaius (b_{eff}) sildega 1,9m: [5]

$b = 1,9 m$; $b_w = 0,4 m$ (väärtused Joonis 2.3) (tähised Joonis 2.27)

$l_0 = 2,3 m$

Väärtus b_1 (Joonis 2.27) on arvatud valemiga:

$$b_1 = \frac{b - b_w}{2} = \frac{1,9 - 0,4}{2} = 0,75 \text{ m}$$

b_{eff1} väärtus (Joonis 2.27) on arvatud valemiga: [5]

$$b_{eff1} = \min(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1)$$

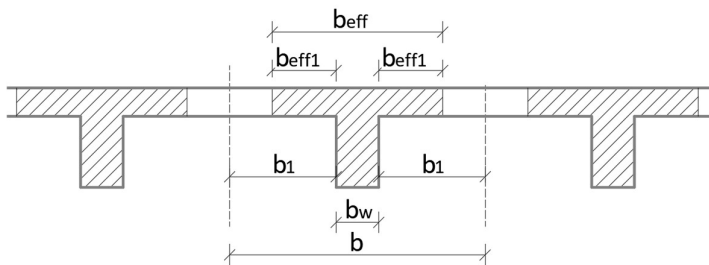
$$b_{eff1} = \min(0,2 * 0,75 + 0,1 * 2,3 = 0,38; 0,2 * 2,3 = 0,46; 1,9) = 0,38 \text{ m}$$

b_{eff} väärtus on arvatud vastavalt joonisele (Joonis 2.27):

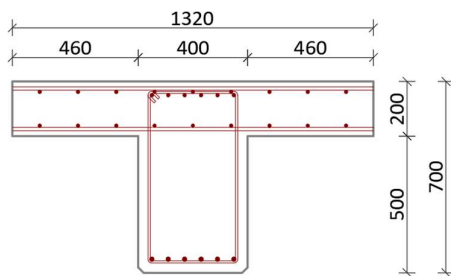
$$b_{eff} = b_{eff1} * 2 + b_w = 0,38 * 2 + 0,4 = 1,16 \text{ m}$$

Ribiplaattala ristlõike arvutatud mõõdud (Joonis 2.28) on sisestatud RSAP'i mudelisse.

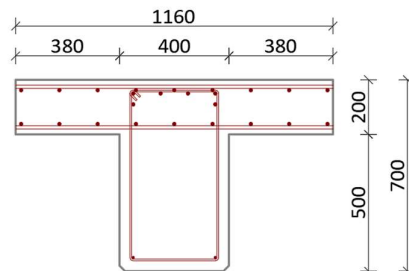
Joonis 2.27. Tala plaadi (vöö) arvutuslaius.



Joonis 2.28. Tala arvutuslikud mõõdud plaadi silletega 5 m ja 1,9 m.



TALA - PLAADI SILLE 5m
1:20



TALA - PLAADI SILLE 1,9m
1:20

Tala T2 asub osaliselt välikeskkonnas ja sellele kehtivad teised väärtused. Järgmiste andmetega on arvestatud tala arvutamisel RSAP'is: (Andmete viited ja kirjeldused täpsemalt punktis 2.5)

- Taladele kehtib keskkonnaklass XC1 (ainult talale T2 kehtib XC3).
Konstruktsiooniklass S4.

- Betooni klass C25/30.
- Armatuuri kaitsekihi paksus $c_{nom} = 20$ mm (talal T2 $c_{nom} = 30$ mm).
- Kasutuspiirteisundis lubatav betooni pragude laius on $w_{max} = 0,4$ mm (talal T2 on $w_{max} = 0,3$ mm).
- Lubatav läbipaine $f_{k,max} = l_{eff}/250$, kus l_{eff} – elemendi arvutussille.
- Armatuuri klass B500K.

RSAP arvestab arvutamisel sisejõudude (momendi ja pöikjõuga), pragude laiuse ja läbipaindega piki armatuuri ja rangide dimensioneerimisel. Rangide samm sõltub pöikjõust. Talade armeerimisjoonised on esitatud töö graafilises osas.

3 KIUDBETOONIGA VAHELAE ARVUTUS

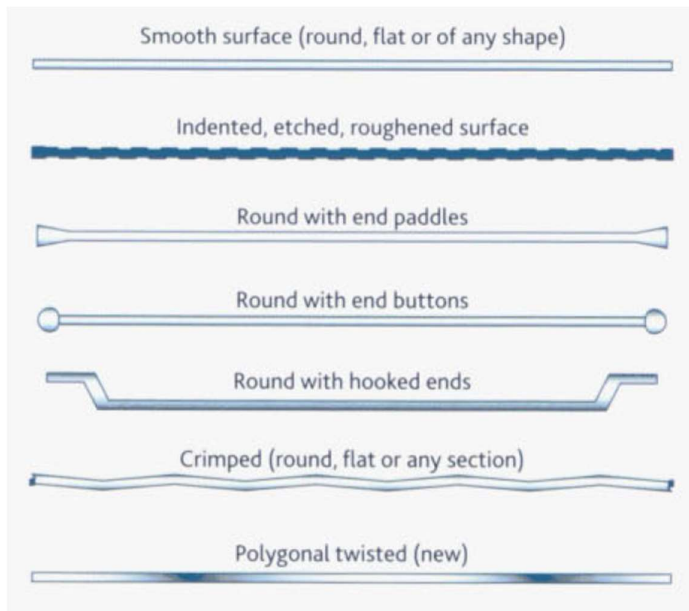
3.1 Kiudbetooni olemus

Betoon on tugev survele, kuid nõrk tõmbel. Konstruktiiivsetel lahendustel on betooni tugevust ära kasutatud suuremas osas survele ja tõmbele on töötama pandud teras. Laialdaselt on kasutatud tõmbele töötamisel armatuurterast, kuid alternatiivne lahendus on kasutada ka teraskiudusid (esimene patent saadud 1874). Esimene põhiline kasutusala kiudbetoonil oli alguses pommi aukude katmine teedel ja lennuväljadel teise maailmasõja ajal. Kuigi alles 1970ndatel hakkas kaubanduslik kasutus sellel materjalil populaarsust koguma, eriti Euroopas, Jaapanis ja Ameerika Ühendriikides, kus põhiline kasutusala oli tööstuslikel maapinnale toetavatel põrandatel ja kõnniteedel. Tänapäeval on hakatud kasutama ka paindele töötavat kiudbetooni, kuid selle olemuse kohta on veel suhteliselt vähe infot. [6]

Teraskiudusid on toodetud erinevate kujude ja suurustega (Joonis 3.1). Suuremas osas on kiud ümara diameetriga vahemikus 0,4 – 1,3 mm ja pikkusega 25 – 60 mm. Teraskiududel on tüüpiliselt 2 – 3 korda suurem tõmbetugevus (kuni 1000 – 1200 MPa), kui traditsioonilisel armatuurterasel ja oluliselt suurem pindala massi kohta, mis aitab paremini siduda/ankurduda betooni. [6]

Pikemad kiud ankurduvad betooni paremini ja töötavad betoonis efektiivsemalt, kuid kiududel võib tekkida probleem takerdudes üksteise sisse moodustades kiupalle betoonsegus („balling“). Samuti põhjustab betooni segamisel raskusi suur kiudude maht betoonisegus – asjakohane kogus on vahemikus 30 – 50 kg/m³, kuid on ka toodetud laboratoorsetes tingimustes kuni 100 kg/m³ kiusisaldusega betooni. Mida rohkem kiude betoonis, seda paremad on konstruktsiooni tugevusomadused. [6]

Joonis 3.1. Teraskiudude erinevad võimalikud kujud. [6]



3.2 Metoodika

Kiudbetooni sisejõudude arvutamiseks on kasutatud RSAP'i. Konstruktiivne skeem on sama võrreldes armeeritud vahelaie skeemiga (punkt 2.2) – muutub ainult plaadi koostis ja sinna paigutatud armatuur. Antud töös pole dimensioneeritud talade armatuuri koos kiudbetooniga, vaid ainult plaadi lisaarmatuuri. Programmist saadud sisendi abil on dimensioneeritud vahelaieplaadi tugevusklass ja tõmbetugevuse puudumisel arvutatud sinna vajaminev lisaarmatuur. Arvutamisel ja dimensioneerimisel on kasutatud Soome õpijuhust [7].

Arvutused on sisestatud tarkvarasse „PTC Mathcad Prime“. Arvutuskäigud on läbi tehtud näiteülesande lähteandmete järgi, et kontrollida arvutuskäikude õigsust. Mathcad arvutab valemite ja lähteandmete põhjal õiged väärtused ja arvestab õigete ühikutega. Arvutustes pole vaheväärtusi välja toodud, kuna tarkvara usaldades pole see vajalik.

Lähteandmed:

- Konstruktiivne skeem (Joonis 2.1 ja Joonis 2.2).
- Koormused (Tabel 2.4, Tabel 2.5 ja Tabel 2.6) (kiudbetooni omakaal on sama mis armeeritud betoonil – mõlemad kuuluvad raudbetooni alla. Eraldi tabelleid pole selle jaoks tehtud.).

- Plaadi sisejõud töötavas suunas (Joonis 2.4, Joonis 2.5, Joonis 2.6 ja Joonis 2.7).

3.3 Plaadi tugevusklassi määramine

Kiudbetooni valitakse tugevusklassi järgi vastavalt tabelile (Tabel 3.1). R_1 väärtust kasutatakse kasutuspiirteisundis ja väärtust R_3 kasutatakse kandepiirteisundis (R väärtus on tõmbetugevus kiudbetoonil). Sõltuvalt „R” ja „a...e” klassile toodavad tootjad oma retsepti järgi betooni segu koos kiududega. [7]

Sitkusklassid a...e (Joonis 3.2, Tabel 3.1):

- klass a – tugevalt kahaneva jääktugevusega.
- klass b – kahaneva jääktugevusega.
- klass c – jääktugevust säilitav.
- klass d – suureneva jääktugevusega.
- klass e – tugevalt suureneva jääktugevusega.

Käesolevas töös on kasutatud kiudbetooni C30/37, BT-HE75/50, 65kg/m^3 (tabeli järgi saab kirjeldada betooni kassi ka C30/37– $R_{15}/R_{35,5}$ -d (Tabel 3.1)). Kasutatud on kiu kuju „*round with hooked ends*” (Joonis 3.1) (Osttest kõverdatud teraskiud). Kiu pikkus on $50\text{ mm} \pm 5\%$, läbimõõt $0,75\text{ mm} \pm 5\%$ ja traadi tõmbetugevus on $1000\text{ MPa} \pm 7,5\%$. [8]

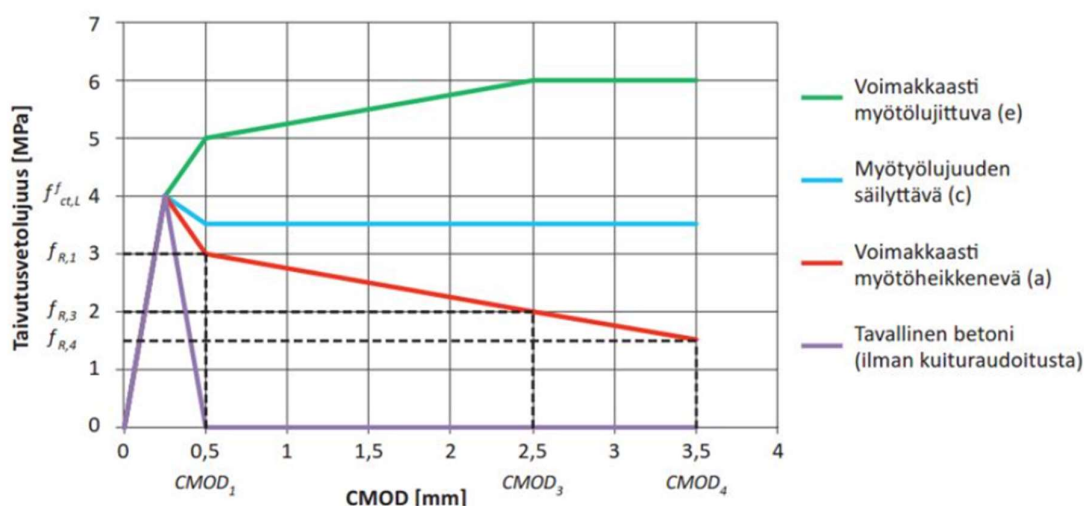
Kiudbetooni tugevusklassi valik on tehtud selliselt, et võimalikult vähe peaks objektile teostama armeerimistöid. Soome õpijuhise arvutusnäites oli kasutatud oluliselt väiksemate näitajatega kiudbetooniklassi (C30/37– $R_{12}/R_{32,2}$ -d).

Kiudbetooni tõmbetugevus sõltub ka segus kasutatavast betooniklassist. Graafikul (Joonis 3.2) on näha lillat joont, mis on betoon ilma kiududeta ja armeeringuta. Esimeste pragude tekkimisel puruneb betoon. Võrreldes roheline joonega, millel on tugevalt suurenev jääktugevus (sisaldab rohkelt kiude), hakkavad pärast betooni pragude tekkimist kandma kiud, millel on betoonist suurem kandevõime. Sellepärast on ka sellise koostisega kiudbetoonil sitkemad omadused. [7]

Tabel 3.1. Kiudbetooni tugevus- ja sitkusklassid. [7]

R_1 -luokka $f_{R,1}$ [MPa] Sitkeys- luokka (R_3/R_1)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
a (0,5–0,7)	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
b (0,7–1,0)	0,7	1,1	1,4	1,8	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6
c (1,0–1,1)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
d (1,1–1,3)	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8
e ($\geq 1,3$)	1,3	2,0	2,6	3,3	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4

Joonis 3.2. Kiudbetooni sitkusklasside graafik. [7]



Behavior of fiber concrete based on the beam test according to SFS-EN 14651.

3.4 Plaadi dimensioneerimine

Kiudbetoonplaadi arvutused on tehtud Soome õpijuhise arvutusülesannete järgi. Ülesanne on käsitletud töös analoogne – sisendiks on programmist saadud sisejõud, millele on järgi arvutatud plaadi kandevõime ja vajalik lisaarmatuur. [7]

3.4.1 Lähteandmed

Kiudbetooni koostis (Tabel 3.1): C30/37–R15/R25,5–d. Selliste tugevusnäitajatega on minimaalne betooni tugevusklass kiudbetooni tootja andmetel C30/37 [8].

Plaadi paksus: $h = 200$ mm.

Plaadi arvutuslaius: $b = 1$ m.

Betooni osavarutegurid [5]:

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

$$\alpha_{ct} = 1$$

Materjali omadused betoonil C30/37 [5]:

Normatiivne survetugevus: $f_{ck} = 30$ MPa

Arvutuslik survetugevus: $f_{cd} = 17$ MPa

Arvutuslik tõmbetugevus: $f_{ctd} = 1,35$ MPa

Normtõmbetugevus (95% tõenäosusega tagatud): $f_{ctk} = 2$ MPa

Keskmine elastsusmoodul: $E_{cm} = 33$ GPa

Kiudbetooni tugevusklassi väärtused (Tabel 3.1):

R1 tõmbetugevus: $f_{R,1} = 5$ MPa

R3 tõmbetugevus: $f_{R,3} = 5,5$ MPa

Kiudbetooni varutegurid:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$\gamma_{f,SLS} = 1$$

R1 jääktõmbetugevus [7]: $f_{ft,R1} = 0,45 * f_{R,1} = 2,25$ MPa

R3 jääktõmbetugevus [7]: $f_{ft,R3} = 0,37 * f_{R,3} = 2,035$ MPa

Koefitsient sõltuvalt valamise suunast [7]: $\eta_f = 1$

Koefitsient sõltuvalt konstruktsiooni staatilisest määramatusest [7]: $\eta_{det} = 2$

Jääktõmbetugevuse arvutuslikud väärtused [7]:

$$f_{ftd,R1} = \eta_f * \eta_{det} * \frac{f_{ft,R1}}{\gamma_f} = 3 \text{ MPa}$$

$$f_{ftd,R3} = \eta_f * \eta_{det} * \frac{f_{ft,R3}}{\gamma_f} = 2,713 \text{ MPa}$$

$$f_{ftd,R1,SLS} = \eta_f * \frac{f_{ft,R1}}{\gamma_{f,SLS}} = 2,25 \text{ MPa}$$

Lisaarmatuuri omadused (klass B500K):

Armatuuri diameeter: $\varphi_s = 6 \text{ mm}$

Kaitsekiht vastavalt punktis 2.5 ja väikese varuga: $c_{nom} = 25 \text{ mm}$

Kasuskõrgus x-telge pidi ehk töötavas suunas: [7]

$$d_s = h - c_{nom} - \frac{\varphi_s}{2} = 172 \text{ mm}$$

Armatuuri varutegur [7]: $\gamma_s = 1,15$

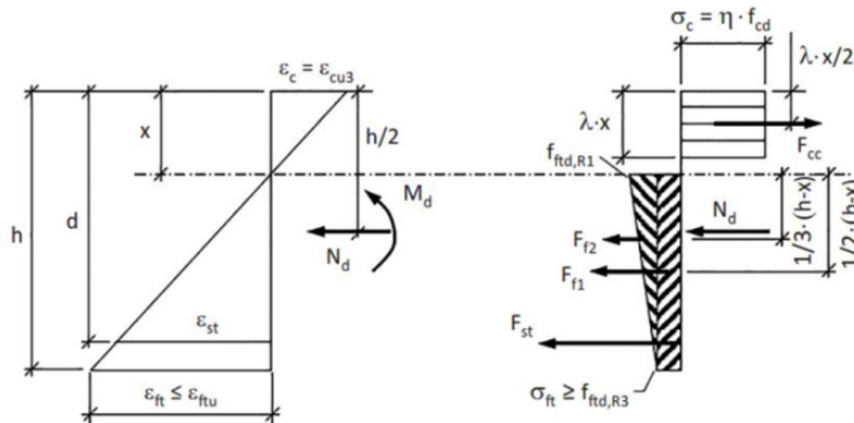
Armatuuri (B500K) normatiivne voolupiir [5]: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Armatuuri arvutuslik voolupiir: [5]

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434,7 \text{ MPa}$$

3.4.2 Paindekandevõime

Joonis 3.3. Neutraaltelje leidmine.



Kompressioon: [7]

$$\varepsilon_{c3} = 0,175\%$$

Suhteline deformatsioon: [7]

$$\varepsilon_{ct} = \frac{f_{ctd}}{E_{cm}} = 0,004\%$$

Pragude avanemise suurus (empiirilisel meetodil leitud väärtus, et valem töötaks): [7]

$$w_u = 2,5 \text{ mm}$$

Plaadi paksus:

$$l_s = h = 200 \text{ mm}$$

Deformatsioon sõltuvalt pragude suurusest: [7]

$$\varepsilon_{ftu} = \varepsilon_{ct} + \frac{w_u}{l_s} = 1,25\%$$

Neutraaltelje kaugus ristlõikest „x“ (Joonis 3.3) on leitud katsetusmeetodil, et kehtiks võrdus (võrrandisüsteemi lahendamine): $F_f + F_{st} = F_{cc}$ [7]

$$x = 34,85 \text{ mm}$$

Surve resultantjõu suurus: [7]

$$F_{cc} = \frac{x * f_{cd} * \frac{\varepsilon_{ftu}}{\varepsilon_{c3}} * x}{2} * b = 448 \text{ kN}$$

Resultantjõu suurus kiudude mõjust tõmbel: [7]

$$F_f = b * (h - x) * F_{ftd.R3} = 448 \text{ kN}$$

Resultantjõu suurus armatuuri mõjust tõmbel (armatuuri pole hetkel arvutuses kasutatud; $A_s = 0$) [7]:

$$F_{st} = A_{st} * f_{yd} = 0 \text{ kN}$$

Ristlõike ülemise serva suhteline deformatsioon: [7]

$$\varepsilon_{c.ü} = \frac{\varepsilon_{ftu}}{h - x} * x = 0,265\%$$

Ristlõike alumise serva suhteline deformatsioon: [7]

$$\varepsilon_{c.a} = \frac{h - x}{x} * \varepsilon_c = 1,254\%$$

Kandevõime paindel ilma lisaarmatuurita: [7]

$$M_{Rd} = F_{cc} * x * \frac{2}{3} + F_f * \frac{h - x}{2} + F_{st} * (d_s - x) = 47,41 \text{ kNm}$$

Kolmanda korruse plaadile mõjuv maksimaalne moment on 45,14 kNm (Joonis 2.5). Seal ei ole lisaarmatuur vajalik ja piisab kiudbetoonist kandevõime tagamiseks. Teise korruse vahelaeplaadi paindemoment ületab maksimaalset lubatud paindekandevõimet ühes tsoonis ja sinna on vaja arvutada lisaarmatuur.

3.4.3 Lisaarmatuur paindel

Armatuurvarda diameetriga Ø6 (φ_1) ristlõikepindala (a_1):

$$a_1 = \pi * \left(\frac{\varphi_1}{2}\right)^2 = 28,2 \text{ mm}^2$$

Armatuurvarda sammuks (s) on valitud 300 mm. Armatuuri ristlõikepindala meetri kohta (A_s):

$$A_s = \frac{a_1 * 1000}{s} = 94,2 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Neutraaltelje kaugus ristlõikest „ x “ (Joonis 3.3) on leitud katsetusmeetodil, et kehtiks võrdus: $F_f + F_{st} = F_{cc}$ [7]

$$x = 36,14 \text{ mm}$$

Resultantjõu suurus survele: [7]

$$F_{cc} = \frac{x * f_{cd} * \frac{\varepsilon_{ftu}}{h-x} * x}{2} * b = 485,5 \text{ kN}$$

Resultantjõu suurus kiudude mõjust tõmbel: [7]

$$F_f = b * (h - x) * F_{ftd.R3} = 444,6 \text{ kN}$$

Resultantjõu suurus armatuuri mõjust tõmbel: [7]

$$F_{st} = A_{st} * f_{yd} = 40,9 \text{ kN}$$

Kontroll „ x “ väärtusest:

$$F_f + F_{st} = 485,5 \text{ kN} = F_{cc} = 485,5 \text{ kN}$$

Kandevõime paindel koos lisaarmatuuriga: [7]

$$M_{Rd} = F_{cc} * x * \frac{2}{3} + F_f * \frac{h-x}{2} + F_{st} * (d_s - x) = 53,68 \text{ kNm}$$

Teise korruse plaadile mõjuv maksimaalne moment $M_{Ed} = 49,1$ kNm (Joonis 2.4). Igas tsoonis nii suurt momenti ei teki ja vastavates kohtades kus moment ületab 47,41 kNm (maksimaalne lubatud moment punktist 3.4.2), on vaja lisada lisaarmatuur $\varnothing 6$ sammuga 300 mm (Joonis 3.5). Moment ületab piirväärtuse tala kohal, kus ülemine plaadi kiht on tõmmatud ja armatuur on vaja lisada plaadi ülemisse kihti.

3.4.4 Põikjõukindlus ja APC sarrus

Progressseeruvat varingut takistav sarrus (APC raud) paigutatakse alumisse kihti, et avariolukorras lagi alla ei kukuks. Armatuur paigutatakse jätkuvana piki plaadi töötavat suunda. APC rauda paindekandevõime arvutamisel ei kasutata. [7]

Maksimaalne põikjõud vahelaeplaadile on $V_{Ed} = 90$ kN (Joonis 2.6 ja Joonis 2.7).

APC raua vajadus [7]:

$$A_{s,APC.vajalik} = \frac{V_{Ed}}{f_{yk}} = 180 \frac{mm^2}{m}$$

APC armatuurvarda diameetriga $\varnothing 16$ (φ_1) ristlõikepindala (a_1):

$$a_1 = \pi * \left(\frac{\varphi_1}{2}\right)^2 = 201 \text{ mm}^2$$

Armatuurvarda sammuks (s) tuleb 1000 mm. Armatuuri ristlõikepindala meetri kohta (A_s):

$$A_{s,APC} = \frac{a_1 * 1000}{s} = 201 \text{ mm}^2/m$$

Progressseeruvat varingut takistav sarrus $\varnothing 16$ on vaja lisada plaadi alumisse kihti sammuga 1 m. Arvestada tuleb kaitsekihiga (Keskkonna klassiga XC3 $c_{nom} = 30$ [5]) ja pragude kindluse mõttes pannakse varuga juurde $c_{nom} = 40$ mm. Sellisel juhul on APC raua vajadus rahuldatud.

Soome kiudbetooni õpijuhises on arvutusnäites välja arvatamata jäetud põikjõukandevõime, kuna kiudbetoonplaadil sellega üldiselt probleeme ei ole [7]. Põikjõule töötavad kiud ning APC sarrus.

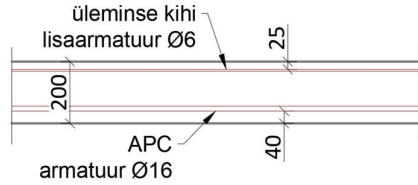
Itaalia juhendit järgides on võimalik vältida lisaarmatuuri põikjõule, kui kehtib järgmine võrratus ($f_{ft,R3}$ – normatiivne jääktõmbetugevus kiudbetoonil): [9]

$$f_{ft,R3} \geq \frac{\sqrt{f_{ck}}}{20}$$

$$2,035 \text{ MPa} \geq 0,274 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK!}$$

Joonisel (Joonis 3.4) on näha lisaarmatuuri ja APC armatuuri asukohti plaadis.

Joonis 3.4. Kiudbetoonplaadi lõige.



LÕIGE - KIUDBETOONPLAAT
1:20

3.4.5 Plaadi pragunemine

Rootsi kiudbetoon standardi järgi on toodud maksimaalsed lubatud pragude suurused vastavalt konstruktsiooniklassi ja keskkonnaklassi järgi (Tabel 3.2). Antud töös on teise korruse plaat osaliselt väliskeskkonnas ja maksimaalne lubatud pragude laius seal piirkonnas: $w_{\max} = 0,5 \text{ mm}$. Ülejäänud tsoonidele ei kehti pragude laiusest piiranguid. Hoone projekteeritav eluiga on 50 aastat (L50), siis kuulub see konstruktsiooniklassi S4 [5].

Kui konstruktsioonis kasutada teraskiude, võib tekkida mingil määral korrosiooni, kuid see on ainult esteetiline probleem ja pragude laius on oluline lisaarmatuuri kaitsekihile [9]. APC rauale on arvestatud kaitsekihile varuga otsa, mis teeb olukorra soodsamaks. Lähteülesandes on väliskeskkonna (XC3) betoon soojustuse all peidus ja ei ole nähtaval. Antud töös pole ligikaudset pragude laiust välja arvatud.

Tabel 3.2. Kiudbetooni pragude lubatud suurus. [10]

Exposure class	L50 w_{\max} ^{a)}	L100 w_{\max} ^{a)}
X0, XC1	- ^{b)}	- ^{b)}
XC2, XC3	0.5	0.4
XC4	0.4	0.3
XS1, XS2, XD1, XD2	0.3	0.2
XS3, XD3 ^{c)}	0.2	0.1

^{a)} For members with a combination of fibres and conventional or pre-stressed reinforcement, see SS 137010 concerning allowable crack widths with respect to exposure conditions.

^{b)} For X0, XC1 exposure classes, crack width has no influence on durability. Therefore its limit should be set to guarantee acceptable appearance and deformations.

^{c)} In exposure class XS3 or XD3 corroding steel fibres must be combined with conventional reinforcement for suspended decks, slabs or beams.

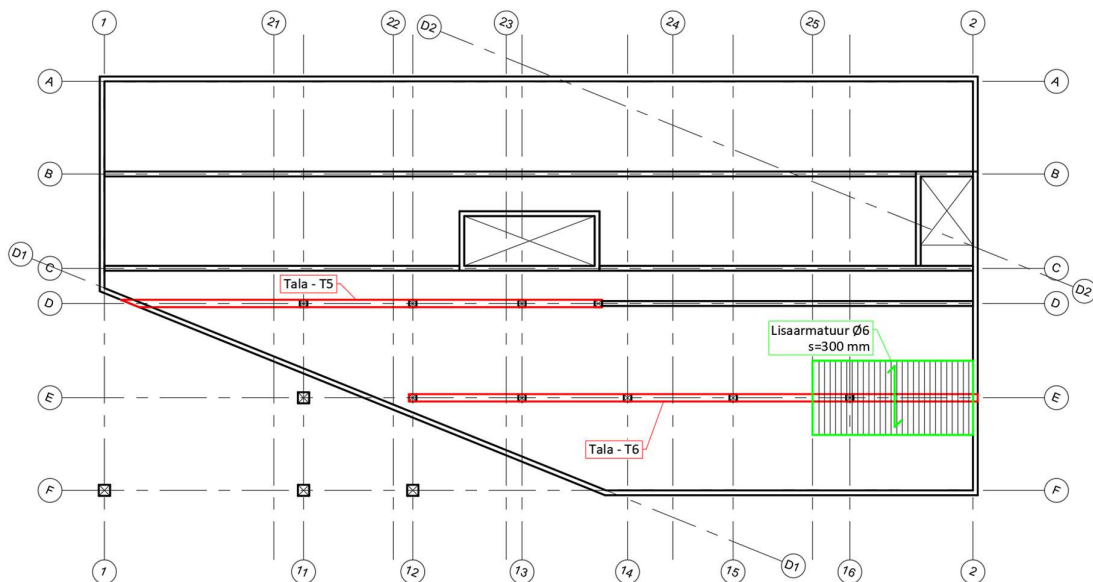
3.4.6 Läbipainde kontroll

Kiudbetoonplaadi läbipaine tuleb RSAP mudelist, kus betooniklassi C30/37 elastsusmooduli väärtus $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$ [5]. Armatuurvarrastega vahelae lahenduse (punktis 2.8) lubatud läbipaindest on kasutatud 25% (Joonis 2.25 ja Joonis 2.26). Betooniklassi C25/30 elastsusmooduli väärtus $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$ [5]. Eraldi kiudbetoonvahelae läbipainet ei pea kontrollima, kuna konstruktsiooni skeem on sama ja elastsusmoodulid väga sarnased – varu on.

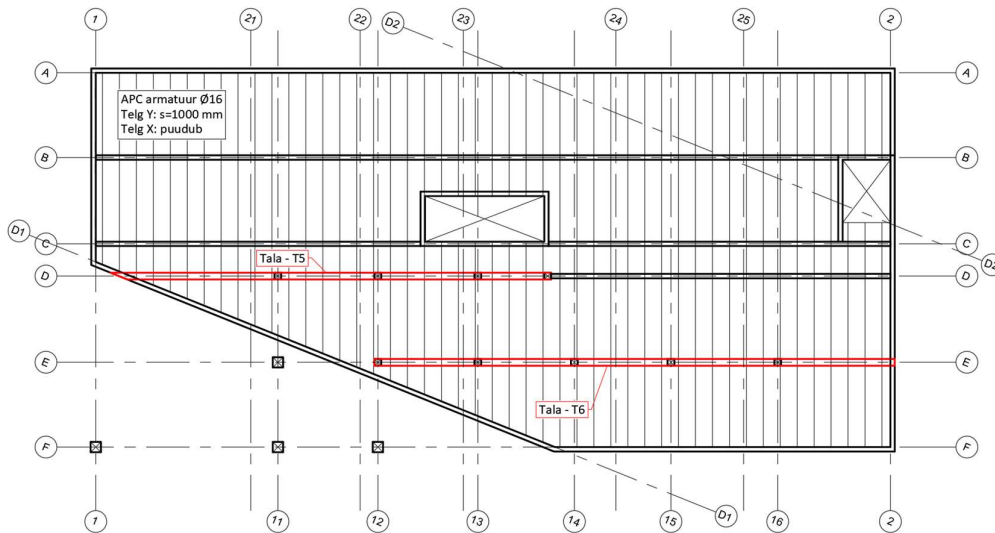
3.5 Lisatud armatuur plaadile

Kui kiudbetoon suudab sildel kanda vahelae ära ilma lisaarmatuurita, siis päris ilma lisatud armatuurita standardite järgi pole seda lubatud projekteerida. Kuid terase kogust varraste arvelt saab oluliselt vähendada. Joonistel (Joonis 3.5, Joonis 3.6 ja Joonis 3.7) on näha lisatud armatuuri koguseid ja kolmanda korruse ülemisse kiudbetoonplaadi kihti ei ole vaja lisada sarrust (pole sellest ka joonist).

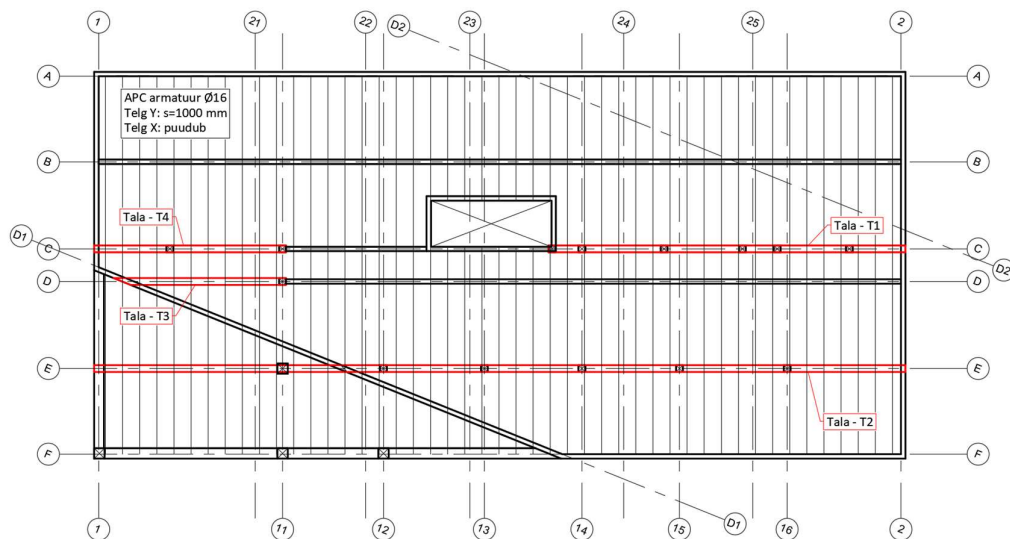
Joonis 3.5. Teise korruse lisaarmatuur ülemises kiudbetoonplaadi kihis.



Joonis 3.6. Teise korruse lisaarmatuur alumises kiubetoonplaadi kihis.



Joonis 3.7. Kolmanda korruse lisaarmatuur alumises kiubetoonplaadi kihis.



3.6 Talade dimensioneerimine

Kiubetoon töötab hästi põikjõule ja oluliselt saaks vähendada talades rangide arvu, kuid antud töösse ei mahtunud talade dimensioneerimine koos kiubetooniga. Konstruktsioon on piisavalt keeruline, et talade käsitsi dimensioneerimine läheks liiga mahukaks ja RSAP'iga pole võimalik kiubetoon konstruktsioonile arvutusi teha (või puuduvad vajalikud õpjuhised). Projekteeritav armatuur taladesse jääb kiubetooniga vahelael samaks, nagu see oli armeeritud vahelae lahendusel. Võrdlus toimub ainult vahelaeplaadi põhjal. Järgnevates uurimistöodes on võimalik tulevikus edasi uurida talade optimeerimist kiubetooniga.

4 VAHELAGEDE VÕRDLUS

Armeeritud vahelael ja kiudbetoonist vahelael on skeemid jäetud samasuguseks, et oleks lihtsam neid võrrelda (plaadi paksus on mõlemal puhul 200 mm). Betooni mahu poolest on lahendused samad, kuid erineb betoonis terase maht ja vahelagede konstrueerimine. Eeldatud on, et terase maht on suurem armeeritud vahelagede lahendusel, kuid oluliselt suurem armeerimiseks kuluv tööressurs.

4.1 Tehniline lahendus

4.1.1 Kiudbetooni eelised

Kiudbetoonist vahelagede eelised võrreldes armeeritud vahelagedega [11]:

- Ajakulu väiksem – armatuuri hankimine, transport, hoiustamine, paigaldamine, kontroll jne.
- Armatuuri hoiustamiseks objektile ei ole vaja nii suurt laoplatsti.
- Mahukahanemisest tulenev pragunemisriskide oht on väiksem.
- Löögikindlus betoonil suureneb.
- Armeerimine on palju lihtsam ja sellest ka mugavam kasutada.

4.1.2 Kiudbetooni puudused

Kiudbetoonist vahelagede puudused võrreldes armeeritud vahelagedega [11]:

- Kiudbetooni pole piisavalt veel uuritud ja materjale selle kohta on vähe.
- Kiud paiknevad plaadi ristlõikes suvaliselt ja dimensioneerimine on ligikaudne.
- Dimensioneerimisele ja projekteerimisele puuduvad kindlad regulatsioonid.

4.2 Mahud

4.2.1 Betooni maht

Mõlema lahenduse betooni maht kahel vahelael on sama (Tabel 4.1). Mahtude sisend on võetud lähteülesandest.

Tabel 4.1. Vahelagede betooni maht (m³).

	Väärtus	Ühik
2. korruse plaadi pindala	858	m ²
3. korruse plaadi pindala	1017	m ²
Plaadi pindala kokku	1875	m ²
plaadi paksus	0,2	m
Plaadi maht	375	m ³
Talade pikkus kokku	143,5	jm
Tala ristlõikepindala	0,2	m ²
Talade maht	28,7	m ³
Vahelagede ruumala kokku	403,7	m ³

Vahelagedele kulub mõlema lahenduse jaoks ümardatult 405 m³ betooni (Tabel 4.1).

4.2.2 Teras sisaldus armeeritud vahelaes

Talade armatuur ei ole arvestatud terase mahtu, kuna mõlemal lahendusel on hetkel arvestatud sama armatuuri mahuga. Kui kiudbetoonlahendusel on võimalik ka talade dimensioneerimisel optimeerimist, kuid võrdlusesse on arvesse võetud ainult mahud, mis erinevad käsitletud lahendustel.

Tabelites (Tabel 4.2,

Tabel 4.3 ja Tabel 4.4) on toodud armatuurvarraste kogused.

Andmed tabelitesse on võetud armeerimisjooniselt (Joonis 2.17, Joonis 2.18, Joonis 2.19 ja Joonis 2.20).

Tabel 4.2. Põhiarmatuuri kogus vahelaeplaadil (kg).

	Väärtus	ühik
Diameeter	12	mm
Varda ristlõige	113,1	mm ²
Samm	140	mm
Ristlõige meetri kohta	807,8	mm ² /m
Ristlõige üleval ja all kihis	1615,7	mm ² /m
Ristlõige üleval ja all kihis mõlemat telge pidi	3231,4	mm ² /m
Terase ruumala m ² kohta	0,0032	m ³ /m ²
Terase tihedus	7800[1]	kg/m ³
Terase mass m ² kohta	25,2	kg/m ²
Plaadi pindala	1875	m ²
Terase mass	47259	kg

Tabel 4.3. Lisaarmatuuri kogus vahelaeplaadil (kg).

	Väärtus	ühik
Diameeter	12	mm
Varda ristlõige	113,1	mm ²
Samm	420	mm
Ristlõige meetri kohta	269,3	mm ² /m
Terase ruumala m ² kohta	0,0003	m ³ /m ²
Terase tihedus	7800[1]	kg/m ³
Terase mass m ² kohta	2,10	kg/m ²
Lisaarmatuuriga tsooni pindala	450	m ²
Terase mass	945	kg

Tabel 4.4. Terase maht betooni mahu kohta (kg/m³).

	Väärtus	ühik
Terast plaadis kokku	48204	kg
Vahelae maht	403,7	m ²
Terast m ³ kohta	119,40	kg/m ³

Põhiarmatuur Ø12 sammuga 140 mm asub plaadis mõlema telje sihis (nagu võrk) ja kahes kihis. Kahe vahelae põhiarmatuuri mass on 47 259 kg. (Tabel 4.2)

Lisaks on vahelae plaadil veel lisaarmatuur, mis asub plaadis ühe telje sihis ja ainult ühes kihis. Kahe vahelae lisaarmatuuri mass on kokku 945 kg. (Tabel 4.3)

Terase mass armeeritud vahelael ühe kuupmeeter betooni kohta on ümardatult 120 kg/m³ (Tabel 4.4).

4.2.3 Terase sisaldus kiudbetooniga vahelaes

Tabelites (Tabel 4.5, Tabel 4.6 ja Tabel 4.7) on toodud armatuurvarraste kogused. Terase massile lisandub ka veel teraskiud.

Andmed tabelitesse on toodud armeerimisjoonistelt (Joonis 3.5, Joonis 3.6 ja Joonis 3.7).

Tabel 4.5. Lisaarmatuuri maht kiudbetooniga vahelaes (kg).

	Väärtus	ühik
Diameeter	6	mm
Varda ristlõige	28,3	mm ²
Samm	300	mm
Ristlõige meetri kohta	94,2	mm ² /m
Terase ruumala m ² kohta	0,0001	m ³ /m ²
Terase tihedus	7800	kg/m ³
Terase mass m ² kohta	0,74	kg/m ²
Lisaarmatuuriga tsooni pindala	35	m ²
Terase mass	26	kg

Tabel 4.6. APC armatuuri maht kiudbetoon vahelael (kg)

	Väärtus	ühik
Diameeter	16	mm
Varda ristlõige	201,1	mm ²
Samm	1000	mm
Ristlõige meetri kohta	201,1	mm ² /m
Terase ruumala m ² kohta	0,0002	m ³ /m ²
Terase tihedus	7800	kg/m ³
Terase mass m ² kohta	1,57	kg/m ²
Vahelagede pindala	1875	m ²
Terase mass	2941	kg

Tabel 4.7. Armatuurterase maht betooni mahu kohta kiudbetoon vahelael (kg/m³).

	Väärtus	ühik
Terast plaadis kokku	2966	kg
Vahelae maht	403,7	m ²
Terast m ³ kohta	7,35	kg/m ³

Lisaarmatuur projekteeriti ainult teise korruse vahelakke ühes tsoonis ülemisse kihti (Joonis 3.5). Selle armatuuri mass on 26 kg (Tabel 4.5).

APC armatuur asub kiudbetoon vahelagede alumises kihis terves ulatuses ja ainult ühte telje sihis (Joonis 3.6 ja Joonis 3.7). Selle sarruse mass on kokku 2941 kg (Tabel 4.6).

Armatuurterase maht betooni mahus on kokku (APC raud + lisaarmatuur) ümardatult 8 kg/m³ (Tabel 4.7).

Kiudbetooniklass C30/37-R_{15,0}/R_{35,5}-d on saavutatav teraskiudude kombinatsiooniga BT-HE 75/50, mille kiudude sisaldus on 65 kg/m³ [8]. Betooni maht on 405 m³ ja kiudude kogus on 65 * 405 = 26 241 kg.

Terase mass kiudbetoon vahelael ühe kuupmeeter betooni kohta kokku on 65 + 8 = 73 kg/m³.

4.2.4 Mahtude võrdlus

Mahtude võrdluseks on võetud ainult plaadi armatuuri maht ja kogu vahelae betooni maht (talade betooni maht on arvestatud, kuid mitte armatuuri maht). Ainult armatuurvarrastega armeeritud vahelae terase sisaldus on 120 kg/m³ ja kiudbetoon vahelael koos lisaarmatuuriga 73 kg/m³.

Kiudbetoonist vahelael on terase vajadus oluliselt väiksem kui armeeritud vahelael. Kuid kiudude ja armatuurvarraste teraste koostis on teine – armatuurvarrastel $f_{yk} = 500$ MPa, kiududel $f_{yk} = 1000$ MPa.

4.3 Maksumus

Ühikute hinnad on saadud peatöövõtja Savekate OÜ käest 2021 aasta keskmiste hindade järgi, kui ehitusmaterjalide hind oli stabiilsem praegusest olukorrast.

Eelarvestamisel on arvestatud ainult hindu, mis on erinevad kahel erineval lahendusel ja see pole vahelagede lõplik hind. Arvestatud on armeerimiseks kuluva tööressursi maksumusega ning terase ja betooni hindadega. Muuhulgas on arvestamata jäetud transport, raketiste paigaldus/rent ja pumpamise kulud, sest mõlemal vahelael on need kogused samad ja nendel hindadel puuduvad erinevused.

Ühikute neto hinnad (materjalidel pole arvestatud käibemaksu ja tööjõul pole arvestatud sotsiaalmaksu):

- C25/30 betooni m³ hind – 65 €
- C30/37 betooni m³ hind – 70 €
- Armatuurterase hind (B500K) – 0,85 €/kg
- Teraskiudude hind koos doseerimistasuga – 1,87 €/kg
- Armeerimistöode hind terase massi kohta – 0,35 €/kg

Mahud on võetud punkti 4.2 alusel.

4.3.1 Armeeritud vahelagi

Bruto maksumusel (Tabel 4.9) on arvestatud materjalide hinnale juurde käibemaks 20% ja tööjõukulule sotsiaalmaks 33%. Neto maksumusel (Tabel 4.8) on arvestatud neto ühik hindadega.

Tabel 4.8. Armeeritud vahelae neto maksumus.

	Väärtus	ühik
Armeerimise hind kg terase kohta	0,35	€/kg
Terase hind B500K	0,85	€/kg
Betooni hind C25/30	65	€/m ³
Terase kogus B500K	49168	kg
Betooni maht	405	m ³
Armeerimise hind kokku	17208,72	€
Terase B500K hind kokku	41792,61	€
Betooni hind kokku	26325,00	€
Kogu maksumus neto	85731,33	€

Tabel 4.9. Armeeritud vahelae bruto maksumus.

	Väärtus	ühik
Armeerimise hind kg terase kohta	0,4655	€/kg
Terase hind B500K	1,02	€/kg
Betooni hind C25/30	78	€/m ³
Terase kogus B500K	48204	kg
Betooni maht	405	m ³
Armeerimise hind kokku	22438,82	€
Terase B500K hind kokku	49167,77	€
Betooni hind kokku	31590,00	€
Kogu maksumus bruto	103601,60	€

Eelarvestatud bruto maksumus võrdlusesse toodud materjalide ja tööjõududega on armeeritud vahelae lahendusel 103 601,6 € (Tabel 4.9).

4.3.2 Kiudbetoonist vahelagi

Bruto maksumusel (Tabel 4.10) on arvestatud materjalide hinnale juurde käibemaks 20% ja tööjõukulule sotsiaalmaks 33%. Neto maksumusel (Tabel 4.9) on arvestatud neto ühik hindadega.

Tabel 4.10. Kiudbetoonist vahelae neto maksumus.

	Väärtus	ühik
Armeerimise hind kg terase kohta	0,35	€/kg
Terase hind B500K	0,85	€/kg
Teraskiudude hind koos doseerimistasuga	1,87	€/kg
Betooni hind C30/37	70	€/m ³
Terase kogus B500K	2966	kg
Teraskiudude kogus	26241	kg
Betooni maht	405	m ³
Armeerimise hind kokku	1038,19	€
Terase B500K hind kokku	2521,32	€
Teraskiudude hind kokku	49069,74	€
Betooni hind kokku	28350,00	€
Kogu maksumus neto	80979,25	€

Tabel 4.11. Kiudbetoonist vahelae bruto maksumus.

	Väärtus	ühik
Armeerimise hind kg terase kohta	0,4655	€/kg
Terase hind B500K	1,02	€/kg
Teraskiudude hind koos doseerimistasuga	2,244	€/kg
Betooni hind C30/37	84	€/m ³
Terase kogus B500K	2966	kg
Teraskiudude kogus	26241	kg
Betooni maht	405	m ³
Armeerimise hind kokku	1380,79	€
Terase B500K hind kokku	3025,59	€
Teraskiudude hind kokku	58883,68	€
Betooni hind kokku	34020,00	€
Kogu maksumus bruto	97310,06	€

Eelarvestatud bruto maksumus võrdlusesse toodud materjalide ja tööjõududega on kiudbetooniga vahelae lahendusel 97 310,06 € (Tabel 4.11).

4.3.3 Maksumuse võrdlus

Maksumuse võrdlusel on arvestatud ainult bruto hindu (koos käibe- ja sotsiaalmaksuga). Neto hindu omavahel võrreldes tuleb teine tulemus, kuna kahel erineval lahendusel on erinev vajadus tööjõule, mis sotsiaalmaksu ja käibemaksu erinevuse korral muudab tulemust. Lahendustel on lõpphind võetud ainult kasutatavatest materjalidest (teras ja betoon) ja armeerimistöödest. Materjalidest välja on jäetud vaid talade armatuur, kuna antud töös on mõlemal lahendusel see maht sama ja võrdlusmomenti pole.

Armatuurvarrastega vahelagede lahendusel on armeerimistööde bruto hind 22 438,82 € (Tabel 4.9), kiudbetooniga lahendusel aga 1 380,79 €. Bruto hinna erinevus armeerimistöödel on $22\,438,82 - 1\,380,79 = 21\,058,03$ €. Armeerimistööde peale kulub oluliselt rohkem ressursi armatuurvarrastega lahendusel.

Armatuurvarrastega vahelagede lahendusel on terase hind 49 167,77 € (Tabel 4.9), kiudbetooniga lahendusel on terase hind kokku $3\,025,59 + 58\,883,68 = 61\,909,27$ € (Tabel 4.11). Bruto hinna erinevus kahe lahenduse vahel on $61\,909,27 - 49\,167,77 = 12\,741,5$ €. Kiudbetooniga lahendusel on terase materjali maksumus oluliselt suurem.

Armatuurvarrastega vahelagede lahendusel on betooni bruto hind 31 590,00 € (Tabel 4.9), kiudbetooniga lahendusel aga 34 020,00 €. Bruto hinna erinevus betoonil on $31\,590,00 - 34\,020,00 = 2\,430,00$ €. Kiudbetooniga lahendusel on valitud betooni tugevusklassiks tugevam betoon, mis on ka kallima hinnaga.

Armatuurvarrastega vahelagede lahendusel on bruto maksumus 103 601,6 € (Tabel 4.9), kiudbetooniga lahendusel on 97 310,06 € (Tabel 4.11). Bruto hinna erinevus kahe lahenduse vahel on $103\,601,6 - 97\,310,06 = 6\,291,53$ €. Odavam lahendus tuleb kiudbetooniga.

Töös kasutatud metoodika ja ühiku hindadega on kahe korruse vahelagede võrdlemisel saadud tulemus, et majanduslikult on mõttekam lahendada vahelae konstruktsioon kiudbetooniga. Käsitletud mahu kohta on hinna võit üle 6000 € (ca. 6%).

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö lähteinfo on arhitektuurne eskiismudel uusehitisest Tartus Raadi linnaosas Puiestee tänaval, mis on koostatud töö autori poolt. Hoone põhjal oli teostatud teise ja kolmanda korruse monoliitbetoonist vahelagede konstruktiivsed arvutused kahe erineva lahenduse põhjal.

Töö teises osas dimensioneeriti vahelae plaadi ja talade armatuur. Plaadi põhiarmatuuriks saadi B500K Ø12 sammuga 140 mm mõlema telje sihis, nii ülemises, kui ka alumises pinnas. Lisaks oli vajalik ka mõnes piirkonnas lisaarmatuur. Talade dimensioneerimise tulemused on esitatud graafilises osas.

Töö kolmandas osas määrati kiudbetooni tugevusklass ja dimensioneeriti lisaarmatuur kohtades, kus oli see arvutuslikult vajalik. Kiudbetoonile määrati tugevusklass C30/37, BT-HE75/50, 65 kg/m³. Viimasest tugevusklassist ei piisanud igale vahelae tsoonile ja vajalik oli dimensioneerida lisaarmatuur. Lisaks tuli vahelaes ette näha progresseeruvat varingut takistav sarrus (APC sarrus), mis paigutatakse tervele plaadile alumisse kihti B500K Ø16 sammuga 1000 mm. Talade armatuuri optimeerimine kiudbetooniga siia töösse ei mahtunud – see on hea teema tulevasteks uurimustöödeks.

Töö neljandas osas on võrreldud kahe lahenduse mahte ja hindu. Armeeritud vahelae lahendusel on terase maht suurem, kuid kasutatav teras on odavam. Lisaks kulub armeerimistöodele oluliselt rohkem ressursi võrreldes kiudbetooniga. Kiudbetoonist vahelagede lahendusel on terase mass väiksem, kuid kiudude hind on kallim. Kokkuvõttes tuleb kahe korruse vahelagede hindade erinevus üle 6000 € (ca. 6%) ja selgus, et majanduslikult on otstarbekam vahelaed lahendada kiudbetooniga.

Kahe erineva lahenduse võrdlemisel eeldati, et kiudbetooniga saab vahelagede ehitustöid kiiremalt teostada ja terase kulu on väiksem. Arvutuste ja hindade võrdluse tulemusel ilmnis selgelt, et hüpotees sai tõestatud. Optimaalsem on töö aluseks võetud hoone näitel vahelagesid ehitada kiudbetooniga. Tulevikus tasub objektidel kaaluda rohkem kiudbetooni kasutusele võtmist.

SUMMARY

The base information of this work is an architectural sketch of a new building on Puiestee Street in the Raadi district of Tartu, created by the author of this thesis. Constructive calculations of the second and third floor monolithic concrete ceilings were performed with two different solutions.

In the second part of the work, the reinforcement of the slab and beams was dimensioned. The main reinforcement of the plate is B500K Ø12 with a center-to-center dimension being 140 mm, both axes and both bottom and top layer. Additional reinforcement was required in some areas. The results of the beam dimensioning are in the graphical part.

In the third part of the work, the strength class on fiber concrete was determined and additional reinforcement was dimensioned where it was needed. The strength class of C30/37, BT-HE75/50, 65 kg/m³ was chosen for the fiber concrete. This strength class was not enough for each zone of the slab ceiling and additional reinforcement was dimensioned. In addition, anti-progressive collision (APC) reinforcement was required for the ceiling, which was placed on the entire slab in the lower layer (B500K Ø16 with 1000 mm increments). Optimization of beam reinforcement with fiber concrete did not fit into this work – it will be possible to research it in the future.

In the fourth part of the work, the volumes and prices of the two solutions are compared. The slab ceiling solution with only reinforcement has a larger steel volume, but that steel is cheaper. In addition, installation of the reinforcement requires significantly more labor. The solution of fiber concrete ceilings has a smaller volume of steel, but the price of the steel fiber is higher. In summary, the price difference in concrete slab ceilings is over 6000€, which is approximately 6%. It turned out that it is more economically advantageous to solve it with fiber concrete.

With two different solutions, it was assumed that ceilings with fiber concrete could be constructed faster and the relative volume of the steel would be lower. A comparison of calculation results and prices showed that the assumptions were met. Based on the analysis, the author concludes that with this building it is more optimal to construct concrete slab ceilings with fiber concrete and in the future it would be worth to consider using it more.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] I. Talvik, 2014, Koormused, „Ehituskonstruktori Käsiraamat“ (4. trükk), lk. 179-210, EHITAME kirjastus.
- [2] Paroc, 2022, „PAROC FPB 10“, <https://paroc.com/thermal-resistance-table>
- [3] Bauroc, 2017, „Tehnilised näitajad Bauroc“.
- [4] Saint-Gobain Finland Oy / ISOVER, 2019, „ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION ISOVER FLO“, www.epd-norge.no
- [5] V. Otsmaa, 2014, Raudbetoon, „Ehituskonstruktori Käsiraamat“ (4. trükk), lk 264-362, EHITAME kirjastus
- [6] Concrete Society, 2007, „Guidance for the design of steel-fibre-reinforced concrete“
- [7] Suomen Betoniyhdistys ry, 2018, „Treäskuitubetonirakendteiden suunnitteluohje by66“, Grano oy kirjastus
- [8] Betotrade, 2016, „TOIMIVUSDEKLARATSIOON teraskiud BT-HE75x50“
- [9] Italian National research council, 2006, „Guide for the Design and Construction of Fiber-Reinforced Concrete Structures“
- [10] Svensk standard, „SIS_812310 Standard“
- [11] R. Aren, 2015, Magistritöö, „KIUDBETOONI KASUTAMINE EHTUSES JA SELLE MEHAANILISED OMADUSED“

LISAD

L1.2. Disainistuudio III aines koostatud plakatid

Plakatid on tehtud töö autori poolt aines Disainistuudio III.

Joonis 0.1. Kvartali plakat.

KVARTAL PUIESTEE TÄNAVAL

Koostaja: Ott Asi
Juhendajad: Jiri Tintera, Taisi Kadarik
Tartu 01.14.2022



Kvartal asub Tartus Raadi linnaosas, puiestee ja kasarmu tänava vahel. Kvartali suurus on 2,2ha ja sinna on paigutatud 6 kortermaja, millest ühel on kaks korrust äripindu. Puiestee poole on äripindadele mõeldud plats koos terrassidega, kus suvel asub välimööbel. Sisehoove kujuneb kvartalil kaks, mille keskel asuvad laste mänguväljad. Kõik teed majade vahel on mõeldud jalakäiatele, mille äärtes asuvad ka pargipingid. Keset kvartalit on mõeldud grillinurk koos grillide ja laudadega, kus kvartali elanikud saavad aega veeta.

Parkimise asukohad on kvartalil paigutatud võimalikult peitu. Need asuvad väljaspool maju. Kahe hoone parkla on paigutatud maa alla. Hoonete fassaadide välimised kihid on hall tellis või betoon.



Joonis 0.2. Hoone plakat.

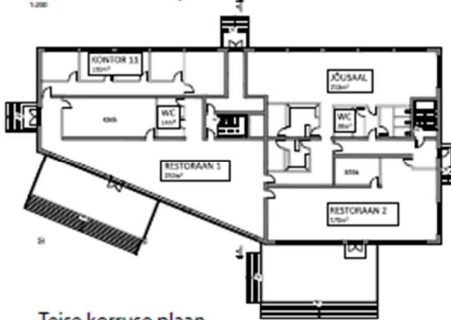


KORTERMAJA ÄRIPINDADEGA



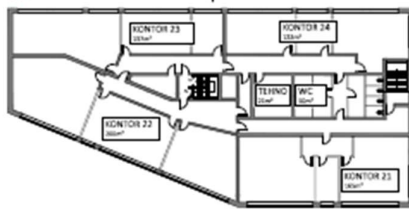
Koostaja: Ott Asi
Juhendajad: Jiri Tintera, Taisi Kadarik
Tartu 01.14.2022

Esimese korruse plaan
1:100



Hoone asub Tartus Raadi linnaosas, puistee tänaval. Majal kaks esimest korrust on äripinnad ja kaks ülemist korrust on elamispiinad. Hoonealune ehituspind on 1100m² (47,8x23m). Parkimine on maa-alune parkla asub kõrvalmajas, millest läheb maa-alune tunnel trepikotta. Kahe esimese korruse pealmine fassaadi materjal on betoon ja kahele ülemisel korrusel on hall tellis.

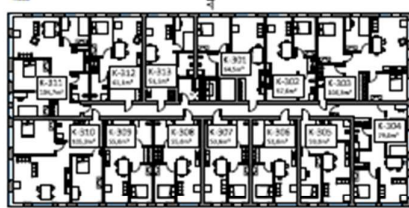
Teise korruse plaan
1:100



Lõige
1:100



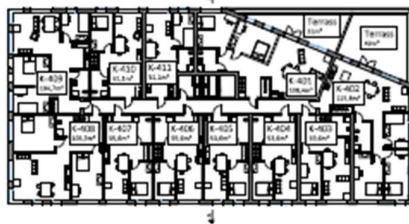
Kolmanda korruse plaan
1:100



Vaade Lõunast
1:100



Neljanda korruse plaan
1:100



Vaade põhjast
1:100



Vaade Läänest
1:100



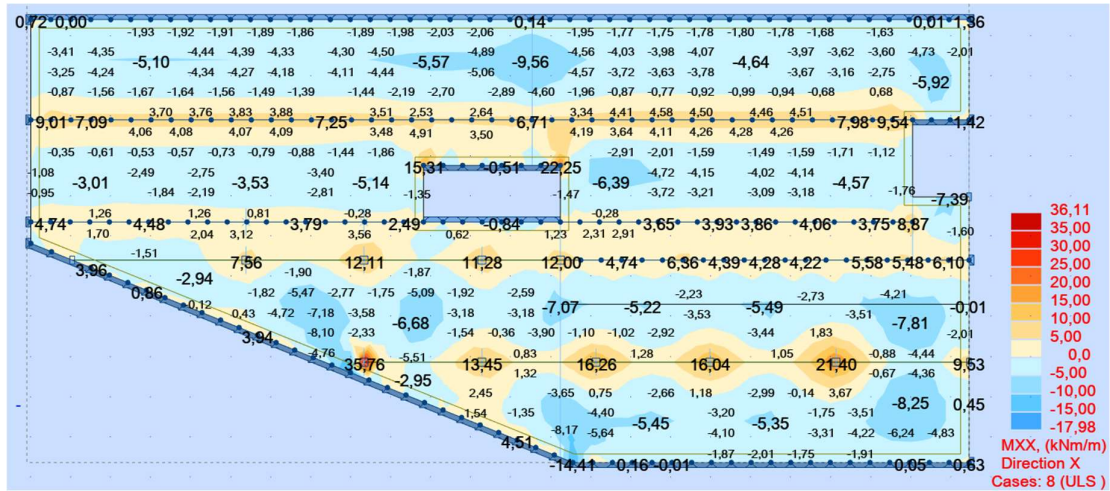
Vaade Idast
1:100



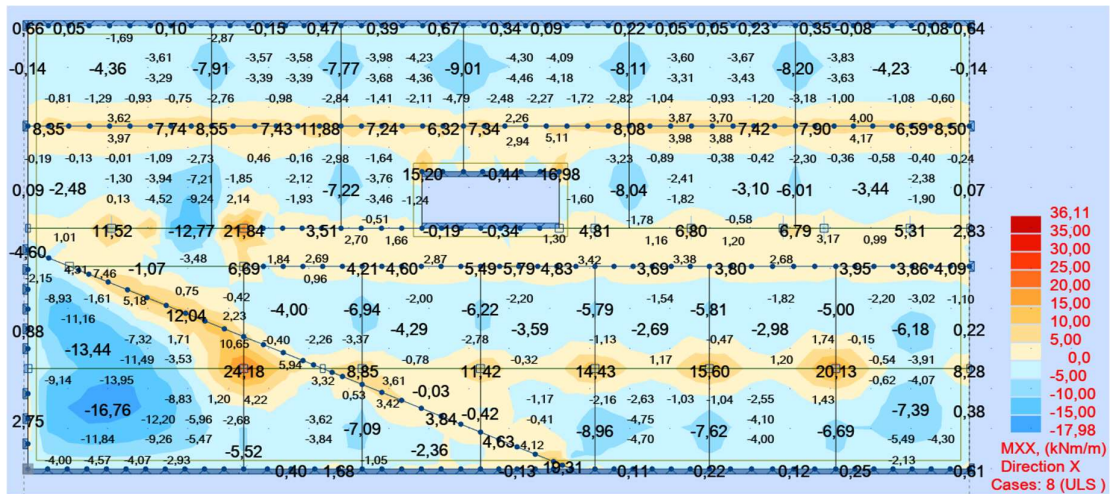
L2.4. Plaadi sisejõud risti töötavat suunda

Kuvatõmmised RSAP'ist.

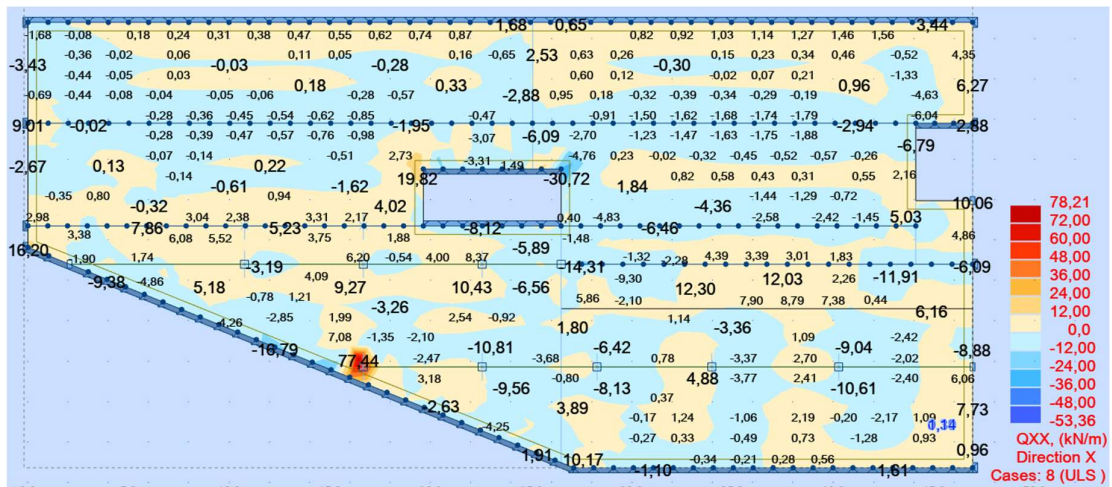
Joonis 0.3. Teise korruse plaadile mõjuv moment (kNm) risti töötavat suunda.



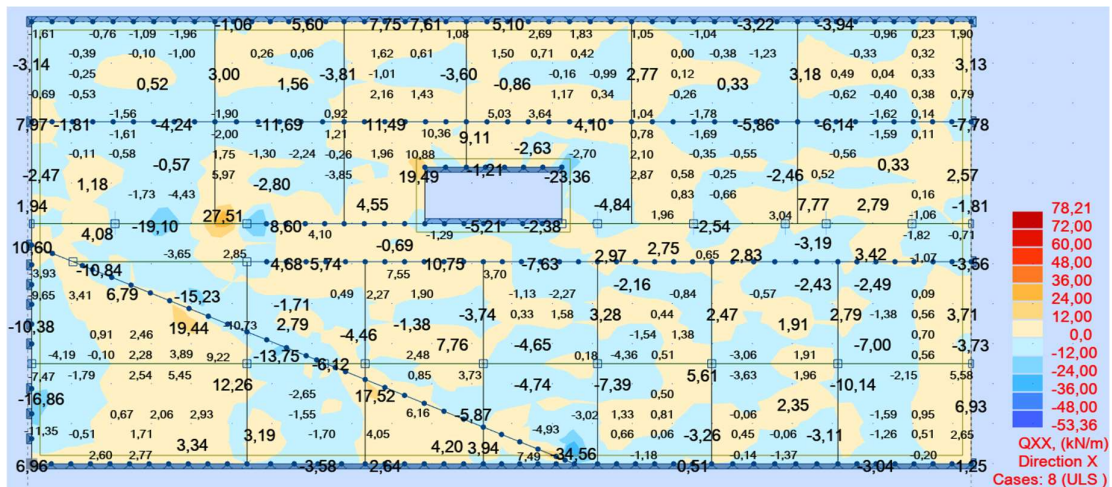
Joonis 0.4. Kolmanda korruse plaadile mõjuv moment (kNm) risti töötavat suunda.



Joonis 0.5. Teise korruse plaadile mõjuv põikjõud (kN) risti töötavat suunda.



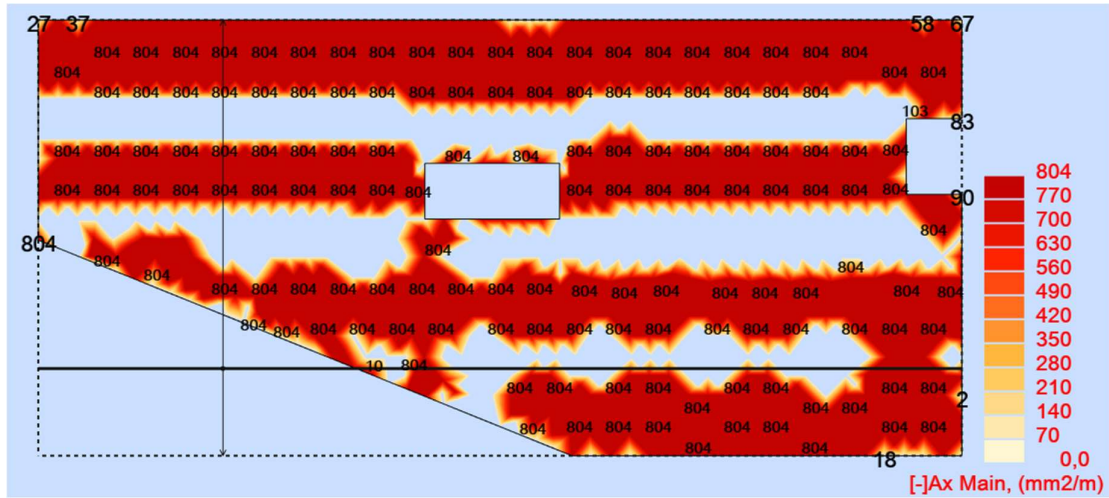
Joonis 0.6. Kolmanda korruse plaadile mõjuv põikjõud (kN) risti töötavat suunda



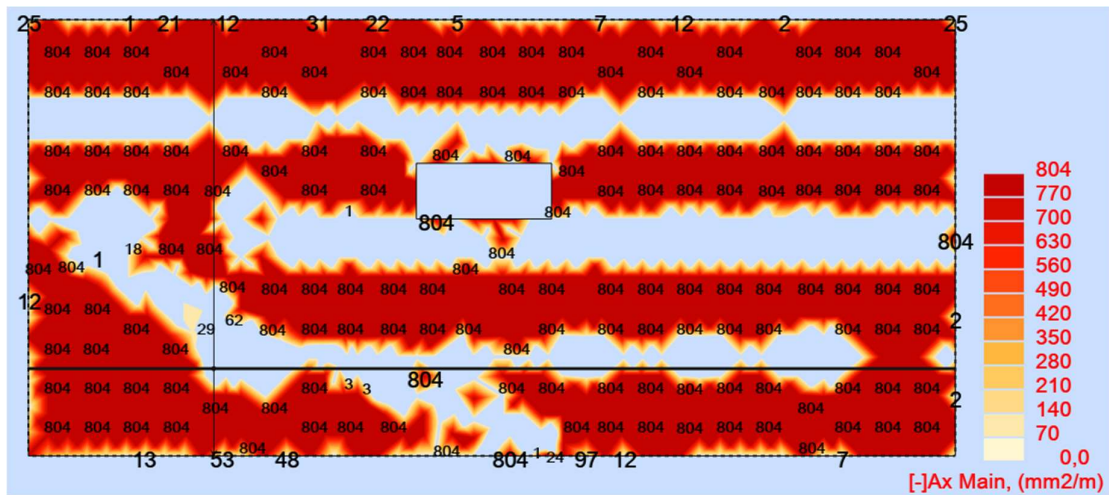
L2.5. Armatuuri vajadus risti töötavat suunda

Kuvatõmmised RSAP'ist.

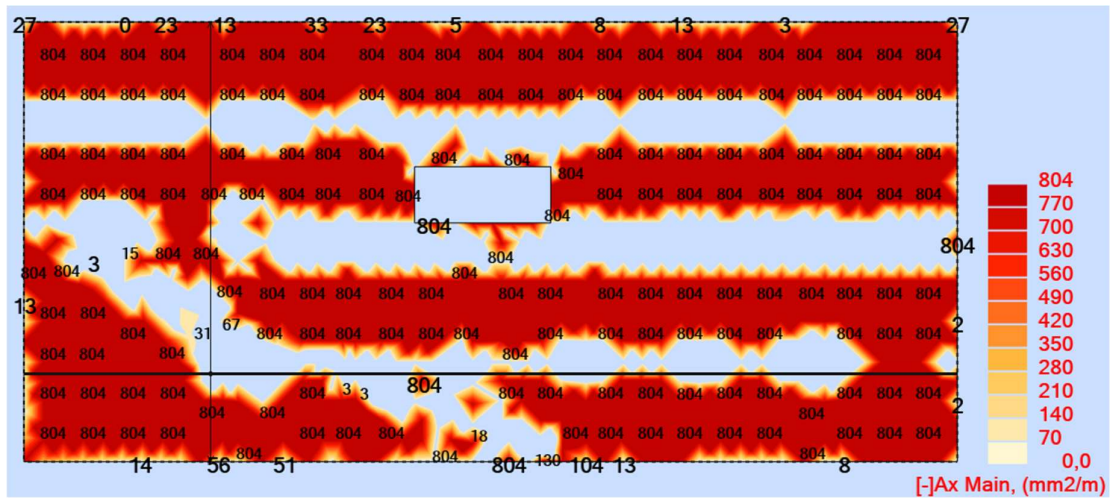
Joonis 0.7. Teise korruse armatuuri vajadus plaadi alumises kihis risti töötavat suunda (mm²/m).



Joonis 0.8. Kolmanda korruse armatuuri vajadus plaadi alumises kihis risti töötavat suunda (mm²/m).



Joonis 0.11. Kolmanda korruse armatuuri vajadus plaadi alumises kihis risti töötavat suunda välitingimustes (mm²/m).



GRAAFILINE OSA

Joonis 01 – Esimese korruse plaan

Joonis 02 – Teise korruse plaan

Joonis 03 – Kolmanda korruse plaan

Joonis 04 – Neljanda korruse plaan

Joonis 05 – Hoone lõige

Joonis 06 – Teise korruse konstruktiivne skeem

Joonis 07 – Kolmanda korruse konstruktiivne skeem

Joonis 08 – Tala – T1

Joonis 09 – Tala – T2

Joonis 10 – Tala – T3

Joonis 11 – Tala – T4

Joonis 12 – Tala – T5

Joonis 13 – Tala – T6

Joonis 14 – Teise korruse vahelaepaadi armeering -

Joonis 15 – Kolmanda korruse vahelaepaadi armeering -

Joonis 16 – Teise korruse vahelaepaadi armeering +

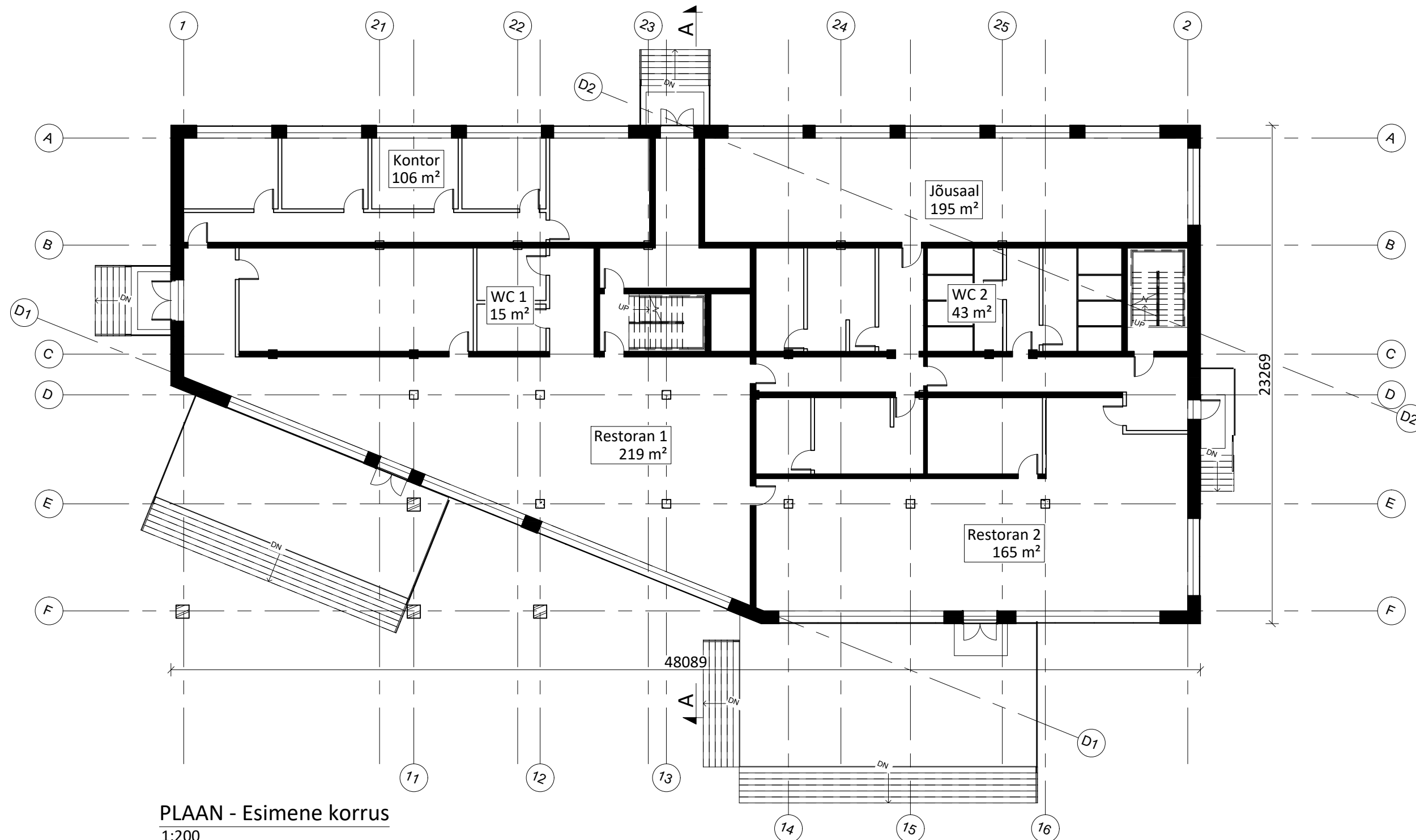
Joonis 17 – Kolmanda korruse vahelaepaadi armeering +

Joonis 18 – Teise korruse kiudvahelaepaadi armeering -

Joonis 19 – Kolmanda korruse kiudvahelaepaadi armeering -

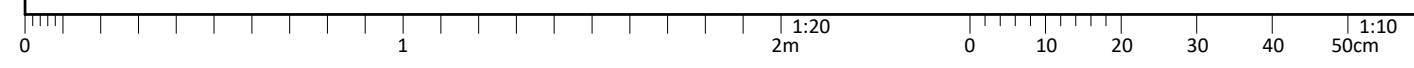
Joonis 20 – Teise korruse kiudvahelaepaadi armeering +

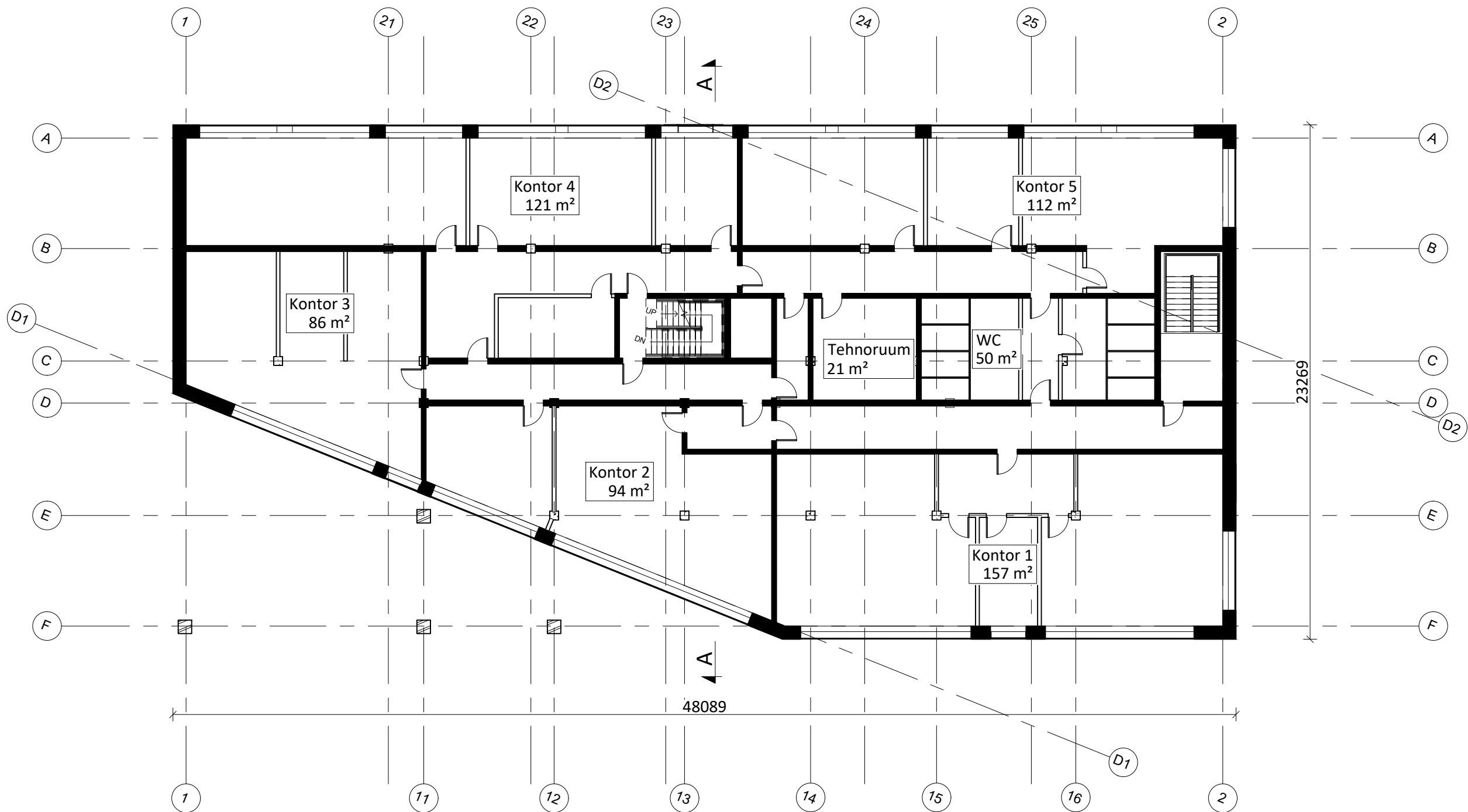
Joonis 21 – Kolmanda korruse kiudvahelaepaadi armeering +



PLAAN - Esimene korrus
1:200

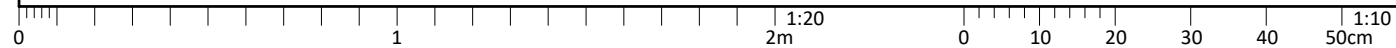
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Esimese korruse plaan
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 01

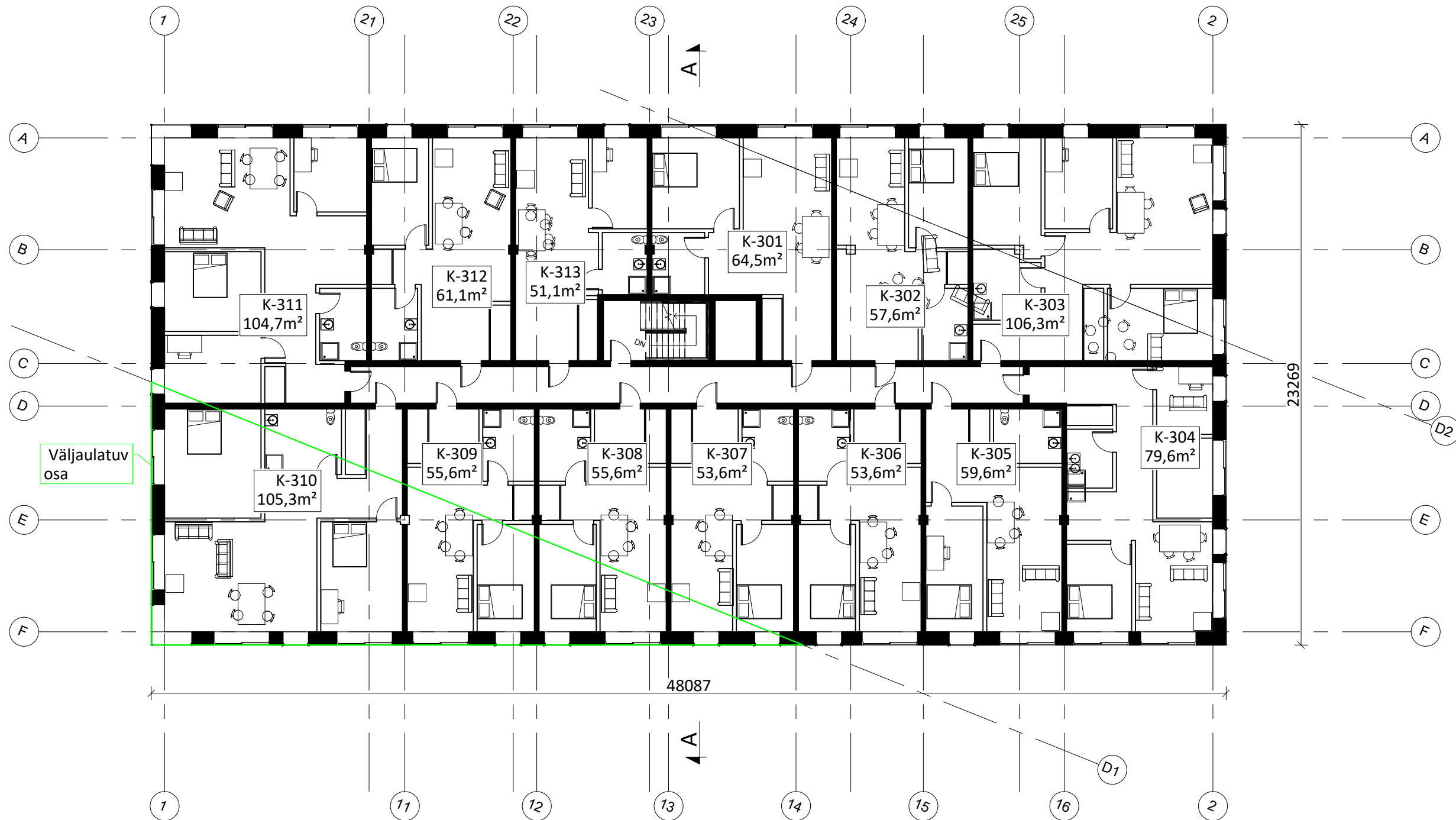




PLAAN - Teine korrus
1:200

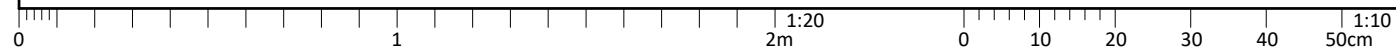
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Teise korruse plaan
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 02

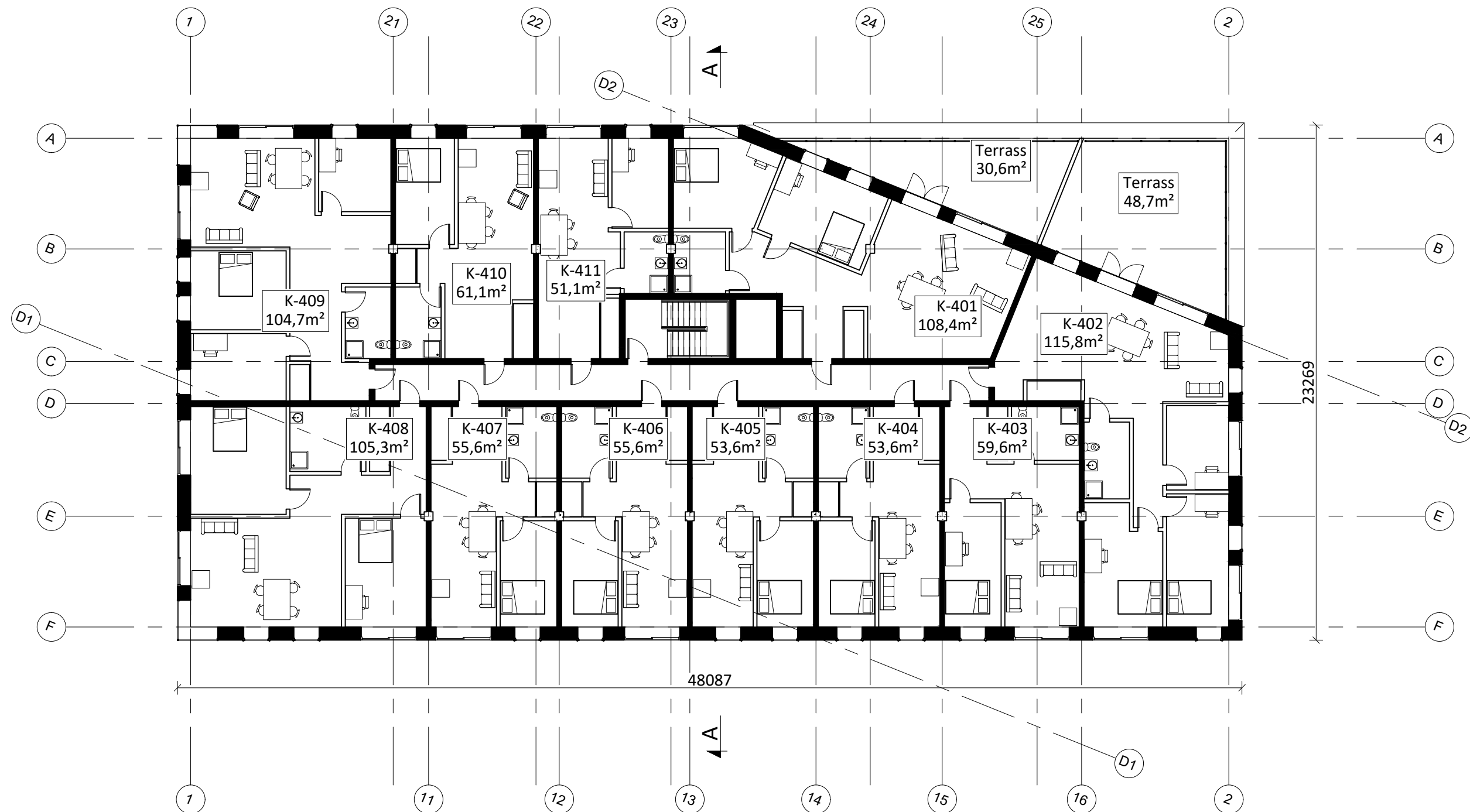




PLAAN - Kolmas korrus
1:200

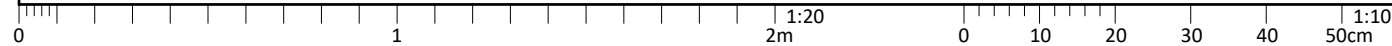
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Kolmanda korruse plaan
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 03

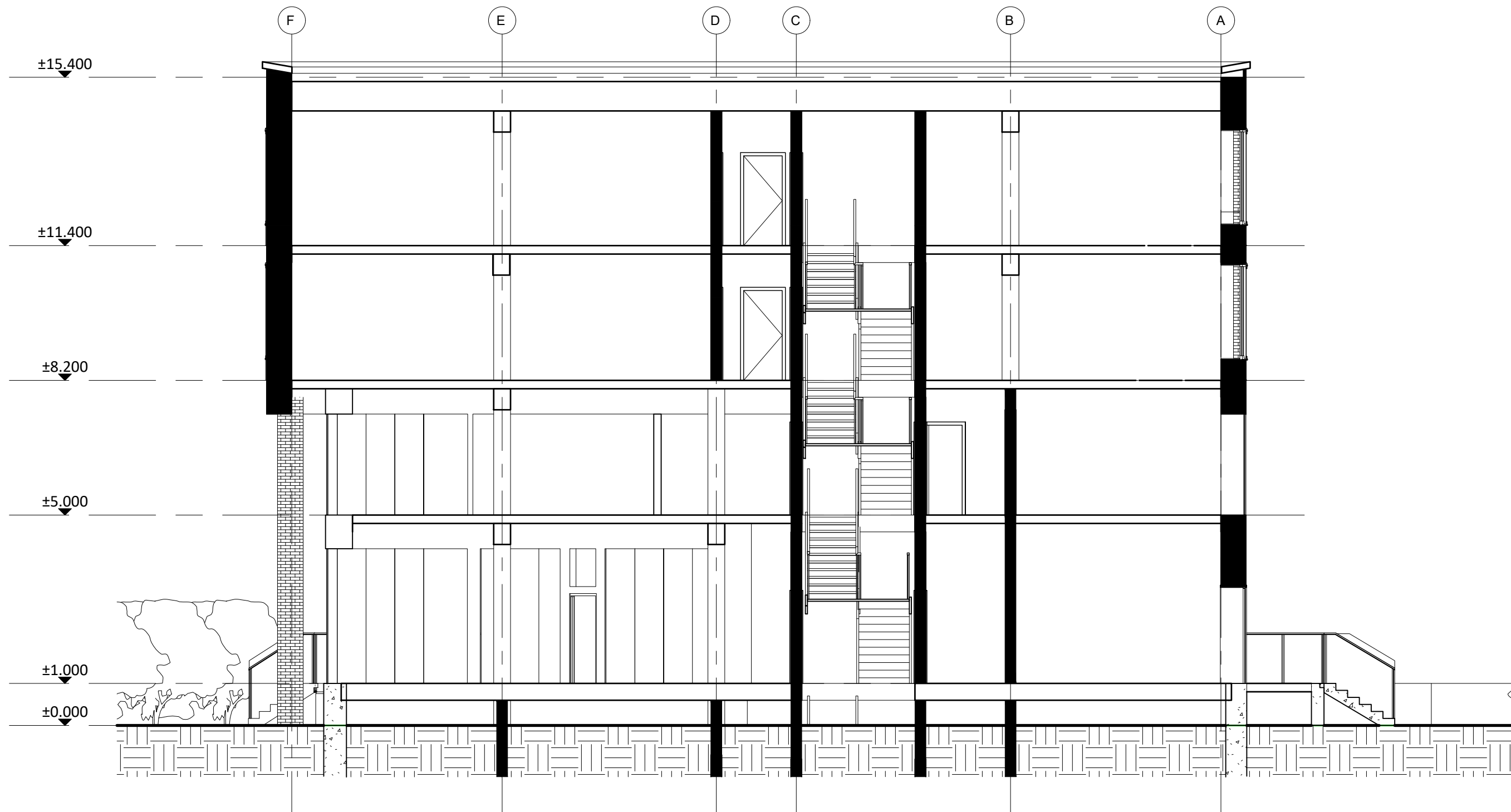




PLAAN - Neljas korrus
1:200

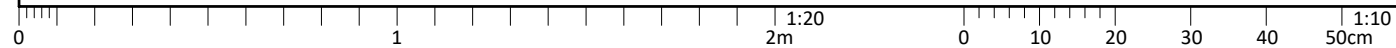
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Neljanda korruse plaan
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 04

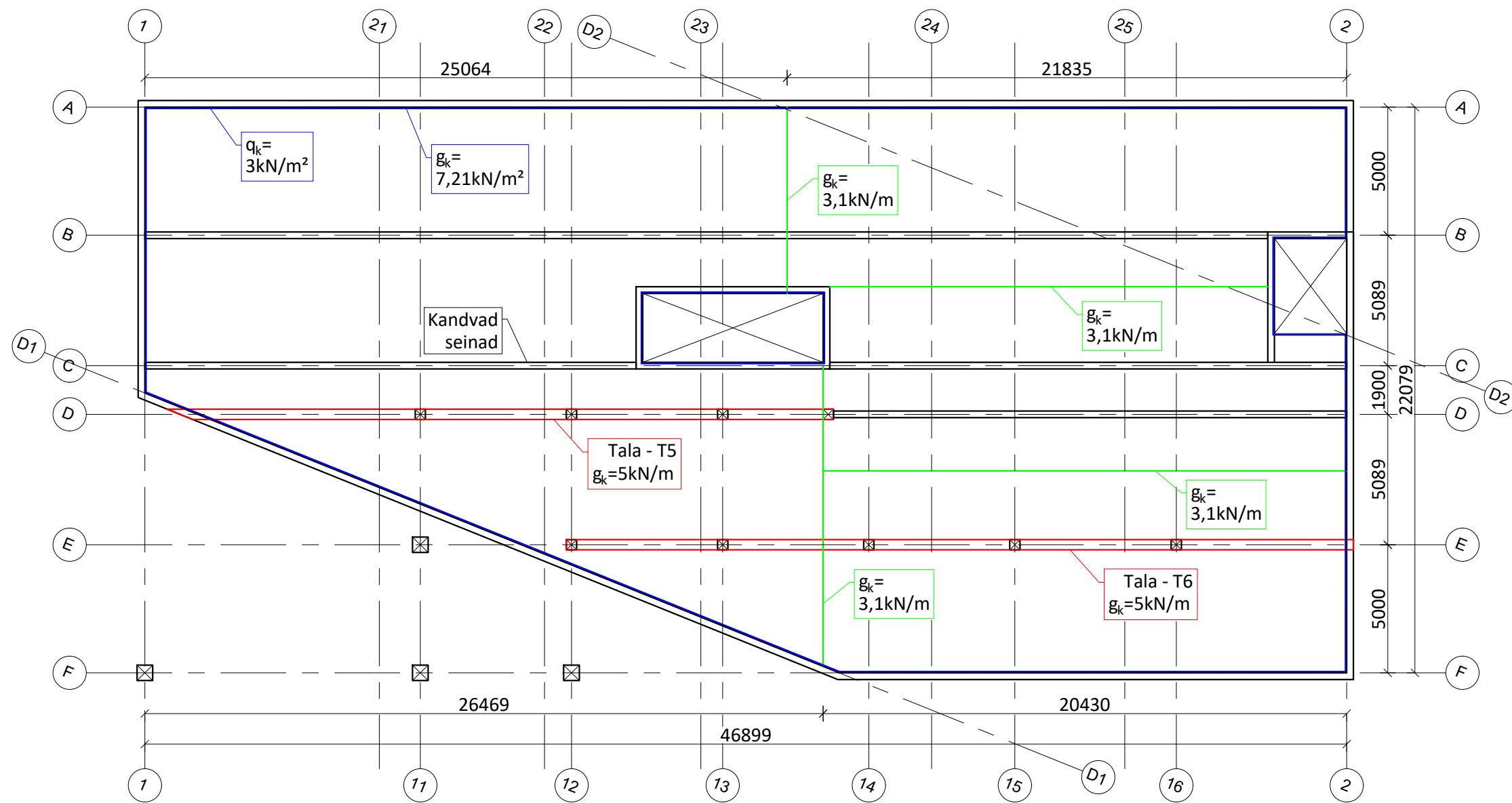




LÕIGE - A
1:100

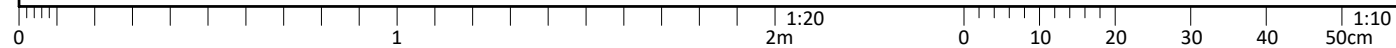
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Hoone lõige
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 05

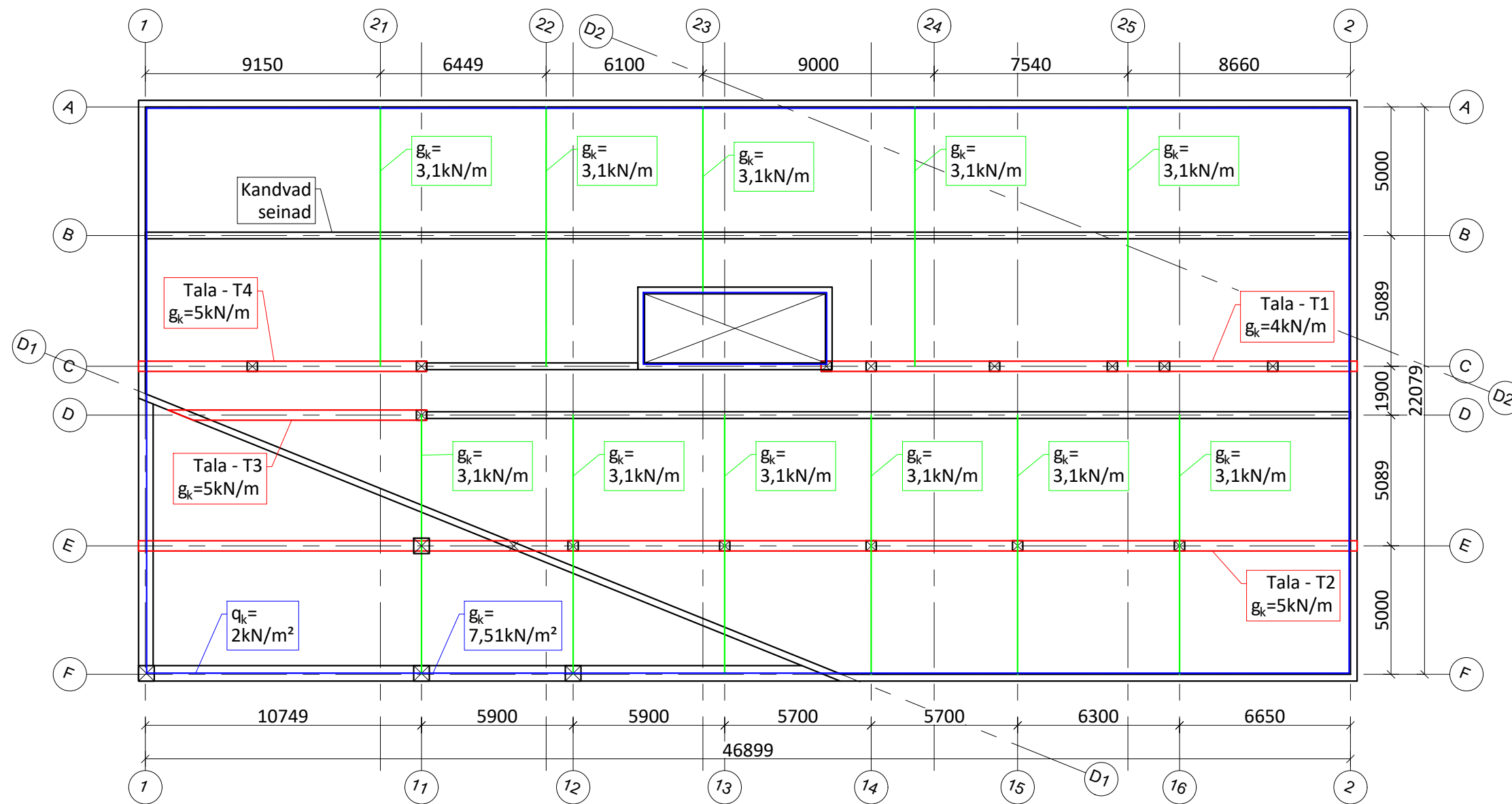




PLAAN - Teise korruse konstruktiivne skeem
 1:200

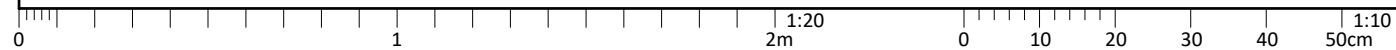
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Teise korruse konstruktiivne skeem
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 06

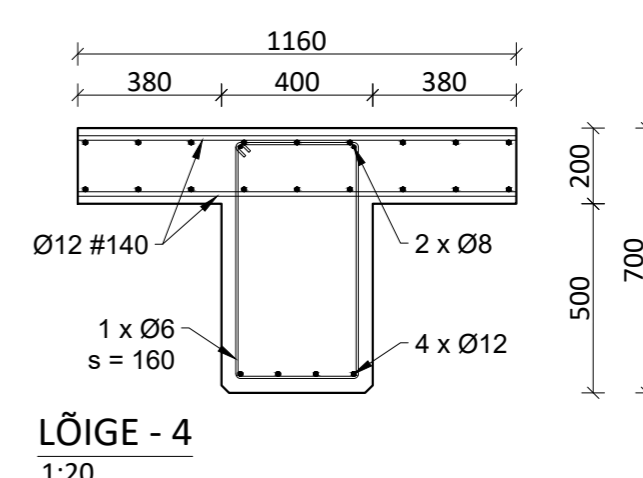
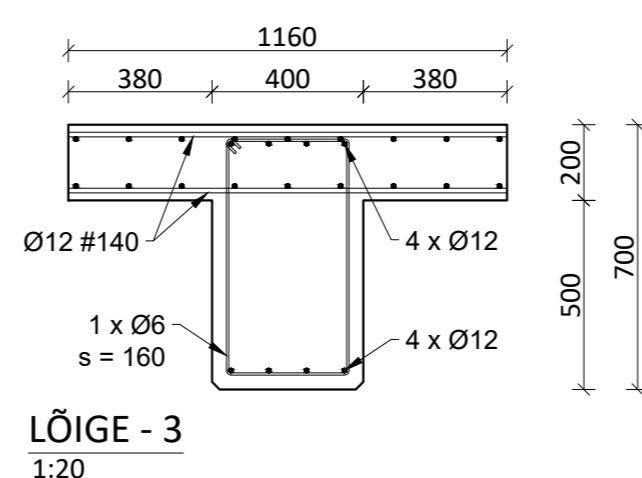
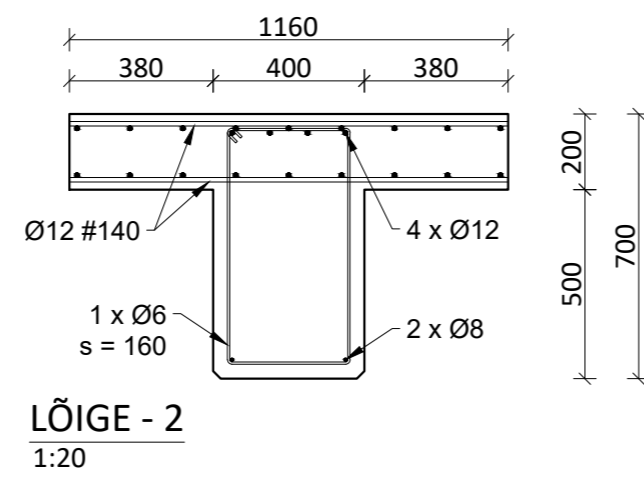
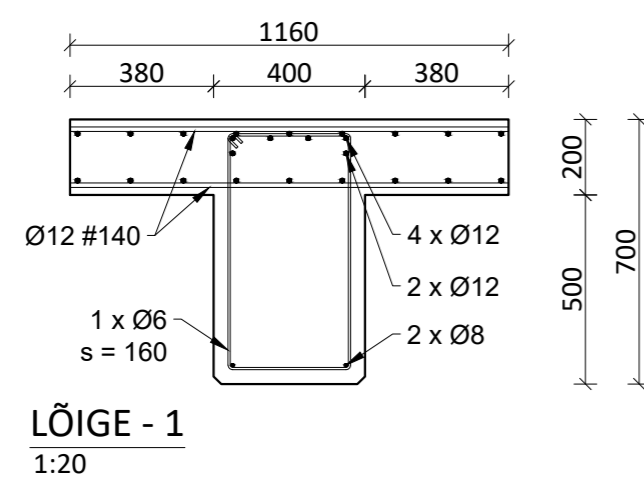
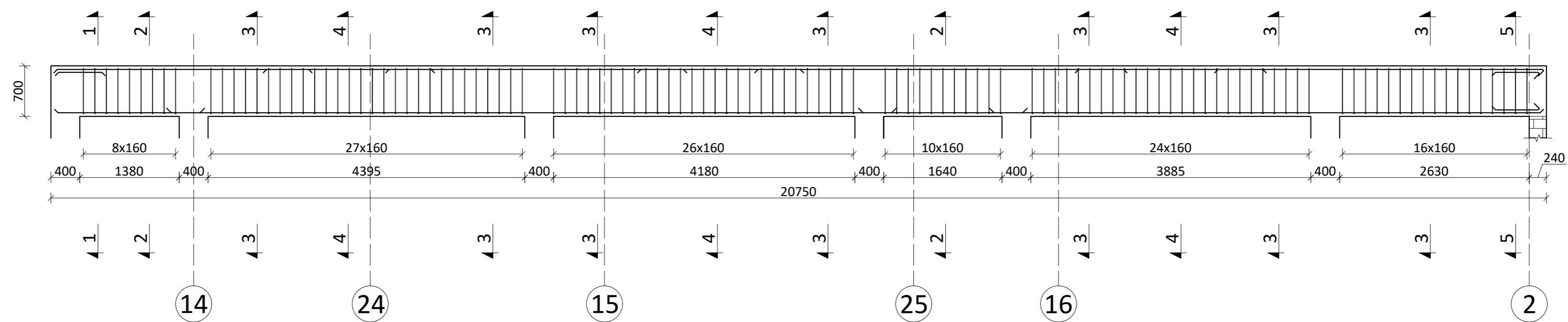




PLAAN - Kolmanda korruse konstruktiivne skeem
1:200

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Kolmanda korruse konstruktiivne skeem
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 07

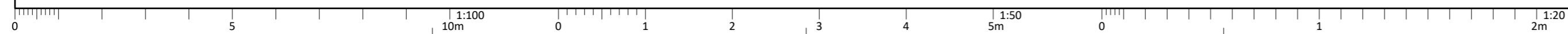


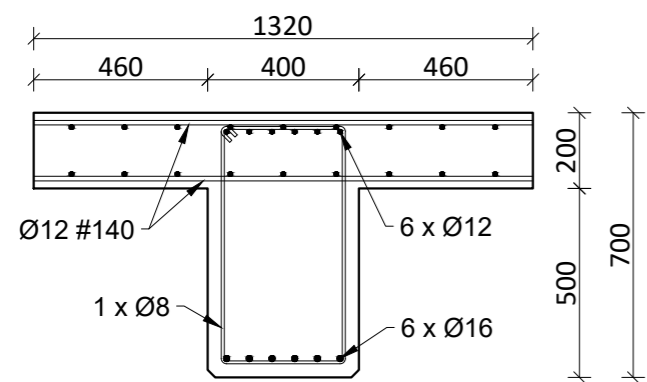
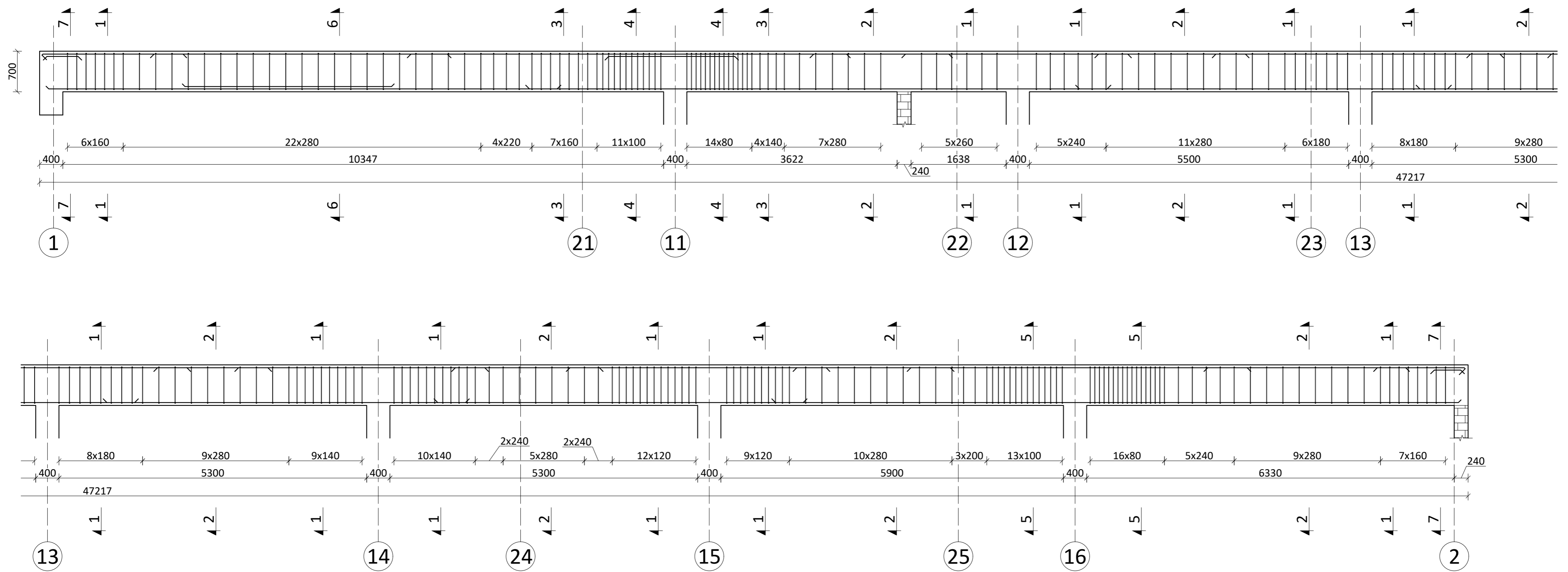


Märkused:

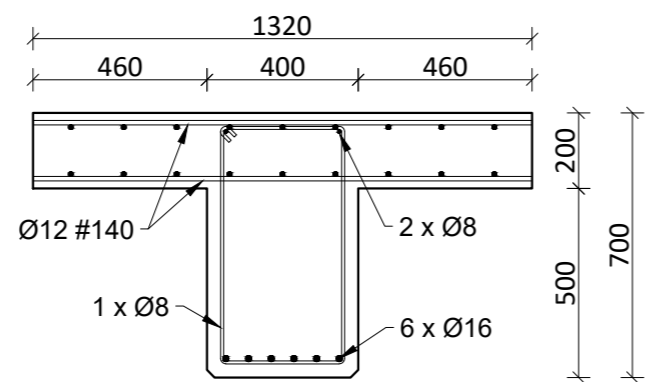
- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus vähemalt 20mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Tala - T1
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 08

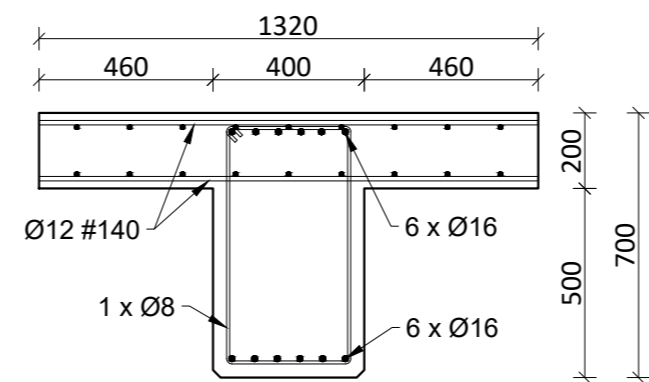




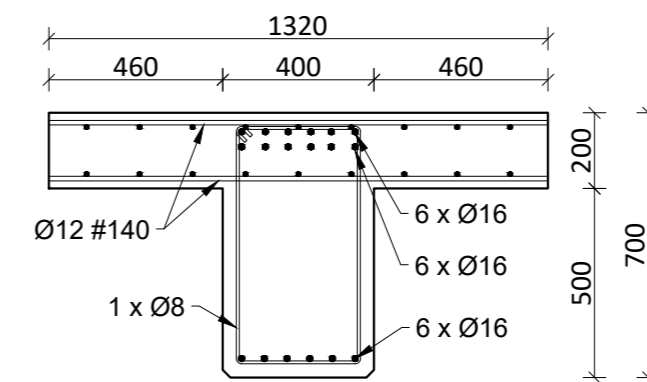
LÕIGE - 1
1:20



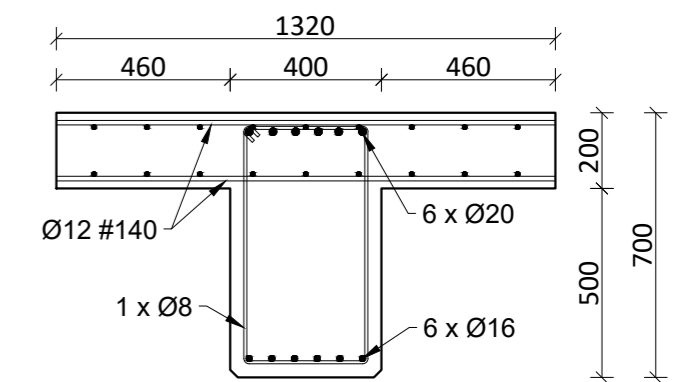
LÕIGE - 2
1:20



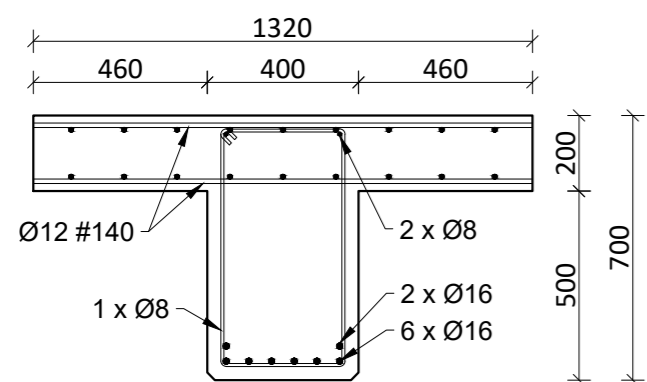
LÕIGE - 3
1:20



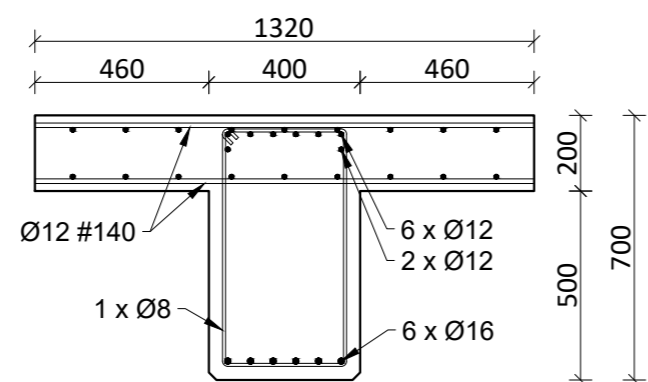
LÕIGE - 4
1:20



LÕIGE - 5
1:20



LÕIGE - 6
1:20

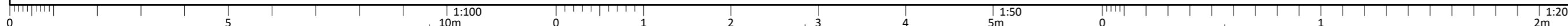


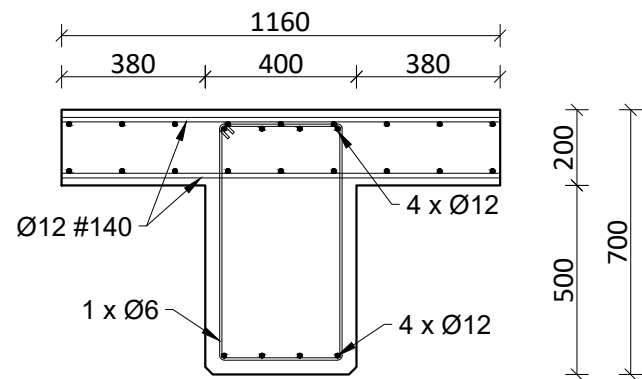
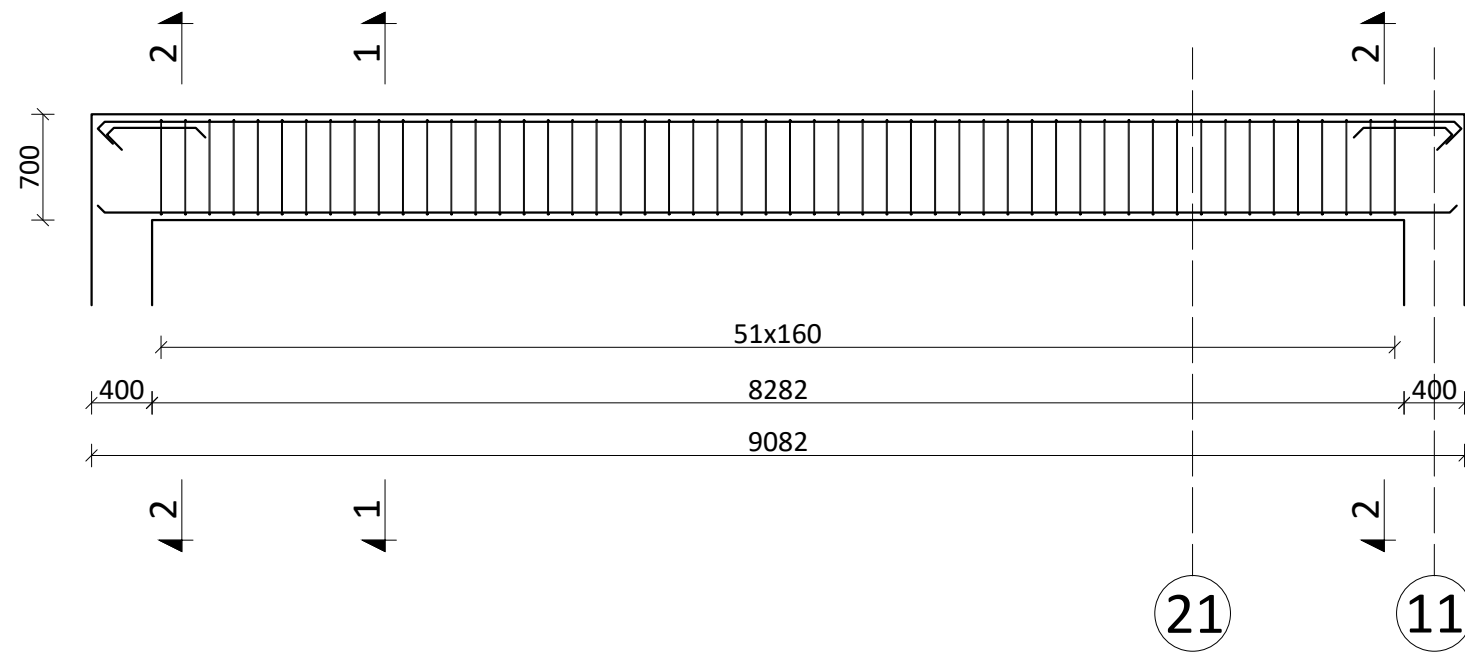
LÕIGE - 7
1:20

Märkused:

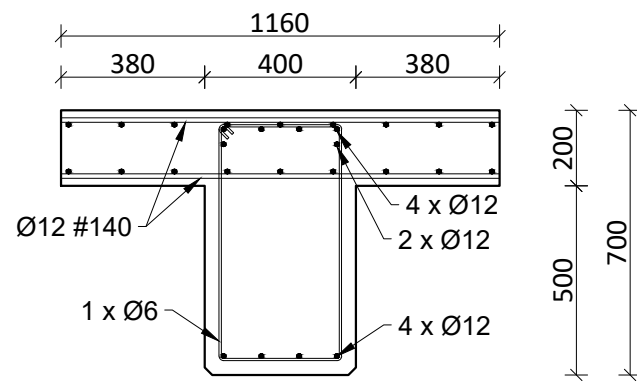
- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC3
- Kaitsekihi paksus vähemalt 30mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOOINISE NIMI: Tala - T2
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOOINISE NR: 09





LÕIGE - 1
1:20

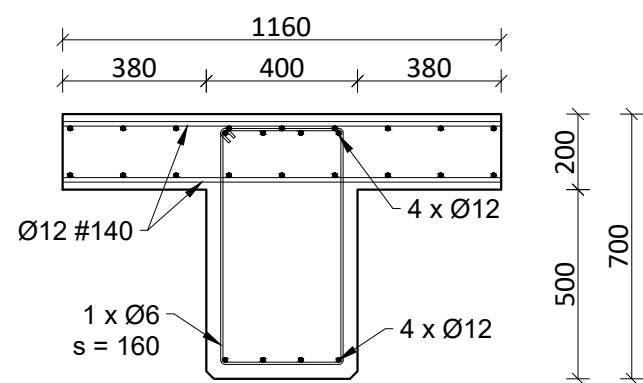
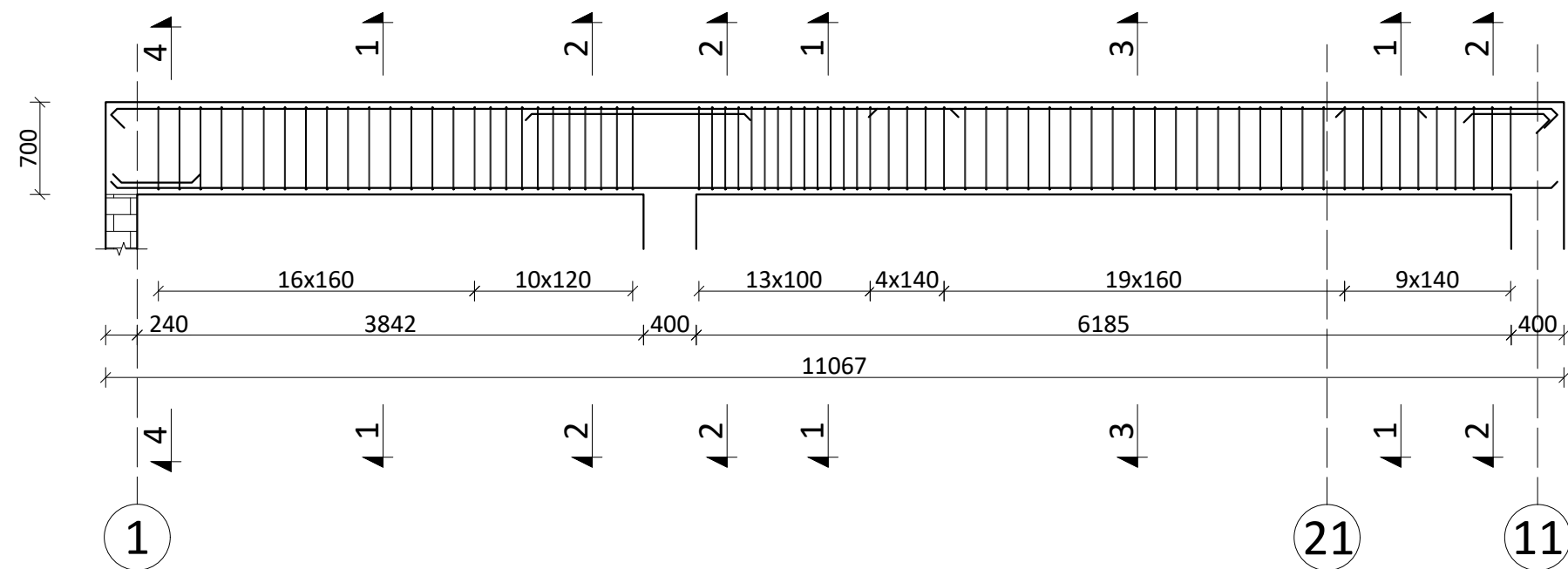


LÕIGE - 2
1:20

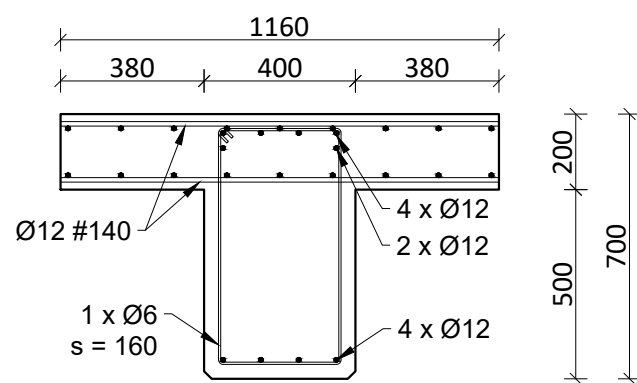
Märkused:

- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus vähemalt 20mm

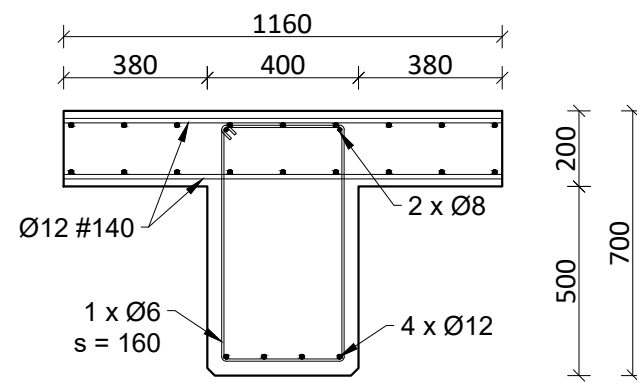
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Tala - T3
JUHEDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 10



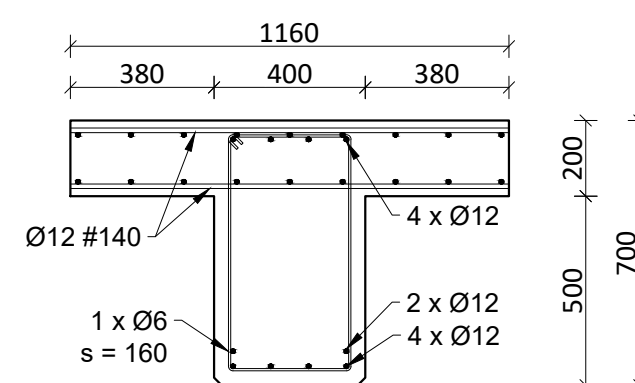
LÕIGE - 1
1:20



LÕIGE - 2
1:20



LÕIGE - 3
1:20

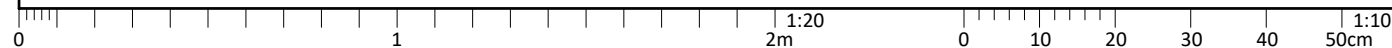


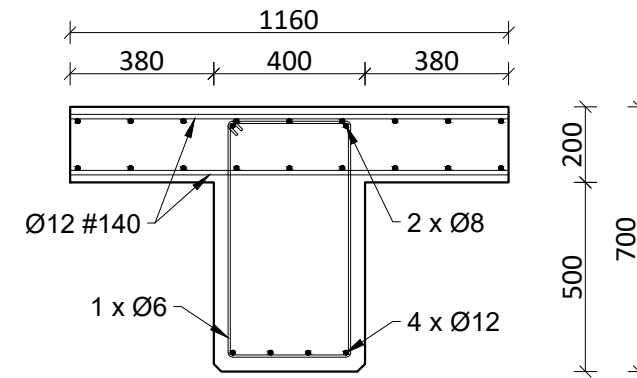
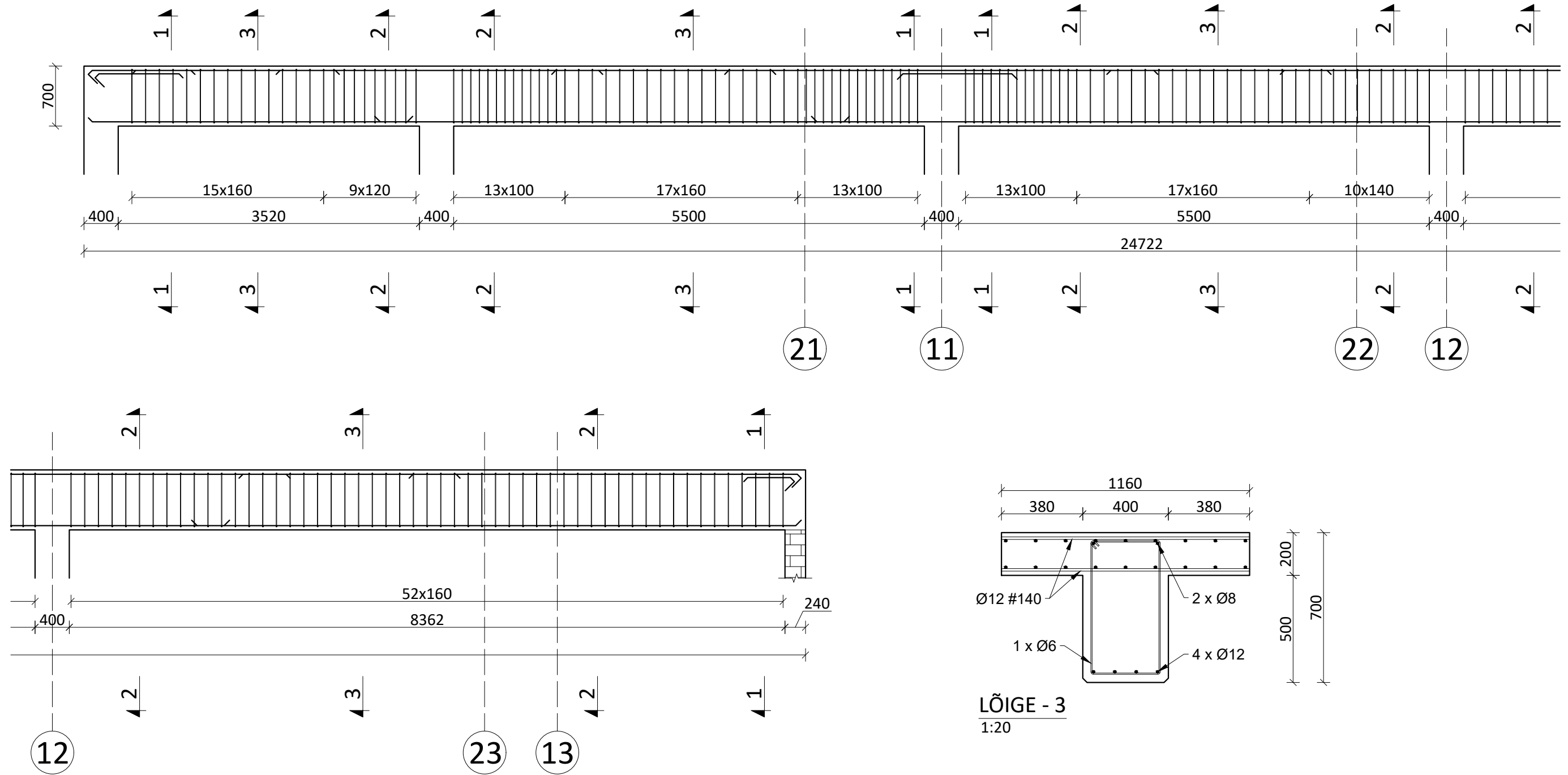
LÕIGE - 4
1:20

Märkused:

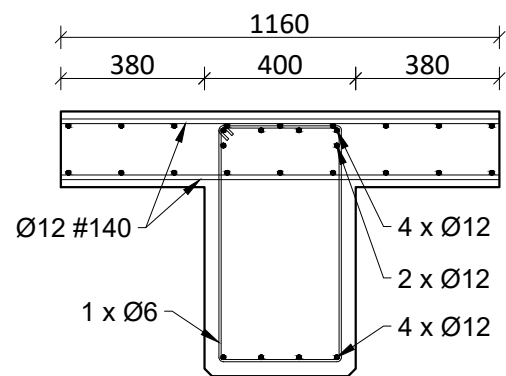
- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus vähemalt 20mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Tala - T4
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 11

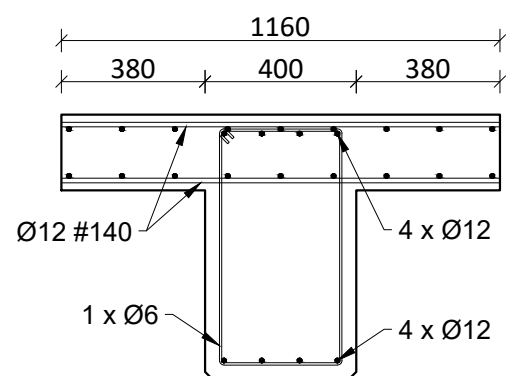




LÕIGE - 3
1:20



LÕIGE - 1
1:20

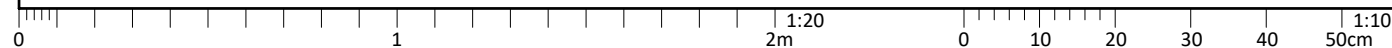


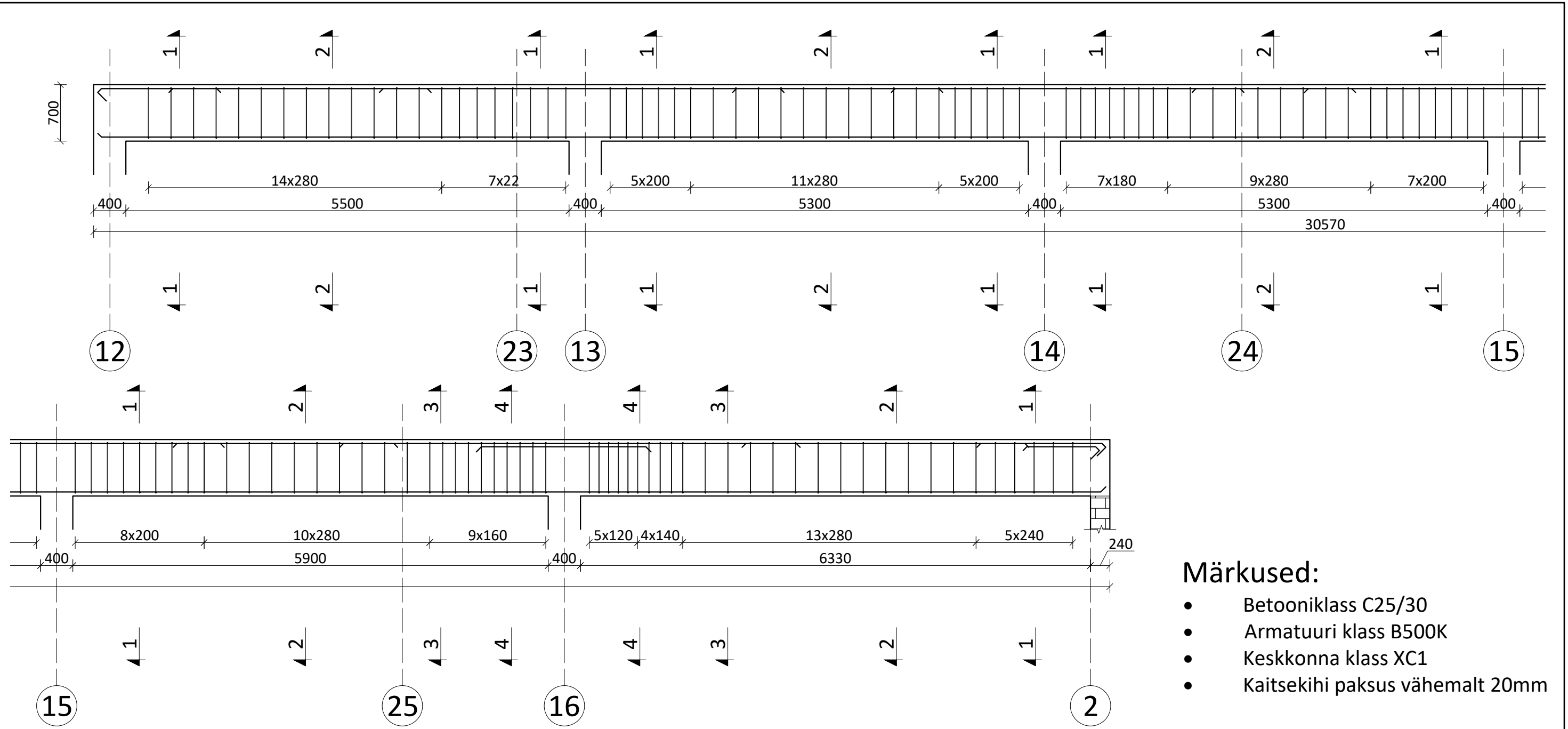
LÕIGE - 2
1:20

Märkused:

- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus vähemalt 20mm

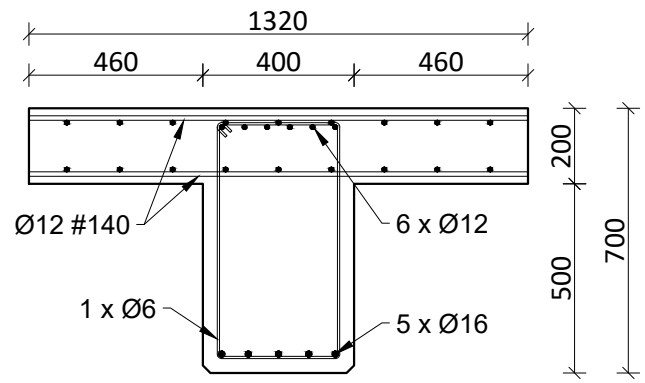
KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Tala - T5
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 12



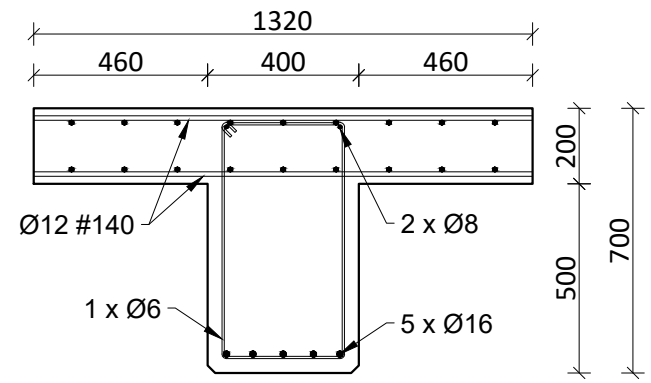


Märkused:

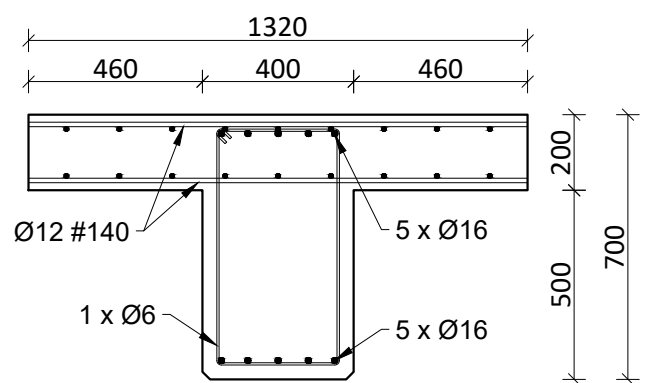
- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus vähemalt 20mm



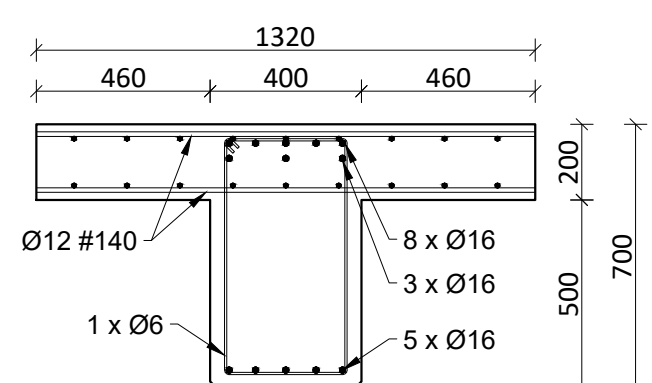
LÕIGE - 1
1:20



LÕIGE - 2
1:20

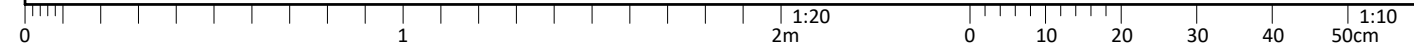


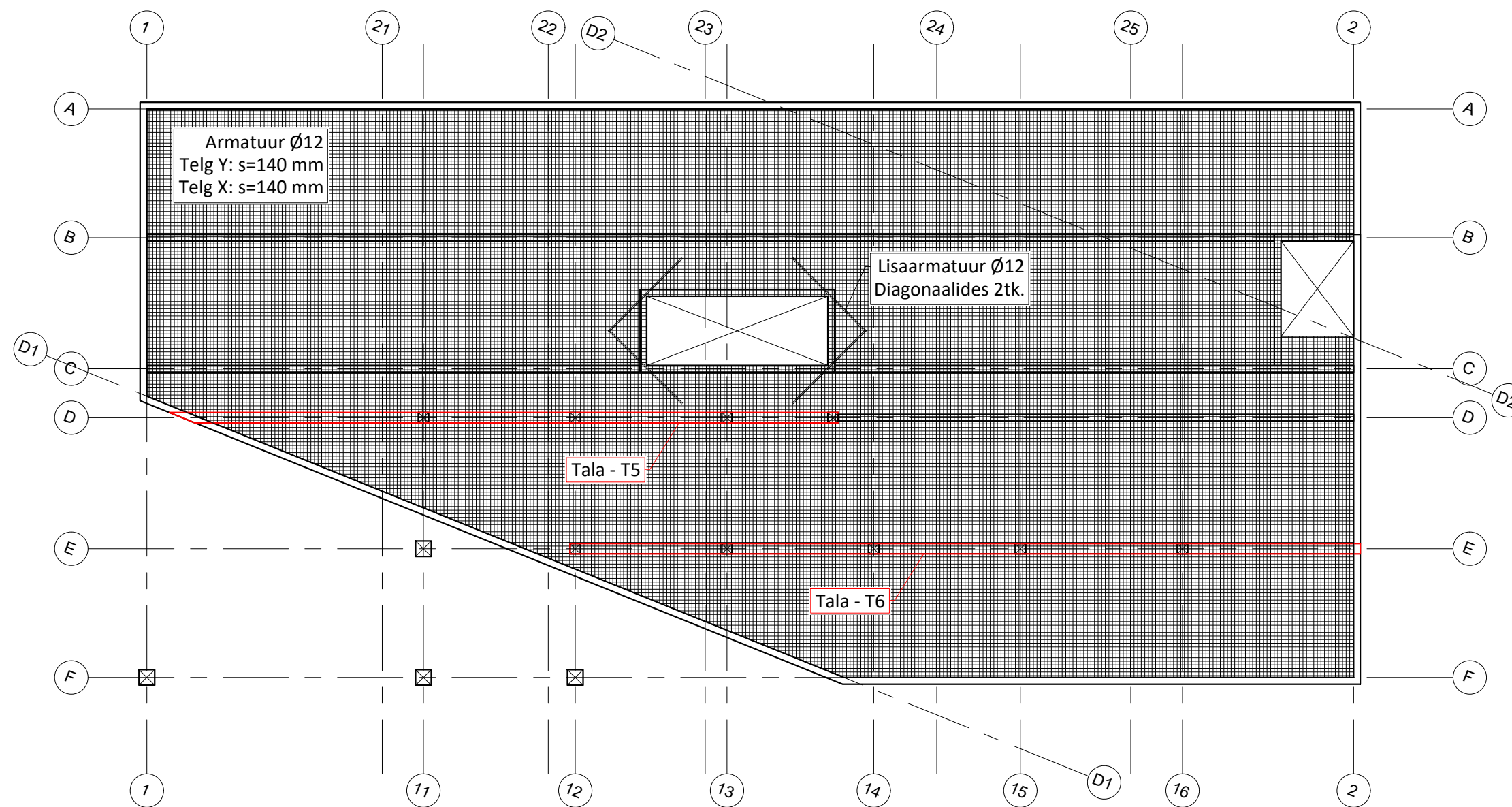
LÕIGE - 3
1:20



LÕIGE - 4
1:20

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Tala - T6
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 13



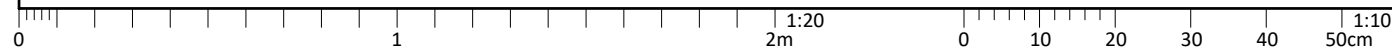


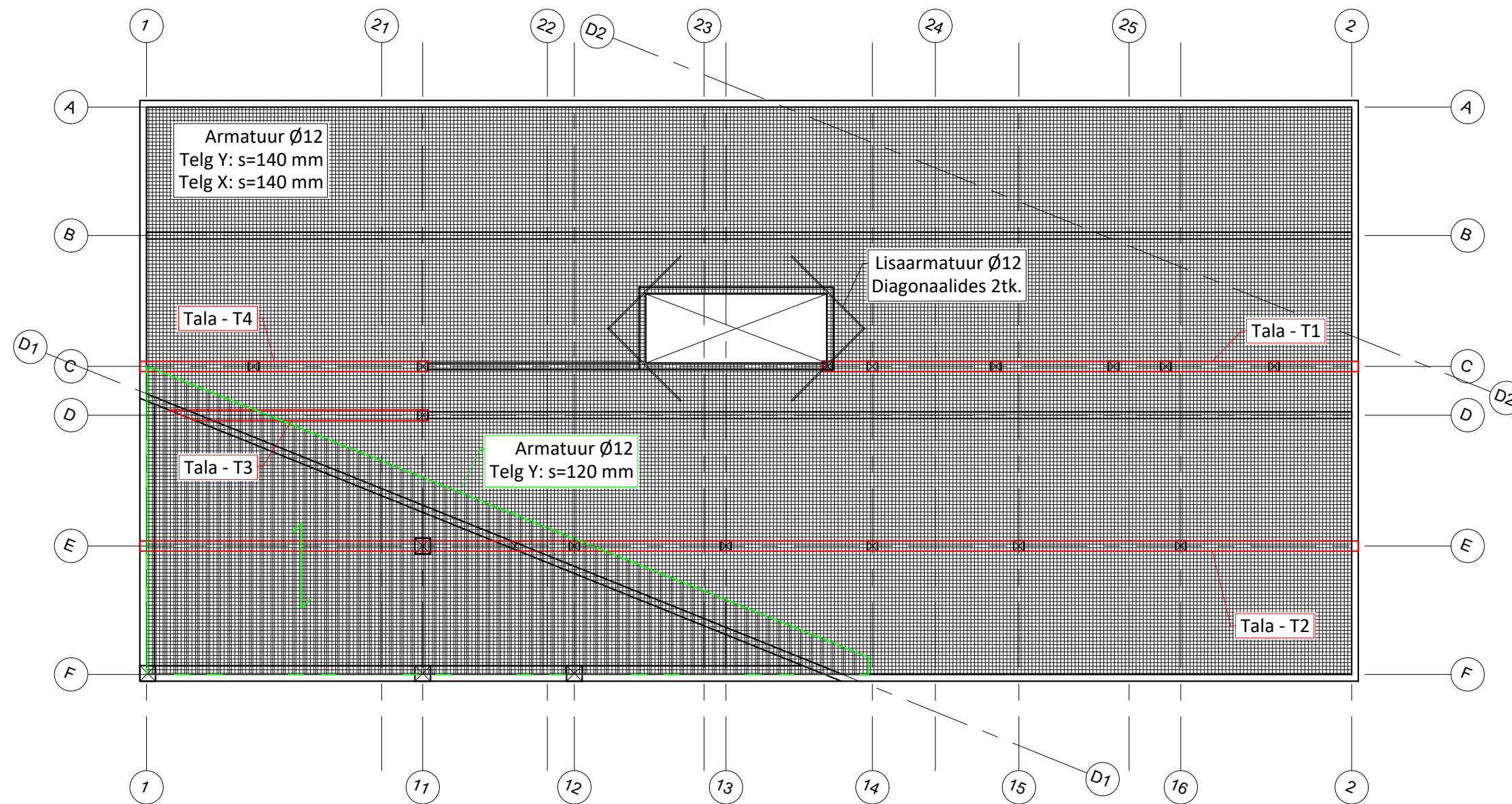
PLAAN - Teise korruse armeeritud plaadi armeerimisjoonis alumises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus 20mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Teise korruse vahelaepaadi armeering -
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		
		JOONISE NR: 14



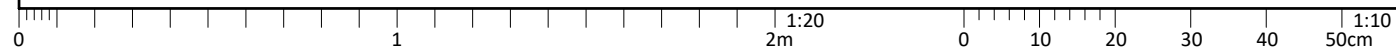


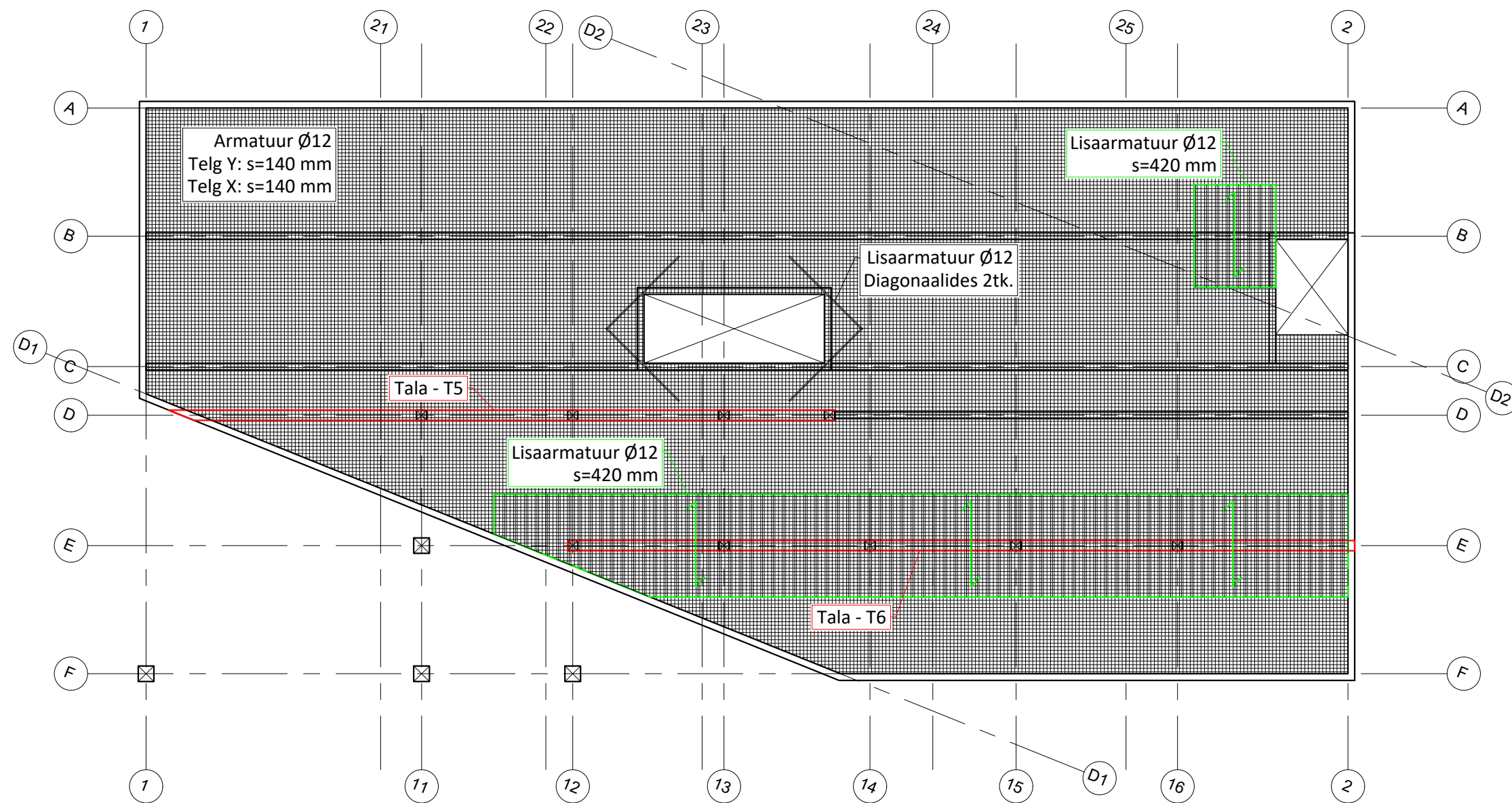
PLAAN - Kolmanda korruse armeeritud plaadi armeerimisjoonis alumises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1, rohelistes tsoonis XC3
- Kaitsekihi paksus 20mm, rohelistes tsoonis 30mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Kolmanda korruse vahelaepaadi armeering -
JUHEDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 15



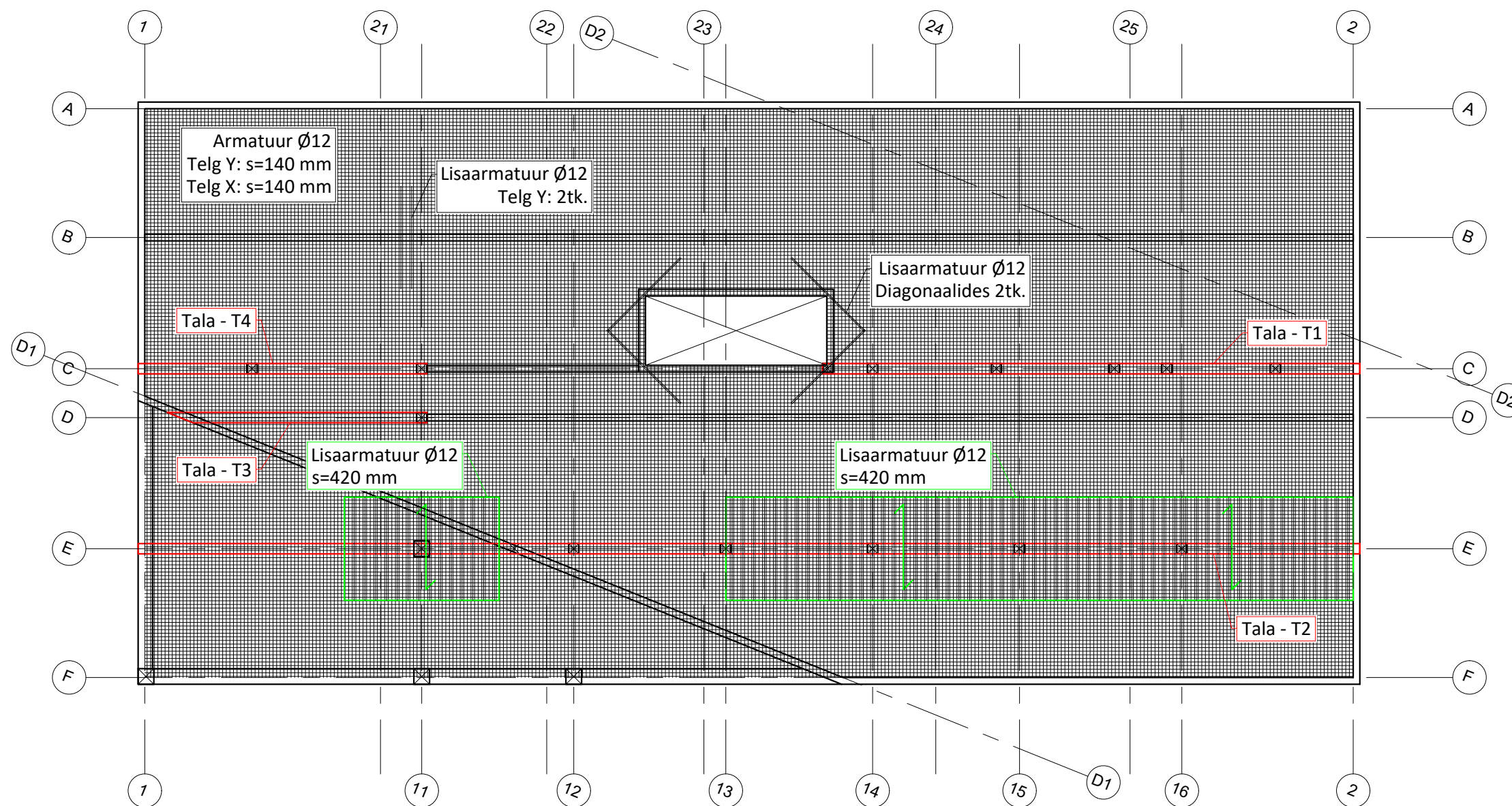


PLAAN - Teise korruse armeeritud plaadi armeerimisjoonis ülemises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus 20mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Teise korruse vahelaepaadi armeering +
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 16

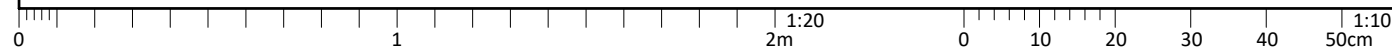


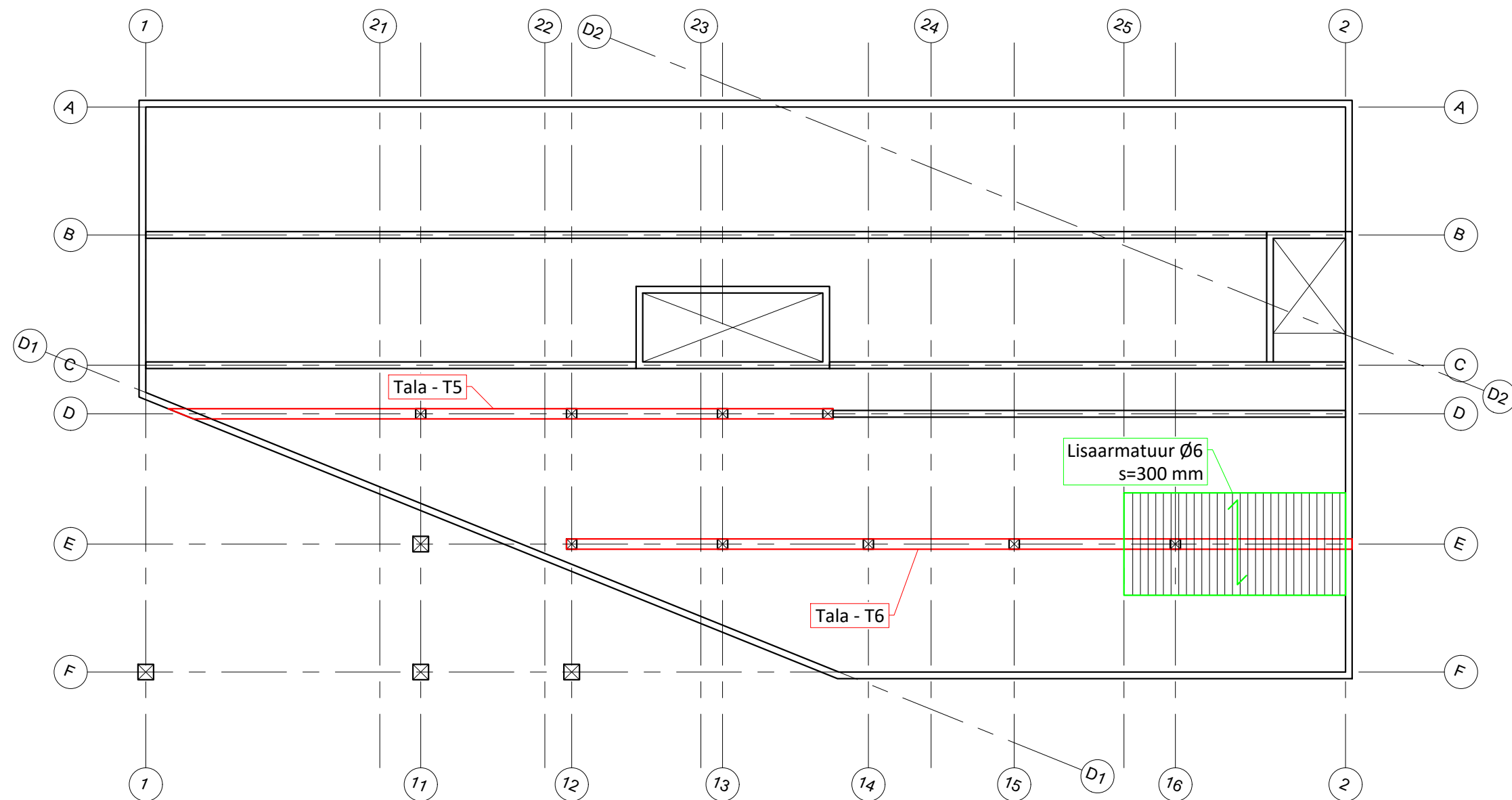
PLAAN - Kolmanda korruse armeeritud plaadi armeerimisjoonis ülemises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C25/30
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus 20mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Kolmanda korruse vahelaepaadi armeering +
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 17



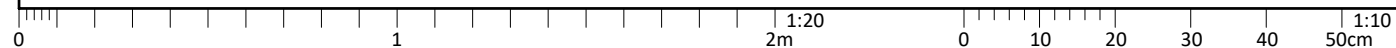


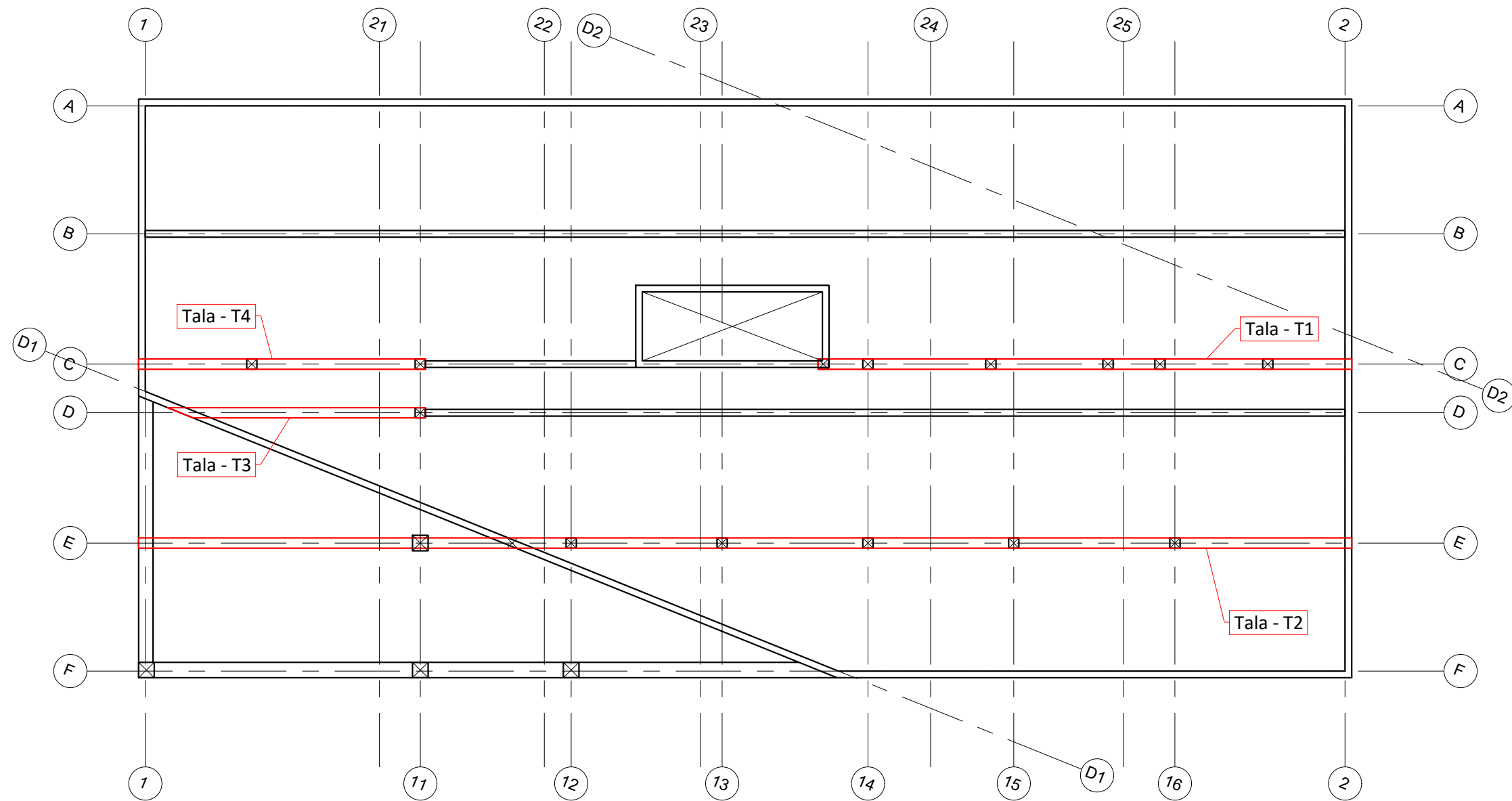
PLAAN - Teise korruse kiudbetoonplaadi armeerimisjoonis ülemises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C30/37, BT-HE75/50
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus 25mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Teise korruse kiudvahelaepaadi armeering +
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 18





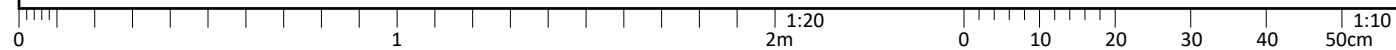
PLAAN - Kolmanda korruse kiudbetoonplaadi armeerimisjoonis ülemises kihis

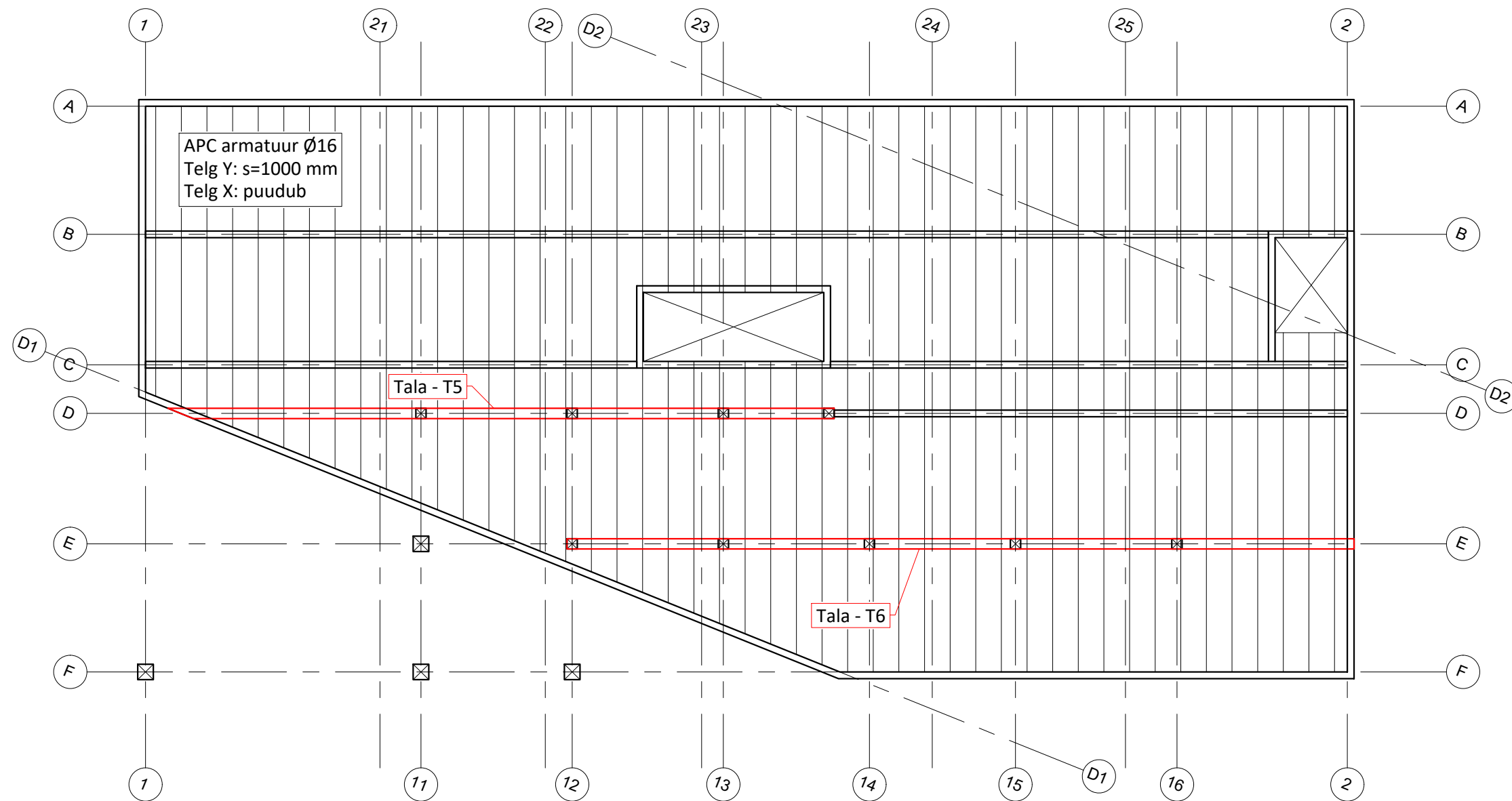
1:200

Märkused:

- Betooniklass C30/37, BT-HE75/50
- Armatuuri klass B500K (armatuuri pole)
- Keskkonna klass XC1

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Kolmanda korruse kiudvahelaepaadi armeering +
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 19



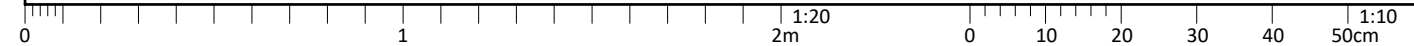


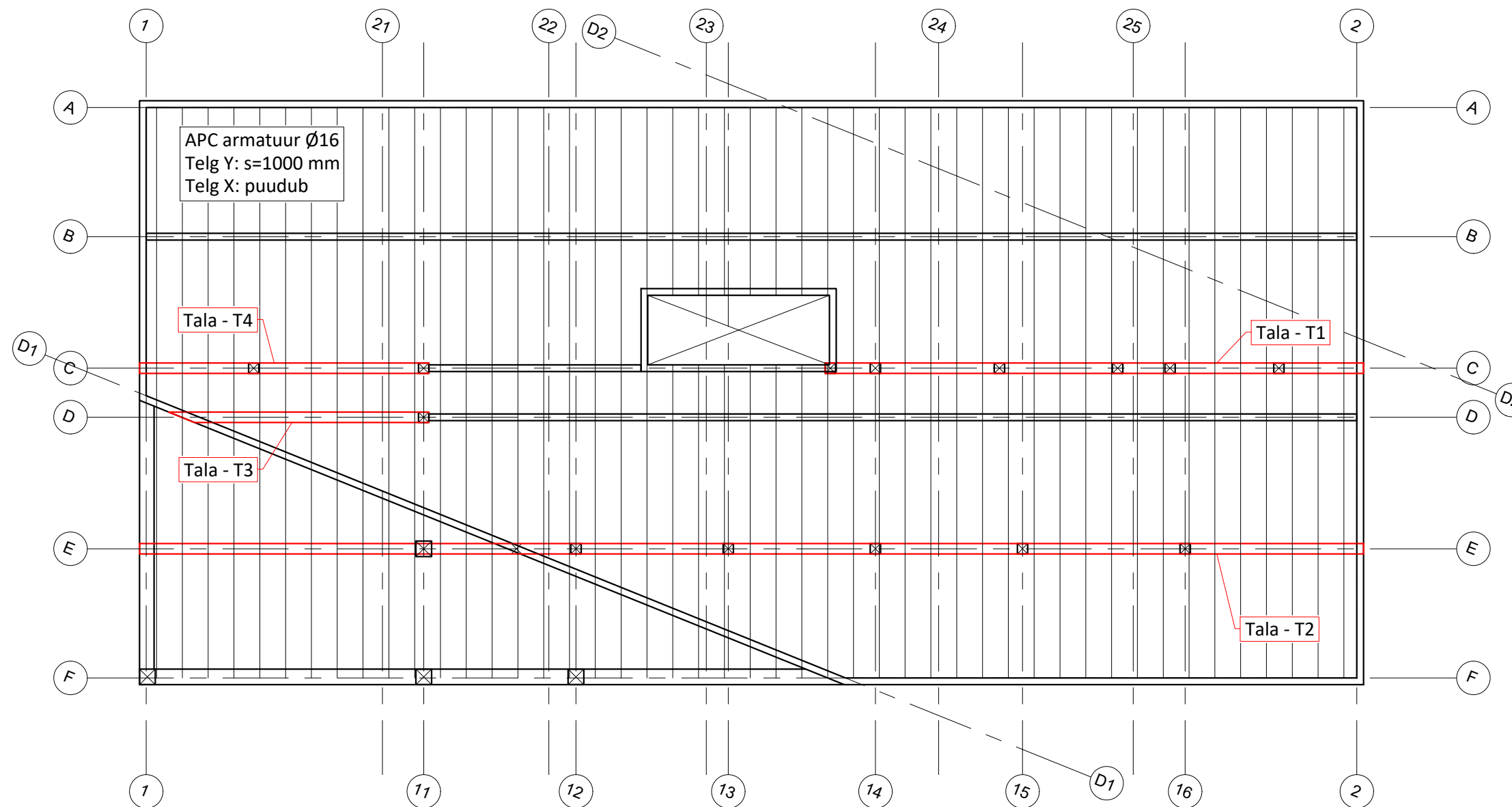
PLAAN - Teise korruse kiudbetoonplaadi armeerimisjoonis alumises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C30/37, BT-HE75/50
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1
- Kaitsekihi paksus 40mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Teise korruse kiudvahelaepaadi armeering -
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 20





PLAAN - Kolmanda korruse kiudbetoonplaadi armeerimisjoonis alumises kihis
1:200

Märkused:

- Betooniklass C30/37, BT-HE75/50
- Armatuuri klass B500K
- Keskkonna klass XC1, väljaulatuvas osas XC3
- Kaitsekihi paksus 40mm

KOOSTAJA: Ott Asi	KUUPÄEV: 20.05.2022	JOONISE NIMI: Kolmanda korruse kiudvahelaepaadi armeering -
JUHENDAJAD: Lehar Leetsaar, Mati Laurson		
TALTECH INSENERITEADUSKOND TARTU KOLLEDŽ		JOONISE NR: 21

