



1918

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**  
TARTU KOLLEDŽ

Säästva tehnoloogia õppetool

# TORMA MÕISA RINGTALLI LÄÄNEOSA ÜMBEREHITUSPROJEKT

RECONSTRUCTION PROJECT FOR THE WESTERN SECTION OF THE ROUND  
STABLE OF TORMA ESTATE

**NTM60LT**

Magistritöö

Ehitiste restaureerimise erialal

Üliõpilane: **Erki Eksin**

Juhendaja: **Olev Suuder**

Kaasjuhendaja: **Illimar Kalk**

Tartu, 2016

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

..... (töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood: **110585 EAEI**

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitmisele lubatud: ..... (kuupäev)

Kaitsemiskomisjoni esimees: ..... (allkiri)

## **ABSTRACT**

Title: "Reconstruction project for the western section of the round stable of Torma estate"

Author: Eksin, E; Master of Science thesis; Number of volumes: 1; Place and year of assembly: Tartu, 2016; Total number of pages: 66; Number of illustrations: 34. Number of tables: 17; Number and format of drawings: 5x A4; 7x A3; 2x A2; Language: Estonian.

Keywords: rafter design, timber design, glulam, joint design, structural calculations, load calculations, reconstruction, wind load, national heritage, round stable, architectural drawings, Torma

The following thesis is composed as the basis for the reconstruction of the western section of Torma estate's round stable. The stable is located in Jõgevamaa, Estonia. It is estimated to have been built in the mid-19th century and has been subject to repairs and reconstruction ever since. In 2011 the stable caught fire. As a result most of the wooden roof structures were destroyed and the masonry walls are exposed to rain and other harmful factors. Because of this the condition of the stable's remaining clay brick walls has been rapidly deteriorating.

In 2015 administratives of Torma parish requested for a reconstruction project to conserve and restore the stable. That request was the base assignment for two theses - one by the author of Ninaste, K. containing restoration project for the north part of the stable, and the current thesis, containing the reconstruction of the western part. The western part is additionally divided into two smaller sections: C and D. The stable is to be the hosting place for the borough's outdoor events so an outdoor stage area was required to be built in the premises for bands and actors. As a result, one of the less- preserved sections, D, of the round stable will be converted into a stage with the opening facing the courtyard of the stable. The roof of the stage has an open span of over 15 meters which is supported by a glulam beam. The neighbouring section C will act as a support room for the stage and also as a storage unit for equipment used in the maintenance of the stable.

The thesis consists of architectural explanatory notes for reconstructing the stable and structural calculations and joint designs for reconstructing the roof structure of the support room and the stage. Calculations are based on the Estonian standards for timber design. Loads and combinations are based on Estonian standards. In addition to calculations, propositions for updating the national heritage protection conditions have been composed.

# SISUKORD

ABSTRACT .....	3
SISUKORD.....	4
1 SISSEJUHATUS.....	6
2 SELETUSKIRI.....	8
2.1 Arhitektuur.....	8
2.1.1 Olemasolev olukord .....	8
2.1.2 Üldandmed ja tehnilised näitajad .....	9
2.1.3 Asendiplaan .....	9
2.1.4 C-D sektsioonide arhitektuurne lahendus .....	10
2.1.5 Piirdekonstruktsioonid .....	11
2.1.6 Tuleohutusnõuded .....	14
2.1.7 Keskkonnamõjud.....	15
2.1.8 Eriosad.....	15
3 KOORMUSTE ARVUTUS .....	17
3.1 Omakaalust tulenevad koormused.....	18
3.1.1 Katus.....	18
3.1.2 Katusekandjad .....	18
3.1.3 Lava vahelagi .....	18
3.2 Tuulekoormus katusele.....	18
3.2.1 Kiirusrõhk.....	19
3.2.2 Katuse tuulerõhutegurid .....	19
3.2.3 Katuse tuuletsoonid .....	23
3.3 Lumekoormus katusele.....	25
4 KATUSEKANDJATE DIMENSIONEERIMINE.....	27
4.1 C sektsioon .....	27
4.1.1 Sisejõud tüüpfermis.....	29
4.1.2 Elemendi "1" (ja "2") dimensioneerimine.....	31
4.1.3 Element "3" dimensioneerimine.....	35
4.1.4 Element "4" dimensioneerimine.....	36
4.1.5 Elemendi "6" (ja "5") dimensioneerimine.....	38
4.2 Katuseroov.....	41

4.2.1	Kontroll kandepiirseisundis.....	41
4.2.2	Kontroll ehitusaegsele koormamisele .....	42
4.3	Lava liimpuittala.....	43
4.3.1	Paindekandevõime kontroll:.....	44
4.3.2	Kandevõime kontroll põikjõule:.....	45
4.3.3	Kandevõime kontroll muljumisele .....	46
4.3.4	Kontroll kasutuspiirseisundis .....	46
4.4	B-C neeluferm .....	48
5	SÕLMEDE DIMENSIONEERIMINE .....	51
5.1	C Sektsioon.....	51
5.1.1	Sõlm 1 (Elemendid 1-2) .....	51
5.1.2	Sõlm 2 (Elemendid 1-3) .....	55
5.1.3	Sõlm 3 (Elemendid 1-4) .....	59
5.1.4	Sõlm 4 (Elemendid 1-5) .....	60
5.1.5	Sõlm 5 (Elemendid 3-5,6 ja müürlatt).....	63
6	KOKKUVÕTE.....	64
7	KASUTATUD KIRJANDUS .....	66
8	LISA A. JOONISED	
9	LISA B: UUENDATUD MUINSUSKAITSE ERITINGIMUSED	

# 1 SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö teemaks on Torma mõisa ringtalli lääneosa ümberehitamine. Töö sisaldab arhitektuurset seletuskirja ja jooniseid, koormuste arvutusi ning elementide ja sõlmede tugevusarvutusi katuse rekonstrueerimiseks ja ümberehituseks. Lisana on tallile koostatud kaasajastatud muinsuskaitse eritingimused.

Muinsuskaitse all oleva talli puidust katusekonstruktsioonid hävisid 2011. aastal tulekahjus. Selle tagajärjel jäid ilmastikule avatuks talli juba kahjustunud põletamata savitellistest seinad. Paremini säilinud seinad kaeti pärast põlengut ajutiste varikatustega. Katmata seinad lagunevad ilmastiku mõjul kiiresti, pooled ringtalli 8-st sektsioonist on praeguseks enamjaolt hävinenud, ülejäänud on avariilises seisukorras.

Torma vallavalitsus on huvitatud talli edasise lagunemise peatamisest ning säilinud osade restaureerimisest. Käesoleva magistritöö teema valik on tehtud koostöös Torma vallaga. 2015. aastal pakkusid Torma vallavalitsuse liikmed magistritöö lähteülesandeks välja ringtalli restaureerimisprojekti koostamise. Suure mahu tõttu jagunes projekt kaheks magistritööks, autoriteks Eksin, E ja Ninaste, K, millest kumbki käsitleb talli eri sektsioone. Käesolevas magistritöös ("Torma mõisa ringtalli lääneosa ümberehitusprojekt", Eksin, E. 2016) on käsitletud kahte talli läänepoolset sektsiooni- C ja D.

Torma vallavalitsuse poolt antud lähteülesanne nägi ette teatud talli osade konserveerimist ning paremas seisukorras olevate osade rekonstrueerimist. Vallavalitsuse soov oli ringtallist ehitada Torma aleviku ürituste läbiviimise koht. Talli kahte sektsiooni A ja B, kuhu on planeeritud soojustatud olmeruumid, on kajastatud Ninaste, K. magistritöös "Torma mõisa ringtalli põhjapoolse osa restaureerimis- ja rekonstrueerimisprojekt".

Vabaõhuürituste korraldamiseks on ringtalli territooriumile ette nähtud välilava näitemängude ning kontsertide pidamiseks. Vallaga koostöös jõuti lahenduseni, kus üks hoone lagunenuid sektsioonidest ehitatakse üles, jättes ära sisehoovi poole jääva seina ning kõrgendades katuseräästast. Nõnda moodustub ringtalli osana katusealune lava, millel toimuvat saab talli sisehoovist jälgida. Antud lahendus ei kahjusta ka hoone arhitektuurset väljanägemist. Lava osa kõrvale jääv sektsioon on ette nähtud lava tugiruumiks ning tallihoone abiruumiks, kus saab ladustada hoone kasutusega seotud seadmeid ja varustust ning laval vaja minevaid rekvisiite.

Käesoleva töö ülesehitus on järgmine: Esmalt on koostatud lääneosa arhitektuurne lahendus vastavalt lähteülesandele. Seejärel on leitud katusekonstruktsioonidele mõjuvad koormused ning koostatud koormuskombinatsioonid. Kriitiliseimate kombinatsioonide alusel on koostatud katust kandvatele elementidele kandevõime arvutused. Dimensioneeritud on ka elemente ühendavad sõlmed vastavalt mõjuvatele koormustele.

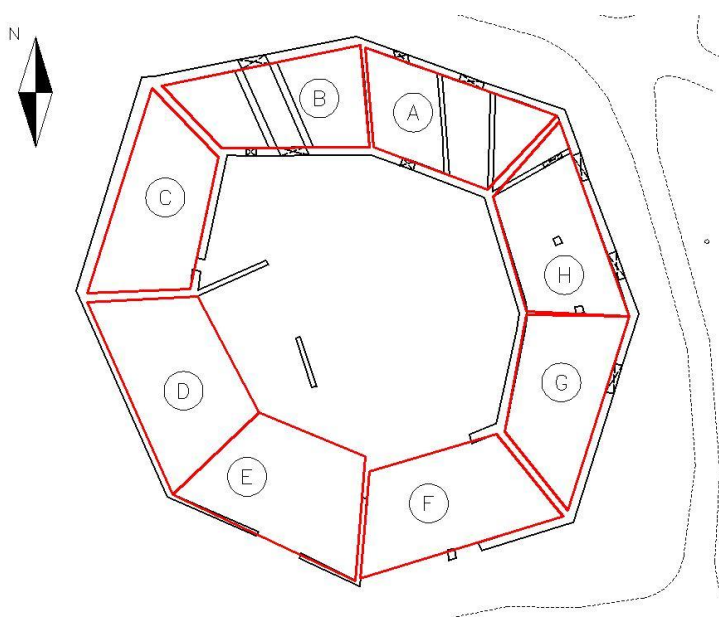
Tulekahju eelselt, 2009. aastal, on Tuuder, M. poolt koostatud tallile muinsuskaitse eritingimused. Käesoleva töö raames korrigeeriti ja täiendati olemasolevaid eritingimusi, et need vastaks põlengujärgsele olukorrale. Uuendatud eritingimused on alusmaterjaliks ringtalli restaureerimisprojekti koostamisel.

## 2 SELETUSKIRI

### 2.1 Arhitektuur

#### 2.1.1 Olemasolev olukord

Rekonstrueeritav tallihoone on ehitatud 19. sajandi teises pooles. Tegu on ühega vähestest ringtallidest Eestis, seetõttu on ehitus ka muinsukaitse all. Plaanilahendus on hoonel kaheksanurkne - kaheksa üksteise kõrval ringis asetsevat ruumi moodustavad keskosasse suletud siseõue. Talli on kasutatud loomade, heina ning põllumajandusega seotud tehnika ning masinate hoiustamiseks. Eksploatatsiooni käigus on hoone konstruktsioonidele tehtud parandusi ja ümberehitusi. Need on muutnud hoone ilmet ning ruumilahendust kohati sellises ulatuses, et hilisemaid muudatusi originaalset eristada pole võimalik. 2011. aastal hävis tulekahus talli puidust katusekonstruktsioon. Selle tulemusena jäid põletamata savitellisest müürid kaitseta ilmastiku eest ning edelapoolsed talli sektsioonid on peaaegu täielikult hävinud. Kirdepoolne osa on säilinud paremini, need müürid on põlengujärgselt kaetud ka ajutiste kattedekastustega, mis aeglustavad ilmastiku lagundavat mõju. Hoone hetkeseisukorra võib lugeda avariiliseks - puudub katus, ruumid on täis põlengu tagajärjel tekkinud puidu- ning eterniidiprahti. Seinad ja sillused on kaotanud kohati kandevõime ja on varisemisohtlikud. Talli ruumides ja siseõuel vohab kõrghlein ning võsa. Rekonstrueeritakse loodepoolsed neli sektsiooni (A-D), käesolevas projektis käsitletakse neist kahte (C - planeeritav abiruum; D - planeeritav lava)



**Joonis 2.1.** Sektsioonide plaan olemasolevate seintega



## 2.1.2 Üldandmed ja tehnilised näitajad

**Tabel 2.1.** Lääneosa (C-D) üldandmed ja tehnilised näitajad

Lääneosa funktsioon	Meelelahutusehitis
Lääneosa pikkus	46,2 m
Lääneosa laius	18,5 m
Lääneosa kõrgus	8,8 m
Lääneosa alune pindala	494,4 m <sup>2</sup>
Lääneosa suletud netopind	374,5 m <sup>2</sup>
Lääneosa avatud brutopind	427,2 m <sup>2</sup>
Krundi sihtotstarve	100% Sotsiaalmaa (Ü)
Krundi täisehitusprotsent	9,5% (C-D osa); 20,4% (kõik rekonstr. osad)
Lääneosa korruselisus	1
Ümberehitusjärgne planeeritav eluiga	50 aastat

## 2.1.3 Asendiplaan

Ringtalli krunt asub Torma alevikus, 100 m kaugusel Tartu-Torma maanteest. Ringtall asub krundi keskel ja seda ümbritseb kolmest küljest kruusakattega tee. Ümberehituse käigus rajatakse krundi edelanurka kruusakattega parkla, mahutamaks 30 autot etenduste ajal. Krundi loodenurgas asuvad kaks puud langetatakse, et kaitsta hoonet võimaliku puude murdumise eest ning lihtsustada ehitustöid. Hetkel on krunt kattunud võsa ja madaltaimestikuga, projekt näeb ette talli lääne ja põhjakülge 1,5m laiust sillutatud ala, et lihtsustada liikumist rekonstrueeritavate sektsioonide ümber. Ringtalli sisehoov ja katuseeta ruumide ala kaetakse sillutisega, kusjuures siseperimeetrile moodustatakse 2m laiune unikivist perimeeter, et oleks lihtsustatud liikumine ratastoolide ning lapsevankritega. Unikivi paigaldatakse ka kõigi kolme sissepääsu alale. Ülejäänud platsi ja ruumide sillutisena kasutatakse maakivi või mõisakivi, lõunas asunud kunagise müüri asukoht märgitakse sillutises teist värvi või teistsuguse kujuga kividega. Hetkel on krundil kallak ida suunas. Kallakut hoone ümber ja sisehoovis korrigeeritakse ning soodustatakse sadevee liikumist hoonest idas asuvale imbväljakule. Siseõue vesi juhitakse imbväljakule kolme renni abil, mis läbivad sise ja välisseina soklit.

### **2.1.4 C-D sektsioonide arhitektuurne lahendus**

Ringtall koosneb kokku kaheksast sektsioonist, millest neli rekonstrueeritakse. A ning B sektsioonid on planeeritud soojustatud köetavateks ruumideks, kus asub konverentsikeskus, magamisosa, riietus- ja sanitaarruumid ning kööginurk. A ja B sektsioonide projekt on koostatud magistritöös "Torma mõisa ringtalli põhjapoolse osa restaureerimis- ja rekonstrueerimisprojekt", Ninaste, K. 2016

Käesolevas projektis käsitletakse kahte talli lääneosa sektsiooni: C ja D. C osa rekonstrueeritakse ning D osa ehitatakse ümber. Mõlemad osad on planeeritud kaldkatustega ning ühekorruseliseks. Hoone funktsiooniks on meelelahutusehitis. Talli D sektsioon on kavandatud katusega välilavaks, mille ainus avatud külj jääb talli sisehoovi poole, kus asub publik. Loodesektsioon C on planeeritud külmaks ruumiks ning täidab abiruumi rolli, kus on võimalik hoiustada talli kasutamise ja hooldamisega seotud tehnikat. C sektsioon on ka ühenduskoridor sisehoovi, lava ning B sektsioonis paikneva näitlejate riietusruumi vahel. Käsitletavates sektsioonides on savitellisest seinad kas täielikult lagunened või kandevõime kaotanud ning avarilises seisukorras. Katuse toetamiseks tuleb laduda antud sektsioonidele uued savitellisest seinad. Vajadusel tuleb vanade seinte jäänused kuni vundamendini lammutada, hinnata vundamendi kandevõimet ning kui see on tagatud, rajada uued seinad olemasolevale vundamendile. Erandina võib käsitleda C sektsiooni hoovipoolset seina, mis vajab parandustöid. Hoovipoolne sein on koos originaalsete avadega hästi säilinud ning täielik lammutamine ja uuesti ladumine eemaldaks hoonelt osa selle autentsusest ning ei pruugi olla otstarbekas. Seinte kandevõime kontrollimiseks on tarvis viia läbi täiendavad tugevusarvutused. Antud projektis on planeeritud C ja D sektsioonide uuesti laotava müüritise paksus 400-600 mm. Täpsed mõõdud on kajastatud põhiplaani joonisel. Ebapiisava kandevõime korral on lubatud seina paksust suurendada. Kandevõime tagamisel võib seinte paksust vähendada, kuid mitte väiksemaks kui 400 mm.

Lava avatud küljel on katuse sille üle 15 meetri, seina asemel toestab katust liimpuidust tala, mis kummastki otsast on toetatud müüritisele. Katuseräästasse on avause kohale tehtud sisselõige, et avaust visuaalselt suurendada ning tagada veidi parem nähtavus lavale ka siseõue kaugemast äärest.

## **2.1.5 Päärdekonstruktsioonid**

### **2.1.5.1 Sise- ja väliskeskkonna arvestusparameetrid**

Lava ja abiruumi näol on tegemist külmade ruumidega, kus talvel tegevust ei toimu ning seega vajadus kütte järele puudub. Seetõttu puuduvad sisekliimale esitatavad nõuded, ruumide sisekliima sõltub välistingimustest.

Sisekliima

- Temperatuur ja õhuniiskus sõltuvad välistingimustest.

Väliskliima

- Välistemperatuur vastavalt aastaajale - 30° kuni + 30°
- Aasta keskmine õhuniiskus Eestis 80% - 83%

### **2.1.5.2 Akustikale esitatavad nõuded**

Akustikale esitatud nõuded puuduvad. Lava vahelaetalad on projekteeritud kalde alla ning kaetud laudisega, et kõla kostuks võimalikult hästi lavalt siseõuele.

### **2.1.5.3 Vundament**

Ringtalli kirdeosas on maapinna languse tõttu näha pinnasest välja ulatuvat meetri paksust sokli ja vundamendi osa, mis koosneb lubimördiga seotud maakividest ja savitellistest. Kuna maapind on lääneosas kõrgem, kui sokli osa ülemine äär, ei ole ainult visuaalselt võimalik hinnata, kas samasugune vundament asetseb ka käsitlevate talli osade seinte all. Käesoleva projekti koostamisel eeldatakse, et maa sees, olemasolevate seinte varemete all, asub vundament, millele on võimalik uued seinad rajada. Ennem uute seinte rajamist tuleb siiski korraldada täiendavad uuringud olemasoleva vundamenti tüübi ja kandevõime kindlaks määramiseks.

### **2.1.5.4 Seinad**

Lava ja abiruumi olemasolevad seinte varemed lammutatakse vajalikus mahus ja olemasolevale vundamendile laotakse etteantud kõrgusmäärgini (79,54m abs.) uued seinad (erandina abiruumi abiruumi hoovipoolne sein vt. 2.1.4). Sideainena kasutatakse lubimörti, tellistena kasutatakse kogumahus 90% põletatud ja 10% põletamata savitellist. Kõigi seinte ehitus- ja parandustöödel kasutatakse põhimõtet "**säilitada tuleb võimalikult palju algset seinapinda**". Seinte viimistluseks nii seest kui väljast jääb katmata savitellis.

Lava piiravad kolm sein, hoovipoolne osa jääb avatuks. Lava lõuna- ja põhjapoolne sein võtavad vastu liimpuittalalt tuleva katuse koormuse ja tagavad hooneosa stabiilsuse tugeva tuule korral ning on seetõttu 600 mm paksused. Tala kandvad seinad laotakse vastava kõrgusmäärgini (79,50 m abs.), kus neile toetub müürlati abil liimpuidust tala. Tellisseina kohale jääv lõunapoolne otsasein ehitatakse puitkarkassile kinnitatud voodrilauast. Lava tellistest tagasein/läänesein on 400 mm paksune. Põhjapoolne lava sein on ühtlasi piirdeks abiruumi ja lava vahel ning sellesse on planeeritud kahepoolne kaarsillusega uks lavale pääsuks.

Abiruumi hoovipoolse seinana kasutatakse hetkel olemasolevat sein, eeldusel et kandevõime on tagatud. Sein ülemisest äärest eemaldatakse purunenud ja kahjustunud tellised ning ehitatakse sein uusi telliseid kasutades välja õige kõrguseni. Seinas on hetkel olemas ava, mis laotakse sobivasse mõõtu nii, et avasse saab paigaldada kahepoolse kaarsillusega ukse abiruumi pääsuks. Abiruumil on säilinud ka välimine sein, kus paiknevad kolm aknaava. Välimise sein hetkeseisukord on avariiline ning ei võimalda katuse toetamist. Võimalusel eemaldatakse nimetatud seinast kahjustunud osad ning tehakse parandustööd uute tellistega, säilitades võimalikult palju algset seinakonstruktsiooni. Eesmärk on jätta hoone välisilmesse võimalikult palju originaalsust. Kui tööde käigus selgub, et algset sein ei ole võimalik säilitada, lammutatakse olemasolev sein vajalikus mahus ning laotakse uus, 400 mm paksune sein. Abiruumi välisseinas olevaid avasid uues tellisseinas ei kujutata.

Ainuke soojustatud sein C-D osas on abiruumi ja riietusruumi ühendav sein (sektsoonide B ja C ühendussein). Selles seinas paikneb ka uks pääsuks riietusruumi. Kõnealuse sein täpset lahendust on käsitletud Krista Ninaste 2016. a. magistritöös.

#### **2.1.5.5 Põrandad**

Abiruumi ning lava põrandaalune pinnas kooritakse ning täidetakse mineraalse täitematerjaliga vastava kõrgusmäärgini (Lõige A-A; B-B). Täitematerjal tihendatakse ning sellele valatakse 10 cm betoonkoorik. Lava osas kinnitatakse betooni külge 600 mm sammuga põrandalaagid, mis omakorda kaetakse täislaudisega. Abiruumi betoonkoorik plaaditakse suure gabariidiga (ca 30x30cm või 30x60cm) keraamilise plaadiga. Tellija nõusolekul võib abiruumi betoonist põrandakooriku jätta katmata.

Lava põrandapind on 54 cm kõrgemal abiruumi põrandapinnast. Kõrguste vahe abiruumist lavale liikumiseks kompenseeritakse abiruumis asuva kolmeastmelise trepi ja mademega. Trepp ja trepimade valmistatakse puidust.

#### **2.1.5.6 Katused, vahelaed**

Käsitletavate hoone osade katus koosneb kahest nurga all ühendatud viilkatusest. Põhjas liitub katus B sektsiooni katusega.

Nii lava kui abiruumi osal on nõ. külm katus, mis koosneb järgmistest kihtidest:

- katuseplekk (valtsitud tsinkplekk)
- roovid 22mm x 100mm sammuga 350mm
- sarikatalad 80mm x 240mm sammuga 900mm

Abiruumi ja katusealuse vahel puudub vahelagi ning need moodustavad ühtse kõrge ruumi. Fermid, roovid ning katuseplekk jäävad alt vaadates nähtavale. Abiruumi katusealune moodustab ühtse ruumi ka lava katusealusega - C ning D sektsioonide vahel olev tellissein laotakse kõrguseni, kus sellele toetub lava liimpuittala ning selle kohale jääv osa jäetakse lahtiseks. Lava kalde all olevad vahelae talad on altpoolt kaetud 18mm paksuse voodrilauast täislaudisega, et soodustada kõla levimist siseõue.

C ja D sektsiooni katuse väliskülgedel on kummalgi ette nähtud paigaldada elektrijuhtimisega suitsueraldusluugid mõõduga 900x1500mm.

#### **2.1.5.7 Avatäited**

Käsitletavates talli osades on säilinud kaks ukseava ning kolm aknaava. Aknaavasid seinlaadumise käigus välja ei laota, kuna tegu pole algsete avadega. ka välisseina ukseava pole algne lahendus ning seetõttu ei arvestata seda seinlaadumisel. Sisehoovi pool asuvale ukseavale tehakse parandusi ning see laotakse kaarsillusega. Lisandub üks sektsioone C ja D ühendav kaarsillusega ukseava. Avade paigutus on kajastatud põhiplaani ning vaadetes. Kumbagi ukseavasse on planeeritud kahepoolne lukustatav kaarja ülaosaga uks. Uste soojapidavusele nõuded puuduvad. Uksed valmistatakse kogu mahus puidust, pealt on need kaetud diagonaallaudisega. Kummagi uksepoole laudis on 90° nurga all teise uksepoole suhtes (vt. joonis "C sektsioon, vaade idast")

## **2.1.6 Tuleohutusnõuded**

### **2.1.6.1 Kasutatud normdokumendid**

Ehitisele ja selle osadele esitatavad tuleohutusnõuded (Vabariigi Valitsuse 27. oktoobri 2004. a määrus nr 315, jõustunud 01.01.2005).

### **2.1.6.2 Hoone kasutusviis**

Lääneosa kasutusviisiks on IV kasutusviis (teater)

### **2.1.6.3 Hoone tulepüsivusklass**

Projekteeritud hoone kuulub tulepüsivusklassi TP-3.

### **2.1.6.4 Kandevkonstruktsioonide tulepüsivused**

Hoone kandevkonstruktsioonidele ei esitata nõudeid. Kandevseinad on savitellistest, katusekonstruktsioon puidust ning liimpuidust.

### **2.1.6.5 Korruste arv**

Projekteeritud C ja D hooneosad on ühekorruselised. D osa kohal asub avatud pööning, kuhu pääseb C osast, seinal asuva redeli abil.

### **2.1.6.6 Pindade tuletundlikkuse klassid**

Seina- ja laematerjalide nõutav tuletundlikkus on D-s2,d2, põrandale nõuded puuduvad.

### **2.1.6.7 Ehitise jagunemine tuletõkketsoonideks**

Lääneosa moodustab ühe tuletõkkeseptsiooni, hoone osadest C ja D. Kõik tuletõkkekonstruktsioonid peale B ja C sektsioone ühendava siseseina on välispiirded.

### **2.1.6.8 Evakuatsioonilahendus**

Hoone C-D osast evakueeritavate inimeste arv on 25. Hoonel on kolm väljapääsu, milleks on: 1) kahepoolne uks siseõuele; 2) kahepoolne uks avatud lavale ja sealt siseõuele; 3) hädaväljapääs B sektsioonis asuva akna kaudu. Maksimaalne evakuatsioonitee pikkus on 29m.

### **2.1.6.9 Suitsuärastus**

Suitsuärastus abiruumist ja lava kohal asuvast pööningust toimub elektrijuhtimisega suitsuluukide abil. Lava osal on avatud külg.

### **2.1.6.10 Tuleohutusabinõud hoones**

Abiruumi ja lava põõningule paigaldatakse automaatne tulekahjusignalisatsioonisüsteem. Abiruumi sarikate külge paigaldatakse evakuatsioonivalgustus. Abiruumi paigutatakse hajutatult kaks 6kg tulekustutit, kumbagi ruumi otsa.

### **2.1.6.11 Pääs katusele**

Hoone katusele pääseb kasutades redelit.

### **2.1.6.12 Tuletõrje veevarustus**

Tallist 100 m ida pool asub tiik, mille kaldasse on antud projekti raames ette nähtud ehitada tuletõrje veevõtukaev.

## **2.1.7 Keskkonnamõjud**

Talli C ja D sektsioonis puudub veevarustus. Ainsaks keskkonda mõjutavaks faktoriks on tahked jäätmed, mille kogumiseks paigaldatakse talli territooriumile prügikastid. Prügikasti mittesobivad jäätmed edastatakse jäätmekäitlusettevõttele.

## **2.1.8 Eriosad**

### **2.1.8.1 Küte**

Käsitletavates talli osades puudub küttesüsteem.

### **2.1.8.2 Veevarustus ja kanalisatsioon**

Käsitletavates talli osades puudub veevarustus ning kanalisatsioon. Sadevesi kogutakse katuselt vihmaveerenni, misjärel suunatakse see vihmaveetoru ning sillutise kalde ja sillutises oleva sadeveerenni kaudu ringtalli idaosas paiknevale imbväljakule.

### **2.1.8.3 Ventilatsioon**

Lava osa on avatud küljega. Abiruumi osas on ette nähtud loomulik ventilatsioon sein ja katuse vahel olevatest avadest.

#### ***2.1.8.4 Elekter***

Nii abiruumi kui lava osasse on ette nähtud valgustid ning pistikupesad seadmete ühendamiseks (sh. 3x16A jõupesad). Valgustite, lülitite, pistikute ning muude komponentide täpne lahendus tuuakse välja eraldi elektriprojektis.



### 3 KOORMUSTE ARVUTUS

Abiruumi ja lava osa katusekandjate dimensioneerimiseks on dimensioneeritud kaks tüüpfermi, mille kandevõime tagamisel loetakse kandevõime tagatuks ka ülejäänud sarnastel fermidel:

- C sektsiooni tüüpferm
- B-C sektsioone ühendav neelusarikas

Nimetatud fermidest on koostatud tasapinnalised mudelid programmis Autodesk Robot Structural Analysis 2013 (edaspidi "Robot"). Fermidele mõjuvad pinnakoormused on teisendatud joonkoormusteks ning kantud Robotis olevale fermi arvutuskeemile. Joonkoormuste leidmiseks on pinnakoormus korrutatud läbi fermide sammuga  $S=0,9$  m. Mõjuvatest koormustest on koostatud koormuskombinatsioonid, mis kajastavad erinevaid võimalikke olukordi, millele katusekandjad peavad töötama. Kandevõimearvutustes leitakse kriitiline kombinatsioon, kus elemendi sisejõudude mõju on suurim ning tehakse vastavalt sellele kandevõime arvutused.

**Tabel 3.1. Koormuskombinatsioonid**

Nr.	Kombinatsiooni nimi	Kombinatsioon
1	KK1 - ainult lumi	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn}$
2	KK2 - dom lumi (kasus)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn} + 1,05 Q_k$
3	KK4 - dom lumi (tuul 0°)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn} + 0,9 Q_{k,W(0)} + 1,05 Q_k$
4	KK4 - dom lumi (tuul 180°)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn} + 0,9 Q_{k,W(180)} + 1,05 Q_k$
5	KK4 - dom lumi (tuul 90°)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn} + 0,9 Q_{k,W(90)} + 1,05 Q_k$
6	KK5 - dom tuul 0°	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,W(0)} + 0,75 Q_{k,Sn} + 1,05 Q_k$
7	KK5 - dom tuul 180°	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,W(180)} + 0,75 Q_{k,Sn} + 1,05 Q_k$
8	KK5 - dom tuul 90°	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,W(90)} + 0,75 Q_{k,Sn} + 1,05 Q_k$
9	KK6 - omakaal	$1,35 G_k$
10	KK9 - ankurdus (tuul 0°)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,W(0)}$
11	KK9 - ankurdus (tuul 180°)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,W(180)}$
12	KK9 - ankurdus (tuul 90°)	$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,W(90)}$
13	KK10 - lumi (kasutuspiirseisund)	$1,0 G_k + 1,0 Q_{k,Sn} + 0,70 Q_k$
14	KK12 - kasuskoorm. (kasutuspiirseis.)	$1,0 G_k + 1,0 Q_k + 0,70 Q_{k,Sn}$

$G_k$  - omakaalukoormus

$Q_{k,Sn}$  - lumekoormus

$Q_{k,W(0/90/180)}$  - tuulekoormus (sisehoovi poolt/ otsast/ väljastpoolt)

$Q_k$  - kasuskoormus (talli lääneosa katusekonstruktsioonidele kasuskoormus puudub)

### 3.1 Omakaalust tulenevad koormused

#### 3.1.1 Katus

Katuse omakaaluna on arvestatud järgnevaid vertikaalsuunalisi koormusi:

**Tabel 3.2.** Katusekihtide omakaal

Kiht	Normatiivne koormus pinnale	Joonkoormus fermile
Katuseplekk (valtsitud tsinkplekk)	0,049 kN/m <sup>2</sup>	0,044 kN/m
Puitroovitus 22x100 samm 350 mm	0,031 kN/m <sup>2</sup>	0,028 kN/m
<b>Kokku:</b>		<b>0,072 kN/m</b>

#### 3.1.2 Katusekandjad

Katusekandjate kaalu arvutuskeemile eraldi ei lisatud, vastavate ristlõigete kaal on programmi Robot poolt arvesse võetud.

#### 3.1.3 Lava vahelagi

Lava sarikad kaetakse altpoolt laudisega. Fermidele mõjuv koormus:

**Tabel 3.3.** Lava vahelae omakaal

Kiht	Normatiivne koormus pinnale	Joonkoormus
18 mm voodrilauast laudis	0,076 kN/m <sup>2</sup>	0,068 kN/m
<b>Kokku:</b>		<b>0,068 kN/m</b>

### 3.2 Tuulekoormus katusele

Lava ja abiruumi katusele on eraldi arvatud tuulekoormus ning määratud tuuletsoonid. Tuulekoormuse mõjusuund võetakse risti katuse tahuga. Tuulekoormuse arvutamisel on tuulepoolsel katuse küljel käsitletud ainult positiivse ja tuulealusel küljel negatiivse väärtusega rõhutegureid. See on lubatud, kuna antud katuse puhul on suurimad suruvad koormused alati tuulepoolsel küljel ning suurimad tõstvad koormused tuulealusel küljel. Tugevusarvutustes on käsitletud kombinatsioone, kus tuul mõjub katusele ringtalli sisehoovi poolt ( $\theta = 0^\circ$ ) ja kus tuul mõjub katusele talli välisküljelt ( $\theta = 180^\circ$ ). Seega on mõlemale katusetahule mõjuvad kriitilised positiivse ning negatiivse väärtusega koormused arvutustes käsitletud. Lava osa tuulekoormuse arvutus on eraldi välja toodud.

**Tabel 3.4.** Tuulekoormuse arvutuse lähteandmed

Valitud maastikutüüp:	III; ( $z_{\min} = 5\text{m}$ )
Hoone kõrgus:	$z = 8,8\text{ m}$

\*Märkus: Tuulekoormuste arvutamisel on võetud hoone kõrguseks (kiirusrõhu arvutuskõrguseks) 8,8 m lähtuvalt ringtalli katuse kõige kõrgemast punktist, mis asub A sektsioonis (Magistritöö "Torma mõisa ringtalli põhjapoolse osa restaureerimis- ja rekonstrueerimisprojekt", Ninaste, K. 2016). Nõnda on saadavad tulemused ülejäänud hoone osades tagavara kasuks.

### 3.2.1 Kiirusrõhk

Kiirusrõhk III maastikutüübi puhul leitakse valemiga:

$$q_p = 12,81 \ln^2 \frac{z}{0,3} + 89,64 \ln \frac{z}{0,3} = 12,81 \ln^2 \frac{8,8}{0,3} + 89,64 \ln \frac{8,8}{0,3} = 0,449 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

\*Ehituskonstruktori käsiraamat, tabel 8.18.

### 3.2.2 Katuse tuulerõhutegurid

#### 3.2.2.1 Abiruumi katus ( $\theta = 0^\circ/180^\circ$ ):

Käsitleva sektsiooni katuse kaldenurk on ümardatult  $36^\circ$ . Sellele kaldele vastavad tuulerõhutegurid on leitud lineaarse interpoleerimise teel tablist 7.4a (EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007). Käsitletud on ainult viiluga risti mõjuvat tuult, kuna kummastki otsast piirneb C sektsiooni katus teiste katuseosadega. Rõhutegurite arvutamisel kasutatakse üldtegurit  $c_{pe,10}$ , kuna  $1\text{m}^2$  või väiksemad tsoonid puuduvad.

**Tabel 3.5.** C sektsiooni rõhuteguri  $c_{pe,10}$  väärtused ( $\theta = 0^\circ/180^\circ$ )

Katuse kaldenurk $\alpha$	F	G	H	I	J
$30^\circ$	0,7	0,7	0,4	-0,4	-0,5
<b><math>36^\circ</math></b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,48</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,42</b>
$45^\circ$	0,7	0,7	0,6	-0,2	-0,3

#### Tuulerõhk tsoonides ja fermile mõjuv joonkoormus:

Tuulerõhk igale tsoonile leitakse valemiga  $w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$ . Joonkoormus ühele fermile leitakse korrutades tuulerõhk läbi fermide sammuga. Fermide samm  $S = 0,9$  m.

**Tabel 3.6.** C sektsiooni tuulekoormus joonkoormusena. ( $\theta = 0^\circ/180^\circ$ )

	F	G	H	I	J
Tuulerõhutegur	0,7	0,7	0,48	-0,32	-0,42
Tuulerõhk ( $w_e=kN/m^2$ )	0,31	0,31	0,22	0,14	0,19
Joonkoormus ( $q=kN/m$ )	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,19</b>	<b>-0,13</b>	<b>-0,17</b>

### 3.2.2.2 Lava katus ( $\theta = 0^\circ/180^\circ$ ):

Käsitleva sektsiooni katuse kaldenurk on ümardatult  $35^\circ$ . Käsitletud on viiluga risti mõjuvat tuult. Tuulerõhutegurid ja tuulerõhud on leitud sama meetodikaga, nagu sektsioon C puhul.

**Tabel 3.7.** D sektsiooni rõhuteguri  $c_{pe,10}$  väärtused ( $\theta = 0^\circ/180^\circ$ )

Katuse kaldenurk $\alpha$	F	G	H	I	J
<b><math>35^\circ</math></b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,47</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,43</b>

### Tuulerõhk tsoonides ja fermile mõjuv joonkoormus:

Tuulerõhk igale tsoonile leitakse valemiga  $w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$ . Joonkoormus ühele fermile leitakse sama meetodikaga, nagu sektsioon C puhul.

**Tabel 3.8.** D sektsiooni tuulekoormus joonkoormusena fermile ( $\theta = 0^\circ/180^\circ$ )

	F	G	H	I	J
Joonkoormus ( $q=kN/m$ )	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,19</b>	<b>-0,13</b>	<b>-0,17</b>

### 3.2.2.3 Lava katus ( $\theta = 90^\circ$ ):

Lava katuse puhul käsitletakse ka olukorda, kus tuul mõjub risti lava otsaseinaga. Tuulerõhutegurid on leitud lineaarse interpoleerimise teel tablist 7.4b (EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007). Kuna tuule suund pole paralleelne viiluga, tuleb selles olukorras katuse kaldenurgaks võtta  $34^\circ$ .

**Tabel 3.9.** *D* sektsiooni rõhuteguri  $c_{pe,10}$  väärtused ( $\theta = 90^\circ$ )

Katuse kaldenurk $\alpha$	F	G	H	I
30°	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
<b>34°</b>	<b>-1,1</b>	<b>-1,4</b>	<b>0,83</b>	<b>-0,5</b>
45°	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5

**Tuulerõhk tsoonides ja fermile mõjuv joonkoormus:**

Tuulerõhk igale tsoonile leitakse valemiga  $w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$ . Joonkoormus ühele fermile leitakse identselt eelmiste osadega.

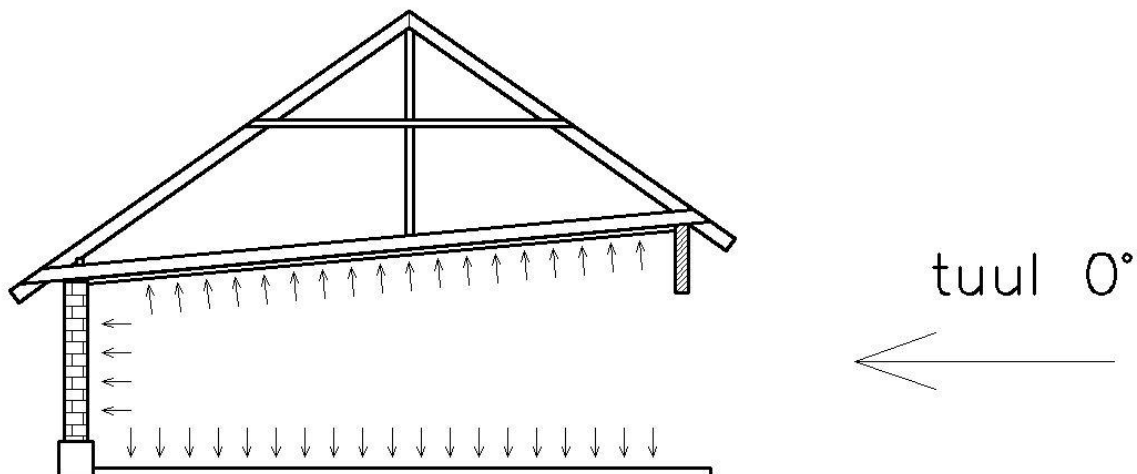
**Tabel 3.10.** *D* sektsiooni tuulekoormus joonkoormusena fermile ( $\theta = 90^\circ$ )

	F	G	H	I
Joonkoormus (q=kN/m)	<b>-0,44</b>	<b>-0,57</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,20</b>

**3.2.2.4 Lava vahelagi**

Lavale on ette nähtud vahelagi - fermide alumised kaldu olevad talad kaetakse laudisega, et soodustada kõla kostumist sisehoovi. Kuna tegu on täislaudisega, mis on tuuletihe, mõjub lisaks katusele tuulekoormus ka vahelaele. Vastava koormuse mõju leitakse järgmisel põhimõttel:

Lava avatud külje asemele paigutatakse kujuteldav sein ning leitakse tuulerõhk sellele seinale eri tuule suundade korral. Kuna õhk annab rõhku edasi võrdselt igas suunas sarnaselt vedelikuga, võib kujuteldavale seinale mõjuva tuulerõhu väärtuse edasi kanda lava sisepindadele, sealhulgas vahelaele. Kui tuul mõjub sisehoovi poolt, tekib lavaruumi ülerõhk ja vahelage surutakse ülespoole. Kui tuul mõjub lava otsaküljelt või talli välisküljelt, tekib lavaruumi alarõhk, ning vahelage "imetakse" allapoole.



**Joonis 3.1.** Tuulerõhu mõju lavaruumi sisepindadele

Leitakse tuulerõhu tegurid kujuteldavale seinale (Väärtused leitud interpoleerimise teel algväärtustest tabelis EVS: EN 1991-1-4:2005+NA:2007, tabel 7.1):

$h = 8,8$  m (ringtalli katuse kõrgeim punkt);  $d = 11,22$  m (lava laius)

**Tabel 3.11.** Tuulerõhu tegurid D sektsiooni seinapindadele

Tsoon	A	B	D	E
$h/d = 0,78$	<b>-1,2</b>	<b>-0,8</b>	<b>0,77</b>	<b>-0,44</b>

\* Märkus: C tuuletsooni pole tabelis kajastatud, kuna  $e > d$  ning sel juhul tsoon C puudub.

Kuna reaalne sein puudub, võetakse avale mõjuvaks teguriks küljeseina tegurite A ja B väärtuste keskväärtus -1,0.

**Tabel 3.12.** Tuulekoormus D sektsiooni fermi talale

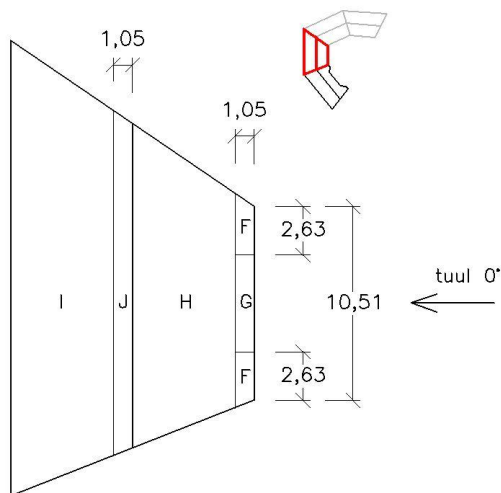
	A	B	D	E
Tuulerõhutegur	-1,0		0,77	-0,44
Tuulerõhk ( $w_e = kN/m^2$ )	-0,45		0,35	-0,2
Joonkoormus ( $q = kN/m$ )	<b>-0,41</b>		<b>0,32</b>	<b>-0,18</b>

### 3.2.3 Katuse tuuletsoonid

Katuse jaotamisel tsoonideks on lähtunud standardist EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 (Kahekaldelised katused). Räästaosa pikkus on  $0^\circ$  ja  $180^\circ$  korral erinev ja käsitletav katuse osa piirneb kummaltki poolt teiste katustega. Seetõttu on tsoonide määramisel suuruse  $b$  väärtuseks võetud tuulepoolse räästa osa pikkus.

#### 3.2.3.1 C sektsioon

Tuuletsoonid katusel, kui tuule mõjusuund on sisehoovi poolt ( $\theta = 0^\circ$ ):



$e = b$  või  $2h$ , kumb on väiksem

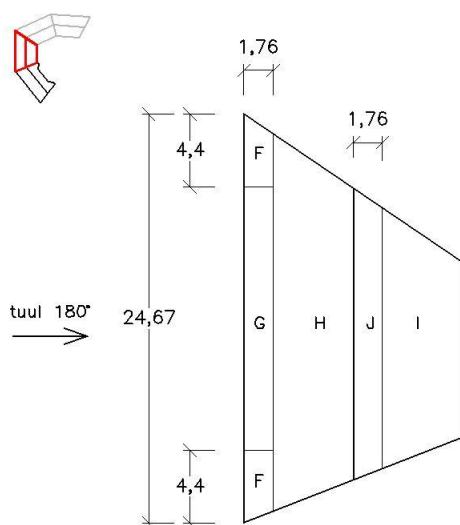
$$b = 10,51\text{m}$$

$$2h = 2 * 8,8 = 17,60\text{m}$$

$$\Rightarrow e = b = 10,51\text{m}$$

**Joonis 3.2.** C osa tuuletsoonid (tuul  $\theta = 0^\circ$ )

Tuuletsoonid katusel, kui tuule mõjusuund on talli välisküljest ( $\theta = 180^\circ$ ):



$e = b$  või  $2h$ ,

kumb on väiksem

$$b = 24,67\text{m}$$

$$2h = 2 * 8,8 = 17,60\text{m}$$

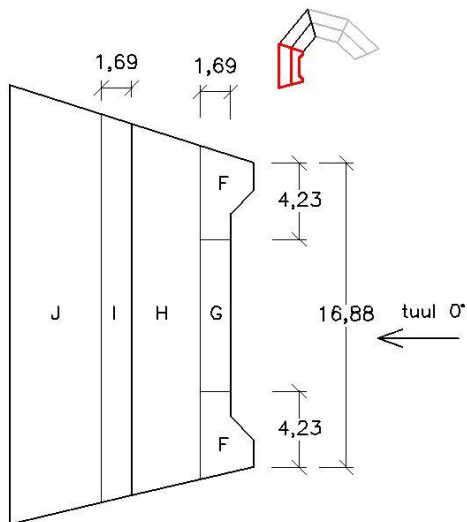
$$\Rightarrow e = 2h = 17,60\text{m}$$

**Joonis 3.3.** C osa tuuletsoonid (tuul  $\theta = 180^\circ$ )

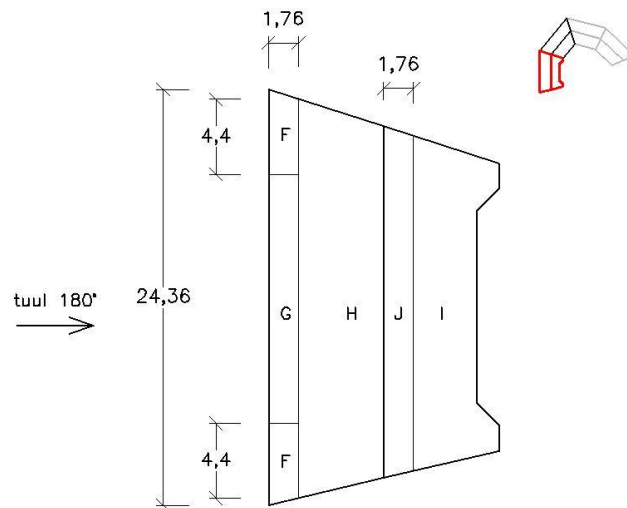
### 3.2.3.2 D sektioon

Tuuletsoonid katusel, kui tuule mõjusuund on sisehoovi poolt, välisküljest ja risti otsaseinaga

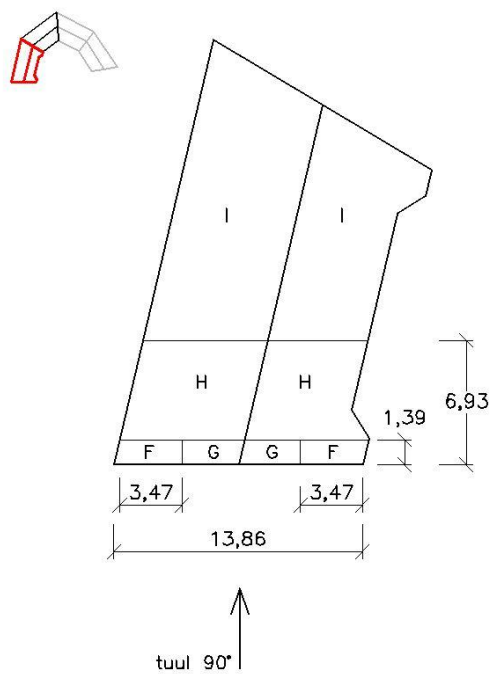
( $\theta = 0^\circ/180^\circ/90^\circ$ ):



Joonis 3.4. D osa tuuletsoonid (tuul  $\theta = 0^\circ$ )



Joonis 3.5. D osa tuuletsoonid (tuul  $\theta = 180^\circ$ )



Joonis 3.6. D osa tuuletsoonid (tuul  $\theta = 90^\circ$ )



### 3.3 Lumekoormus katusele

Katusele mõjuvat lumekoormust on arvestatud vertikaalsuunalisena. Lumekoormuse arvutusväärtus leitakse Eesti ehitusliku lumekoormuste kaardi abil (EVS:EN 1991-1-3:2006+NA:2006 Joonis NA.4.1):



**Joonis 3.7.** Eesti ehituslik lumekoormuste kaart

Kaardi põhjal asub Torma piirkonnas, kus lumekoormuse normväärtus on  $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ . Viilkatuse lumekoormuse kujutegur (nii lava kui abiruumi katuse kaldeks võetakse lihtsuse huvides  $\alpha = 35^\circ$ .)

$$\mu_1 = \frac{0,8 * (60 - 35)}{30} = 0,67$$

Juhul kui kasutatakse lumetõkkeid, mis takistavad lume katusele alla libisemist, võetakse kujuteguri väärtuseks vähemalt  $\mu_1 = 0,8$ . Kuna antud hoone katusel kasutatakse lumetõkkeid, võetakse kujuteguriks suurem  $\mu_1$  väärtus.  $\Rightarrow \mu_1 = 0,8$

Katusele mõjuv arvutuslik lumekoormus leitakse valemiga  $s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$

Avatustegur ning soojustegur võetakse võrdseks 1,0-ga. Lumekoormus sellisel juhul:

$$s = 0,8 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Leitud lumekoormus arvestatakse mõjuvaks mõlemale viilkatuse tahule. Fermile mõjuv joonkoormus leitakse, korrutades lume pinnakoormus läbi fermide sammuga  $S = 0,9m$ .

$$q_s = 1,2 * 0,9 = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

Katusesektsioonide neelukohtades arvestatakse lisakoormusena ka lume kuhjumist ning lumekoti tekkimist. Antud olukorda käsitletakse Eesti standardi järgi, kui lume kuhjumist katuseastme läheduses. Sel juhul võib võtta hange pikkuse vahemikus  $2 \text{ m} \leq l_2 \leq 6 \text{ m}$ . (EVS:EN 1991-1-3:2006+NA:2006 NA.5.3.6 lk. 52)

Hange pikkuseks valitakse minimaalne 2m. Nii käsitledes ulatub kuhjunud lumi 1 m ulatuses kummalegi poole neelu. Vastavaks kujuteguri  $\mu_w$  väärtuseks valitakse 1,6. Seega on neelukohtades 2m ulatuses arvestatud kahekordse lumekoormusega võrreldes ülejäänud katusega.

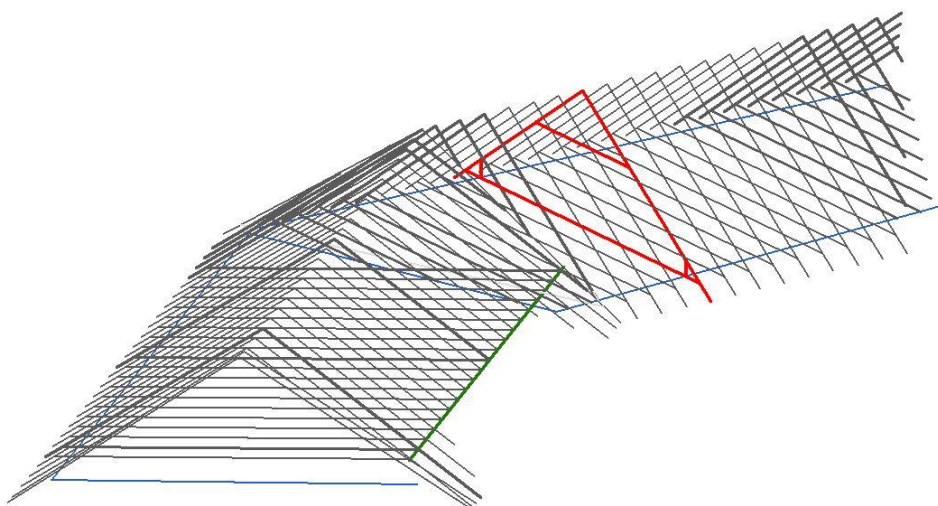
## 4 KATUSEKANDJATE DIMENSIONEERIMINE

Katusekandjate kandevõime leidmisel on toodud välja arvutuskäik C sektsiooni tüüfermile. Neelusarika kandevõime kontroll on koostatud programmis Autodesk Robot Structural Analysis. D sektsiooni (Lava) fermi konstrueerimisel on lähtutud C osa fermi dimensioneerimisel saadud tulemustest ning välja pakutud soovituslik D sektsiooni fermi kavand. C ja D osa tüüfermide joonised on toodud välja Lisa B jooniste osas (lk 7/14 ja 8/14)

### 4.1 C sektsioon

Käesolevas peatükis käsitletakse tugevusarvutusi ringtalli C sektsiooni tüüfermile. Tüüfermi valikul on arvestatud, et tegu oleks ühe suurima sildeavaga fermiga, kuid samas asuks neelukoormuste mõjust piisavalt kaugel. Kokku on C sektsioonis sarnaseid ferme 12 tükki (vähesel määral erineb sille ning sarikatalade tugipostide asetus). Muutused on nõnda vähesed, et käsitletava fermi tugevustingimuste rahuldamisel loetakse kandevõime tagatuks ka ülejäänud 11-l sarnasel fermil.

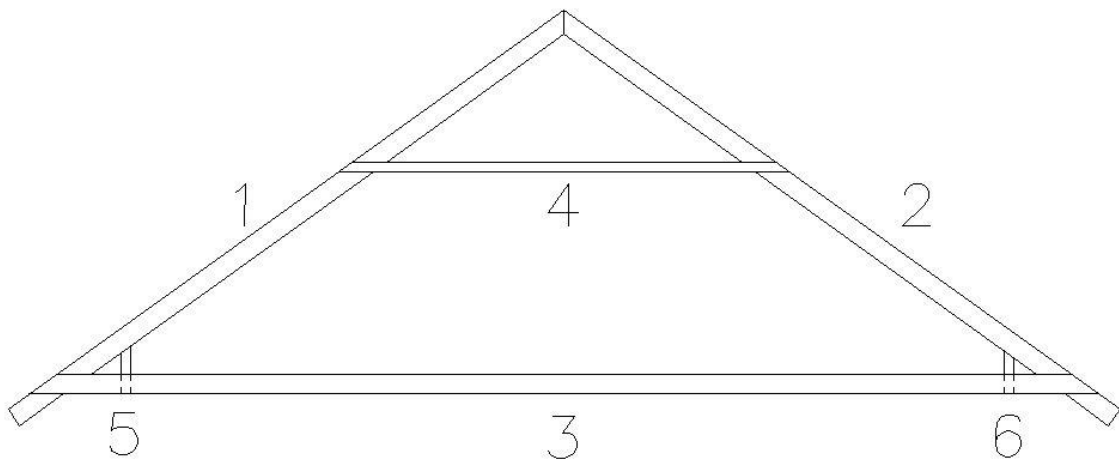
Kõik elementide ning sõlmede tugevusarvutused on koostatud Eesti puitkonstruktsioonide projekteerimise standardi EVS-EN 1995-1-1:2005+NA2007+A1:2008+ NA:2009 alusel. Kasutatud valemid ning tegurite väärtused on võetud standardist.



**Joonis 4.1.** C sektsiooni tüüfermi asukoht

Tüüpfarm koosneb kuuest elemendist. Sarikatalad (1 ja 2) töötavad koormamisel peamiselt kombineeritud painde- ning surveolukorras. Alt seob sarikatalad tõmbele töötav tala (3). Ülaltpoolt toestab sarikatalasid survele töötav penn (4). Katusele mõjuv koormus kantakse seinale kahe peamiselt survele töötava posti abil (5 ja 6), mis võtavad vastu sarikatelt tulevad vertikaalkoormused ning suunavad need müürlatile.

Samas tasapinnas asuvad elemendid 1, 2, 5 ning 6. Elemendid 3 ja 4 kinnitatakse sarikatalade küljele puit-puit poltliitega. Täpsed sõlmede lahendused on välja toodud peatükis 5.



**Joonis 4.2.** Tüüpfarmi elemendid

Tüüpfarm koosneb kuuest elemendist.

Elemendid 1;2;3 - 80x240 C24 sõrmjätkatud konstruktsioonipuit

Elemendid 4;5;6 - 80x120 C24 sõrmjätkatud konstruktsioonipuit

**Tabel 4.1.** Saematerjali C24 tehnilised näitajad

$f_{m.k.C24} = 24 \text{ MPa}$	$f_{t.0.k.C24} = 14 \text{ MPa}$
$f_{t.90.k.C24} = 0,4 \text{ MPa}$	$f_{c.0.k.C24} = 21 \text{ MPa}$
$f_{c.90.k.C24} = 2,5 \text{ MPa}$	$f_{v.k.C24} = 4,0 \text{ MPa}$
$E_{0.05.C24} = 7,4 \text{ GPa}$	$E_{90.mean.C24} = 0,37 \text{ GPa}$
$G_{mean.C24} = 0,69 \text{ GPa}$	$\rho_{k.C24} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$\rho_{mean.C24} = 420 \text{ kg/m}^3$	$E_{0.mean.C24} = 11 \text{ GPa}$

## 4.1.1 Sisejõud tüüpermi

### 4.1.1.1 Kriitiliseima kombinatsiooni valik

Kriitiliseim koormuskombinatsioon on kõigi C sektsiooni tüüpermi elementide kandevõime kontrollimisel "ainult lumi" ( $1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn}$ )

Kriitiliseim kombinatsioon leitakse sisejõudude suhtelise muudu ja teguri  $k_{mod}$  suhtelise muudu võrdlemise teel erinevates koormuskombinatsioonides. Näitena on ära toodud kriitiliseima kombinatsiooni valik elemendile "1". Ülejäänud elementides on leitud kriitiliseim kombinatsioon samal meetodil.

Antud kombinatsioonis on elemendis "1" maksimaalsed sisejõud ( $M_y = 5,55$  kNm;  $F_x = 14,44$  kN;  $F_z = 10,26$  kN). Paindemoment ning põikjõud on küll väiksemad, kui "domineeriv lumi, tuul väljast" kombinatsioonis ( $M_y = 5,91$  kNm;  $F_x = 14,21$  kN;  $F_z = 11,31$ ). Siiski suhteline kandevõime vähenemine on koormuse kestvuse ja sellest tuleneva  $k_{mod}$  väärtuse kahenemise tõttu kriitilisem kombinatsioonis "ainult lumi".

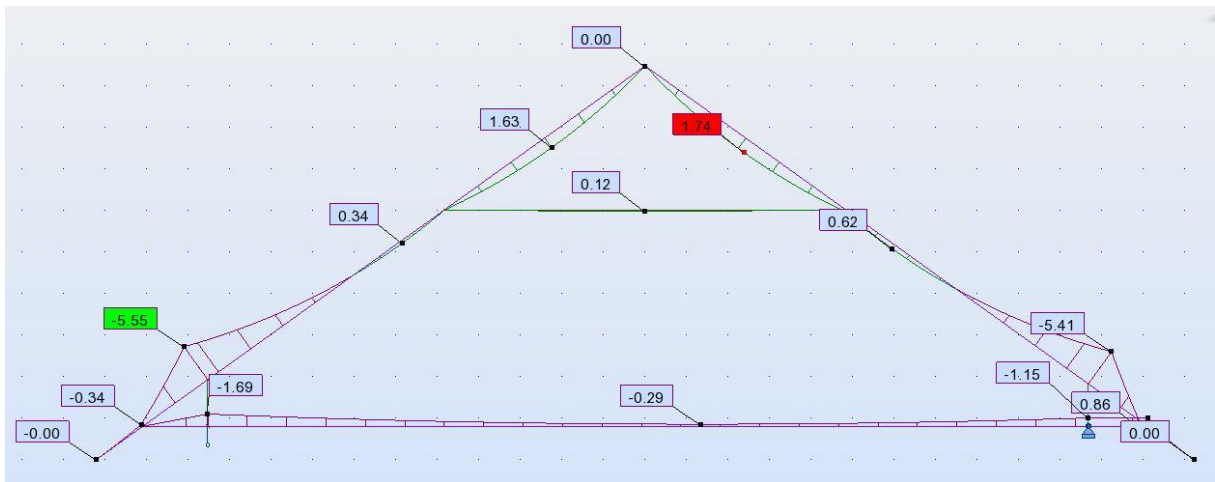
$$\Delta k_{mod} = 0,9 - 0,8 = 0,1 \quad 0,1/0,9 = \mathbf{11,1\%}$$

$$M_y = 5,91 - 5,55 = 0,36 \quad 0,36/5,91 = 6,1\%$$

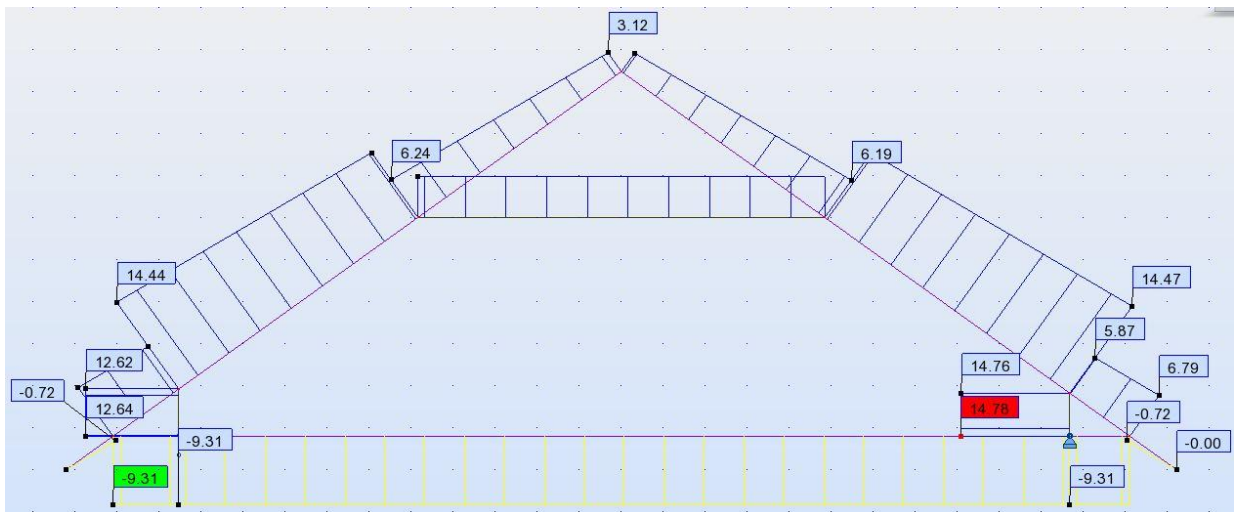
$$F_z = 11,31 - 10,26 = 1,05 \quad 1,05/11,31 = 9,3\%$$

Sisejõudude epüürid leitakse programmi "Autodesk Robot Structural Analysis" abil (edaspidi "Robot") eelnevalt koostatud koormuskombinatsioonide põhjal. Kujutatud on kriitiliseimat, "ainult lumi" kombinatsiooni ( $1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn}$ ).

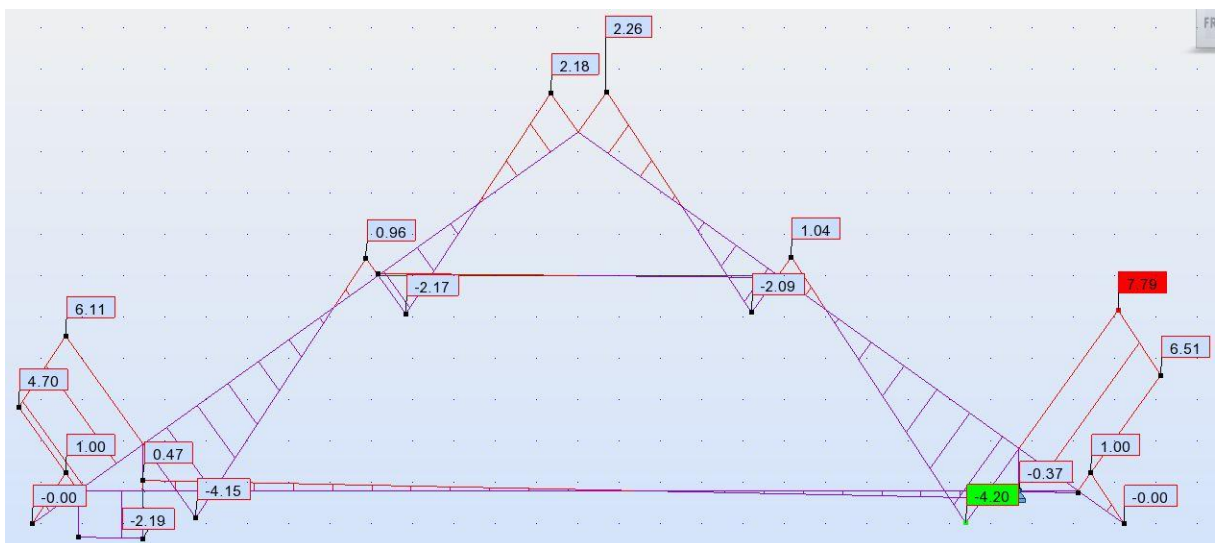
Käsitletava fermi toesõlmede vahe on 10,74 m. C sektsiooni fermidel on muutuva pikkusega sildeava, kuna toestavad seinad pole paralleelsed.



**Joonis 4.3.** C osa tüüpfermi paindemomendi epüürid (kNm)



**Joonis 4.4.** C osa tüüpfermi pikijõu epüürid (kN)



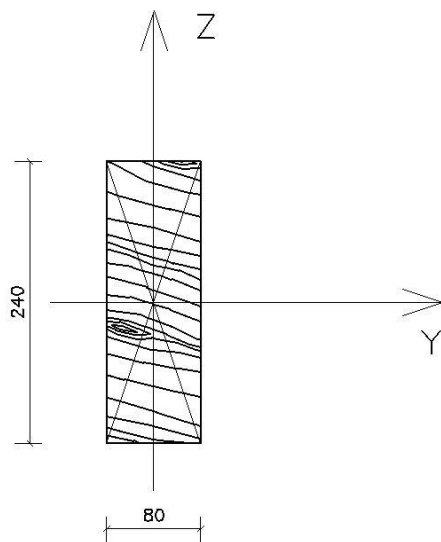
**Joonis 4.5.** C osa tüüpfermi põikjõu epüürid (kN)

### 4.1.2 Elemendi "1" (ja "2") dimensioneerimine

Elemente "1" ja "2" võib käesolevates tugevusarvutustes lugeda samaväärseteks. Tugevusarvutused koostatakse element "1"-le, kuna selle paindemoment on kriitilisem (põikjõu kontroll koostatakse element "2"-le mõjuvate jõudude järgi). Ühe elemendi kandevõime tagamisel loetakse kandevõime tagatuks ka teisel elemendil.

$$M_y = 5,55 \text{ kNm}; F_x = 14,44 \text{ kN}; F_z = 10,26 \text{ kN}$$

**Kontroll nõtkete ja paindele:**



Leitakse inertsiraadiused:

$$l_{ef,z} = 0,35 \text{ m (seotud roovitusega)}$$

$$l_{ef,y} = 3,50 * 0,8 = 2,80 \text{ m (pennist postini)}$$

$$A = 80 * 240 = 19\,200 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{b * h^3}{12} = \frac{80 * 240^3}{12} = 92,16 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 * h}{12} = \frac{80^3 * 240}{12} = 10,24 * 10^6 \text{ mm}^4$$

**Joonis 4.6.** Elemendi 1 ristlõige

$$i_y = \sqrt{\frac{92,16 * 10^6}{19\,200}} = 69,3 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{10,24 * 10^6}{19\,200}} = 23,1 \text{ mm}$$

Leitakse suhtelised saledused telgede suhtes:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{2800}{69,3} = 40,4$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{350}{23,1} = 15,2$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{40,4}{\pi} * \sqrt{\frac{21*10^3 Pa}{7,4*10^6 Pa}} = 0,6851$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{15,2}{\pi} * \sqrt{\frac{21*10^3 Pa}{7,4*10^6 Pa}} = 0,2577$$

Leitakse ebastabiilsust arvestavad tegurid:

$$k_y = 0,5*[1+0,2(0,6851 - 0,3) + 0,6851^2] = 0,773$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{0,773 + \sqrt{0,773^2 - 0,6851^2}} = 0,884$$

$$k_z = 0,5*[1+0,2(0,2577 - 0,3) + 0,2577^2] = 0,529$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{0,529 + \sqrt{0,529^2 - 0,2577^2}} = 1,009$$

Ristlõike vastupanumomendid:

$$W_y = \frac{92\,160\,000}{120} = 768\,000 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{10\,240\,000}{40} = 256\,000 \text{ mm}^3$$

Elementi kontrollitakse nõtketele koos paindega. Täidetud peab olema tingimus:

$$\frac{\delta_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\delta_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\delta_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\delta_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m = 0,7 \text{ (täisnurkse ristlõike korral)}$$

Elemendile mõjuv survepinge:

$$\delta_{c,0,d} = \frac{14\,440}{9600} = 1,50 \text{ MPa}$$

Elemendile mõjuv paindepinge y ja z telje suhtes:



$$\delta_{m,y,d} = \frac{5\,550\,000}{768\,000} = 7,23 \text{ MPa}$$

$$\delta_{m,z,d} = \frac{0}{256\,000} = 0 \text{ MPa}$$

Arvutuslikud surve- ja paindetugevused:

$$f_{c,0,d} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,8 * \frac{24}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$$

Kuna fermid on omavahel seotud roovitusega, on y- telje suunaline kiive takistatud ning kandevõimet kontrollitakse paindele koos nõtkega. Elemendile mõjuvaks paindemomendiks valitakse maksimaalne, posti kohal mõjuv paindemoment, nii on saadavad tulemused igal juhul tagavara kasuks.

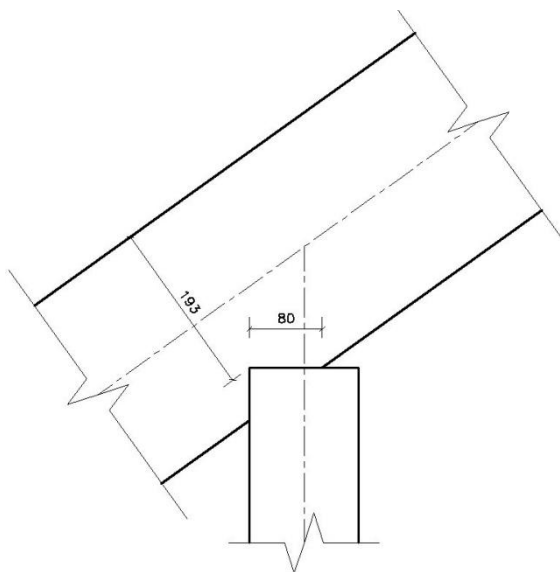
Kandevõime kontroll:

$$\frac{1,50}{1,009 * 12,92} + 0,7 * \frac{7,23}{14,77} + \frac{0}{14,77} = 0,46 \leq 1 \Rightarrow \text{OK!}$$

$$\frac{1,50}{0,884 * 12,92} + \frac{7,23}{14,77} + 0,7 * \frac{0}{14,77} = 0,62 \leq 1 \Rightarrow \text{OK!}$$

**Nõrgestatud ristlõike kontroll:**

Kontrollitakse elementi "1" paindele ja survele kohas, kus reaalselt mõjub suurim paindemoment  $M_y = 5,55 \text{ kNm}$  ja pikijõud  $F_x = 14,44 \text{ kN}$  ning nõrgestatud olukorras, kui sarikale on tehtud sisselõige selle postile toestamiseks.



**Joonis 4.7.** Elemendi "1" toetumine postile

Leitakse nõrgestatud ristlõike inertsimoment ja vastupanumoment:

$$I_{y,n} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{80 \cdot 193^3}{12} = 47,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,n} = \frac{47\,930\,000}{96,5} = 496\,684 \text{ mm}^3$$

Leitakse elemendile mõjuvad pinged:

$$\delta_{m,y,d,n} = \frac{5\,550\,000}{496\,684} = 11,17 \text{ MPa}$$

$$\delta_{c,0,d,n} = \frac{14\,440}{80 \cdot 193} = 0,94 \text{ MPa}$$

Elementi kontrollitakse paindele koos survega. Saledust ei arvestata ja täidetud peavad olema tingimused:

$$\left(\frac{\delta_{c,0,d,n}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\delta_{m,y,d,n}}{f_{m,y,d}} + \frac{\delta_{m,z,d,n}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\delta_{c,0,d,n}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\delta_{m,y,d,n}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\delta_{m,z,d,n}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{0,94}{12,92}\right)^2 + 0,7 \frac{11,17}{14,77} + \frac{0}{14,77} = 0,53 \Rightarrow \text{OK!}$$

$$\left(\frac{0,94}{12,92}\right)^2 + \frac{11,17}{14,77} + 0,7 \frac{0}{14,77} = 0,76 \Rightarrow \text{OK!}$$

### **Põikjõu kontroll:**

Elemendi "2" nõrgestatud ristlõike geomeetria on sama, kuid mõjuv põikjõud suurem, kui elemendis "1". Seega kontrollitakse põikjõu kandevõimet elemendis "2".

$$F_z = 11,99 \text{ kN}$$

Arvutuslik nihketugevus:

$$f_{v,d} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

Efektiivne ristlõike kõrgus:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 193 = 129 \text{ mm}$$

Leitakse nihkepinge elemendis:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot 11\,990}{80 \cdot 129} = 1,74 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,74}{2,46} = 0,71 \Rightarrow \text{OK!}$$

### 4.1.3 Element "3" dimensioneerimine

Element "3" (laetala/vahelaetala) töötab peamiselt tõmbele, kuid võtab põikjõuna vastu ka osa katusele mõjuvast vertikaalsuunalisest koormusest ning kannab selle müürlatile. Seetõttu mõjub toetuskohtades ka paindemoment. Tala dimensioneerimisel (240x80mm) on arvestatud, et tulevikus võib tekkida vajadus ka teise/katusealuse korruse järele. Sel juhul peaks tala täitma vahelae tala ülesannet ning hetkel mõjuvale tõmbele lisanduks ka kasuskoormusest ja lisanduvast konstruktsiooni omakaalust tulenev paine. **Käesolevas töös kajastatud arvutuste põhjal pole lubatud C sektsiooni teise korruse välja ehitamine.** Kui tekib vajadus teise korruse järele, on tarvis vormistada täiendavad tugevusarvutused vastavalt teise korruse kavandatavast kasutusotstarbest ning mõjuvatest koormustest/kasuskoormusest. Vajadusel kasutada poste talade täiendavaks toetamiseks.

Kriitiliseim koormuskombinatsioon on "ainult lumi" ( $1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn}$ ).

$$M_y = 1,69 \text{ kNm}; \quad F_x = -9,31 \text{ kN}; \quad F_z = 2,66 \text{ kN}$$

Leitakse elemendis mõjuv tõmbepinge ning tõmbetugevus:

$$\delta_{t,0,d} = \frac{9\,310}{80 \cdot 240} = 0,48 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 0,8 \cdot \frac{14}{1,3} = 8,61 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{0,48}{8,61} = 0,056 < 1 \Rightarrow \text{OK!}$$

Elemendi "3" põikjõu- ja paindekandevõime loetakse tagatuks, kuna elementide "1" ja "2" arvutamisel oli kandevõime tagatud märgatavalt suurema painde- ja põikjõu korral ( $M_y = 5,55$  kNm;  $F_z = 10,26$  kN) ning väiksema ristlõike korral, kui elemendis 3. (vt. "Elemendi "1" nõrgestatud ristlõike kontroll")

### **Tala muljumise kontroll müürlatile**

Tala põikjõud tuleneb müürlati toereaktsioonist, seetõttu kontrollitakse tala ja müürlatti muljumisele. Müürlati mõõt 100 mm x 200 mm, seega kokkupuutepind talaga  $A_k = 80 \times 200$  mm

Elemendis mõjuv survepinge:

$$\delta_{c,90,d} = \frac{2\,660}{80 \cdot 200} = 0,17 \text{ MPa}$$

Tugevuse kasvu tegur lühikesel koormatud alal:

$$k_{c,90} = 1,25 \text{ (saepuidu korral)}$$

Elemendi survetugevus:

$$k_{c,90} * f_{c,90,d} = 1,25 * 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,92 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll:

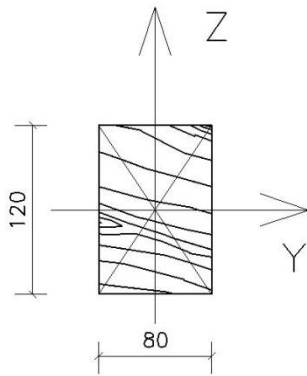
$$\frac{0,17}{1,92} = 0,09 < 1 \Rightarrow \text{OK!}$$

### ***4.1.4 Element "4" dimensioneerimine***

Element "4" lisab stabiilsust sarikataladele ja töötab tsentrilisele survele. Elemendi omakaalust tulenevat paindemomenti ja põikjõudu ei arvestata.

Kriitiliseim koormuskombinatsioon on "ainult lumi" ( $1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn}$ ).

$$F_x = 5,51 \text{ kN}$$



$$l_{ef,z} = l_{ef,y} = 4,83 \cdot 1 = 4,83 \text{ m}$$

$$A = 80 \cdot 120 = 9\,600 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{80 \cdot 120^3}{12} = 11,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{b^3 \cdot h}{12} = \frac{80^3 \cdot 120}{12} = 5,12 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

#### Joonis 4.8. Elemendi 4 ristlõige

Leitakse inertsiraadiused ja suhtelised saledused:

$$i_y = \sqrt{\frac{11,52 \cdot 10^6}{9\,600}} = 34,64 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{5,12 \cdot 10^6}{9\,600}} = 23,09 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{4830}{34,64} = 139,43$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{4830}{23,09} = \underline{209,18}$$

Kuna elemendi saledus on suurem y telje suhtes (ümbes z telje), ning nõtkepikkused on nii z kui y telje suhtes samad, on kriitilisem nõtkes ümbes z telje. Edaspidi kontrollitakse kandevõimet ainult nõtkes ümbes z telje.

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{209,18}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{21 \cdot 10^3 \text{ Pa}}{7,4 \cdot 10^6 \text{ Pa}}} = 3,55$$

Elemendi sirgust arvestav tegur:

$$\beta_c = 0,2 \text{ (saepuit)}$$

Ebastabiilsust arvestav tegur:

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,2(3,55 - 0,3) + 3,55^2] = 7,13$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{7,13 + \sqrt{7,13^2 - 3,55^2}} = 0,0751$$

Leitakse elemendi arvutuslik survetugevus ja survepinge.

$$f_{c,0,d} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\delta_{c,0,d} = \frac{5 \cdot 510}{9 \cdot 600} = 0,574 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll nõtketele:

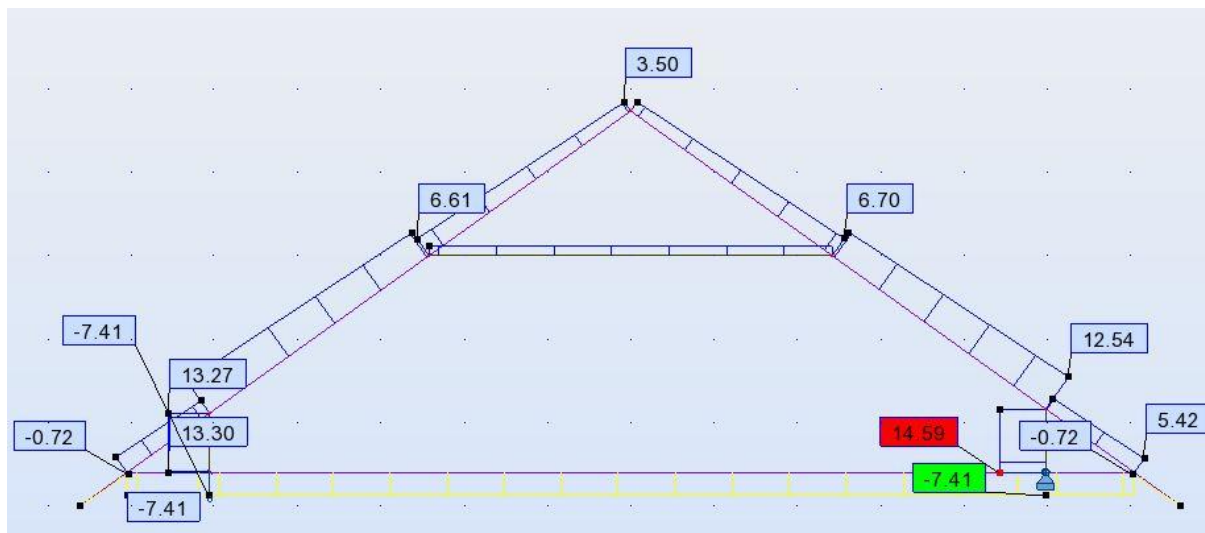
$$\frac{\delta_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \frac{0,574}{0,0751 * 12,9} = 0,59 < 1 \Rightarrow \text{OK!}$$

#### **4.1.5 Elemendi "6" (ja "5") dimensioneerimine**

Elemendid "5" ja "6" (fermi postid) töötavad survele, kandes enamuse fermile mõjuvatest koormustest müürlatile. Elemente "5" ja "6" võib käesolevates tugevusarvutustes lugeda samaväärseteks. Kuna elemendile "6" mõjuvate sisejõudude väärtused on vähesel määral suuremad, kontrollitakse selle elemendi kandevõimet. Elemendi "6" kandevõime tagamisel loetakse kandevõime tagatuks ka elemendil "5".

Eelpoolkäsitletud C sektsiooni tüüfermi näol on tegemist suurima sildeavaga fermiga, koormust kandva kahe posti pikkused on C osa postidest kõige lühemad. Seetõttu koostatakse arvutusskeem ja leitakse sisejõud C osa fermile, kus postid on ühed pikemad (ühe väiksema sildeavaga ferm). Leitud sisejõudusid kasutatakse elementide "5" ja "6" dimensioneerimisel.

Kriitiliseim koormuskombinatsioon on "ainult lumi" ( $1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn}$ ).



**Joonis 4.9.** C sektsiooni pikkade postidega fermi pikijõu epüürid (kN)

$$F_x = 14,59 \text{ kN}$$

Lisaks survejõule mõjub elemendile ka eksentrilisest toestamisest tulenev paindemoment ( $e = 2 \text{ cm}$ ). Leitakse paindemoment elemendi keskel:

$$M_y = \frac{F_x * e}{2} = \frac{14,59 * 0,02}{2} = 0,15 \text{ kNm}$$

Elementide "5" ja "6" ristlõike geomeetriselised näitajad on samad, mis elemendil "4". Erinev on nõtkepikkus. Kajastatakse arvutuskäiku alates saleduse leidmisest:

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{760}{34,64} = 21,94$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{760}{23,09} = \underline{32,91}$$

Kuna elemendi saledus on suurem y telje suhtes (ümbes z telje), ning nõtkepikkused on nii z kui y telje suhtes samad, on kriitilisem nõtke ümbes z telje. Edaspidi kontrollitakse kandevõimet ainult nõtkele ümbes z telje.

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{32,91}{\pi} * \sqrt{\frac{21 * 10^3 \text{ Pa}}{7,4 * 10^6 \text{ Pa}}} = 0,558 > 0,3$$

Järelikult tuleb kontrollida kandevõimet vastavalt valemile:

$$\frac{\delta_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

Sirgust arvestav tegur:

$$\beta_c = 0,2 \text{ (saepuit)}$$

Ebastabiilsust arvestav tegur:

$$k_z = 0,5 * [1 + 0,2(0,558 - 0,3) + 0,558^2] = 0,681$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{0,681 + \sqrt{0,681^2 - 0,558^2}} = 0,933$$

Leitakse elemendile mõjuv survepinge ja arvutuslik survetugevus:

$$f_{c,0,d} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\delta_{c,0,d} = \frac{14\,590}{9\,600} = 1,52 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll nõtkele:

$$\frac{\delta_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \frac{1,52}{0,933 * 12,92} = 0,13 < 1 \Rightarrow \text{OK!}$$

Nõtkekandevõime ümber nõrgema telje on tagatud 87% varuga. Seetõttu ei kontrollita kandevõimet koos paindemomendiga ümber tugevama telje, kuna paindemomendi mõju antud olukorras on tühine.



## 4.2 Katuseroov

Talli valtsitud tsinkplekist katusekatet kandva roovitusena kasutatakse C18 saematerjalist laudu mõõtmetega 22x100 mm ja sammuga 350 mm. Fermide, millele roovid toetvad, samm L on 900 mm.

### 4.2.1 Kontroll kandepiirseisundis

Kandevõimet kontrollitakse kriitiliseimas kombinatsioonis (dom lumi, tuul), millele vastab valem

$$1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn} + 0,9 Q_{k,W} + 1,05 Q_k$$

Teguri  $k_{mod}$  väärtus sel juhul on 0,9 ning puitmaterjali arvutuslik paindetugevus:

$$f_{m,k} = 18 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 0,9 * \frac{18}{1,3} = 12,5 \text{ MPa}$$

Vertikaalsuunaline koormus katusele:

$$p_d = 1,2 G_k + 1,5 Q_{k,Sn} = 1,2 * 0,08 + 1,5 * 1,2 = 1,896 \text{ kN/m}^2$$

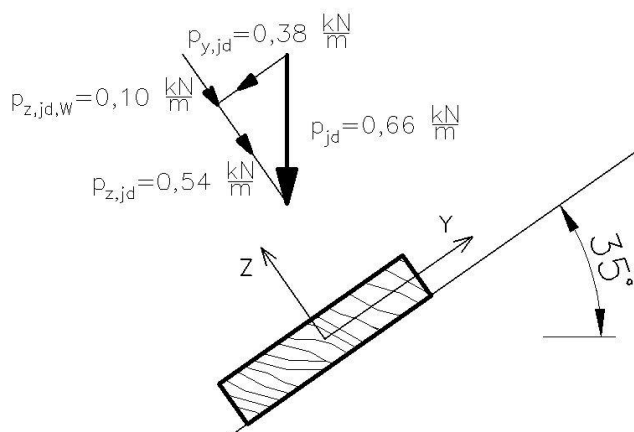
$$p_{jd} = 0,35 * p_d = 0,35 * 1,896 = 0,66 \text{ kN/m}$$

Vertikaalsuunaline joonkoormus roovile jagatakse roovi telgede sihilisteks komponentideks.

Lisandub katuse tasapinnas mõjuv tuulekoormus  $p_{z,d,W}$ :

$$p_{z,d,W} = 0,9 * Q_{k,W} = 0,9 * 0,31 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{z,jd,W} = 0,35 * p_{z,d,W} = 0,35 * 0,28 = 0,10 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



$$p_{y,jd} = 0,66 * \sin(35^\circ) = 0,38 \text{ kN/m}$$

$$p_{z,jd} = 0,66 * \cos(35^\circ) = 0,54 \text{ kN/m}$$

$$p_{z,\Sigma jd} = 0,54 + 0,10 = 0,64 \text{ kN/m}$$

**Joonis 4.10.** Roovile mõjuvad joonkoormused

Roov paigaldatakse katusele neljasildeliseks. Neljasildelise jätkuvtala maksimaalse paindemoment on  $M_{d,max} = 0,107pL^2$  (Ehituskonstruktori käsiraamat, Tabel 4.4)

Vastavad paindemomendid z ja y telje ümber on

$$M_{d,max,z} = 0,107p_{y,jd}L^2 = 0,107 * 0,38 * 0,9^2 = 0,033 \text{ kNm}$$

$$M_{d,max,y} = 0,107p_{z,\Sigma jd}L^2 = 0,107 * 0,64 * 0,9^2 = 0,055 \text{ kNm}$$

Roovi ristlõigete vastupanumomendid:

$$W_y = \frac{b^2 * h}{6} = \frac{22^2 * 100}{6} = 8\,067 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{h^2 * b}{6} = \frac{100^2 * 22}{6} = 36\,667 \text{ mm}^3$$

Arvutuslikud paindepinged roovile:

$$\delta_{m,y,d} = \frac{M_{d,max,y}}{W_y} = \frac{55\,000 \text{ Nmm}}{8\,067 \text{ mm}^3} = 6,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 6,82 \text{ MPa}$$

$$\delta_{m,z,d} = \frac{M_{d,max,z}}{W_z} = \frac{33\,000 \text{ Nmm}}{36\,667 \text{ mm}^3} = 0,90 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll vildakpaine korral:

$$\frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\delta_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{6,82}{12,5} + 0,7 * \frac{0,90}{12,5} = 0,60 < 1$$

$$\frac{\delta_{m,z,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{0,90}{12,5} + 0,7 * \frac{6,82}{12,5} = 0,45 < 1$$

Tingimused on täidetud, kandevõime on tagatud.

#### **4.2.2 Kontroll ehitusaegsele koormamisele**

Kontrollitakse ka katuse ehitamise aegset olukorda, kus tööline kogumassiga 100kg seisab roovi sildeava keskel. Hetkelise koormuse korral on  $k_{mod} = 1,1$ . Punktkoormuse korral on neljasildelise jätkuvtala maksimaalne paindemoment  $M_{d,max} = 0,170PL$

$$\delta_{m,y,d} = \frac{M_{d,max,y}}{W_y} = \frac{125\,000 \text{ Nmm}}{8\,067 \text{ mm}^3} = 15,50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 15,50 \text{ MPa}$$

$$\delta_{m,z,d} = \frac{M_{d,max,z}}{W_z} = \frac{87\,000 \text{ Nmm}}{36\,667 \text{ mm}^3} = 2,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2,37 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll ehitusolukorras:

$$\frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\delta_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{15,50}{19,8} + 0,7 * \frac{2,37}{19,8} = 0,87 > 1$$

$$\frac{\delta_{m,z,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{2,37}{19,8} + 0,7 * \frac{15,50}{19,8} = 0,68 > 1$$

Kandevõime on tagatud.

Sellest hoolimata peab õnnetuste vältimiseks ehitamise ajal järgima nõudeid:

- Katusel liikudes peavad töölised toetama end roovile võimalikult fermi lähedal. Fermide samm 0,9 m võimaldab seda.
- Roovide samm 0,35 m võimaldab töölisel jagada oma kaalu mitme roovi vahel.
- Katusel töötades kasutada kukkumise vältimiseks turvarakmeid.

### 4.3 Lava liimpuittala

Lava avatud küljes kannab katust liimpuidust tala (GL28h), mis toetub ottest müürlati abil 600 mm paksustele telliskiviseintele. Tala sildeava on 15,75 m. Liimpuittala dimensioonideks valitakse 240x1000 mm ja kontrollitakse selle kandevõimet.

Liimpuidust tala kontrollitakse nii kandepiirseisundile kui ka kasutuspiirseisundile.

**Tabel 4.2.** Liimpuidu GL28h tehnilised näitajad

$f_{m,g,k,GL28h} = 28 \text{ MPa}$	$f_{c,0,g,k,GL28h} = 26,5 \text{ MPa}$
$f_{c,90,g,k,GL28h} = 3,0 \text{ MPa}$	$f_{v,g,k,GL28h} = 3,2 \text{ MPa}$
$E_{0,mean,GL28h} = 12,6 \text{ GPa}$	$E_{0,05,GL28h} = 10,2 \text{ GPa}$
$\rho_{g,k,GL28h} = 410 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho_{g,k,mean,GL28h} = 460 \text{ kg/m}^3$

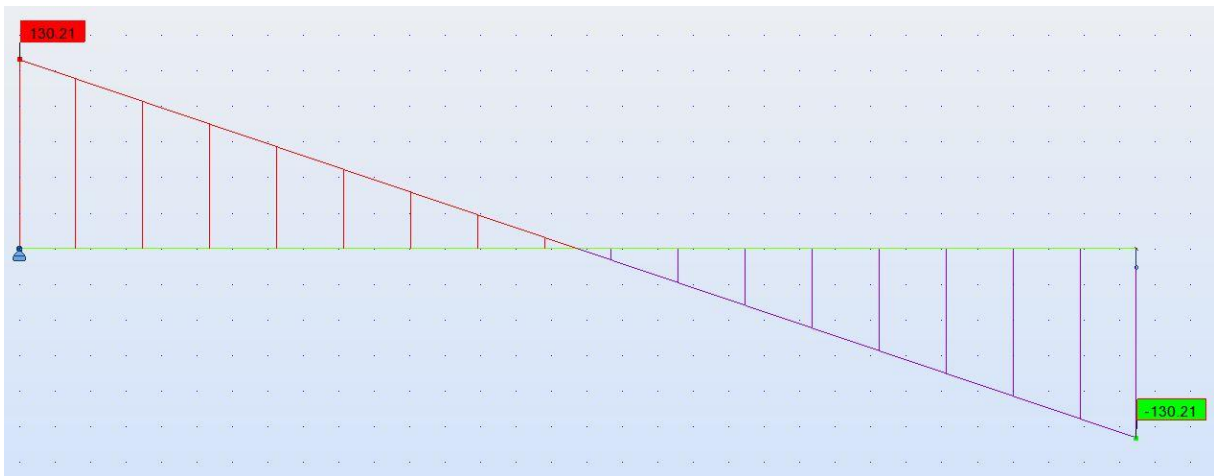
Kandepiirseisundis on kriitiliseim ainult lumega olukord. Sel juhul on tegur  $k_{\text{mod}} = 0,8$  ning ühelt fermilt mõjuv vertikaalne koormus 14,01 kN. Tala joonkoormuse leidmiseks jagatakse see läbi fermide sammuga 0,9:

$$\frac{14,01}{0,9} = 15,57 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Leitud koormus koos tala omakaalu koormusega kantakse programmis "Robot" arvutuskeemile ning leitakse tala sisejõud:



**Joonis 4.11.** Liimpuittala paindemomendi epüür (kNm)



**Joonis 4.12.** Liimpuittala põikjõu epüür (kN)

#### 4.3.1 Paindekandevõime kontroll:

Tala vastupanumoment:

$$W_y = \frac{b * h^2}{6} = \frac{240 * 1000^2}{6} = 40,0 * 10^6 \text{ mm}^3$$

Talale mõjuv maksimaalne paindemoment:

$$M_y = 512,71 \text{ kNm}$$

Tala arvutuslik paindepinge:

$$\delta_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{512,71 * 10^6 \text{ Nmm}}{40,0 * 10^6 \text{ mm}^3} = 12,82 \text{ MPa}$$

Maksimaalne lubatud paindepinge:

$$f_{m,d} = 0,8 * \frac{28}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$$

Kiive on välistatud, kuna tala on Y-suunas fermidega toetatud. Seetõttu kontrollitakse kandevõimet ainult paindele ümber Y telje:

$$\frac{\delta_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{12,82}{17,92} = 0,72 < 1$$

Tala paindekandevõime on tagatud.

### **4.3.2 Kandevõime kontroll põikjõule:**

Ristlõikes mõjuv põikjõud:

$$F_z = 130,21 \text{ kN}$$

Paindele töötava elemendi ristlõike efektiivlaidus:

$$b_{ef} = b * k_{cr} = 240 * 0,67 = 161 \text{ mm}$$

Lõikes mõjuv arvutuslik nihkepinge:

$$\tau_d = \frac{1,5 * F_z}{b_{ef} * h} = \frac{1,5 * 130\,210 \text{ N}}{161 \text{ mm} * 1000 \text{ mm}} = 1,21 \text{ MPa}$$

Maksimaalne lubatud nihkepinge:

$$f_{v,d} = 0,8 * \frac{3,2}{1,25} = 2,05 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,21}{2,05} = 0,59 < 1$$

Kandevõime on tagatud.

### **4.3.3 Kandevõime kontroll muljumisele**

Kontrollitakse ka tala muljumist müürlatile. Müürlatiks on kaks kõrvuti ja lapiti asetsevat 100x200 puitprussi saematerjalist C24, kogulaiusega  $2 \times 200 = 400$  mm. Prussid kannavad koormuse üle 600 mm laiusele tellisseinale. Kuna liimpuidu GL28h survetugevus ristikiudu on suurem, kui saepuidul C24, kontrollitakse muljumisele saepuitu. Kui on tagatud saepuidu kandevõime muljumisele, loetakse tagatuks ka liimpuidu kandevõime.

Tala ja müürlati kontaktpind:

$$A = 240 * 400 = 96\ 000\ mm^2$$

Antud pinnale mõjuv koormus:

$$F_z = 130,21\ kN$$

Kontaktpinnal mõjuv survepinge:

$$\delta_{c,d} = \frac{F_z}{A} = \frac{130\ 210\ N}{96\ 000\ mm^2} = 1,36\ MPa$$

Maksimaalne lubatud survepinge:

$$f_{c,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,90,d,C24}}{\gamma_m} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,54\ MPa$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{\delta_{c,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{1,36}{1,54} = 0,88 < 1$$

Kandevõime muljumisele on tagatud.

### **4.3.4 Kontroll kasutuspiiriseisundis**

Kasutuspiiriseisundis kontrollitakse läbipainet kolme koormuse mõjul:

- Omakaal koos kandjatega
- Lumekoormus
- Tuulekoormus  $90^\circ$

Liimpuittala piirläbipained:

$$\text{Hetkeline} \quad w_{inst} \leq 1/400 \Rightarrow w_{inst} \leq 15\,750/400 = 39,38 \text{ mm}$$

$$\text{Lõplik} \quad w_{fin} \leq 1/300 \Rightarrow w_{inst} \leq 15\,750/300 = 52,50 \text{ mm}$$

Ühelt fermilt talale edasi kanduvad koormused leitakse "Roboti" abil. Talale mõjuva joonkoormuse leidmiseks jagatakse see fermide sammuga 0,9 m.

**Tabel 4.3.** Talale mõjuvad joonkoormused

	Punktkoormus fermilt talale	Joonkoormus katusest talale
Katusekonstruktsiooni omakaal	1,93 kN	<b>2,14 kN/m</b>
Lumekoormus	7,8 kN	<b>8,67 kN/m</b>
Tuulekoormus (tuul 90°)	0,98 kN	<b>1,09 kN/m</b>

Lumekoormus loetakse domineerivaks muutuvkoormusteks, tuulekoormust käsitletakse mittedomineeriva muutuvkoormusena.

$$Q_{d,W} = \psi_{0,W} * Q_{k,W} = 0,5 * 1,09 = \mathbf{0,55 \text{ kN/m}}$$

Tala omakaal:

$$G_{d,T} = b * h * \rho_k = 0,24\text{m} * 1,0\text{m} * 4,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = \mathbf{0,98 \text{ kN/m}}$$

Hetkelised läbipained koormustest:

$$w_{inst,omak.} = \frac{5 * G_d * L^4}{384 * E_{0,mean} * I_y} = \frac{5 * (2,14 + 0,98) * 15750^4 * 12}{384 * 12600 * 240 * 1000^3} = 9,92 \text{ mm}$$

$$w_{inst,lumi} = \frac{5 * Q_{d,Sn} * L^4}{384 * E_{0,mean} * I_y} = \frac{5 * 8,67 * 15750^4 * 12}{384 * 12600 * 240 * 1000^3} = 27,57 \text{ mm}$$

$$w_{inst,tuul} = \frac{5 * Q_{d,W} * L^4}{384 * E_{0,mean} * I_y} = \frac{5 * 0,55 * 15750^4 * 12}{384 * 12600 * 240 * 1000^3} = 1,75 \text{ mm}$$

Maksimaalne hetkeline läbipaine:  $w_{inst} = 9,92 + 27,57 + 1,75 = 39,24 \text{ mm} < 39,38 \text{ mm}$

Lõplikud läbipained roomet arvestades:

$$k_{def} = 0,8 \quad (\text{kasutusklass 2})$$

$$\psi_{2,Sn} = \psi_{2,W} = 0 \quad (\text{tabel NA.1.1; EVS-EN 1990:2002+NA:2002})$$

$$w_{fin,omak.} = w_{inst,omak.} * (1 + k_{def}) = 9,92 * (1 + 0,8) = 17,86 \text{ mm}$$

$$w_{fin,lumi.} = w_{inst,lumi.} * (1 + \psi_{2,Sn} * k_{def}) = 27,57 * (1 + 0 * 0,8) = 27,57 \text{ mm}$$

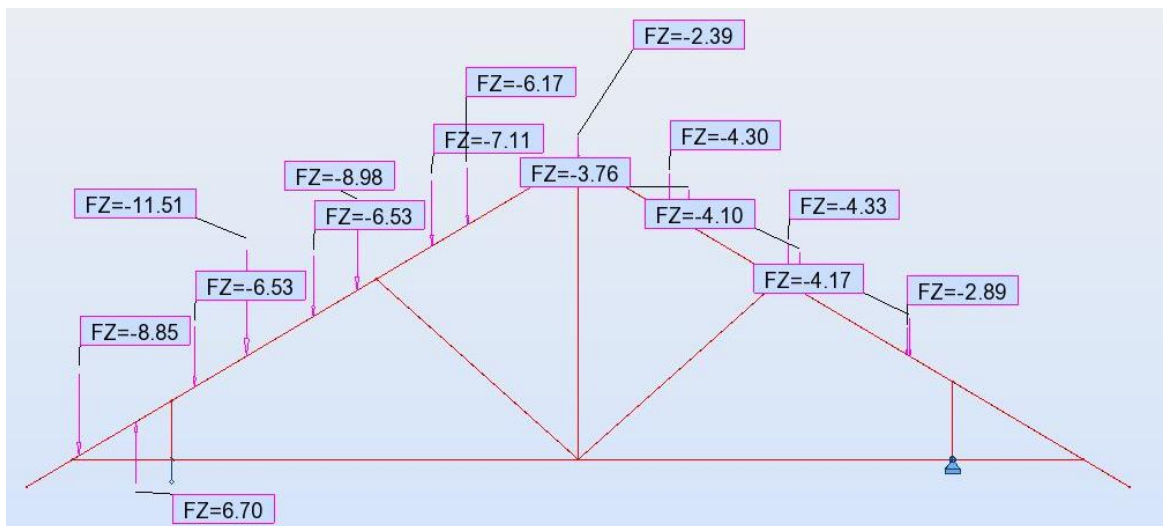
$$w_{fin,tuul.} = w_{inst,tuul.} * (\psi_{0,W} + \psi_{2,W} * k_{def}) = 1,75 * (1 + 0 * 0,8) = 1,75 \text{ mm}$$

Maksimaalne lõplik läbipaine:  $w_{fin} = 17,86 + 27,57 + 1,75 = 47,18 \text{ mm} < 52,5 \text{ mm}$

Läbipained jäävad lubatud piiridesse.

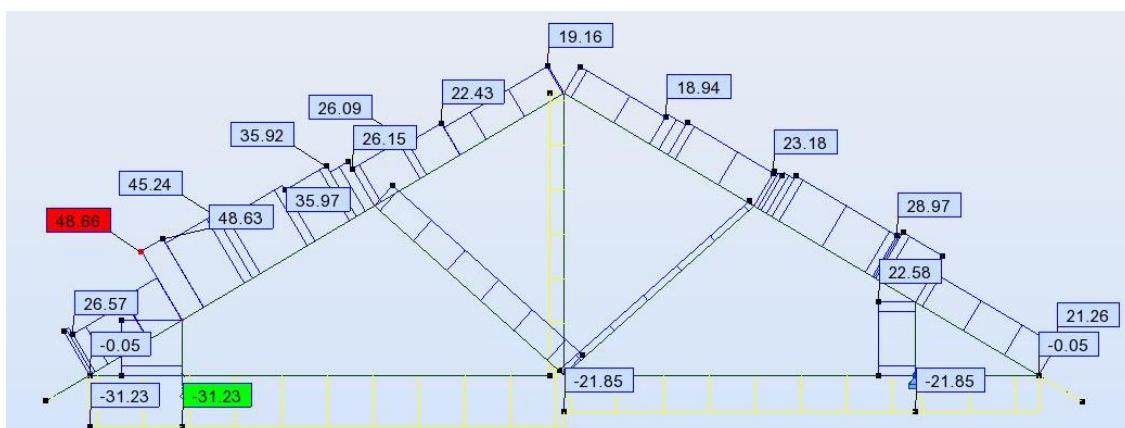
#### 4.4 B-C neeluferm

Liimpuidust neelufermi dimensioneerimine viiakse läbi "Robotis", kuhu on koostatud neelufermi arvutuskeem ja lisatud tugisarikatelt edasi kanduvad koormused. Koormuste leidmiseks koostati tasapinnalised arvutuskeemid kõigist neelufermile toetuvatest B ja C talli sektsioonide tugisarikatest, kus neelufermi asendab liikumatu liigendtugi (B osa koormused arvatud Ninaste, K. poolt). Leitud vertikaalne toereaktsioon kantakse neelufermi arvutuskeemile vertikaalsihilise punktkoormusena ning vastavalt nendele viiakse läbi kandevõime arvutused neelufermi elementidele. Kasutatud on kogu neelu arvestuses kõige kriitilisemat kombinatsiooni: "Dom lumi, tuul 0°". Fermi omakaal on automaatselt lisatud programmis "Robot".



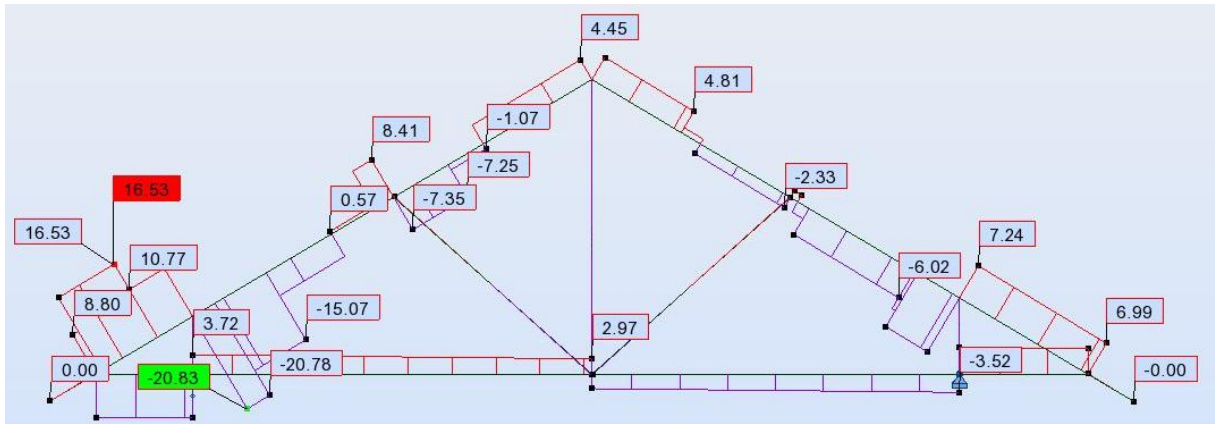
Joonis 4.13. Fermile mõjuvad koormused (kN)

Leitakse koormustele vastavad sisejõud fermi elementides:

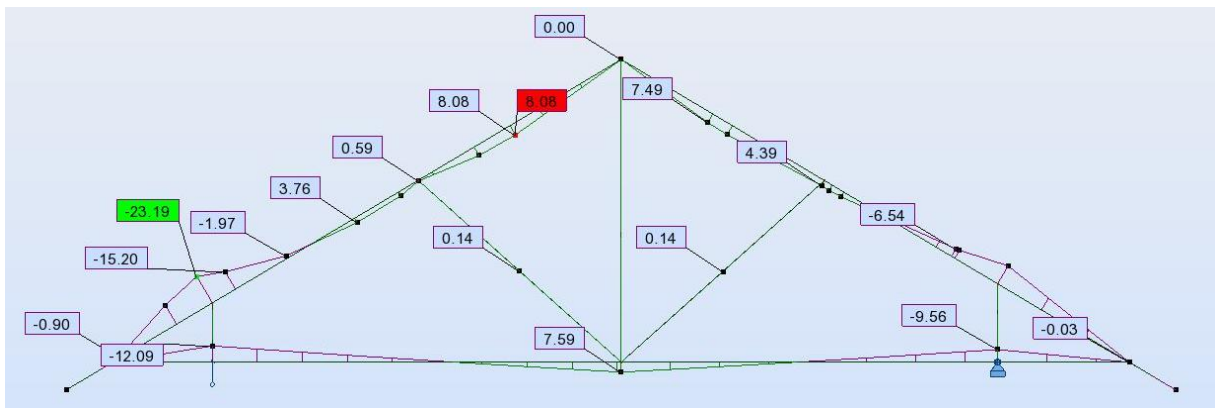


Joonis 4.14. Fermi sisejõud (pikijõud, kN)

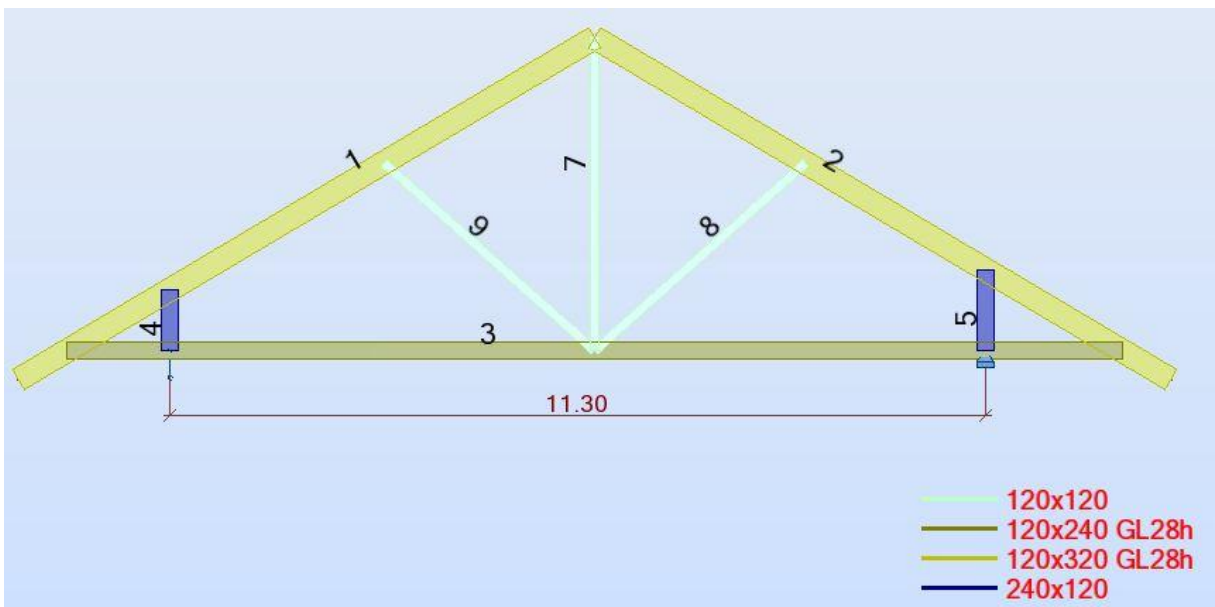




**Joonis 4.15.** Fermi sisejõud (põikjõud, kN)



**Joonis 4.16.** Fermi sisejõud (paindemoment, kNm)



**Joonis 4.17.** BC neelufermi elementide tähistus

**Tabel 4.4.** BC neelufermi kandevõime kontroll

EN 1995-1:2004/A1:2008 - Member Verification ( ULS ) 1to5 7to9							
Results		Messages					
Member		Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
1 Sarikatala_1	✘	120x320 GL2	GL28h	50.24	267.95	1.05	2 Tugisarikad+omakaal
2 Sarikatala_2	✔	120x320 GL2	GL28h	50.24	267.95	0.72	2 Tugisarikad+omakaal
3 Tala_3	✔	120x240 GL2	GL28h	105.50	422.01	0.48	2 Tugisarikad+omakaal
4 Diagonaal ja po	✔	240x120	C24	12.21	24.41	0.16	2 Tugisarikad+omakaal
5 Diagonaal ja po	✔	240x120	C24	16.21	32.43	0.10	2 Tugisarikad+omakaal
7 Diagonaal ja po	✔	120x120	C24	125.11	125.11	0.08	2 Tugisarikad+omakaal
8 Diagonaal ja po	✔	120x120	C24	112.96	112.96	0.07	2 Tugisarikad+omakaal
9 Diagonaal ja po	✔	120x120	C24	112.93	112.93	0.43	2 Tugisarikad+omakaal

Saadud tulemuste põhjal on fermi elementide kandevõime tagatud, v.a. sisehoovi poolne sarikatala, mis on 5% üle koormatud. Kuna koormuste osas on tuult ning lund käsitletud tagavara kasuks, võib antud olukorras 5% ülekoormust lubada.

Fermi katust kandvad talad ning alumine tala valmistatakse liimpuidust GL28h. Fermi diagonaalid ja postid valmistatakse saepuidust C24. Diagonaalide ja postide ristlõike valikul saab määravaks kinnitite geometria sõlmes. Sellest lähtuvalt on nende elementide ristlõiked üle dimensioneeritud.

Seksioonide C ja D ühenduskohas olev neeluferm valmistatakse käesoleva fermiga sarnane, kuid väiksema sildeavaga. Käesolevast fermist lähtudes loetakse kandevõime tagatuks ka C-D neelufermil.

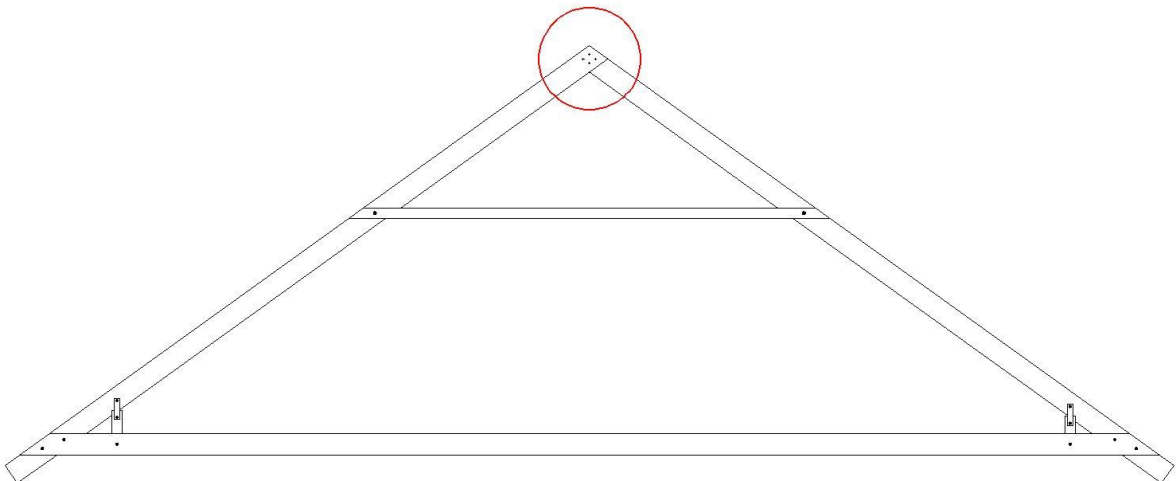
## 5 SÕLMEDE DIMENSIONEERIMINE

### 5.1 C Sektsioon

Käesoleva töö raames viiakse läbi C osa tüüpsarika sõlmede tugevusarvutused. Neelusarikate ning D osa tüüpsarika elementide sõlmi pole antud töös kajastatud. Nende sõlmede konstrueerimisel võib lähtuda käesolevas peatükis saadud tulemustest.

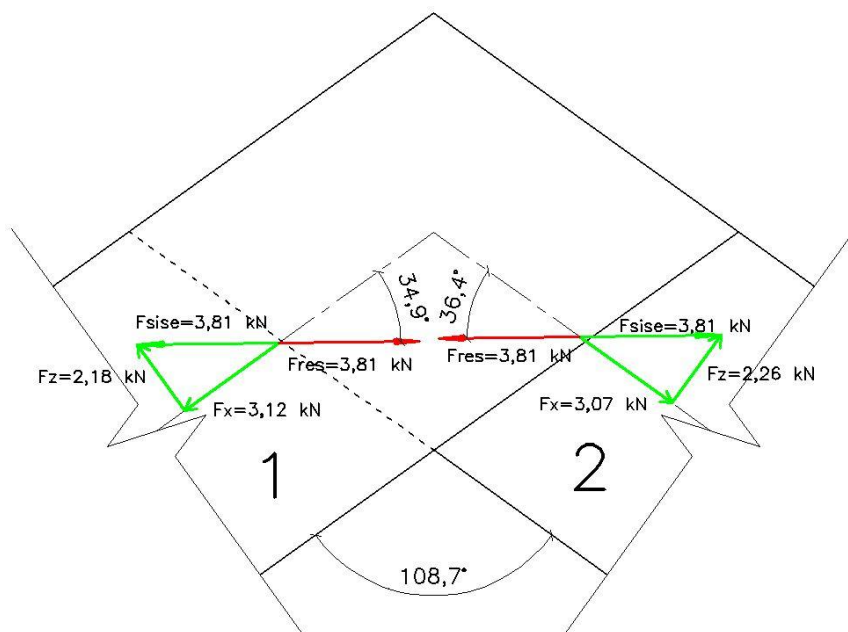
#### 5.1.1 Sõlm 1 (Elemendid 1-2)

Sõlm 1 ehk harjasõlm kujutab kahe sarikatala ühendust. Mõlema tala otsa on tehtud poole tala paksuse ulatuses sisselõige, et talasid külj-küljega ühendades jääksid talad ühte tasapinda. Domineeriva lume korral võtab sõlm koormuse vastu muljumise abil. Monteerimise ajaks ning ainult tuulega olukorras on tarvis kasutada kinniteid.



**Joonis 5.1.** Sõlm 1 (harjasõlm)

Esmalt leitakse resultantjõud sõlmes domineeriva lume puhul.



**Joonis 5.2.** Sõlmes 1 elementidele mõjuvad sisejõud ning resultantjõud

$$F_{\text{res}} = 3,81 \text{ kN}$$

Kuna koormuste mõjusuund erineb horisontaalsuunast alla  $1^\circ$ , võetakse koormus mõjuvaks horisontaalsuunalisena, ehk  $35,7^\circ$  kiudude suhtes. Arvutuse lihtsuse huvides teisendatakse see  $36^\circ$  -ks.

Vastav kandevõime kiududele suhtes nurga all mõjuvale jõule:

$$f_{c,0,d} = 0,8 * \frac{21}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 0,8 * \frac{2,5}{1,3} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{c,36,d} = \frac{12,92}{\frac{1 * 1,54}{\sin^2 36^\circ + \cos^2 36^\circ}} = 3,64 \text{ MPa}$$

Ühe toetuspinna külje pikkus:

$$d = \frac{240}{\sin(180^\circ - 108,7^\circ)} = \frac{240}{\sin(71,3^\circ)} = 253 \text{ mm}$$

Toetuspinna kogupindala:

$$S = 2 * 40 * 253 = 20\,240 \text{ mm}^2$$

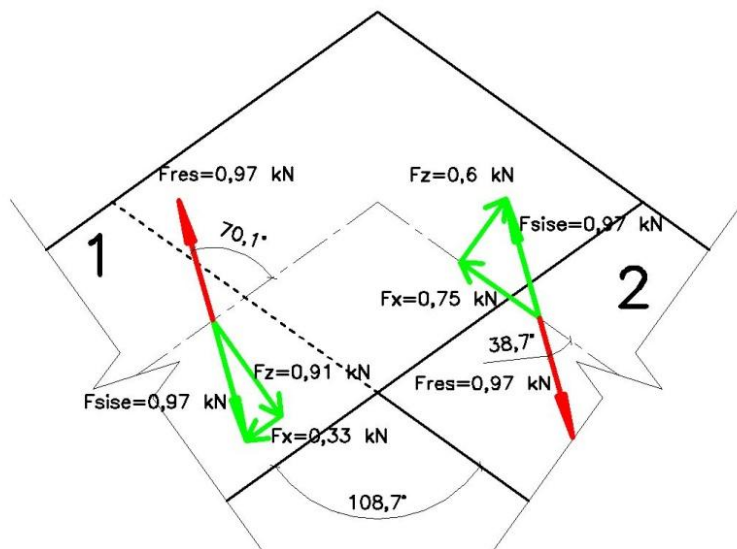
Toetuspinnal mõjuv survepinge:

$$\delta_{c,36,d} = \frac{3\,810}{20\,240} = 0,19 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 0,19 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{\delta_{c,36,d}}{f_{c,36,d}} = \frac{0,19 \text{ MPa}}{3,64 \text{ MPa}} = 0,05 < 1$$

Ainult tuulega olukorras mõjub elemente lahku ajava suunaga koormus, mistõttu tuleb need omavahel liita kinnititega. Leitakse selle koormuse resultantjõud:



**Joonis 5.3.** Sõlmes 1 elementidele mõjuvad sisejõud ja resultantjõud tuule korral

$$F_{res} = 0,97 \text{ kN}$$

Elementide 1 ja 2 liitmiseks kasutatakse naelu ilma aukude ettepuurimiseta. Valitakse naelad läbimõõduga 3 mm ja pikkusega 80mm.

Esmalt leitakse puidu minimaalne lubatud paksus olukorras, kus auke ette ei puurita:

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} 7d = 7 * 3 = 21 \text{ mm} \\ (13d - 30) \frac{\rho_k}{400} = (13 * 3 - 30) \frac{350}{400} = 7,88 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Puidu tegelik paksus 40 mm > 21 mm

Puidu muljumistugevuse normväärtused ei olene kuni 8 mm naelte korral mõjuva jõu nurgast, kui auke ette ei puurita. Leitakse vastavad muljumistugevused:

$$f_{h,1,k} = f_{h,2,k} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 0,082 * 350 * 3^{-0,3} = 20,6 \text{ MPa}$$

Arvutuslik muljumistugevus:

$$f_{h,1,d} = f_{h,2,d} = 0,9 * \frac{20,6}{1,3} = 14,3 \text{ MPa}$$

Naelad on siledad ning valmistatud terastraadist minimaalse tõmbetugevusega  $600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ .

Leitakse paindemomendi normväärtus, mis vastab naela voolavuspiirile:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 600 * 3^{2,6} = 3132 \text{ Nmm}$$

Leitakse paindemomendi arvutusväärtus (terase osavarutegur on  $\gamma_M = 1,1$ )

$$M_{y,Rd} = \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_M} = \frac{3132}{1,1} = 2847 \text{ Nmm}$$

Leitakse ühe naela arvutuslik kandevõime. Naela läbistussügavus mõlemas elemendis on võrdne elemendi paksusega 40 mm.

$$t_1 = 40 \text{ mm} \quad t_2 = 40 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{f_{h,1,d}}{f_{h,2,d}} = \frac{14,3}{14,3} = 1$$

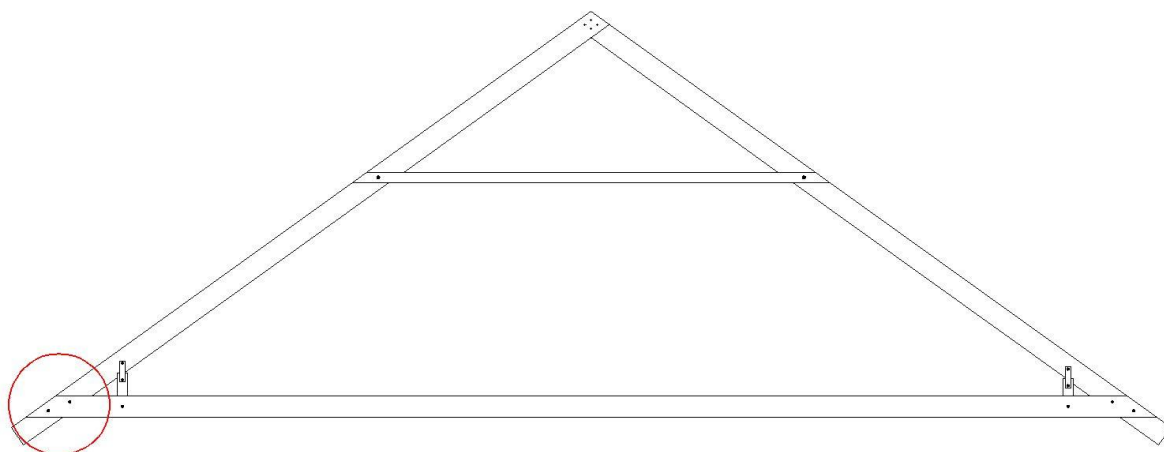
$$\min \left\{ \begin{array}{l} F_{v,Rd} = f_{h,1,d} * t_1 * d = 14,3 * 40 * 3 = 1716 \text{ N} \\ F_{v,Rd} = 0,5 * f_{h,2,d} * t_2 * d = 14,3 * 40 * 3 = 858 \text{ N} \\ F_{v,Rd} = 1,05 * \frac{f_{h,1,d} * t_1 * d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,Rd}}{f_{h,1,d} * d * t_1^2}} \right] = 1123 \text{ N} \\ F_{v,Rd} = 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rd} * f_{h,1,d} * d} = 568 \text{ N} \end{array} \right.$$

Elementide kinnitamiseks valitakse 4 naela ning paigutatakse need ringis ümber elementide telgede ristumiskoha. Liite kandevõime on sel juhul tagatud:

$$F_{v,Rd} = 4 * 568 = 2,27 \text{ kN} > F_{res} = 0,97 \text{ kN}$$

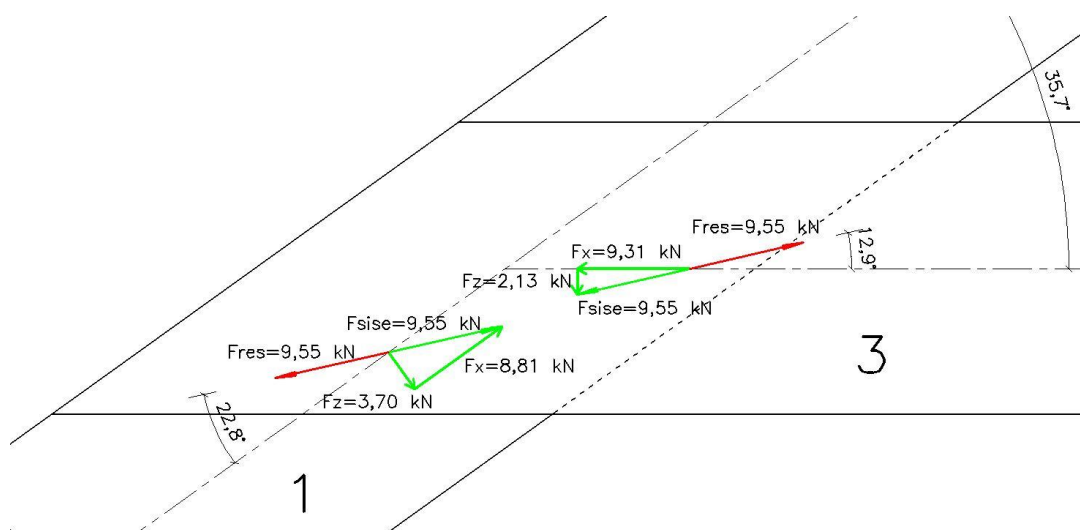
### 5.1.2 Sõlm 2 (Elementid 1-3)

Dimensioneeritakse hoone C seksiooni tüüfermi sõlme elementide 1 ja 3 vahel. Element 3 on kinnitatud element 1 küljele ning seega on sõlm ühelõikeline puit-puiduga liide. Elementid on omavahel ühendatud keermelattidega. Sama liidet kasutatakse ka elementide 2-3 liitmisel.



Joonis 5.4. Sõlm 2 (sarikatala ja tala liide)

Kriitiliseimaks koormuskombinatsiooniks on KK1 - ainult lumi. Sõlmes mõjuvad sisejõud ning resultant on kujutatud joonisel.



Joonis 5.5. Sõlme 2 elementide sisejõud ning sõlmes mõjuvad jõud

Resultantide mõjusuunad teisendatakse lihtsuse huvides täisarv kraadideks.  $22,8^\circ \rightarrow 23^\circ$  ja  $12,9^\circ \rightarrow 13^\circ$ .

Poltideks valitakse M10 (ette puuritud aukudega)

1 elemendi muljumistugevuse normväärtus:

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 10) * 350 = 25,83 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,5$$

$$f_{h,1,k} = f_{h,\alpha,k,1} = \frac{25,83}{1,5 * (\sin 23)^2 + (\cos 23)^2} = 24,00 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,d} = 0,8 * \frac{24,00}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$$

3 elemendi muljumistugevuse normväärtus:

$$f_{h,3,k} = f_{h,\alpha,k,3} = \frac{25,83}{1,5 * (\sin 13)^2 + (\cos 13)^2} = 25,19 \text{ MPa}$$

$$f_{h,3,d} = 0,8 * \frac{25,19}{1,3} = 15,5 \text{ MPa}$$

M10 poldi voolavus:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 800 * 10^{2,6} = 95546 \text{ Nmm}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{95546}{1,1} = 86860 \text{ Nmm}$$

$$t_1 = 80 \text{ mm} \quad t_2 = 80 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{f_{h,3,d}}{f_{h13,d}} = \frac{15,50}{14,77} = 1,05$$

Leitakse poldi ühe lõike arvutuslik kandevõime:

$$F_{v,Rd} = 15,50 * 80 * 10 = 12\,400 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = 14,77 * 80 * 10 = 11\,816 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{15,50 * 80 * 10}{1 + 1,05} * \left[ \sqrt{1,05 + 2 * 1,05^2 \left[ 1 + \frac{80}{80} + \left( \frac{80}{80} \right)^2 \right] + 1,05^3 * \left( \frac{80}{80} \right)^2} - 1,05 * \left( 1 + \frac{80}{80} \right) \right] =$$

$$5264 \text{ N} \Rightarrow \min$$

$$F_{v,Rd} = 1,05 * \frac{15,50 * 80 * 10}{2 + 1,05} * \left[ \sqrt{2 * 1,05 * (1 + 1,05) + \frac{4 * 1,05 * (2 + 1,05) * 86860}{15,50 * 10 * 80^2}} - 1,05 \right] = 5\,462 \text{ N}$$



$$F_{v,Rd} = 1,05 \frac{15,50 \cdot 80 \cdot 10}{1 + 2 \cdot 1,05} * \left[ \sqrt{2 * 1,05^2 + (1 + 1,05) + \frac{4 \cdot 1,05 \cdot (1 + 2 \cdot 1,05) \cdot 86860}{15,50 \cdot 10 \cdot 80^2}} - 1,05 \right] = 5\,345 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = 1,15 * \sqrt{\frac{2 \cdot 1,05}{1 + 1,05}} * \sqrt{2 * 86860 * 15,5 * 10} = 6\,040 \text{ N}$$

1 poldi kandevõime - 5 264 kN

Poltide arvuks valitakse 2.

Poltide paigutus on kujutatud sõlme joonisel.

Kontroll sõlme geomeetria:

$a_1$  valitud: 171 mm

$$a_{1,1} = (4 + |\cos \alpha|) * d = (4 + |\cos 22,7|) * 10 = 49,2 \text{ mm} \Rightarrow \text{OK!}$$

$a_2$  valitud: 100 mm

$$a_{2,3} = 4 * d = 4 * 10 = 40 \text{ mm} \Rightarrow \text{OK!}$$

$a_{3,t}$  valitud: 206 mm

$$a_{3,t,3} = 7 * d = 7 * 10 = 70 \text{ mm}$$

$$a_{3,t,3} = 80 \text{ mm} \rightarrow \text{max} \Rightarrow \text{OK!}$$

$a_{4,t}$  valitud: 120 mm

$$a_{4,t,1} = [2 + 2 \sin (22,7)] * 10 = 27,7 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,1} = 3 * d = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{max} \Rightarrow \text{OK!}$$

$a_{4,c}$  valitud: 120 mm

$$a_{4,c,1} = 3 * d = 30 \text{ mm} \Rightarrow \text{OK}$$

Poltide asetused on lubatud piirides

Leitakse efektiivne kinnitite arv:

*Element 1*

$$n = 2 \quad \alpha = 22,7^\circ \quad m = 1$$

$$n_{ef, \min} = n = 2$$

$$2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{171}{130}} = 1,998 \sim 2$$

$$n_{ef} = 1,998 + \frac{22,7}{90} * (2 - 1,998) = 1,9985 \sim 2 \Rightarrow \text{Võtame } n_{ef} = 2$$

*Element 3*

$$n = 1 \quad m = 2$$

Võtame  $n_{ef} = 1$

$$\text{Kogu liite kandevõime } R_{v,d} = n * m * F_{v,Rd(\min)} = 2 * 5\,264 = 10\,528 \text{ N}$$

Tugevustingimus:

$$\frac{F_{res}}{R_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{9\,550}{10\,528} = 0,91 < 1 \Rightarrow \text{OK!} \quad \text{Kandevõime on tagatud}$$

Kontroll kiudude suhtes nurga all mõjuvatele jõududele:

$$\text{Nihkejõud } F_z = 3,7 \text{ kN}$$

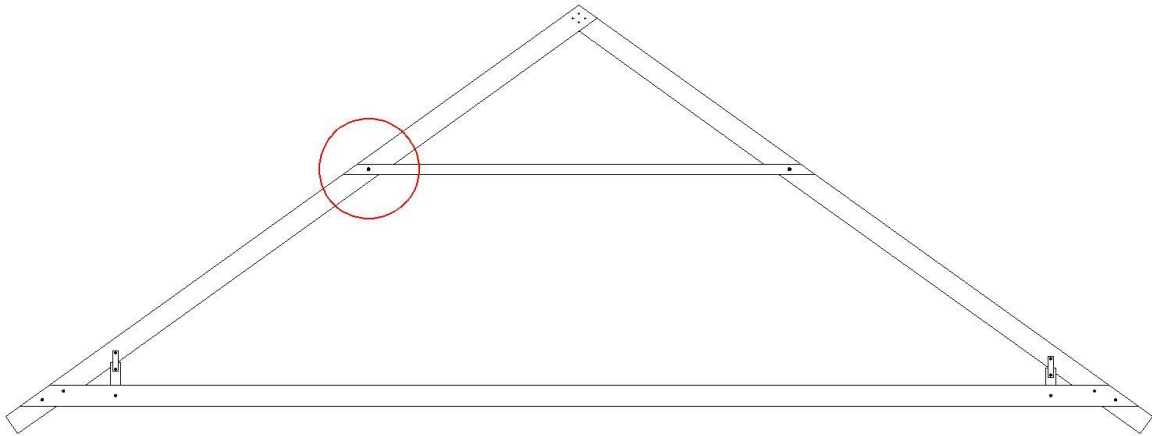
$$w = 1$$

$$F_{90,Rk} = 14 * b * w * \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}} = 14 * 80 * 1 * \sqrt{\frac{120}{1 - \frac{120}{240}}} = 17\,351 \text{ N}$$

$$F_{90,Rd} = \frac{17,35 * 0,8}{1,3} = 10,68 \text{ kN} > 3,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{OK!}$$

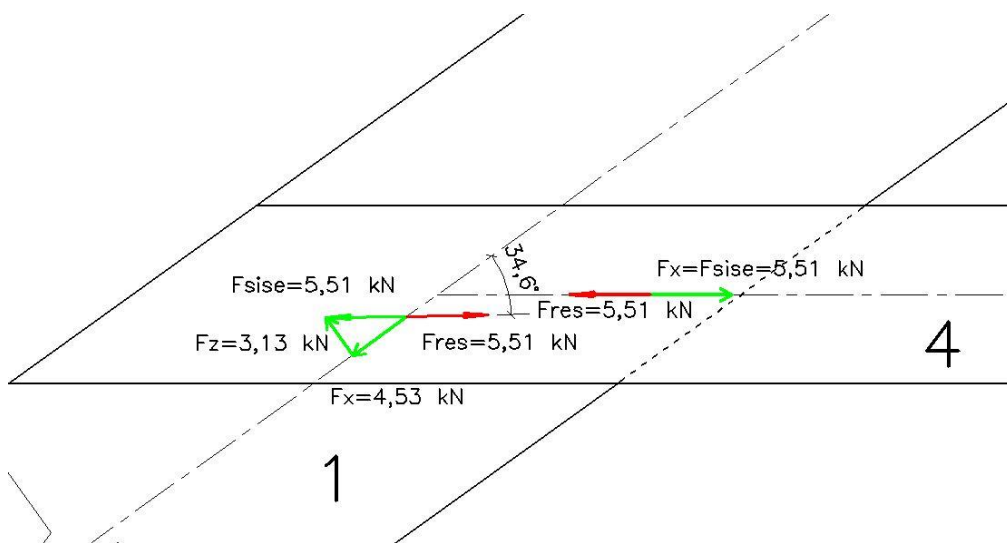
### 5.1.3 Sõlm 3 (Elementid 1-4)

Sõlm 3 kujutab sarikatala ühendust penniga. Penn on kinnitatud talade küljele, seega ei asu see ülejäänud fermiga samas tasapinnas. Tegu on puit-puiduga ühelõikelise liitega.



**Joonis 5.6.** Sõlm 3 (sarikatala ja penni liide)

Kriitiliseim olukord on ainult lumekoormuse korral. Leitakse vastavad sisejõud elementides ning sõlme resultantjõud:



**Joonis 5.7.** Sõlmes 3 elementidele mõjuvad sisejõud ning resultantjõud

$$F_{\text{res}} = 5,51 \text{ kN}$$

Resultantjõud mõjub horisontaalsuuna suhtes ca  $1^\circ$  nurga all. Nurk on sedavõrd väike, et arvutuse lihtsuse huvides võib selle jätta arvestamata ning koormust käsitletakse horisontaalsuunas mõjuvana. Seetõttu võetakse ka element 4 puhul resultandiks pikijõud, põikjõud  $F_z = 0,1 \text{ kN}$  jäetakse vähesuse tõttu arvestamata.

Kinnitiks valitakse M12 keermelatt, mis paigutatakse elementide telgjoonte ristumiskohta. Kontrollitakse ühe kinniti kandevõimet ning leitakse sõlmes vajalik kinnitite arv. Kuna arvutuskäik on peaaegu identne sõlme 2 omaga, ei kajastata arvutuskäiku ning tuuakse välja vaid tulemused.

Ühe kinniti vähim kandevõime antud olukorras on  $F_{v,Rd} = 5,71$  kN

$$\frac{5,51}{5,71} = 0,96$$

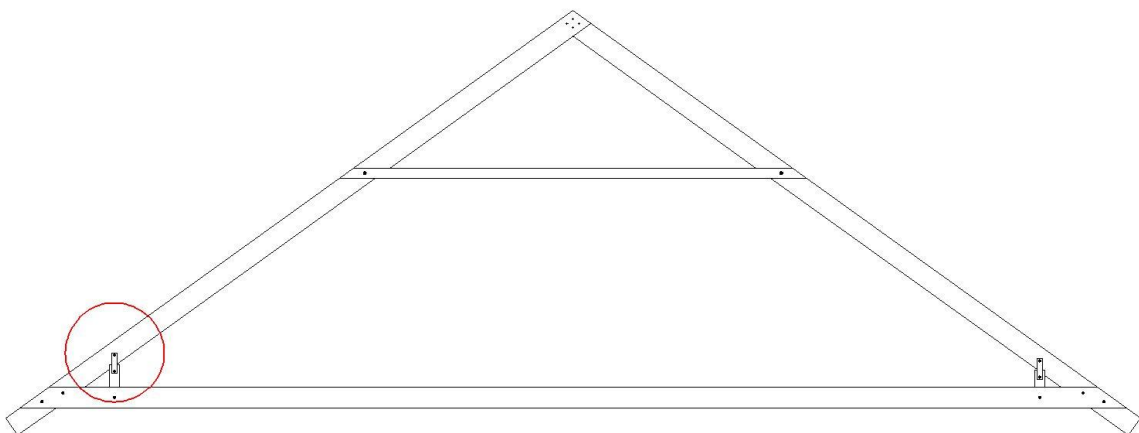
Kontrollitakse ka kiudude suhtes nurga all mõjuvaid jõudusid:

$$F_{90,Rk} = 17,35 \text{ kN} > F_z = 3,13 \text{ kN}$$

Sõlme kandevõime on tagatud vähemalt 4%-lise varuga. Kinnitite arvuks valitakse 1, ning see paigutatakse mõlema elemendi kesketeljele.

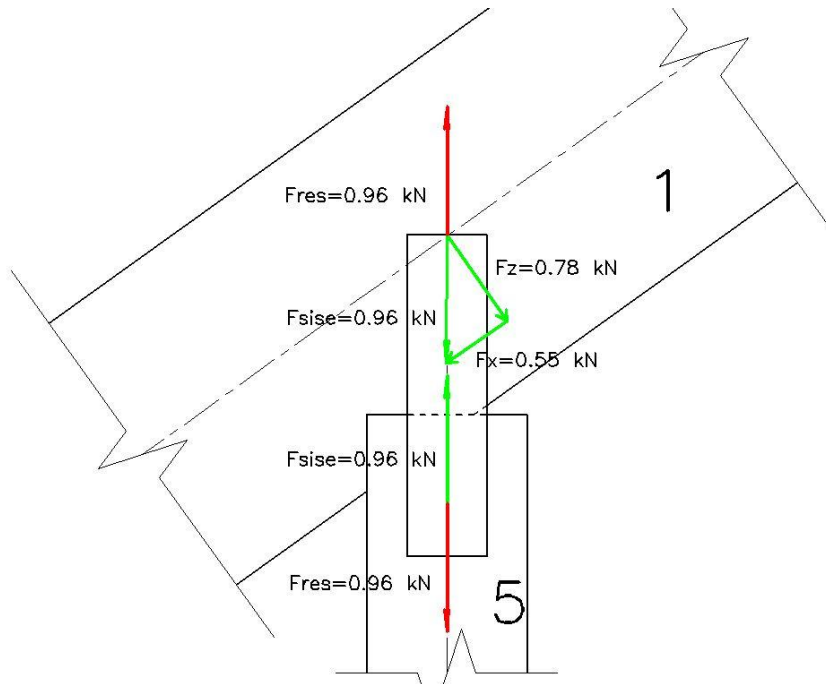
#### **5.1.4 Sõlm 4 (Elemendid 1-5)**

Sõlm kujutab sarikatala ja seda toestava posti ühendust. Sarikatalale on tehtud kolmnurkne sisselõige, mille abil see postile koormused edasi kannab. Täiendavalt liidetakse elemendid omavahel kinnititega. Sõlm on kahelõikeline terasplaat-puit-terasplaat liide, mis ühendatud poldiga. Kontrollitakse nii elemente lahku tõmbavat ainult tuulega olukorda ning ainult lumega olukorda, kus post on maksimaalselt koormatud. Terasplaadi paksus on 5 mm ja seda käsitletakse arvutustes õhukese terasplaadina.



**Joonis 5.8.** Sõlm 4 (sarikatala ja posti liide)

Kriitiliseimaks kombinatsiooniks tõmbejõududele on KK9 - ankurduse kontroll(tuul seest).  
Leitakse elemendi sisejõud ja sõlmes mõjuv resultantjõud.



**Joonis 5.9.** Sõlmes 4 elementidele mõjuvad sisejõud ja resultantjõud

Kinnitiks valitakse M10 keermelatt (ette puuritud aukudega)

5 elemendi (penni) muljumistugevuse normväärtus:

$$f_{h,5,k} = f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 10) * 350 = 25,83 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,5$$

$$f_{h,5,d} = 0,9 * \frac{25,83}{1,3} = 17,88 \text{ MPa}$$

1 elemendi muljumistugevuse normväärtus:

$$f_{h,1,k} = f_{h,1,k} = \frac{25,83}{1,5 * (\sin 54,3)^2 + (\cos 54,3)^2} = 19,42 \text{ MPa}$$

$$f_{h,3,d} = 0,9 * \frac{19,42}{1,3} = 13,44 \text{ MPa}$$

M10 poldi voolavus:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_u * d^{2,6} = 0,3 * 800 * 10^{2,6} = 95546 \text{ Nmm}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{95546}{1,1} = 86860 \text{ Nmm}$$

$t_1 = 80 \text{ mm}$  terasplaadiks õhuke plaat ( 5mm)

Keermelattliite kandevõime 5. elemendis:

$$F_{v,Rd,5} = 0,5 * 17,88 * 80 * 10 = 7\ 152 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd,5} = 1,15 * \sqrt{2 * 86860 * 17,88 * 10} = 6\ 409 \text{ N}$$

Keermelattliite kandevõime 1. elemendis:

$$F_{v,Rd,1} = 0,5 * 13,44 * 80 * 10 = 5\ 376 \text{ N} \rightarrow \text{min}$$

$$F_{v,Rd,1} = 1,15 * \sqrt{2 * 86860 * 13,44 * 10} = 5\ 557 \text{ N}$$

Kinniti asetus valitakse järgmine:

$$a_1 = (-)$$

$$a_2 = (-)$$

$a_{3,t}$  valitud: 100 mm

$$a_3 = 7 * d = 70 \text{ mm}$$

$$a_3 = 80 \text{ mm} \rightarrow \text{max} \Rightarrow \text{OK!}$$

$a_{4,t}$  valitud: 53 mm (polt tala keskel 120 mm - sisselõige talasse 47 mm (arvestatakse samasse lõikesse <200 mm))

$$a_{4,t} = (2 + 2 \sin 54,3) * 10 = 36,2 \text{ mm} \rightarrow \text{max} \Rightarrow \text{OK!}$$

$$a_{4,t} = 30 \text{ mm}$$

$a_{4,c}$  valitakse: 120 mm

$$a_{4,c} = 3 * d = 30 \text{ mm}$$

Keermelattliite minimaalne kandevõime:

$$2 * 5\ 376 = 10\ 752 \text{ N}$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{0,96}{10,75} = 0,09 \Rightarrow \text{OK!} \quad \text{Kandevõime on tagatud}$$

### Muljumise kontroll (posti muljumine sarikasse)

Mujumisel arvestatakse koormusi ainult lumega olukorrast ( $F_x = 14,78 \text{ kN}$ )

$$\alpha = 54^\circ$$

$$h_{ef} = 80 \text{ mm}$$

$$\delta_{c,\alpha,d} = \frac{14,78}{80 \cdot 80} = 2,31 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$\frac{12,92}{\frac{1,25 \cdot 1,54}{1,25 \cdot 1,54} \cdot (\sin 54)^2 + (\cos 54)^2} = 2,73 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{2,31}{2,73} = 0,85 \Rightarrow \text{OK!}$$

Kandevõime on tagatud

### Muljumise kontroll müürlatile:

$$\delta_{c,90,d} = \frac{14,78}{120 \cdot 80} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

Kandevõime kontroll:

$$\frac{1,54}{1,54} = 1 \Rightarrow \sim \text{OK!}$$

Kandevõime on tagatud

### 5.1.5 Sõlm 5 (Elemendid 3-5,6 ja müürlatt)

Koormusi arvestades elemendid 3,5 ja 6 omavahel täiendavaid kinniteid ei vaja. Siiski liidetakse täiendava jäikuse huvides need omavahel M10 keermelatiga. Sama kinniti fikseerib ka fermi müürile - keermelatt seotakse metallist nurgaga, mis omakorda ankurdatakse läbi müürlati müüritise sisse. Sõlm 5 tagab elementide stabiilsuse tugeva tuule olukorras ning fikseerib elemendid ehitustööde ajal.

## 6 KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö raames teostati ümberehitusprojekt Torma ringtalli lääneosale arhitektuurse seletuskirja ja jooniste ning katusekonstruktsioonide kandevõimearvutuste näol. Lisana on koostatud antud objektile kaasajastatud muinsuskaitse eritingimused, millel ümberehitusprojekt põhineb.

Tellija rollis oleva Torma Vallavalitsuse poolt antud lähteülesanne oli koostada projekt varestunud talli üles ehitamiseks Torma aleviku vabaõhuürituste ning sündmuste korraldamise paigaks. Sellest lähtuvalt koostati kaks magistritööd, mis talli restaureerimise seisukohast moodustavad ühe terviku: käesolev töö talli lääneosale ning Krista Ninaste poolt koostatud töö talli põhjaosale (Torma mõisa ringtalli põhjapoolse osa restaureerimis- ja rekonstrueerimisprojekt. Tartu, 2016). Käesoleva tööga teostati ühe talli halvemini säilinud osa projekteerimine vabaõhulavaks. Lava kõrvale projekteeriti abiruum, kuhu on võimalik paigutada kõik talli haldamisega seotud vahendid. Koostati on ka asendiplaaniline lahendus, mis kajastab olemasolevate paremini säilinud müüride konserveerimist ning hävinenud müüride üles ehitamist ja kattekatusena katmist. Asendiplaaniga määrati ürituste aegne parkimisala ning siseõue veerežiimi lahendus mille tulemusena kogu sadevesi liigub krundi idaosas asuvale imbväljakule. Kogu talli ala planeeriti võimalikult mugavaks kasutamiseks rahvaürituste ajal, võimaldades pääsu siseõuele mitmelt poolt ja luues talli idaosasse müüridega piiratud kuid ülalt avatud osa näiteks laadapaviljonide või muude põhimelust eraldatust nõudvate ettevõtmiste jaoks.

Käesoleva töö põhiohk pandi ümberehitatavale osale mõjuvate koormuste leidmisel ja katusekonstruktsiooni projekteerimisel ja tugevusarvutustel, sealhulgas üle 15 m sildega lava katust toestava liimpuittala dimensioneerimisele. Sisejõudude leidmiseks leiti koormused ja koostati koormuskombinatsioonid vastavalt Eestis kehtivatele standarditele ning kanti need Autodesk Robot Structural Analysis programmis joonestatud arvutuskeemidele. Seejärel leiti programmi abiga elementides mõjuvad sisejõud ning koostati kandevõimearvutused nendest lähtuvalt. Joonised on koostati joonestustarkvara Autocad Architecture 2013 kasutades. Asendiplaani põhjana on kasutati Geonik OÜ poolt koostatud hoone iseloomulike punktide ülesmõõdistust. Käesolevat projekti võib kasutada alusena järgnevate projektistaadiumite tarbeks ning ehitustööde eelarve koostamiseks.

Ümberehituse eelselt on tarvis koostada tugevusarvutused ka kivimüüridele ning vundamendile, käesolevas töös seinte ja vundamendi kandevõimet ei käsitletud.

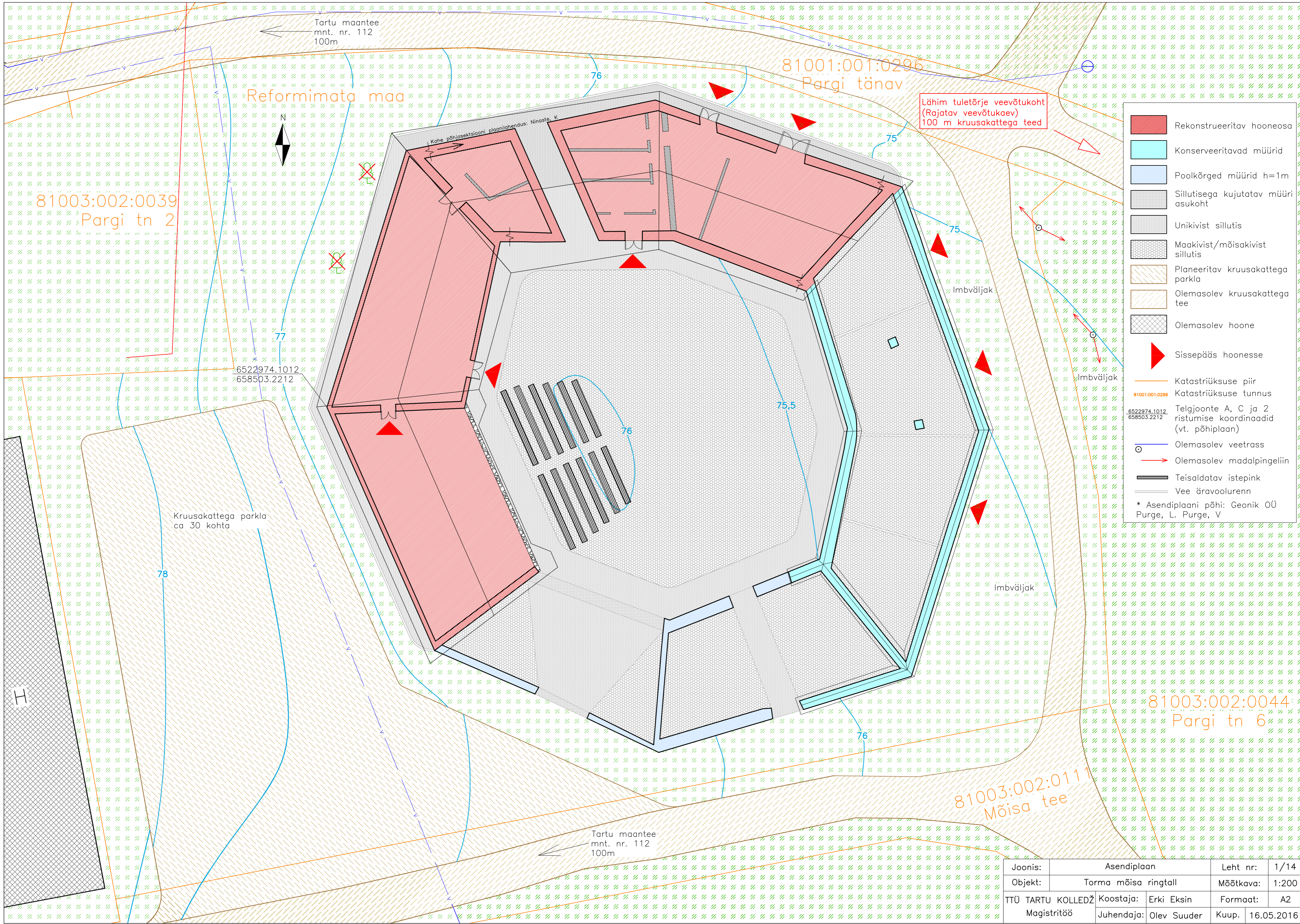


Antud töö koostamisel peeti silmas, et tulevikus oleks võimalik töö raames käsitlemata sektsioone restaureerida või täiendavalt välja ehitada. Seetõttu lõpetati viilkatus otsaseinaga, mitte kelbaga, mis võimaldab kergemat uue katuse liitmist olemasolevaga. Samuti valiti ümberehitatud osas selline fermi pennislementide paigutus, et abiruumi kohale oleks võimalik tulevikus välja ehitada teine korrus.

## 7 KASUTATUD KIRJANDUS

1. EVS-EN 1990:2002+NA:2002 Eurokoodeks. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused. 2002. Eesti Standardikeskus.
2. EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused. 2002. Eesti Standardikeskus.
3. EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus. 2006. Eesti Standardikeskus.
4. EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus.
5. EVS-EN 1995-1-1:2005+NA2007+A1:2008+NA:2009 Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks. 2009. Eesti Standardikeskus.
6. EVS 865-1:2013 Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri. 2013. Eesti Standardikeskus.
7. Masso, T. Ehituskonstruktorigi käsiraamat. "Ehitame" kirjastus. Tallinn, 2014.
8. Kalk, I. Konspekt: Puitkonstruktsioonid. Tartu, 2014.
9. Tuuder, M. Torma ringtalli muinsuskaitse eritingimused. 2009.
10. Toss, H. Ajalooline õiend: Jõgeva maakond, Torma mõis. Riiklik Uurimis- ja Projekteerimisinstituut "Eesti Ehitusmälestised". Tallinn, 1993.
11. Mikovitš, B. Torma ringtallist jäid vaid müürid. Maaleht. 05.05.2011. Stroh, L. Konspekt: Hoone mõõdistamine ja uurimine. 2010
12. Vabariigi Valitsus. Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded. Riigi Teataja digikeskkond: <https://www.riigiteataja.ee/akt/812131>. Vastu võetud 27.10.2004.
13. Kultuurimälestiste riiklik register. 24082 Torma mõisa ringtall. Muinsuskaitseameti digikeskkond: <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=24082>.





- Rekonstrueeritav hoonesa
  - Konserveeritavad müürid
  - Poolkõrged müürid h=1m
  - Sillutisega kujutatav müüri asukoht
  - Unikivist sillutis
  - Maakivist/mõisakivist sillutis
  - Planeeritav kruusakattega parkla
  - Olemasolev kruusakattega tee
  - Olemasolev hoone
  - Sissepääs hoonesse
  - Katastriüksuse piir
  - Katastriüksuse tunnus
  - Telgjoonte A, C ja 2 ristumise koordinaadid (vt. põhiplaan)
  - Olemasolev veetrass
  - Olemasolev madalpingeliin
  - Teisaldatav istepink
  - Vee äravoolurenn
- \* Asendiplaani põhi: Geonik OÜ  
Purge, L. Purge, V

Joonis:	Asendiplaan	Leht nr:	1/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:200
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja: Erki Eksin Juhendaja: Olev Suuder	Formaat:	A2
		Kuup.	16.05.2016



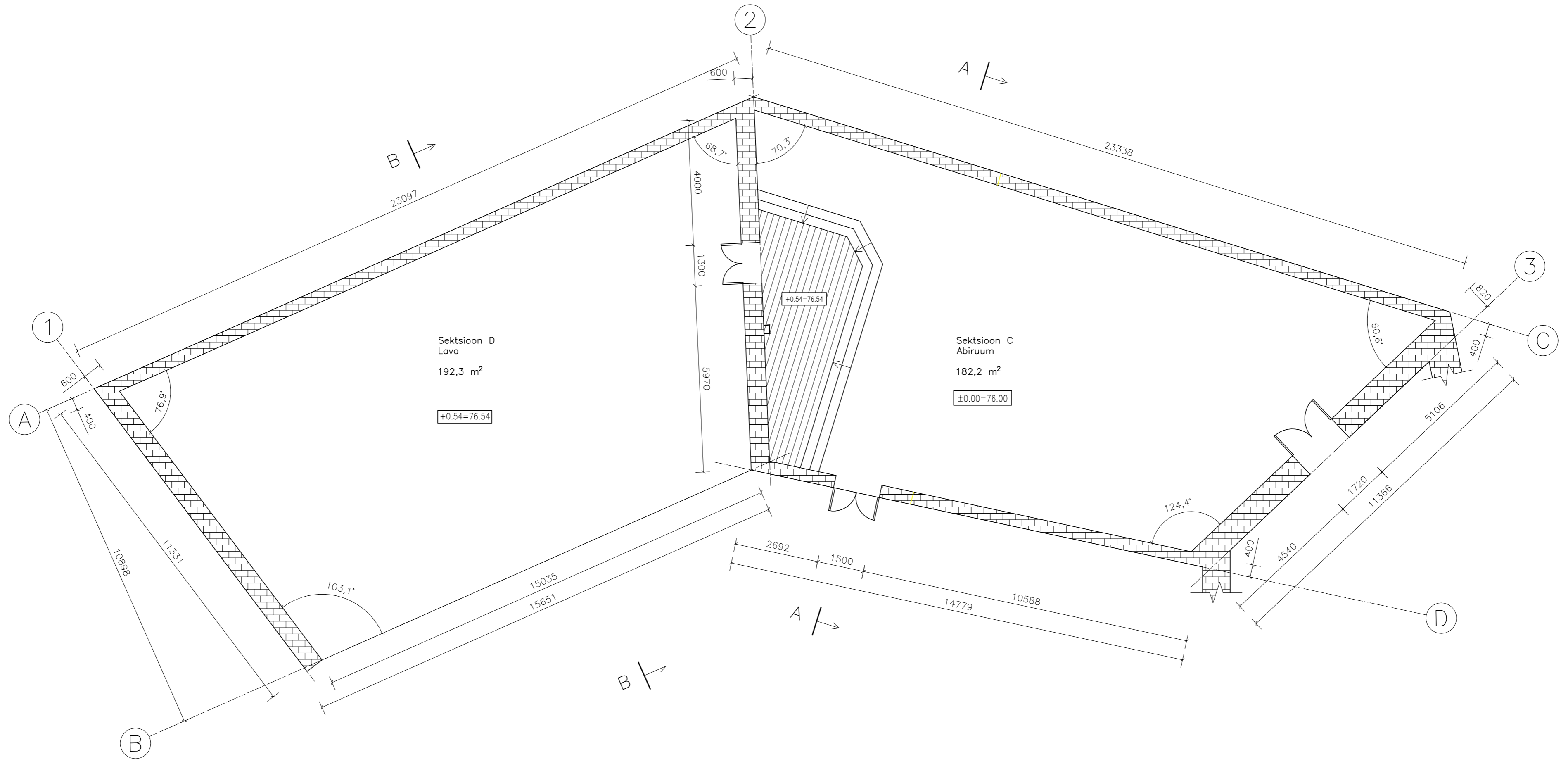
# Põhiplaan

Ruumilahendus kirjeldatud teksti osas peatükk 2.

Ruumide paiknemine kujutatud asendiplaanil.

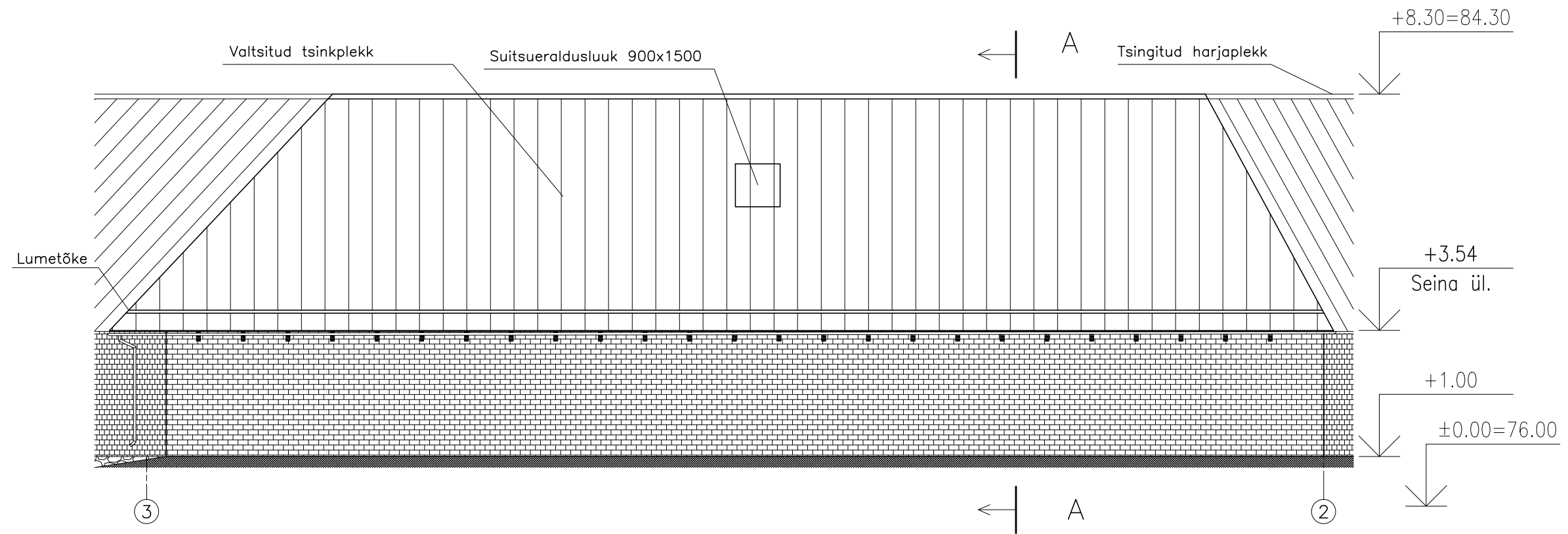
Ruumide eksplikatsioon:

1. Abiruum	182,2 m <sup>2</sup>
2. Lava	192,3 m <sup>2</sup>
Kokku	374,5 m <sup>2</sup>

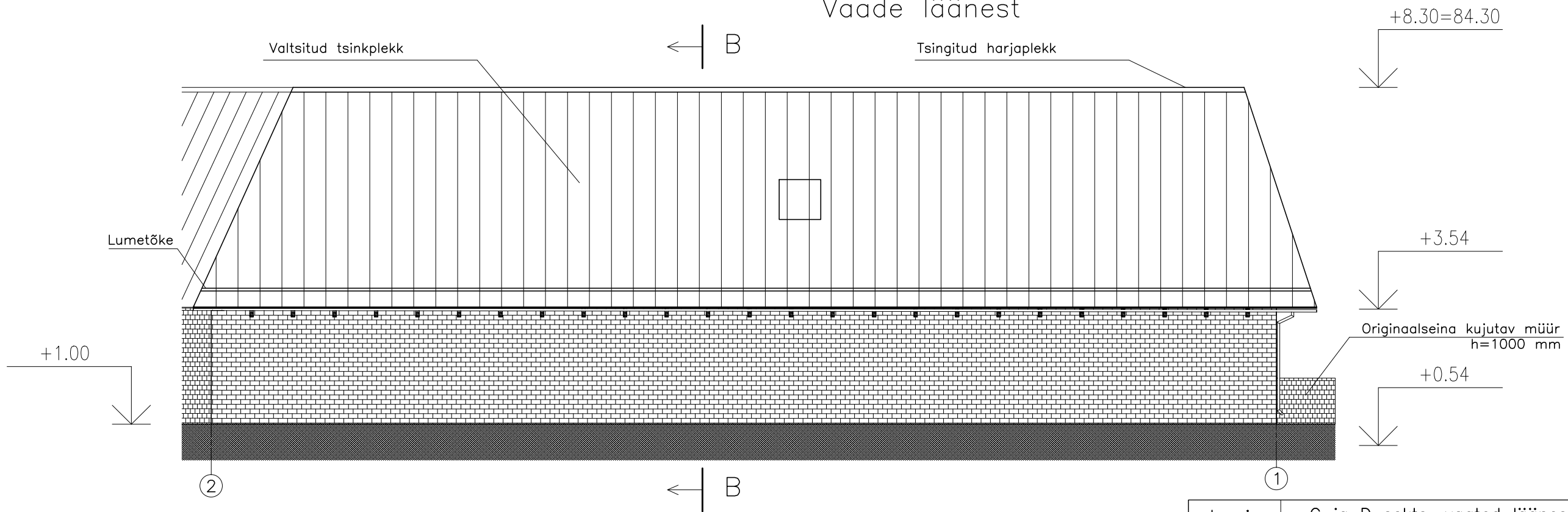


Joonis:	Põhiplaan	Leht:	2/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:100
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja: Erki Eksin Juhendaja: Olev Suuder	Formaat:	A2
		Kuup.	23.05.2016

C sektsioon  
Vaade läänest

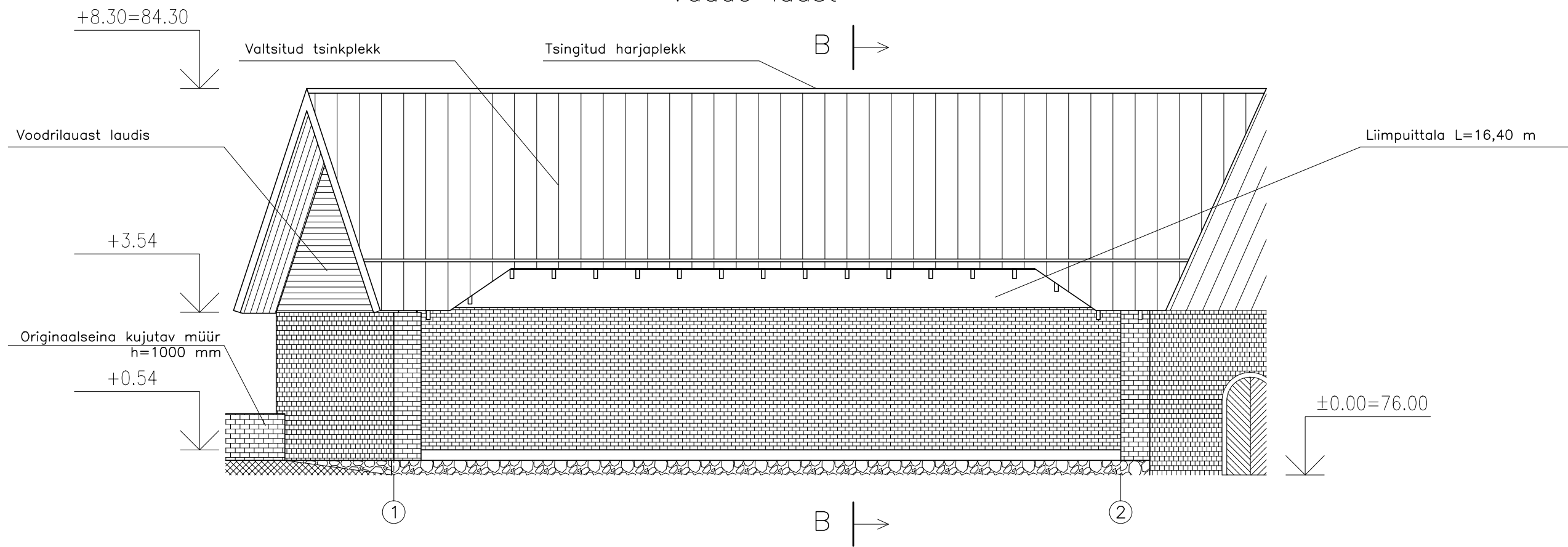


D sektsioon  
Vaade läänest

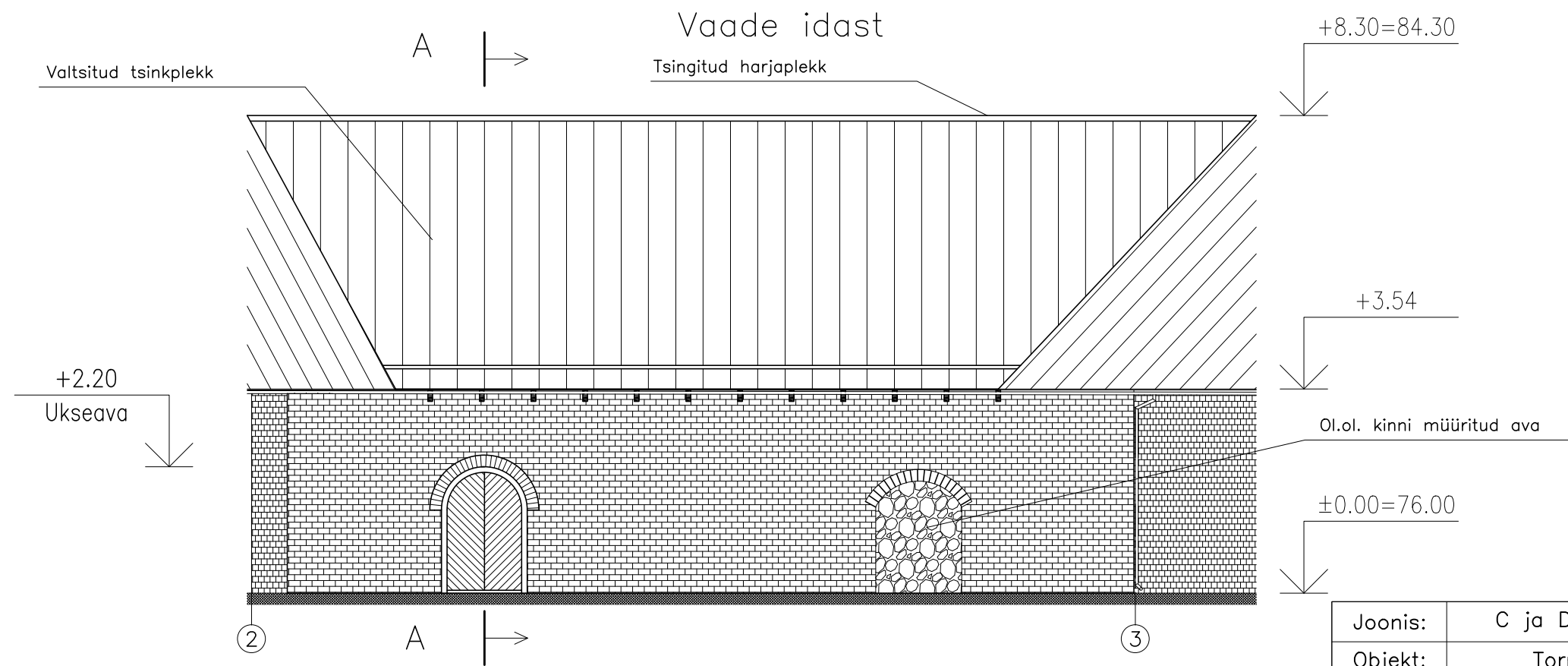


Joonis:	C ja D sekts. vaated läänest	Leht:	3/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:100
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.
			23.05.2016

D sektsioon  
Vaade idast



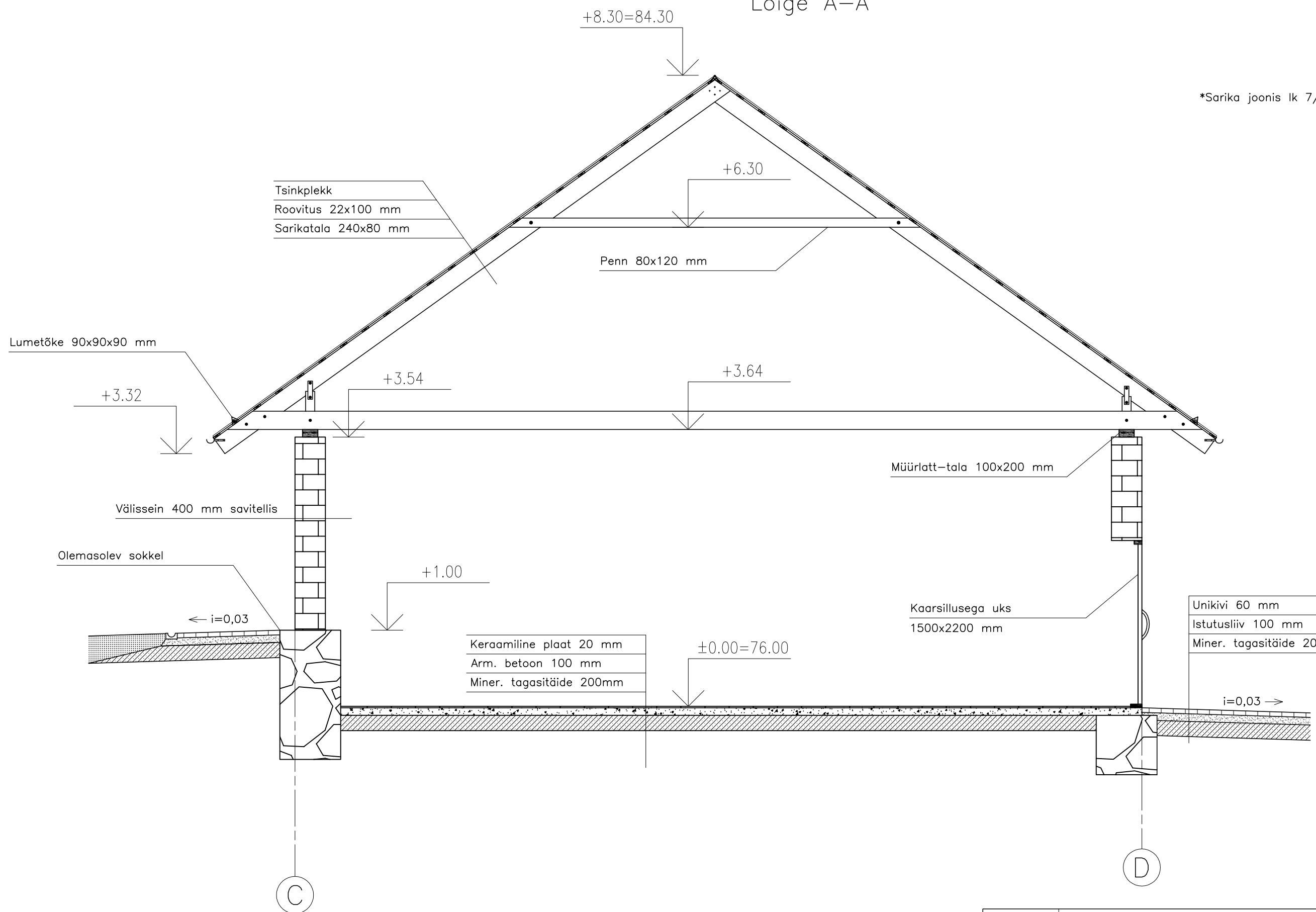
C sektsioon  
Vaade idast



Joonis:	C ja D sekts. vaated idast	Leht:	4/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:100
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.
			23.05.2016

# Lõige A-A

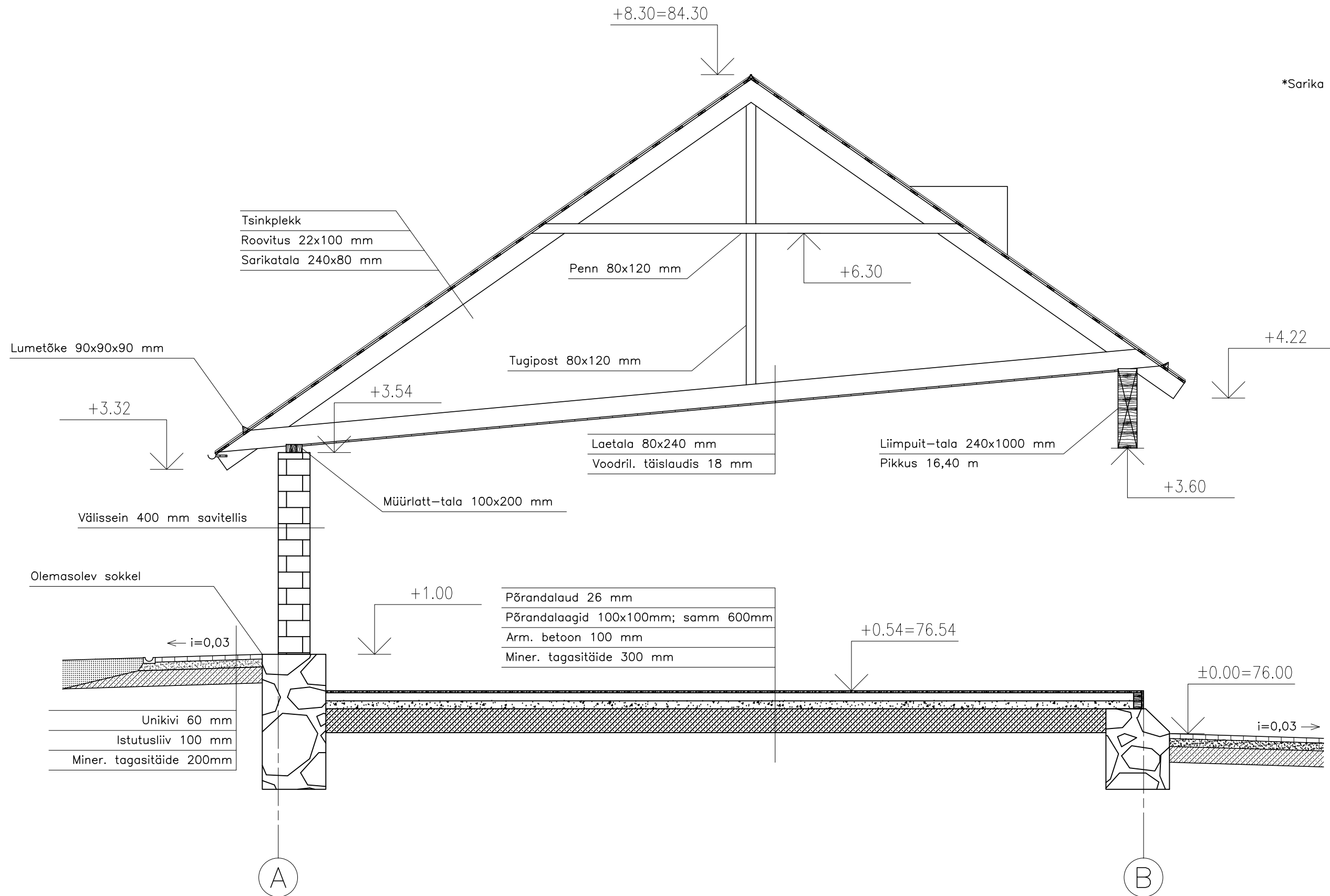
\*Sarika joonis lk 7/14



Joonis:	Lõige A-A		Leht:	5/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall		Mõõtkava:	1:50
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:	A3
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.	23.05.2016

# Lõige B-B

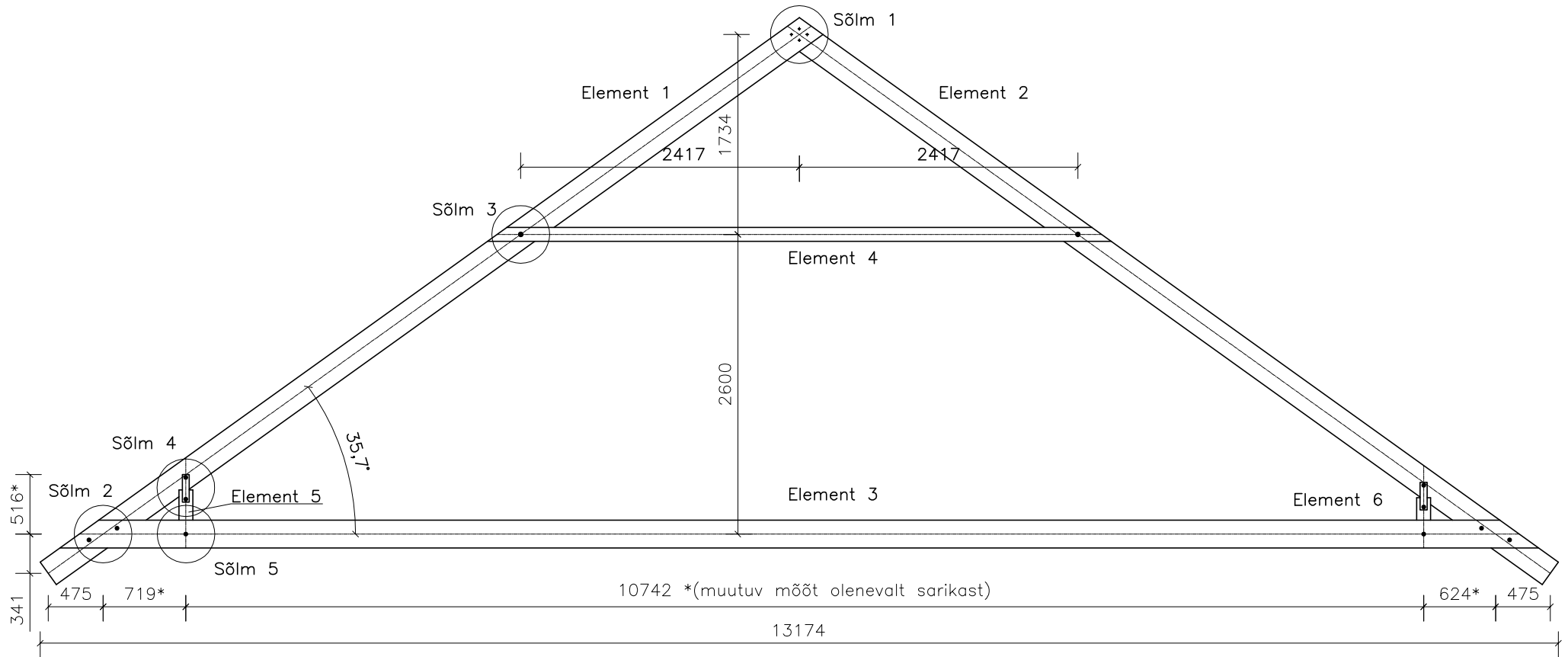
\*Sarika joonis lk 8/14



Joonis:	Lõige B-B	Leht:	6/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:50
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.
			23.05.2016

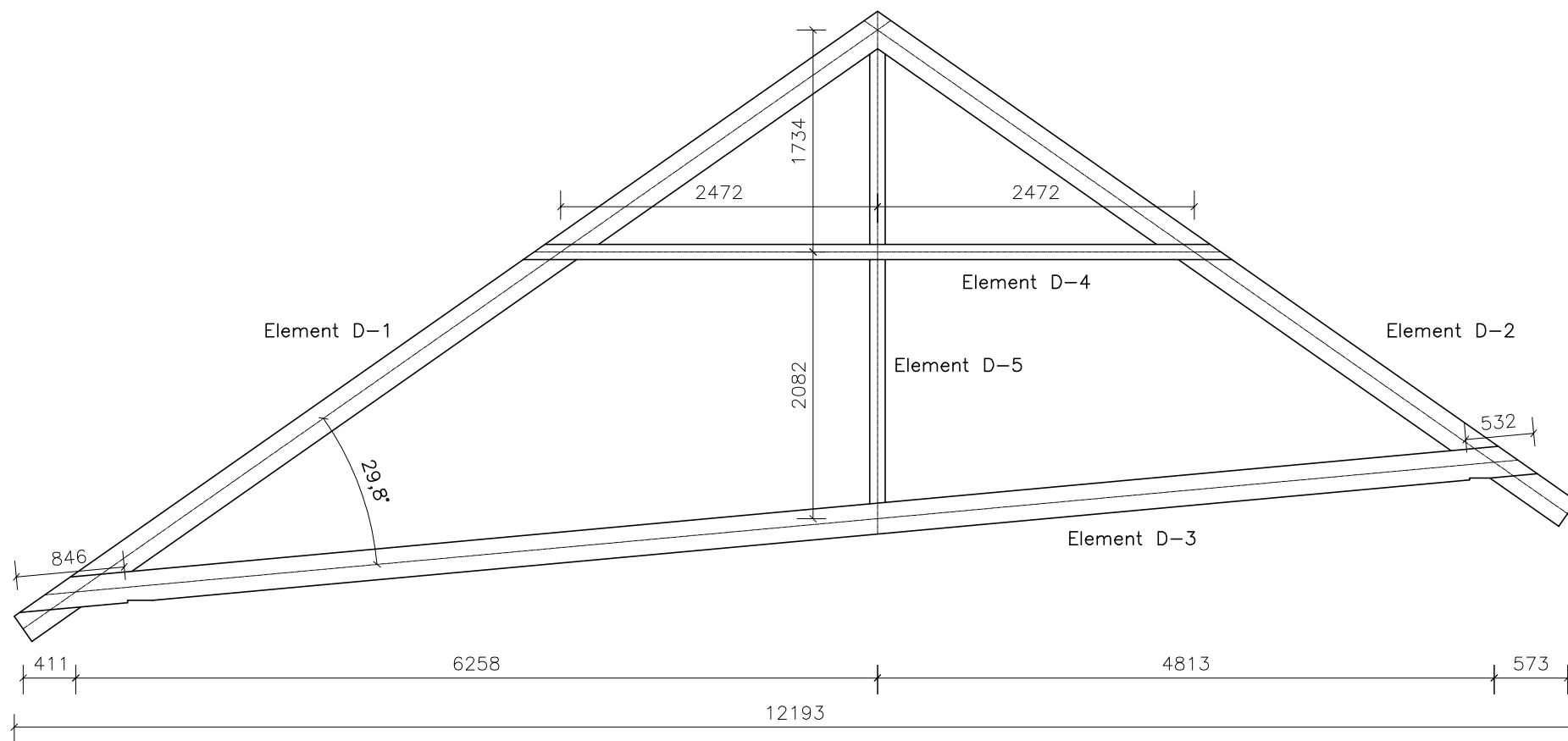


# C sekts. tüüfermi joonis



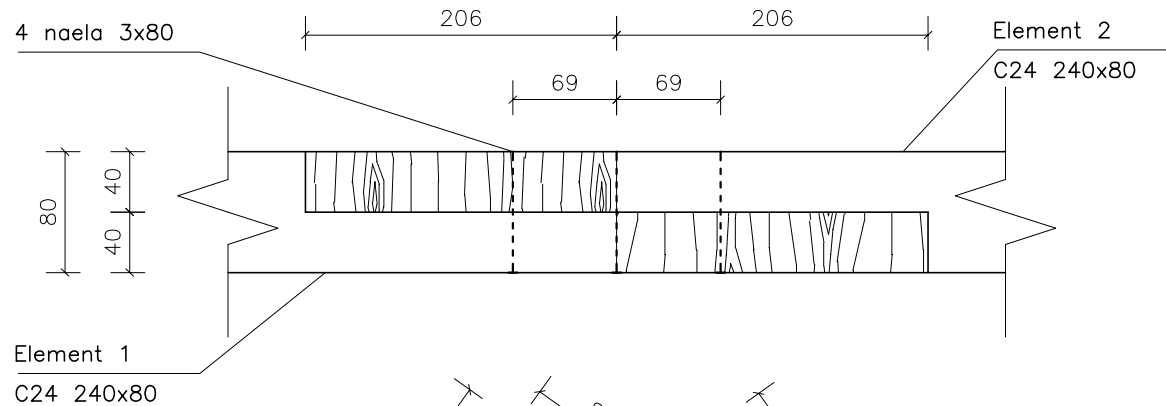
Joonis:	C sekts. tüüfermi joonis	Leht:	7/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:50
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup. 23.05.2016

# D sekts. tüüfermi joonis

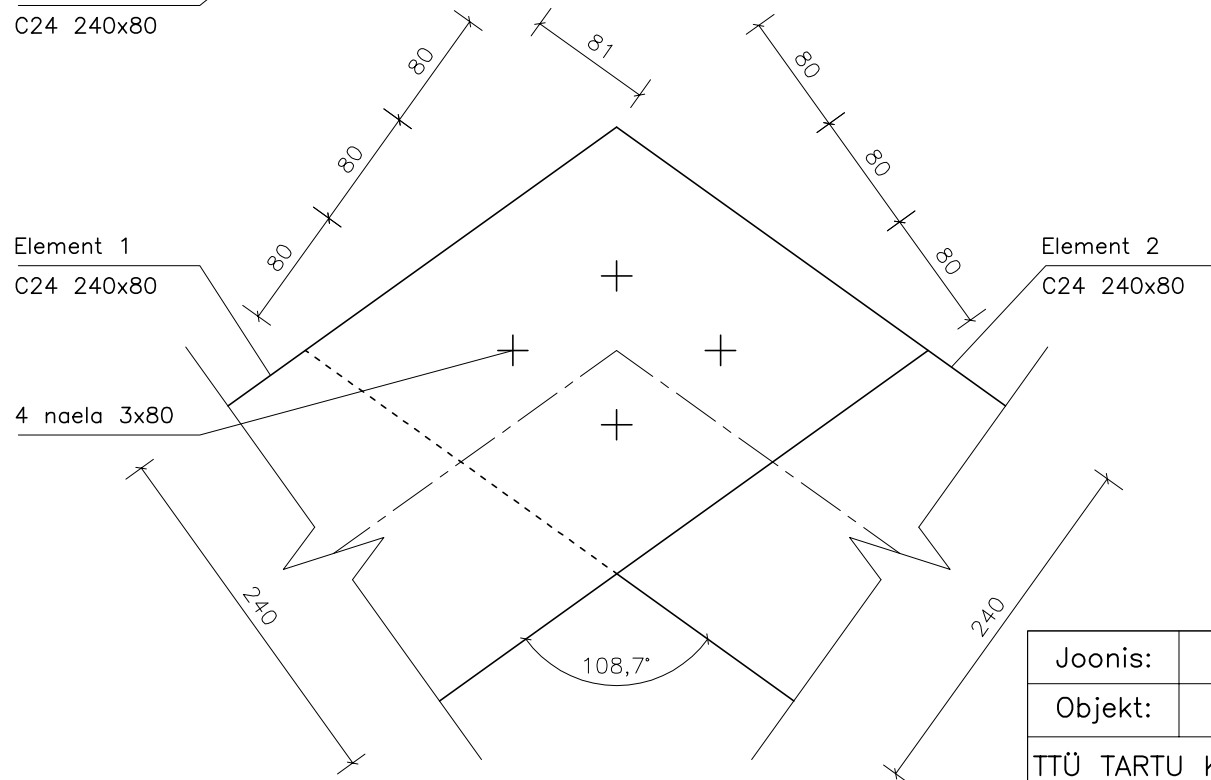


Joonis:	D sekts. tüüfermi joonis	Leht:	8/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:50
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup. 23.05.2016

# Sõlm 1 (elem. 1-2)



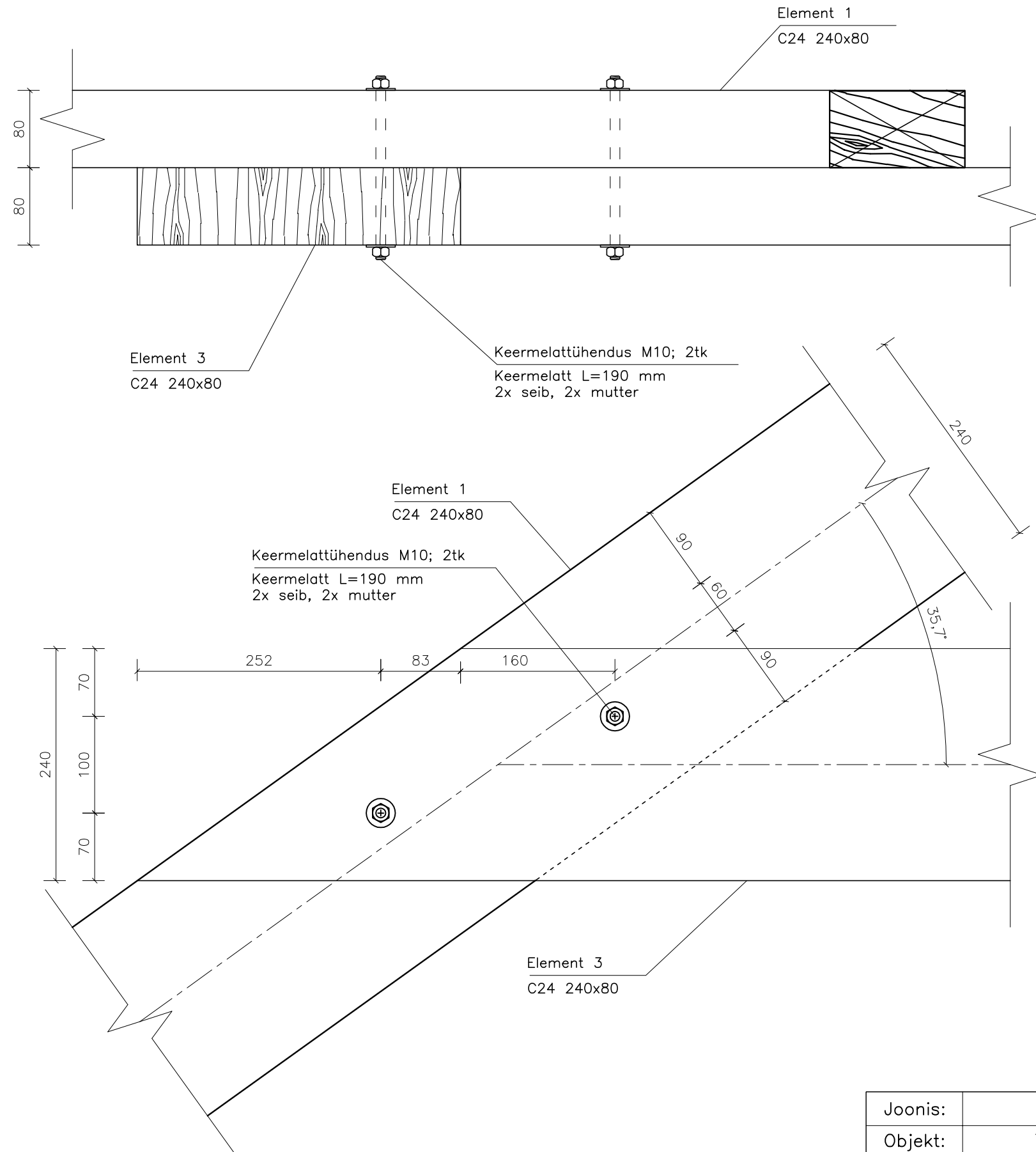
\*Sõlme dimensioonimine  
peatükk 5



Joonis:	Sõlm 1	Leht:	9/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:5
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.
			23.05.2016

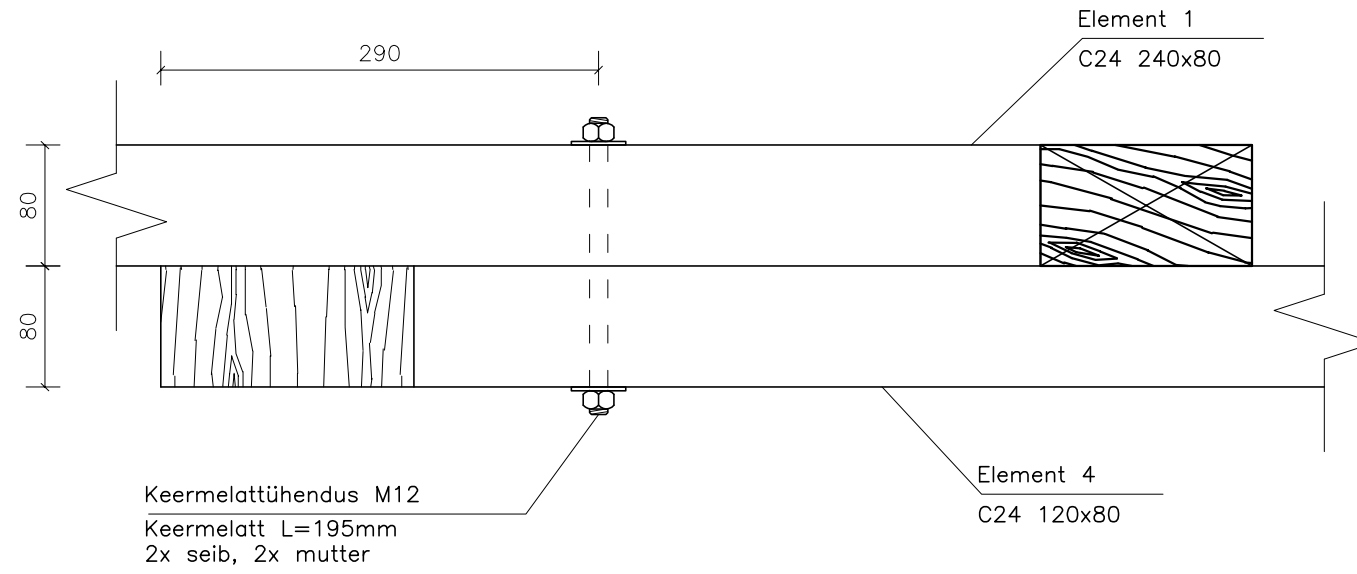
# Sõlm 2 (elem. 1–3)

\*Sõlmede dimensioneerimine peatükk 5

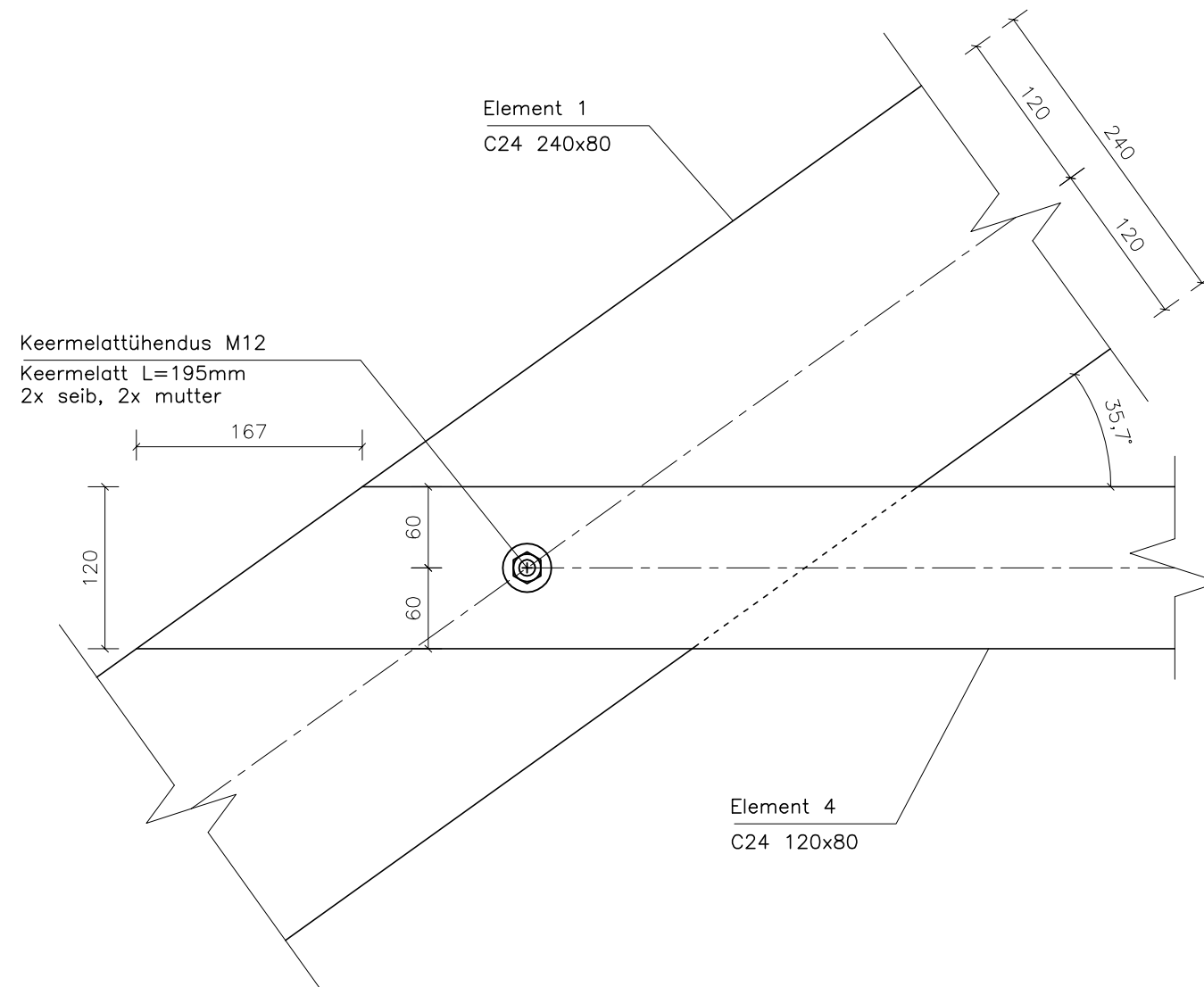


Joonis:	Sõlm 2	Leht:	10/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:5
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup. 23.05.2016

# Sõlm 3 (elem. 1-4)

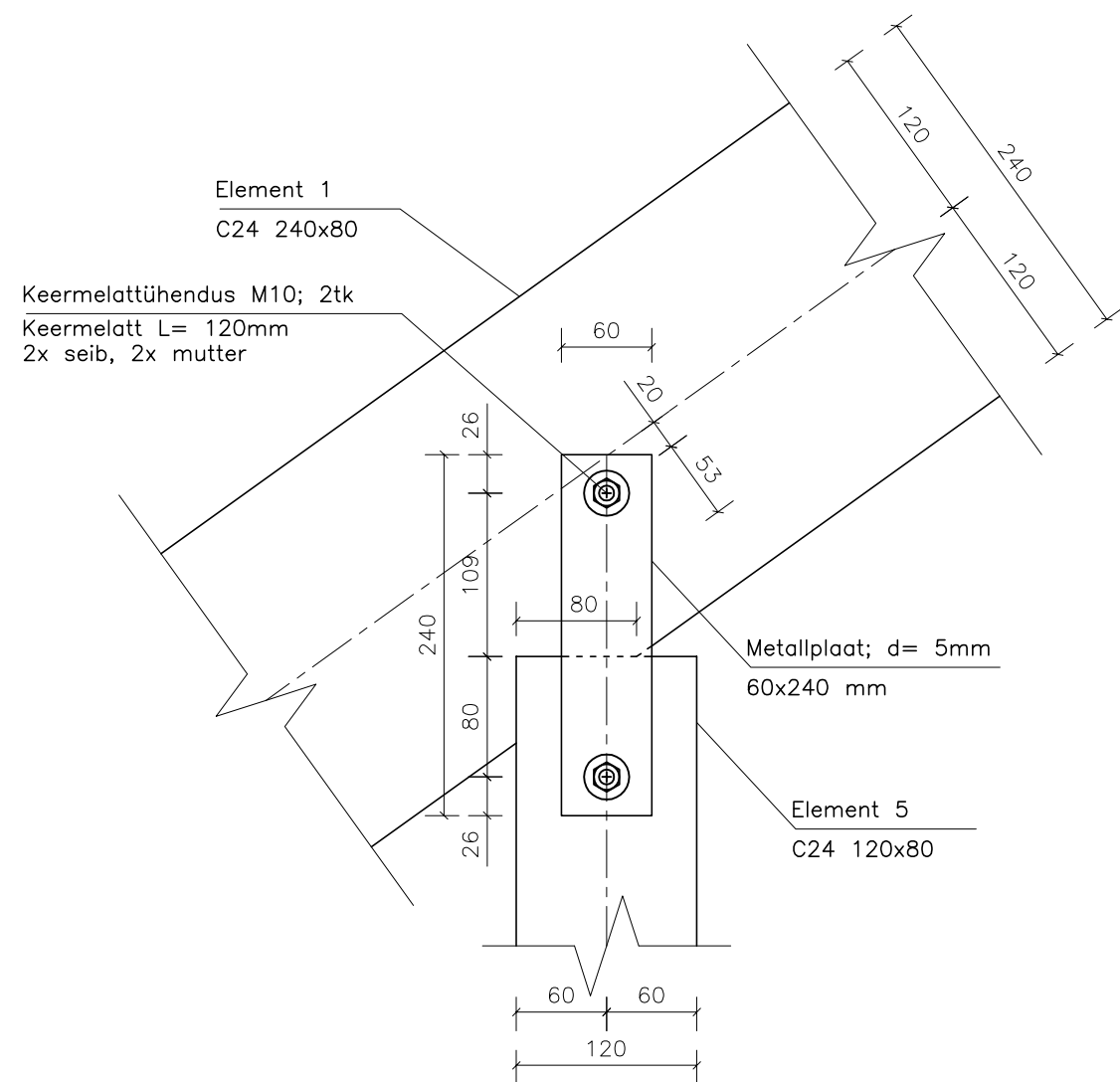
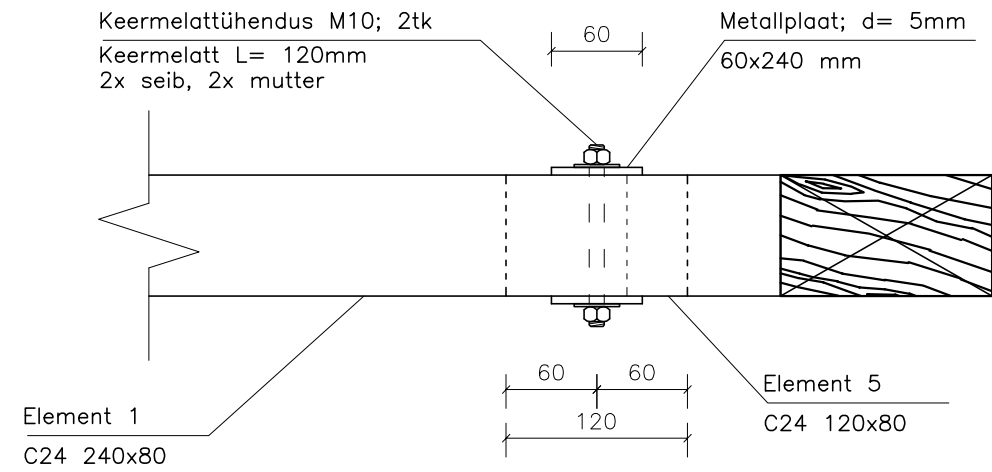


\*Sõlmede dimensioneerimine  
peatükk 5



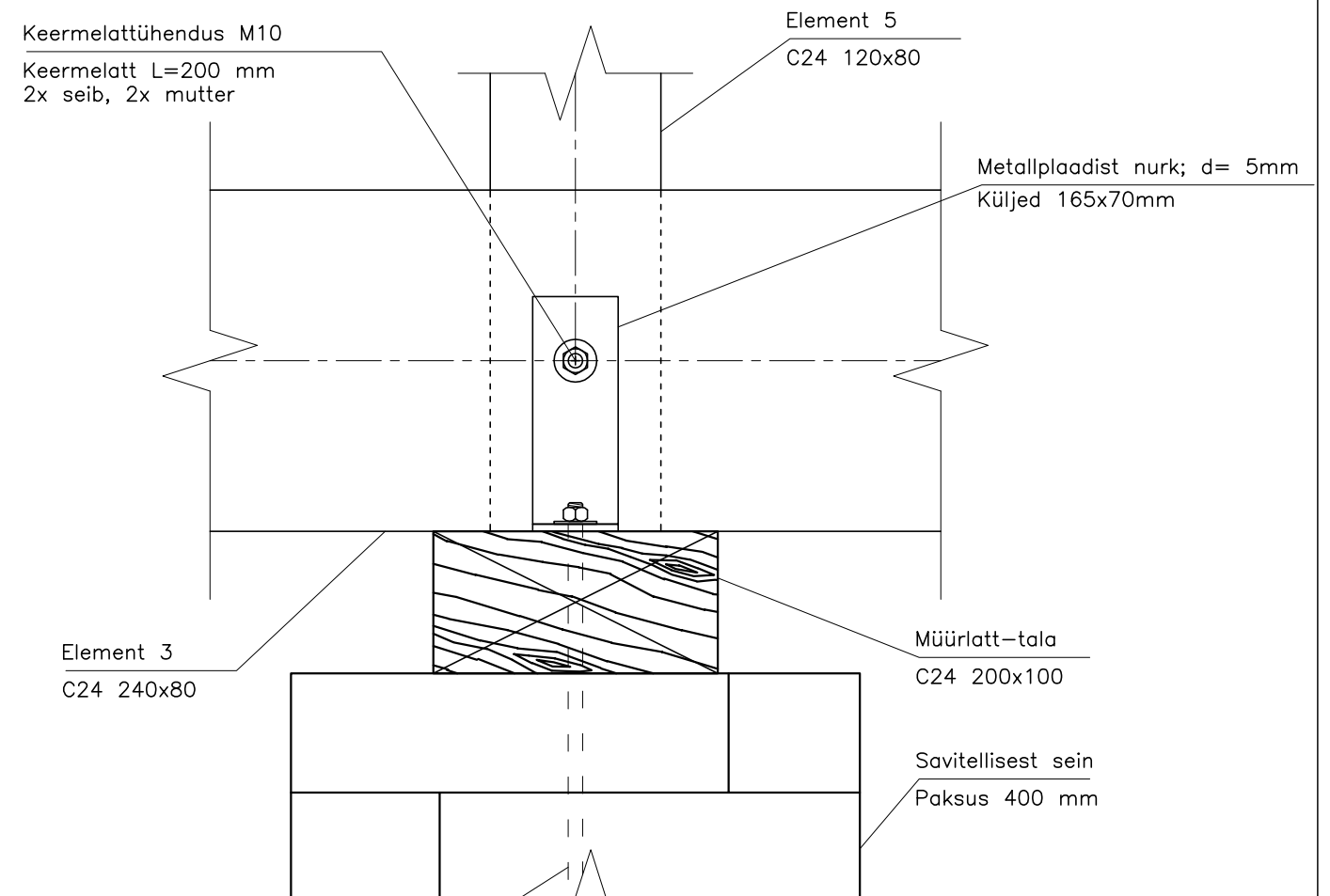
Joonis:	Sõlm 3	Leht:	11/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:5
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.
			23.05.2016

### Sõlm 4 (elem. 1–5)



### Sõlm 5

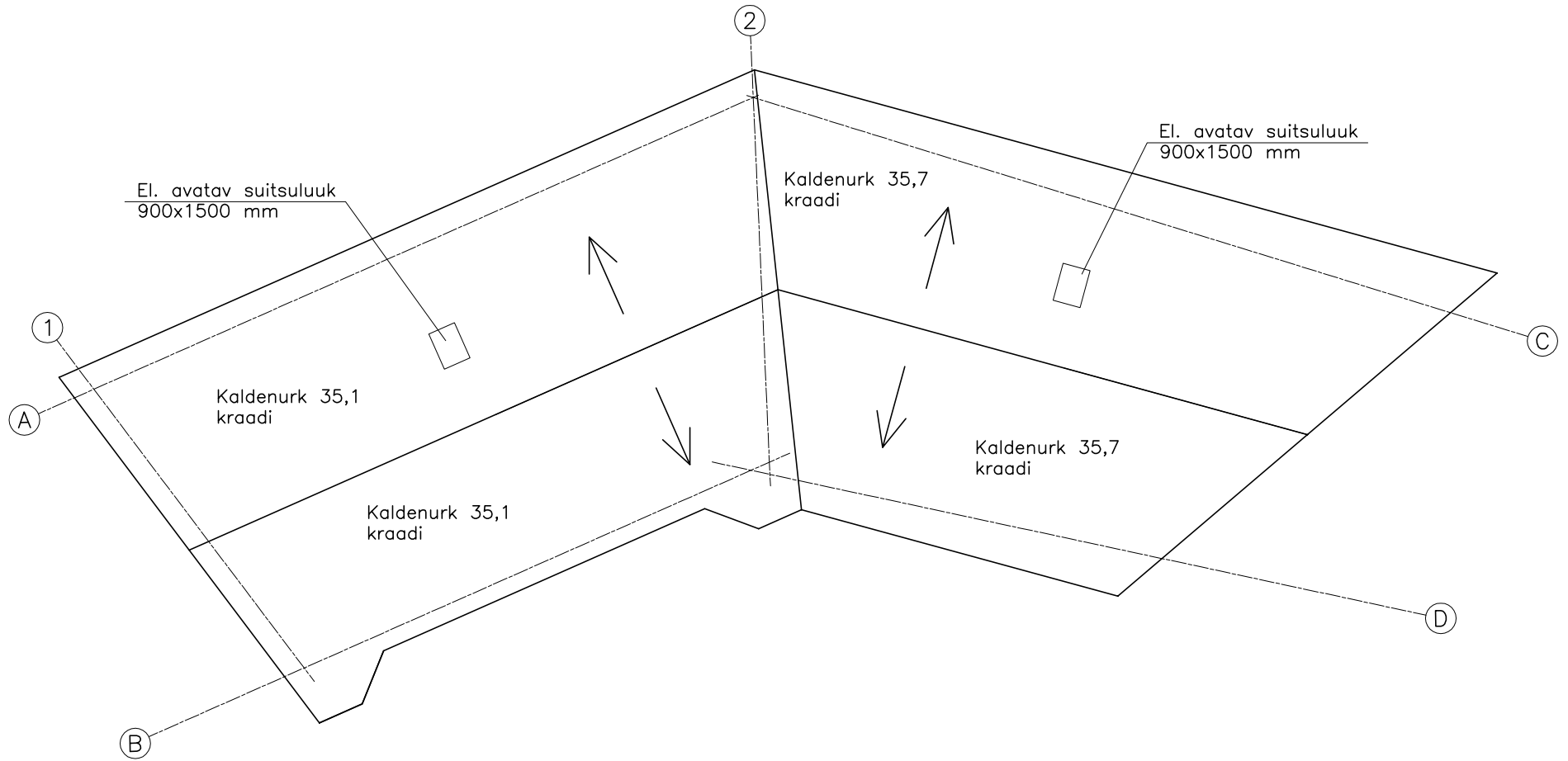
\*Sõlme dimensioneerimine  
peatükk 5



Keermelattühendus M10; L=300 mm  
Keermelatt, Seib, Mutter  
Keermelatt kinnitatud müüritisse  
keemilise ankruga

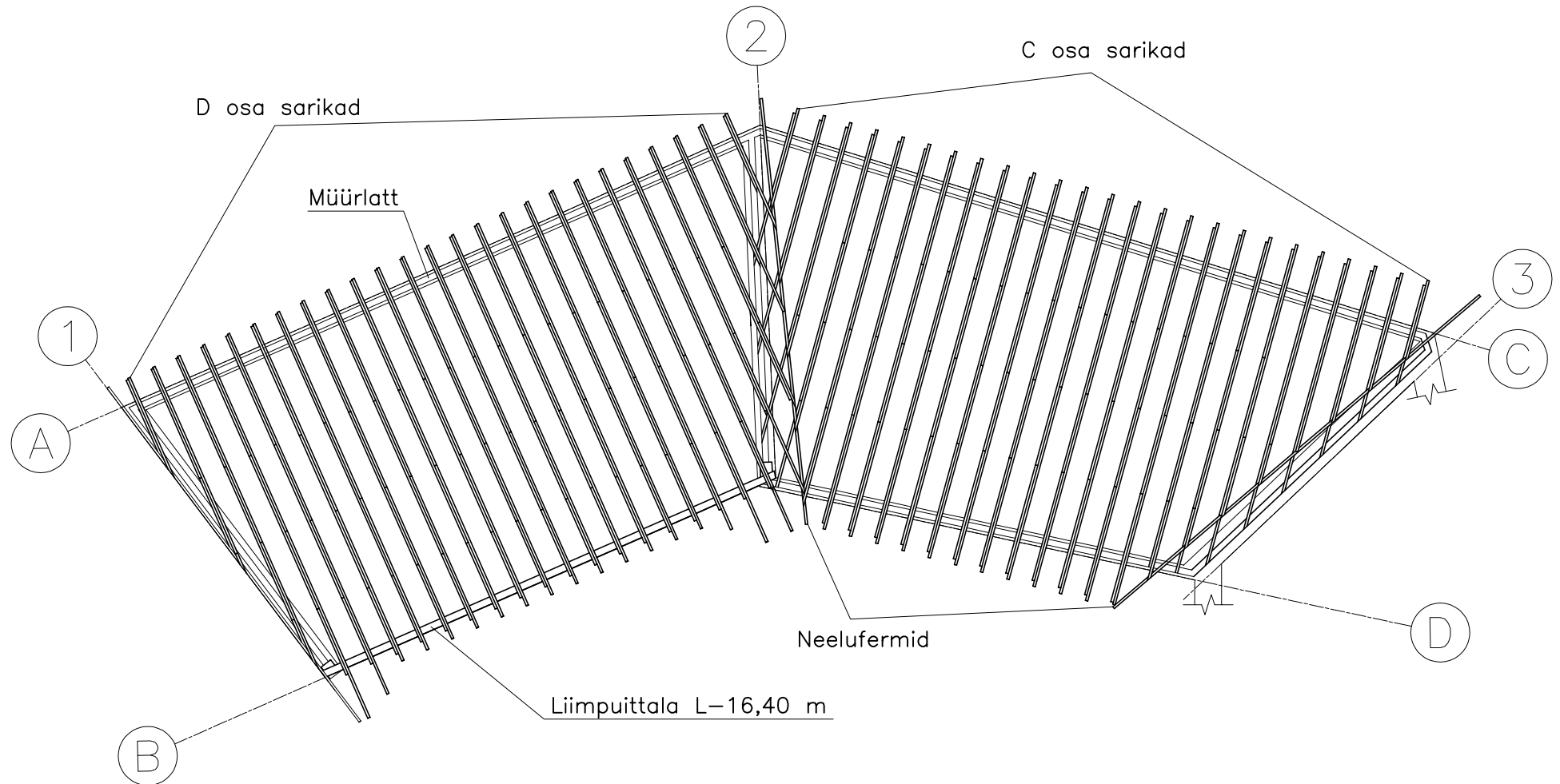
Joonis:	Sõlm 4 ja 5	Leht:	12/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:5
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup. 23.05.2016

# C ja D sektsiooni katuse plaan



Joonis:	Katuse plaan	Leht:	13/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:200
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup. 23.05.2016

# Katusekandjate plaan



Joonis:	Katusekandjate plaan	Leht:	14/14
Objekt:	Torma mõisa ringtall	Mõõtkava:	1:200
TTÜ TARTU KOLLEDŽ Magistritöö	Koostaja:	Erki Eksin	Formaat:
	Juhendaja:	Olev Suuder	Kuup.
			23.05.2016



# Põlengujärgsed restaureerimise eritingimused

## Torma mõisa ringtall



Objekt: Torma mõisa ringtall

Aadress: Jõgeva maakond, Torma vald, Torma alevik

Mälestise registrikood: 24082

Katastritunnus: - (reformimata maa)

Koostaja: Erki Eksin (tudeng, TTÜ Tartu Kõlledž)

Põlengueelsed eritingimused: Madis Tuuder (muinsuskaitse vaneminspektor)

Tartu, 2016

## SISUKORD

1. ÜLDINFO .....	3
2. SISSEJUHATUS .....	3
3. ASUKOHT .....	5
4. OLEMASOLEV DOKUMENTATSIOON NING ALLIKAD .....	6
5. AJALOOLINE ÜLEVAADE NING KIRJELDUS .....	7
6. MUINSUSKAITSE ERITINGIMUSED .....	11
7.1 Objekti ümbrus .....	11
7.2 Vundament ning seinad .....	13
7.3 Katus.....	16
7.4 Avatäited .....	19
7. ERITINGIMUSTE LISA 1. FOTODE TEGEMISE SUUNAD.....	21

# 1. ÜLDINFO

Käsitletavale objektile on koostatud 2009. a. Madis Tuuderi poolt eritingimused, kuid need ei vasta ehitise olemasolevale olukorrale. 29. aprillil 2011. aastal hoone süttis ja tulekahjus hävisid täielikult ringtalli puidust katus, katusekonstruktsioonid, vahelaed ja enamuse muid puidust konstruktsioone. Põlengu tulemusena jäid järele vaid kivimüürid.

Käesolevad eritingimused on koostatud lähtudes hoone hetkeolukorrast, ning need on aluseks hoone restaureerimiseks vajalikule projektdokumentatsioonile.

Sissejuhatavas, dokumentatsiooni ja allikate ning ajaloolise ülevaate osas on kasutatud teksti ja fotosid olemasolevatest, 2009. aastal koostatud eritingimustest ning neid vajadusel täiendatud ja kohandatud. Tuuder, M. poolt koostatud tekst on kujutatud kaldkirjas.

Väliuuringud teostati 2015. aasta sügisel ja talvel.

## 2. SISSEJUHATUS

*Torma mõisa ringtall asub Jõgeva maakonnas Torma vallas Torma alevikus. Hoone on Torma mõisakompleksi üks osa, kompleks ise hõlmab suure osa samanimelise küla tuumikust. Torma alevik paikneb Jõgeva-Mustvee maantee ning ajaloolise Tartu-Narva maantee ristmikul, viimati mainitud teega piirneb vahetult ka käsitletav mõisaansambel.*

*Hoone on arhitektuurimälestisena kaitse all (reg. nr. 24082). Tegu on oma hoonetüübi unikaalse näitega. Hoone üheks väärtuseks on ka selle dominantne positsioon mõisakompleksi arhitektuurilises tervikus.*

Tallihoone on hetkel kasutuseta, põlengust on säilinud vaid müürid. Põlengujärgselt ehitati välisperimeetri müüridele peale ajutised varikatused, et neid ilmastiku eest kaitsta. Katmata seinad on saanud ilmastikumõjude tagajärjel kahjustada ning kohati on müürid täielikult erodeerunud. Kokkuvõtvalt on hoone seisukord hetkel kriitiline ning müüride säilitamiseks tuleks koheselt alustada restaureerimis/konserveerimistöödega.

*Mõisakompleks, kuhu hoone kuulub, on käesolevalgi ajal Torma aleviku tuumikuks. Torma mõisakompleks on tähelepanuväärne on kõrvalhoonete rohke tõttu, kõnealune ringtall on aga teadaolevalt üks kahest Eestis leiduvast sarnase üleehitusega hoonest. Ainuke säilinud analoog leidub sellele vaid Viljandimaal asuva Heimtali mõisa ringtalli näol.*

*Kokku on Torma mõisakompleksis arhitektuurimälestisena kaitse all 17 objekti – lisaks käsitletavale hoonele ning peahoonele ka mitmed kõrvalhooned ning park.*

### 3. ASUKOHT

Ringtall asub Jõgevamaal Torma vallas Torma alevikus. Hoone asub Tartu maantee kõrval, 100 m maanteelt. Talli juurde on maanteelt tagatud ligipääs kahelt poolt, mööda pinnasteid, mis talli idaküljes ühinevad.

Täpsem asukoht on kujutatud kaardil:



Joonis 3.1. Ringtalli asukoht

## 4. OLEMASOLEV DOKUMENTATSIOON NING ALLIKAD

### **Muinsuskaitseamet:**

- *Ajalooline õiend. Torma mõis. RUPI „Eesti Ehitusmälestised“*. Koost. E. Kangilaski. Tallinn. 1991. A-2869.
- *Ettekirjutused Torma mõisa korrastamiseks. KRPI*. Koost. O. Suuder. Tallinn. 1985. A-1452
- *Kultuurimälestiste riiklik register*. <http://register.muinas.ee/>.

### **Jõgeva maa-arhiiv:**

- *Torma mõisa ringtalli asendiskeem ja põhiplaan. OÜ Vooremaa Vara*. 1999. JOMA–24070

### **Kirjandus:**

- *Eesti Arhitektuur. Kõide 4. Üldtoim. V. Raam*. Tallinn. 1999.
- *Eesti pargid. Kõide 1. Üldkoost. O. Abner, S. Konsa jt*. Tallinn. 2007.
- *Eesti mõisaarhitektuur. Historitsismist juugendini. Ants Hein*. Tallinn. 2003.

### **Maa-amet:**

- *Geoportaal*. <http://xgis.maaamet.ee>.

### **Muu:**

- *Regio Interaktiivne Kaardipaik*. <http://kaart.otsing.delfi.ee/>.



## 5. AJALOOLINE ÜLEVAADE NING KIRJELDUS

*Torma mõisa ajaloolist arengut ja arhitektuurilist kujunemist on põhjalikult käsitletud mitmetes uurimustes, mille tõttu alljärgnevalt sellel pikemalt ei peatuta. Siinkohal on ära toodud vaid olulisemad daatumid.*

*Torma kandi asustuse teke ning järjepidev areng – on ju Torma ajalooline kihelkonna keskus – on tingitud heast asukohast ajalooliste teede ristmikul. Siin ristuvad tänagi Jõgeva-Mustvee ning kunagine Tartu-Narva tee. Viimane oli pärast Põhjasõda osa Riia-Tartu-Peterburi postiteest, seega osa ühest tähtsamast traktist Balti aladel. Antud asjaolu pole vähetähtis ka Torma mõisa arengus.*

*Torma mõisast on varasemast teateid 1493. aastast, mil seda tunti Padefesti (eesti k. Paadeveste) nime all. Algselt asus mõisasüda selle praegusest asukohast paar kilomeetrit lõuna pool, tänasele asukohale toodi mõis 17. sajandi lõpus. Sellest ajast esineb mõisa nimena juba Tormahoff, samas nimetati seda ka Uus-Paadevesti mõisaks. Torma mõisa arengus on oluline roll mitmel tuntud parunisuguvõsal, erinevatel aegadel on seda valitsenud von Bock`id, von Ungern-Sternberg`id, kuni võõrandamiseni 1919. aastal von Liphardt`id. Viimase suguvõssa kuulus ka tuntud kunstiteadlane Karl Eduard von Liphardt.*



**Joonis 5.1.** Torma mõisa plaan. 1864.



**Joonis 5.2.** Torma mõisa plaan. 1860-80.

*Kuigi von Liphardt`ide suguvõsa peamiseks elupaigaks oli Tartu külje all asuv Raadi mõis, jätkus neid ka teistesse mõisavaldustesse – just 1835. aastal mõisa omandanud von Liphardt`ide ajal saavutas Torma mõis majandusliku edukuse ning jõukuse. 19. sajandi II pooleks oli välja ehitatud kogu täna hoomatav infrastruktuur, sealhulgas paarkümmend hoonet, neist enamus on ka kaasajani säilinud.*

1919. aastal mõis riigistati, sellest sai vabariigi algusaastatel hoolekande mõis, hiljem riigimõis. Mitmed seni mõisa tootmissuundadeks olnud tegevusalad – nt. piirituse tootmine – jätkusid ka peale riigistamist.

Nõukogude perioodil kasutas mõisakompleksi hooneid Torma sovhoos. Käesoleval ajal on hooned valdavalt eravaldues, mitmeid objekte haldab Torma Vallavalitsus. Torma vallavalitsuse omanduses on ka teemaalune ringtall.

Rohkearvuliste hoonetega kompleksi keskne hoone – härrastemaja – paraku kaasajal arhitektuuriliselt silma ei paista. Piklik kelpkatusega, tõenäoliselt 19. sajandi keskpaigas rajatud hoone on korduvalt ümber ehitatud, mistõttu on see oma autentsuse minetanud. Üsnagi tavatu on ka mõisakompleksi planeering – peahoone on rajatud vana maantee äärde, kusjuures maantee poole jääb tagakülg, esikülg on suunatud majandushoovi, mis sujuvalt pargiks üle kasvab. Klassikalist lahendust, kus mõisamaja on ehitatud pargi keskele, siin ei kohta. Mõisa kõrvalhooned paiknevad vabaplaneeringuliselt, enamjaolt on need koondunud kompleksi lõunaossa. Hoolimata esindusliku aura puudumisest leidub kompleksis mitmeid arhitektuuriliselt silmapaistvaid kõrvalhooneid, millest suursugusem ehk kõnealune ringtall. Kompleksi stiiliühtsust loovaks ning domineerivaks ehitusmaterjaliks on Lõuna-Eestile iseloomulikult keraamiline tellis kombineerituna maakiviga. Lisaks ringtallile väärivad esile töstmist veel õlle- ja viinavabrik, kupja- ning valitsejamaja jt.



**Joonis 5.3** Torma mõisa peahoone. 1991. **Joonis 5.4.** Torma mõisa saeveski ja ringtall (taga). 1985.

Kinnise sisehooviga kastellilaadsed laudakompleksid olid baltisaksa mõisates üsna levinud, kuivõrd see võimaldas loomapidamisega kaasas käiva mustuse ja prahi muust ümbritsevast eraldada ning lautade ümbruse puhtana hoida. Kui tavapärane oli rajada nelinurkse põhiplaaniga karjahoove, siis mitmetahulise karjahoovi tüüp on Eesti aladel üsna haruldane. Sääraseid keerukama põhiplaaniga ringikujulisi komplekse on teadaolevalt peale Torma ehitatud vaid Puurmanni, Mõtsu ja Heimtali mõisa. Viimane on käesoleva ajani ka säilinud ja spordikompleksiks kohandatuna restaureeritud.





**Joonis 5.5** Torma mõisa ringtall. 1985.



**Joonis 5.6** Torma mõisa ringtall. 1991.

*Kompleksi lõunaosas teiste majandushoonetega kõrvuti asetsev kõnealune ringtall on rajatud arvatavasti 19. sajandi keskpaigas. Kindlasti on see olemas olnud juba 1860ndatel aastatel, kuna esineb 1864. aasta mõisa kaardil (vt. ill. 1; Lisa 2). Samas pole kaardile märgitud hoovi lääneosas paiknenud, tänaseks varestunud hooneosa, mida materjalikasutuse ja ülesehituse poolest võiks siiski algse lahenduse juurde kuuluvaks lugeda. Hoonet on nii mõisa kui hiljem sovhoosi ajal kasutatud talli ja laudana.*

Hoonest on säilinud vaid savitellisest müürid, mis kujutavad hoone kunagist põhiplaani. Tehtud on juurdeehitusi siseseinte näol, kasutatud on originaalilähedasi materjale - vünamendiks maakivi, seintena savitellist. Välisseintele on tehtud parandusi nõukogude perioodil laialdaselt kasutatud materjalidest - tuhaplokkidest ja silikaattellistest. Kohati on originaalseid avasid kinni laotud, muudetud nende mõõtmeid või on need tulekahju ja ilmastiku tagajärjel hävinud. Nõukogude perioodil oli tervikuna välja vahetatud katusekandmik ning -kate, mis nüüdseks hävinenud. Enne põlengut tehtud fotodelt on näha, et tõenäoliselt on säilinud siiski katuse maht, samas laastukihi asemel ilmestas hoonet ajastule iseloomulik eterniitkate. Samast ümberehitusest pärinesid ka fotodel nähtavad vintskapid, paraku pole teada, kus asusid algsed vintskapid, mis tõenäoliselt samuti katuses esinesid. 1980ndate aastate II poolel olid hoone kõige lõunapoolsema sektsiooni puitkonstruktsioonid tules hävinud (vt. foto 5; 6; 25; 26). Pärast seda on ajapikku lagunened ka selle osa kivimüüritis. Peaaegu täiesti varestunud on sisehoovis asunud läänepoolsema sektsiooniga piirnenud neljakandilise põhiplaaniga hooneosa. Selle kunagisi seinu markeerivad hoovis vaid müüride säilinud alaosa.

Antud seisukorras pole hoonele võimalik kasutusotstarvet leida. Paremini säilinud hoone osade müürid on võimalik restaureerida ning neile peale ehitada täies mahus katus, et hoone osasid saaks kasutada erinevate ürituste läbiviimiseks. Halvemini säilinud müürid tuleb konserveerida, tehes vajalikes kohtades parandusi ning kaitstes müüre ilmastiku eest alaliste hoone miljööga sobivate kattekatustega. Lagunenud ning parandustöödega oma originaalsuse

kaotanud müüriosad tuleb lammutada ning täies mahus või nende asukohta illustreeriva poolmüürina uuesti üles ehitada.

## 6. MUINSUSKAITSE ERITINGIMUSED

### 6.1 Objekti ümbrus

#### *Ülevaade:*

Hoone asub lagedal alal. Selle vahetus läheduses asuvad Torma mõisa valitsejamaja, kupjamaja ning saeveski. Põhja-, ida- ja lõunaküljest piirab hoonet pinnastee, mis on ühenduses 100 meetri kaugusel asuva Tartu maanteega. Hoone vahetu ümbrus on hooldamata, kaetud kõrge rohttaimestiku ning põõsastaimedega. Kuna talli lähedal asuvad mõisahooned on kasutuses, niidetakse ja hooldatakse hoonest eemal, üle pinnastee asuvaid väljakuid regulaarselt. Ennem väliuuringute tegemist organiseeriti hoones sees ja välisperimeetril kõrgema heina trimmerdustööd, et eri hoone osadele oleks parem ligipääs. Hoone loodekülje müüride kõrval kasvavad kaks puud, mis tuleb enne restaureerimistöid langetada. Ka kaugemal, hoone lõunaküljes leidub kõrghaljastust, kuid need tallile otsest ohtu ei kujuta.

Hoone lähiümbrus ning sisemus on põlengu tagajärjel risustunud. Poolenisti ning täielikult põlenud väljaulatuvate naeltega katusekonstruktsioonide jäänused ja eterniidipraht on täitnud hoone ruumiosad ning siseõue. Kohati leidub veel seintele toetuvaid varisemisohtlikke puitdetalle. Praeguseks on põlengujärgne risu kattunud rohttaimestikuga (Foto 6.1.). Seetõttu on hoone restaureerimiselsetel koristustöödel **kohustuslik** kanda turvajalatseid ning varisemisohtlike konstruktsioonide kindlustamiseni kaitsekiivrit.

Lisaks katuse põlengu tagajärjel tekkinud prahile leidub hoones ka seinte lagunemisest tulenevaid maakivi, telliste ning savi hunnikuid, mis raskendavad ligipääsu hoone osadele. Hoone siseosades kasvavad põõsastaimed. (Foto 6.2.)

#### *Hinnang:*

Üldiselt on ehitise vahetu ümbrus mitterahuldavas seisukorras. Hoone osadele on põlengujärgse prahi ning taimestiku tõttu ligipääs raskendatud ning hoones ja selle ümbruses liikumine ohtlik. Ehitist piirav pinnastee on heas seisukorras ning võimaldab (ehitus)masinate ligipääsu. Tallist eemal asuvad mõisahooned ja nende väljakud on regulaarselt hoolitsetud ja rahuldavas seisukorras.

***Eritingimused:***

1. Korraldada objekti alal võsa raie ning välja juurimine. Korraldada kõrgheina niitmine hoones sees ja selle ümber.
2. Langetada hoone loodeküljes asuvad kaks puud talli ja kõrvalhooneid kahjustamata. (Vajadusel kasutada litsenseeritud langetajate teenuseid)
3. Organiseerida hoone ümbruse ja sisemuse koristustööd. Põlengu tagajärjel tekkinud puitmaterjal utliseerida. Kui koristustööde ajal tuleb ilmsiks säilinud puitdetaile, siis need ladustada hoone lähedal ilmastiku eest kaitstuna, et neid restaureerimistöodel taaskasutada või hiljem eksponeerida. Eterniidipraht utliseerida selleks vastavat litsentsi omava ettevõtte kaudu. Hoones sees ja selle ümbruses olevad maakivi ning savitelliste hunnikud sorteerida. Maakivi ja heas korras savitellised ladustada objekti lähedale eraldi hunnikutesse, et neid saaks restaureerimistöodel taaskasutada.

**Koristustööde ajal ei tohi säilinud hoone osi täiendavalt kahjustada ning peab kandma vastavaid isikukaitsevahendeid!**



**Foto 6.1.** Hoonesisene puidu- ning eterniidipraht.



**Foto 6.2.** Maakivihunnikud, hoones kasvav võsa ja põlengujärgsed puitkonstruktsioonid.

## 6.2 Vundament ning seinad

### *Ülevaade:*

Hoone põhiplaan on kaheksanurkne, koosnedes kaheksast trapetsikujulisest ruumist ja moodustades keskele siseõue, kuhu pääses kagus ja loodes asuvate sissepääsude kaudu (Kaguosa sissepääs on küll tänaseks hävinud, kuid V. Ranniku fotolt (1965. a.) võib eristada kaarsillusega ava hoone kaguosas, mis oleks ka loogiline paigutus, arvestades loodeosa läbipääsu) (Foto 6.3.; 6.4.). Hiljem on rajatud läbikäik edelasektsiooni, mille käigus on hoonet ümber ehitatud. Hoone osade 4; 5 ja 6 müürid on tänaseks peaaegu täielikult hävinenud ning hoovi osa pole enam piiratud. Sisehoovi lääneosas asuvad ka kunagise ristkülikukujulise hoonesektsiooni varemed. Seinte kunagistest asukohtadest saab aimu ajalooliste jooniste ning varestunud müüriosade järgi.

Vundament on laotud maakivist, sideaineks lubimört. Maakivide vahel on kasutatud täitena savitelliseid. Kohati on parandusi tehtud tsementmördiga. Vundamenti on näha hoone kirde- ja idaosas, kus sokli osa ulatub maa seest välja kuni 1,5 m. Sokli osa paksuseks on mõõdistuste abil saadud eri kohtades 0,7 - 1 m. Läänepoolsetel seintel pole maapinnal näha eristatavat sokli osa, kuid võib eeldada, et maa sees müüride all leidub samasugune maakivist vundament, nagu kirdeosas. Täpsemat iseloomustust lääneosa vundamendi kohta pole ilma täiendavate uuringuteta võimalik anda (Fotod 6.2 ja 6.8.).

Välis-, sise- ja vaheseinad on laotud keraamilistest tellistest, kasutades lubimörti. Kasutatud on ka põletamata savitellist. Seinte alaosades leidub maakivi. Algselt ühendasid vaheseinad hoovipoolsete ja välispiirdeseinte vastavaid nurkasid, moodustades kaheksa hooneosa. Ümberehituste käigus on vaheseinu lammutatud ja ümber laotud kasutades algset keraamilist tellist. Lagunenud seinu on toetatud ja parandatud, kasutades tuhaplokke ja silikaattelliseid. Samade materjalidega on kinni laotud ka ukse- ja aknaavasid ning algseid avasid tundmatuseni muudetud.

Põlengu tagajärjel hävines hoone katus ning müürid jäid avatuks ilmastikule. Hoone lõuna- ja idaperimeetri välismüüridele ehitati põlengujärgselt peale ajutine katus, mistõttu need on paremini säilinud. Siseperimeetri müürid on katmata ning seetõttu tugevamalt kahjustunud, kuid siiski enamasti restaureeritavad. Algset müüri kõrgust pole objektilt võimalik välja lugeda, enne restaureerimist tuleb see kindlaks määrata põlengueelsete fotode abil. Edela- ja lõunapoolse hoone osa müüre originaalsel kujul ei esine. Need on kas ilmastiku mõjul täielikult lagunenud või ümberehituste käigus restaureeritamatuks muudetud. (Fotod 6.5.; 6.7.; 6.8.)

Müürides ning vundamendis leidub ka vajumisest ning muudest teguritest tingitud pragusid ja kahjustusi, mida käsitletakse täpsemalt hoone tehnilise seisukorra hindamise osas.

### ***Hinnang:***

Hoone vundamentide seisukord on avariiline. Seda ilmestavad praod vundamendis ning seintes. Kohati on need tekkinud maapinna vajumiste tõttu, kohati seinte lagunemise ning pingete ümberjaotumiste tõttu. Vundamendi kandevõime hindamiseks on tarvis koostada vundamendi ehitustehniline ekspertiis.

Hoone seinte seisukord on avariiline. Paremas seisukorras olevates seintes leidub pragusid, mis on kohati läbivad. Ilmastiku mõjul on seinte ülemine vöö hävinenud. Seintes olevaid avade asukohti on muudetud, kasutades täiesti sobimatuid materjale. Halvemas seisukorras olev müüritis on enamjaolt täiesti lagunenud või on põlengueelselt ümber ehitatud ebasobilikke materjale kasutades. (Fotod 6.2.; 6.7.)

### ***Eritingimused:***

- 1. Hoone välisgabriitide ja osade üldmõõtmete muutmine ei ole lubatud. Peale-, juurde- ja ümberehitused, mis muudavad hoone olemasolevat ja/või algset kehandit, ei ole lubatud.*
- 2. Hoone edelaosa võimaliku üles ehitamise puhul lähtuda hooneosa algsest mahust. Hooneosa ülesehitamisel kasutada soovitatavalt tänapäevaseid materjale eristamiseks*



originaalsubstantsi rekonstrueeritavast. Hoone D; E ja F osa müüride varemmed on lubatud eemaldada ning ehitada poolkõrgetena üles, ilmestades müüride algset paigutust. Kirjeldatud müüride kunagise asukoha võib markeerida ka väljaku sillutises, kasutades muust väljakust erinevat tüüpi sillutist.

3. Sisehoovi lääneküljel paiknenud juurdeehitise varemete jäänused võib eemaldada, kuna need on hiljem juurde ehitatud. Müüride asukohad tuleb sel juhul markeerida sisehoovi sillutises (vt eelmist punkti)

4. *Originaalsete avade asukohta ja suurust müüritisest muuta ei ole lubatud. Ehitustööde käigus ilmnenud suletud originaalsed avad taasavada või markeerida nende asukoht fassaadil, kasutades kivilaotist, mis säilitab ava fassaadis nišina.*

5. *Säilitada võimalikult palju olemasolevat müüritist. Lagunenud või varisemisohtlikud müüritise osad eemaldada, tekkinud lakuunid taas üles laduda täis- või poolkõrgetena kasutades selleks maksimaalselt originaalset kasutamiskõlblikku materjali. Säilinud müüritise ühtse väljanägemise saavutamiseks on lubatud kasutada kaasaegset originaaltelliste sarnaste mõõtudega keraamilist tellist. Mainitud lahendust kasutada ka põletamata savitellistest laotud ning tänaseks hävinud või amortiseerunud müüritiseosade puhul.*

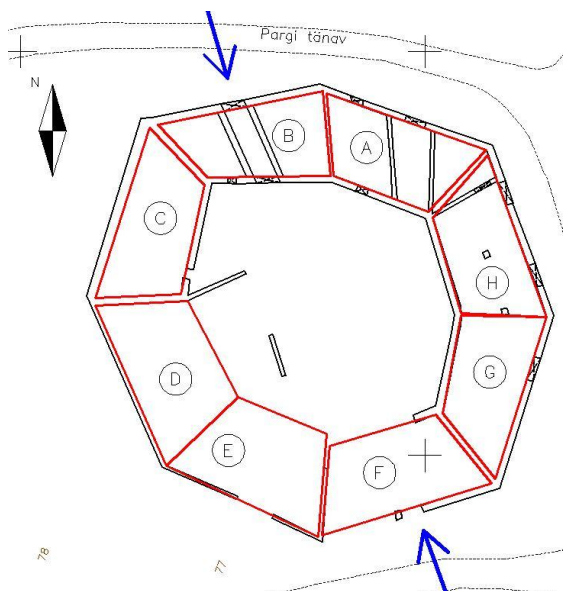
6. *Eemaldada müüritisest silikaattellistest või nn. „tuhaplokkidest” laod asendades need vajadusel originaaltelliste sarnaste mõõtudega kaasaegsetest keraamilistest tellistest laoga.*

7. *Sideainena kasutada vähese tsemendisisaldusega lubimörti.*

8. *Vundamendi olulise amortisatsiooni korral laduda nii vundament kui selle peale laotud ja/või konstruktiivselt seotud müüritise osa ümber kasutades selleks võimalikult maksimaalselt olemasolevat materjali. Seinte jäigastamiseks on lubatud kasutada vajadusel metalltõmbe ja -klambreid.*

9. *Täita kivilao irdunud täitega vuugid kasutades selleks lubimörti.*

10. *Säilitada müüritise kivilao olemasolev faktuur ning välisilme, välispinna krohvimine ei ole lubatud.*



**Joonis 6.3.** Hoone plaanilahendus



**Foto 6.4** Sissepääs sisehoovi. Rannik, V. 1965.



**Foto 6.5.** Edelaosa sisehoovi müüritis



**Foto 6.6.** Kinni ehitatud ava sisehoovis



**Foto 6.7.** Sobimatud parandustööd edelaosas



**Foto 6.8.** Välisseina parandustööd

### 6.3 Katus

#### *Ülevaade:*

Hoone katus on 2009. aasta tulekahjus täiemahuliselt hävinenud. Väliuuringute käigus ei leitud katusekonstruktsiooni fragmente, mida oleks võimalik taaskasutada. Põlengueelselt oli hoonel kaheksanurkne eterniitkattega viilkatus. Lõunaosa katus oli hävinenud varasemas



põlengus. Müürlatile toetusid sarikad, mille paare sidusid ülaosas pennid. Müürlatt ise oli paigutatud enamjaolt (konstruktsioonilahendused varieeruvad) kivimüürile paigutatud ühe- või kahekordse prussikorra peale. Esineb ka lahendust, kus kahe prussi vahele oli lautud paarikihiline keraamilisest tellisest vöö, kuhu vahele olid seotud risti kulgevate laetalade otsad. (foto 6.11.) Sarikaotsad olid lihtsad, altpoolt kumerdatud ja/või ahenevad, räästas altpoolt avatud. Algne katus oli tõenäoliselt sarnase väliskuju ja mõõtudega, katusekattematerjaliks oli laast. Võimalike vintskappide algset asukohta ja arvu – tõenäoliselt need esinesid – kindlaks määrata pole võimalik.

### **Hinnang:**

Katus on täielikult hävinenud

### **Eritingimused:**

1. Hoone välisgabiitide muutmine ei ole lubatud. Peale-, juurde- ja ümberehitused, mis muudavad hoone olemasolevat ja/või algset kehandit, ei ole lubatud.
2. Uue katusekandmiku rajamisel lähtuda olemasoleva katuse kujust ning mõõtmetest.
3. Katusekattematerjalina on lubatud kasutada valtsitud tsinkplekki.
4. Uute katusekonstruktsioonide projekteerimisel võib kasutada kaasaegseid gabariitmaterjale ja lahendusi (liimpuit, poltliited, terasest talakingad jne)
5. Katuseaknaid on lubatud paigaldada ainult sisehoovipoolsetele katuseviiludele.
6. Paigaldada sadevete katuselt ärajuhtimise süsteem.
7. Lubatud lisandid: piksekaitse süsteem.



**Foto 6.9** Hoone loodesektsiooni väliskülg.

2009. Tuuder, M



**Foto 6.10** Katusekonstruktsioon edelasektsioonis.

2009. Tuuder, M



**Foto 6.11.** Räästaalune. Sarikaots ja müürlatt.



**Foto 6.12.** Sisehoov. Rannik, V. 1965.

2009. Tuuder, M

## 6.4 Avatäited

### **Ülevaade:**

*Hoone seintes asunud algsete ukseavade täpne arv ei ole teada. Maksimaalselt on neid olnud kuni 20. Kinniehitamisel on kasutatud erinevaid materjale alates maakivist ja tellisest lõpetades nn. tuhaplokiga. Hoone konstruktsioonide ja müüritise stiihilisi remonte arvesse võttes, on tõenäoliselt ukseavasid olnud ka müüritise osades, kus seinu on hiljem tervikuna uuendatud või sootuks ümber laotud. Ukseavad on rajatud mitmes erinevas mõõdus, samuti paiknevad need fassaadil ebakorrapäraselt. Hoonel oli 2009. a. kokku 25 erineva suurusega aknaava, millest mõned kinni kaetud või täidetud. Valdavaks aknatüübiks on väike siseruumide valgustamiseks mõeldud ava, samas leidub ka vertikaalseid kahepoolseid eluruumidele iseloomulikke avasid. Originaalseid või hilisemaid, kuid säilitamist vääriavaid avatäiteid ei esine. Kohati on olemasolevad avatäited ajutise iseloomuga ning stiihilise kujundusega (raamijaotus). Algse projektdokumentatsiooni puudumise tõttu pole tervikuna võimalik hinnata avade algseid asukohti või suurust.*

Originaalseid avatäiteid säilinud ei ole. 2009. aasta eritingimustest leiab fotod kahe ukselehe kohta, mis võivad olla originaalid.

### **Hinnang:**

Avatäited on hävinenud. Kohati on müüritises säilinud aknalengide alumised puitosad, mis annavad aimu akna paigutusest müüritises.

### **Eritingimused:**

1. Säilitada olemasolevad algsed ukseavad nende olemasolevas asukohas, suuruses ning vormistuses (sillused, nurgaraamistused).
2. Ukseava võimaliku mittekasutamise korral täita see keraamilise kivist laoga säilitades ava fassaadil nišina. Avade nurgaraamistused ja sillused säilitada!
3. Restaureerimisprojekti koostamisel algset kuju hinnata säilinud fragmentide või analoogia põhjal – võimalusel taastada algse ava asukoht, suurus ja vormistus. Juhul, kui algne lahendus uurimistööde käigus ei ilmne, lahendada sama hoone analoogia põhjal. Vajadusel eksponeerida suletud nišina (vt. eelmine punkt)
4. Hävinud ukselehtede asendamisel võtta eeskujuks uste VU1 ja VU2 lehtede konstruktiivne lahendus ja välisviimistlus.
5. Säilitada olemasolevad algsed aknaavad nende olemasolevas asukohas, suuruses ning vormistuses (sillused, nurgaraamistused).
6. Aknaava võimaliku mittekasutamise korral täita see keraamilise kivist laoga säilitades ava fassaadil nišina. Avade nurgaraamistused ja sillused säilitada!
7. Restaureerimisprojekti koostamisel algset kuju hinnata säilinud fragmentide või analoogia põhjal – võimalusel taastada algse ava asukoht, suurus ja vormistus. Juhul, kui algne lahendus uurimistööde käigus ei ilmne, lahendada ava asukoht, suurus ja vormistus sama hoone analoogia põhjal. Vajadusel eksponeerida suletud nišina (vt. eelmine punkt).
8. Täita avad ajastutruude raamidega. Vertikaalsete kahepoolsete akende puhul kasutada kuuse jaotusega raami. Raamide materjalina on lubatud kasutada vaid puitu.
9. Katta raamid linaõlivärviga.



**Foto 6.13.** *Uks VU1.*

*2009. Tuuder, M*



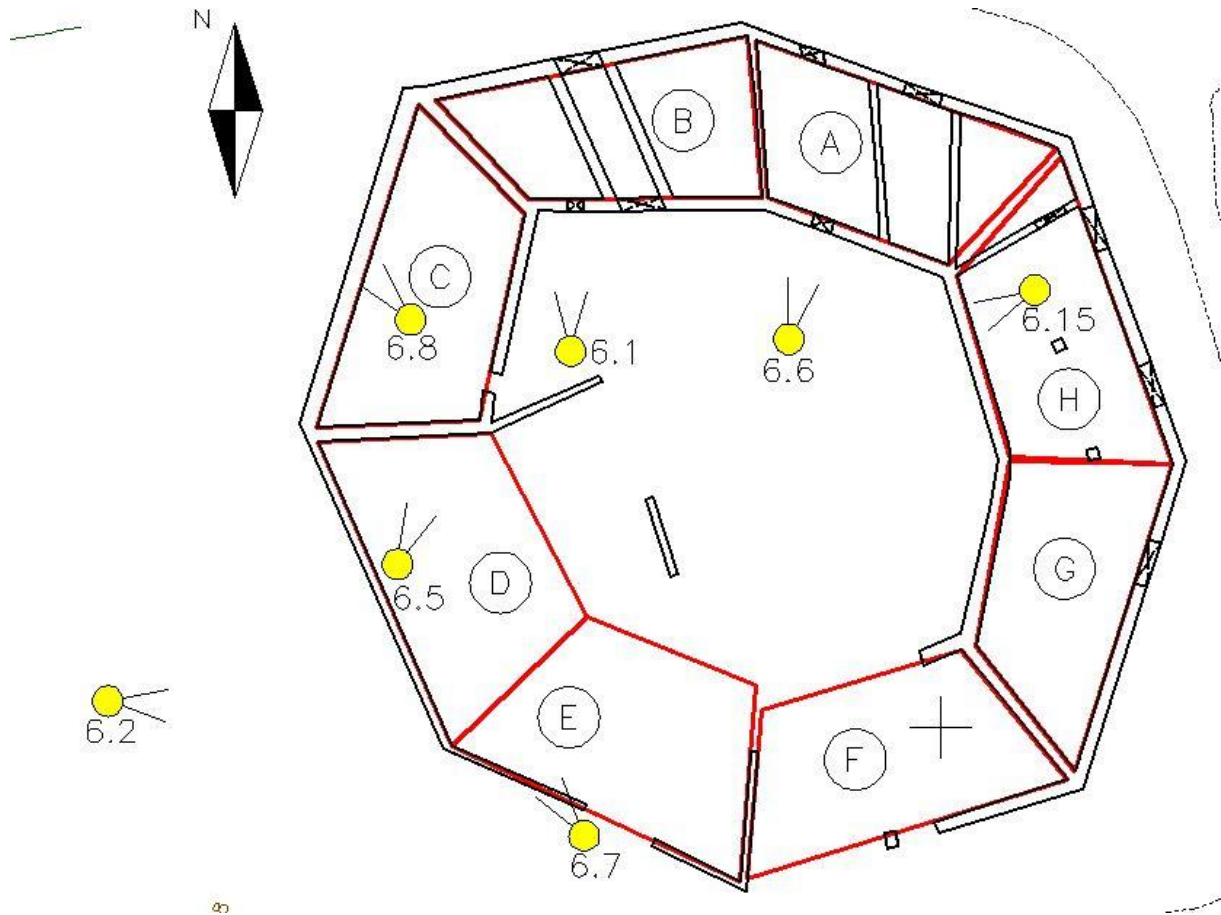
**Foto 6.14.** *Uks VU2*

*2009. Tuuder, M*



**Foto 6.15.** *Kaarsillusega aknaava sisehoovi*

## 7. ERITINGIMUSTE LISA 1. FOTODE TEGEMISE SUUNAD



**Joonis 7.1.** Fotode tegemise suunad