



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

INDREKU TALU ELAMU REKONSTRUEERIMINE

Magistritöö

Juhendaja/õppejõud: Aime Ruus

Illimar Kalk

Üliõpilane Indrek Põhjatü

122422EAEI

Üliõpilase meiliaadress Indrek.eesti@gmail.com

Õppekava nimetus Ehitiste restaureerimine

Tartu 2017

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:

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: (allkiri)

ABSTRACT

Põhjatu, I. Reconstruction of the Reconstruction of the Indreku Residential Building. Master's thesis, In one volume. Tartu, 2017, 81 pages, 17 figures, 28 tables, 40 A4 drawings, 9 A3 drawings. In Estonian language.

Current thesis focuses on giving a reconstructional solution of insulation constructions to an old residential building and on the strength calculations of the wooden roof rafters and the second floor timber beams. The building in question was built in 1928-1930 as a one storey residential house. As of today, this particular building has lost its purpose as a residential house - the living area is still being used, but wall, roof and second floor timber beams are outdated.

The purpose of current thesis is to create new solutions for insulation constructions and giving results of the strength calculations of used bearing structures. Also expanding living area to second floor. The building is given a new architectural exterior design what imitates old residential building facade. All the main bearing constructions are made of timber. Main load of bearing walls are made of horizontal log. Bearing construction for roof are timber rafters and for the second floor timber beams.

The first part on this master's thesis gives different insulation solutions for the outer wall, ground floor, roof ceiling and second floor beams. All calculations are based on the mentioned data and have been carried out according to the valid EVS standards.

Architectural and existing building measuring drawings were drawn with AutoCAD Architecture 2014. Calculation models, which are necessary for defining internal forces in structures, were created with AxisVM X4 LT. Strength calculations in current thesis are based on the mentioned models and have been carried out according to the valid EVS standards. Constructional self-weight, regional snow loads, wind loads and live loads have been taken into account.

As a result of the current Master's thesis is wall, roof and floors thermal conductance calculations and strength calculations, that gives solutions for additional roof rafters and

second floor timber beams. All data is applied in drawings that combines master's thesis to one associate document.

Keywords: calculation of thermal transmittance, strength calculation, private residence, reconstruction, horizontal log wall, round roof rafter.

SISUKORD

Abstract.....	3
Sisukord.....	5
Tähised ja lühendid.....	8
Sissejuhatus	10
1 Olemasoleva hoone konstruktsioonid.....	12
1.1 Asendiplaaniline kirjeldus	12
1.2 Hoone ehitusetapid	12
1.3 Hoone plaaniline lahendus.....	13
1.4 Olemasolevate konstruktsioonide kirjeldus	13
1.4.1 Välisseinad	13
1.4.2 Siseseinad	14
1.4.3 Põrand.....	15
1.4.4 Katus.....	15
1.4.5 Vahelagi.....	16
1.4.6 Vundament	16
2 Piirdekonstruktsioonide määramine	17
2.1 Lähteülesanne	17
2.2 Soojustehnilised arvutused	17
2.2.1 Soojusjuhtivus	17
2.2.1.1 Välisõhuga kontaktis oleva piirdekonstruktsiooni soojusjuhtivus.....	17
2.2.1.2 Põrand pinnasel soojusjuhtivus	18
2.2.2 Soojusjuhtivuse arvutustingimused	19
2.2.3 Soojusjuhtivuse tulemused	19
2.2.4 Niiskusrežiimi arvutus Glazeri meetodiga	20
2.2.5 Niiskusrežiimi arvutus tingimused	20
2.2.6 Niiskusrežiimi arvutus tulemused	20

2.2.7	Soojustehniliste arvutuste tulemuste esitamine	21
2.3	Projekteeritud piirdekonstruktsioonide soojustehnilised arvutused	21
2.3.1	Üldosa.....	21
2.3.2	Välisseinad	21
2.3.2.1	Välisseina piidrekonstruktsioonide kokkuvõte	24
2.3.2.2	Välisseina konstruktsioonid VS-7 ja VS-8.....	25
2.3.3	Katuslagi.....	27
2.3.3.1	Katuslae piirdekonstruktsioonide kokkuvõte	30
2.3.4	Katus.....	30
2.3.5	Põrand.....	31
2.3.6	Vahelagi.....	32
2.4	Tugevusarvutustes kasutatavad konstruktsioonid.....	34
2.5	Hoone energiatõhusus	35
3	Tugevusarvutused.....	38
3.1	Üldosa	38
3.1.1	Kasutatud normdokumendid, arvutiprogrammid ja abimaterjalid	38
3.2	Hoonele mõjuvad koormused	39
3.2.1	Omakaalukoormused	39
3.2.1.1	Katus K-3	39
3.2.1.2	Katuslagi KL-3.....	39
3.2.1.3	Vahelagi VL-3.....	40
3.2.1.4	Vahelagi VL-4.....	41
3.2.2	Lumekoormus.....	42
3.2.3	Tuulekoormus.....	43
3.3	Koormused.....	47
3.4	Katuse konstruktsioon.....	48
3.4.1	Üldosa.....	48

3.4.2	Olemasolevad penniga sarikad	49
3.4.2.1	Sarika kandevõime arvutusmeetod survele koos paindega	50
3.4.2.2	Olemasoleva sarika kandevõime kontroll survele koos paindega.....	52
3.4.2.3	Sarika kandevõimekontroll põikjõule	54
3.4.2.4	Sarika kandevõimekontroll põikjõule	54
3.4.2.5	Penni kandevõime kontroll nõtkele.....	56
3.5	Vahelaetalad.....	57
3.5.1	Üldosa.....	57
3.5.2	Vahelaetala kandevõimekontroll panidele koos tõmbega	59
3.5.3	Vahelaetalade kandevõimekontroll põikjõule	60
3.5.4	Olemasoleva vahelaetala kontroll kasutuspiirseisundis	61
3.5.5	Projekteeritud põikpuu kandevõimekontroll tõmbele	62
3.5.6	Posti kandevõime kontroll nõtkele	64
3.6	Tulemused.....	66
	Kokkuvõte	67
	Kasutatud kirjandus	69
	Lisad	71
	Lisa 1: Materjalide tehnilised andmed	71
	Lisa 2: Soojustehnilised arvutused	72
	Lisa 3: Graafiline osa.....	80

TÄHISED JA LÜHENDID

Sümbol	Suurus	Ühik
Soojustehnilised arvutused		
U	Soojusjuhtivus	W/(m ² K)
R	Soojustakistus	(m ² K)/W
R _{si}	Piirdekonstruktsiooni sisepinna soojustakistus	(m ² K)/W
R _{se}	Piirdekonstruktsiooni välispinna soojustakistus	(m ² K)/W
λ _d	Soojuserijuhtivus	W/(mK)
B	Põranda tunnusmõõtmed	m
d _t	Võrdväärne kogupaksus –pinnasel avuv põrand	m
A	Põranda pindala	m ²
P	Põranda välisperimeeter	m
w	Põrandaga piirneva seina kogupaksus	m
R _f	Põrandaplaadi soojustuskihtide soojustakistus	(m ² K)/W
S _d	Piirdekonstruktsiooni difusioonitakistus	m
S _{di}	Ühe materjalikihi difusioonitakistuskonstant	m
μ	Materjali difusioonitakistus	-
Tugevusarvutused		
g _{k,p}	Konstruktsiooni omakaal	kN/m
s	Lumekoormus	kN/m ²
μ	Lumekoormuse kujutegur	-
C _e	Lumekoormuse avavustegur	-
C _t	Lumekoormus soojustegur	-
S _k	Normatiivne lumekoormus maapinnal	kN/m ²
w _e	Konstruktsiooni tuulerõhk	kN/m ²
q _p (z _e)	Tuule tippkiirusrõhk	kN/m ²
z _e	Tuule välisrõhu arvutuskõrgus	-
c _{pe}	Tuule välisrõhu rõhutegur	-
I _z	Tuule turbulentsi intensiivsus	-
ρ	Õhutihedus	kg/m ³
v _m (z)	Keskmine tuulekiirus kõrgusel z	m/s
k _I	Tuule turbulentsitegur	-
c ₀ (z)	Tuule pinnavormitegur	-
z ₀	Tuule karedusmõõt	-
c _r (z)	Tuule karedustegur kõrgusel z	-
v _b	Tuule baaskiirus	m/s
k _r	Tuule maastikutegur	-
γ _f	Koormuse osavarutegur	-
F _k	Koormuse normväärtus	-

G	Alaliskoormus	kN
Q	Muutuvkoormus	kN
ψ_0	Muutuvkoormuse kombinatsioonitegur	-
$F_{m,k}$	Paindetugevus	N/mm^2
$F_{t,0,k}$	Tõmbetugevus	N/mm^2
$F_{c,0,k}$	Survetugevus	N/mm^2
$F_{v,k}$	Nihketugevus	N/mm^2
$E_{0,mean}$	Elastsusmoodul	N/mm^2
$E_{0,05}$	Elastsusmoodul 5% pikikiudu	N/mm^2
ρ_{mean}	Keskmine tihedus	kg/m^3
$\sigma_{c,0,d}$	Arvutuslik survepinge pikikiudu	N/mm^2
$\sigma_{m,y,d}$	Arvutuslik paindepinge y-telje suhtes	N/mm^2
$\sigma_{m,z,d}$	Arvutuslik paindepinge z-telje suhtes	N/mm^2
$f_{c,0,d}$	Arvutuslik survetugevuse arvvärtus	N/mm^2
$f_{m,y,d}$	Arvutuslik paindetugevuse arvvärtus y-telje suhtes	N/mm^2
$f_{m,z,d}$	Arvutuslik paindetugevuse arvvärtus z-telje suhtes	N/mm^2
$k_{c,y}$	Nõtketegur y-telje suhtes	-
$k_{c,z}$	Nõtketegur z-telje suhtes	-
$F_{c,d}$	Tsentiline survejõud	N/mm^2
$M_{y,d}$	Paindemoment y-telje suhtes	kNm
$M_{z,d}$	Paindemoment z-telje suhtes	kNm
W_y	Ristlõike vastupanumoment y-telje suhtes	mm^3
W_z	Ristlõike vastupanumoment z-telje suhtes	mm^3
β_c	Sirgusetegur	-
$\lambda_{rel,y}$	Suhteline saledus y-telje suhtes	-
$\lambda_{rel,z}$	Suhteline saledus z-telje suhtes	-
$I_{ef,y}$	Nõtkepikkus y-telje suhtes	mm
$I_{ef,z}$	Nõtkepikkus z-telje suhtes	mm
i_y	Inertsiraadius y-telje suhtes	-
i_z	Inertsiraadius z-telje suhtes	-
τ_d	Arvutuslik nihkepinge	N/mm^2
$f_{v,d}$	Nihketugevuse arvutusvärtus	N/mm^2
V_{sd}	Arvutuslik nihkepinge	N/mm^2
b_{ef}	Ristlõike efektiivlaius	mm
$w_{inst,G}$	Läbipaine omakaalukoormuse korral	mm
$w_{inst,Q}$	Läbipaine kasuskoormuse korral	mm
$w_{net,fin}$	Lõplik läbipaine	mm
N_x	Arvutuslik pikijõud	kN
k_{def}	Deformatsioonitegur	-
Ψ_2	Kombinatsioonitegur	-

SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö teemaks on 1929-1932ndatel aastatel ehitatud ühekorruselise talukompleksi elamu rekonstrueerimine. Töö käigus antakse hoone katusekorrusele tänapäevane otstarve ning arvutatakse hoonele nõuetele vastavad soojapidavad piirdekonstruktsioonid. Indreku talu asub Tartumaal, Konguta vallas, Pööritsa külas. Elamul on ristküliku-kujuline põhiplaan, millel on hilisemalt juurdeehitus ida küljel. Hoone seinakonstruktsioonid on tahatud palgist, mis on seest poolt kaetud lubikrohviga ja väljaspoolt kaetud laudisega.

Indreku talu elamust on osaliselt kasutuses igapäevaselt 63,2 m². Praegu on suletud esimesel korrusel olev ruum 12,9 m², et hoida kokkuküttekuludelt. Magistritöö teema on tingitud hoone peremehe soovist kohandada elamine suurema leibkonna jaoks. Teema on töö autorile tähtis, kuna on isiklikult seotud hoonega ja lisaks seostada lõputöö, millegi praktilise lahendusega lähitulevikus. Tegemist on ligikaudu 90 aasta vanuse hoonega, siis tuleb arvestada erinevate konstruktsioonidega ja tollaegsete ehitusvõtetega. Elamu hetke kasutaja poolt soovib interjäär ja eksterjäär oleksid vastavalt talu kohale maalähedase lahendusega.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on koostada rekonstrueerimisprojekt Indreku talu elamule, mille käigus pakutakse välja soojapidavad piirdekonstruktsioonid ja kontrollitakse hoone katuse- ja vahelaetarindite kandevõimeid.

Lähtuvalt magistritöö eesmärgist püstitati järgmised ülesanded:

- hoone mõõdistamine ja kuna puudub sellekohane dokumentatsioon, siis teostatakse mõõdistusjoonised koos konstruktsiooniliste lõigetega;
- väljatöötada vastavalt Indreku talu peremehe soovidele soojuspidavad piirde konstruktsioonid. On lähtunud tellija pinnaviimistlus soovidest: interjääris – puitlaudisega nii põrand kui ka lagi ja eksterjääris puit- või krohvfassaad;
- piirdekonstruktsioonide soojustehniliste arvutuste teostamine ja esitamine;
- vastavalt muudetud konstruktsioonidele arvestatakse omakaalu koormused kandetarinditele;
- hoone mahule arvutada nii tuule- kui ka lumekoormused ja esitada piirseisundid skeemidena;

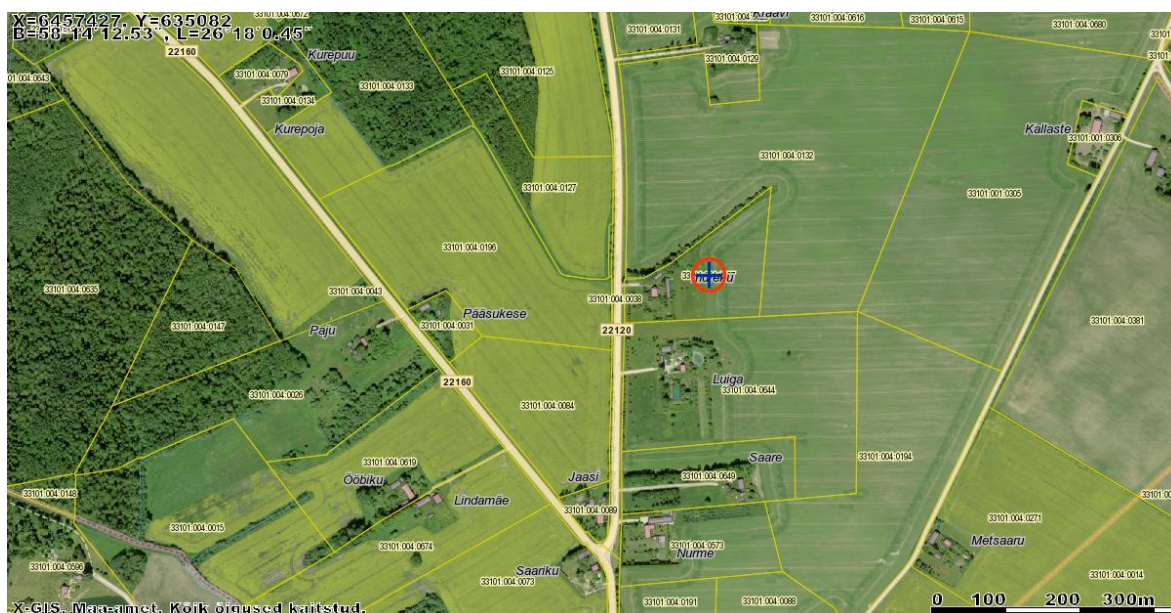
- kontrollida olemasolevaid konstruktsioone. Puidust ümarsarikad Ø150 mm ja vahelaetalad 160x160 mm;
- projekteerida lisarikad ja –vahelaetalad, teostada kandevõimekontrollid;
- esitada rekonstrueeritava hoone uued joonised vastavalt teostatud arvutustele.

Magistritöö on jaotatud 3 osaks. Esimene osa käsitleb hoone soojustehnilisi ja niiskustehnilisi arvutusi näitena valitud ehitusmaterjalide põhjal. Lõplikult esitatud rekonstrueerimisprojekti tuleb kasutada arvutustes kasutatud materjale või teist samaväärset materjali. Töö teises osas on kirjeldatud hoone kandekonstruktsioonile mõjuvate koormuste moodustumist. Selles osas arvutatakse omakaalu, lume- ja tuulekoormus. Koostatakse arvutusskeemid ja kontrollitakse kandekonstruktsiooni kandevõimet. Magistritöö kolmandaks osaks on graafiline osa, milles on esitatud olemasoleva hoone mõõdistusjoonised koos piirdekstruktsioonide lõigetega. Esitatakse rekonstrueerimise lahenduse joonised vastavalt arhitektursele eelprojektile.

1 OLEMASOLEVA HOONE KONSTRUKTSIOONID

1.1 Asendiplaaniline kirjeldus

Indreku talu asub Tartumaal, Konguta vallas, Pööritsa külas. Krundil paikneb kokku 3 hoonet: elamu, saun ja abihooone. Elamu katusehari on põhja-lõuna sihis. Hoone ümber asuv maapind on +77,5m merepinnast. Situatsiooniskeem on esitatud järgneval fotol 1. Hoone paiknemine krundil esitatud asendiplaanil, lisa 2 – joonis 1.



Joonis 1.1 Väljavõte maa-ameti kaardist, mk 1:5000

1.2 Hoone ehitusetapid

Käsitlev hoone on ehitatud aastatel 1929-1932. Nendel aastatel valmis hoone palkidest põhi osa koos laastukatusena. Hoonele paigaldati eterniitkatuse 1976ndal aastal. Samaaegselt katusetöödega ehitati juurde esiku osa (joonis 1.2). 1993.aasta suvel paigaldati hoonesse vee- ja kanalisatsiooni trassid. Ehitati wc koos duširuumiga. 2012.aastal teostati siseviimistlustööd köögi ja koridori osas. 2016.aasta suvel rajati hoone esiku ette terrass koos katusega, mis käesoleva rekonstrueerimisega lammutatakse. Ülejäänud ruumide osas teostatud siseviimistlustööde teostamisaeg ei ole teada.



Joonis 1.2 Juurdeehituatud esiku osa ja lammutatav terrass

1.3 Hoone plaaniline lahendus

Hoone esimesel korrusel paikneb 2 magamistuba, köök, elutuba, koridor, wc/pesuruum ja esik. Nende ruumide pindala on kokku 76,1 m². Kõik elamu ruumid on sama kõrgusega - h=2550 mm. Elamu II korrus on väljaehitamata, eelnevalt oli pääs katusekorrusele hoones seest, kuid eelmise sajandi lõpus ehitatud wc/pesuruumiga eemaldati trepp. Hetkel pääseb katusekorrusele hoonest väljast teljel F olevast uksest. Elamu praegune plaani lahendus esitatud lisa 2 – joonised 2 ja 3.

1.4 Olemasolevate konstruktsioonide kirjeldus

1.4.1 Välisseinad

Hoone välisseinad on puidust kandekonstruktsiooniga. Olemasolevad välisseina konstruktsioonid on esitatud lisa 2 joonistel 9 kuni 11. Vastavad olemasoleva hoone välisseinte kihid:

VS-1

- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, viimistletud tapeediga,
- tahatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- tuulutuslatt 30x50 mm, samm 1000 mm,
- voodrilaud 25x150 mm, toon – kollane.

Wc/pesuruumi osas on seinä osa pikkusega L=830 mm, kus on krohvile kantud hüdroisolatsiooni mastiks ja paigaldatud keraamiline plaat (VS-3).

Juurdeehitatud esiku välisseina kihid on vastavalt seest poole välja:

VS-2

- seinalaudis 25x100 mm, „Poola laudis“, toon punane,
- puitkarkass 50x100 mm, vahel soojustus – saepuru,
- bituumenrullmaterjal,
- tuulutusslatt 30x50 mm, samm 1000 mm,
- voodrilaud 25x150 mm, toon – kollane.

1.4.2 Siseseinad

Hoonel on kandvad ja mittekanvad siseseinad. Olemasoleva elamu siseseinte konstruktsioonid on esitatud lisas 2 joonised 12 kuni 16. Vastavalt on siseseinte kihid:

SS-1

- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, viimistletud tapeediga,
- tahatud palk 105x105 mm, tihendatud takuga,
- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, viimistletud tapeediga.

SS-2

- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, viimistletud tapeediga,
- tahatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, viimistletud tapeediga.

SS-3

- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, viimistletud tapeediga,
- tahatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- laudis 25x100 mm, vertikaalne, toon – punane.

Remondi käigus ehitatud wc/pesuruumi seinä kihid:

SS-4

- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga,
- metallkarkass 95x42 mm, samm 600 mm,
- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga.

SS-5

- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga,
- metallkarkass 95x42 mm, samm 600 mm,
- kipsplaat 12,5 mm,
- hüdroisolatsioon,
- keraamiline plaat + segu, 4+8 mm.

1.4.3 Põrand

Põranda kandvaks elemendiks on puittala 160x160 mm, samm 1030 mm, mille peale on paigaldatud laudis. Olemasoleva hoone põrandakonstruktsioon on esitatud lisan 2 joonis 17. Vastavad põranda kihid on:

P-1

- põrandalaud 40x120 mm, punnlaud, toon – pruun,
- põranda tala 160x160 mm, samm 1030 mm,
- pinnas, kruus, liiv, punane savi.

1.4.4 Katus

Algselt oli elamul laastukatus, hilisemalt on selle peale paigaldatud eterniit. Juurdeehitatud esikul puudub laastukiht, kuna on ehitatud sama aegselt eterniitkatusega. Katuse alused on välja ehitamata. Elamu katusekonstruktsiooni joonised esitatud lisan 2 joonis 18 ja 19. Olemasoleva hoone katuse kihid on:

K-1

- ümarsarikad, Ø150 mm, samm 1570 mm,
- roov 30x50 mm, samm 300 mm,
- laast, 3 kihti,
- eterniit, toon – hall.

K-2

- sarikas 50x100 mm, samm 740 mm,
- laudis 20x100 mm,
- bituumenrullmaterjal,
- eterniit, toon – hall.

1.4.5 Vahelagi

Elamu ja juurdeehitatud esiku vahelaed on soojustatud. Hoone olemasolevad vahelaekonstruktsioonide joonised on esitatud lisas 2 joonised 20 ja 21. Olemasolevate tarindite kihid on:

VL-1

- lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm, värvitud, toon – valge,
- laudis 2x 20x100 mm, „Poola laudis“,
- vahelaetala, tahutud palk 160x160 mm, samm 1030 mm, soojustatud savi-põhu seguga,
- soojustus, põhk, 100 mm.

VL-2

- laelaudis 20x100 mm, toon – punane,
- bituumenrullmaterjal,
- vahelaetala 50x100 mm, samm 740 mm, soojustatud – saepuru.

1.4.6 Vundament

Hoonel on lintvundament, mis on pinnases 800 mm ja sokli kõrgus on ~300 mm. Vundament on valatud betoonist, mille sisse on lisatud maakive. Sokli osa on krohvitud halli krohviga.

2 PIIRDEKONSTRUKTSIOONIDE MÄÄRAMINE

2.1 Lähteülesanne

Käesoleva magistritöö „Päärdekonstruktsioonide määramine“ osas esitatakse soojustehnilised arvutused välisõhuga ja pinnasega kokkupuutuvatele konstruktsioonidele. Ülesande lahendamise tingimuseks on säilitada hoone olemasolevad kändekonstruktsioonid ja lisaks projekteeritakse tugevdusi. Päärdekonstruktsioonide soojustuskihtide määramisel on lähtunud tellija soovidest – hoone välisviimistlus oleks maalähedane ja päärdekonstruktsioonid oleksid soojapidavad. Elamu seinakonstruktsioonide määramisel on arvestatud kõrgkvaliteetsete materjalidega.

2.2 Soojustehnilised arvutused

2.2.1 Soojusjuhtivus

2.2.1.1 Välisõhuga kontaktis oleva päärdekonstruktsiooni soojusjuhtivus

„Konstruktsiooni soojusjuhtivus U iseloomustab soojuse voogu (kitsamalt soojusjuhtivuse teel) läbi päärdearindi statsionaarsetes tingimustes.“ [2]

Soojusjuhtivuse arvutuslik üldvalem on [2]:

$$U = \frac{1}{R_T}, \quad (2.2.1)$$

kus

R_T - päärde kogusoojustakistus.

Karkass-seinte puhul kasutatakse lihtsustatud soojusjuhtivus arvutust:

$$U = \left(\frac{h_r}{s}\right) U_p + \left(\frac{h_p}{s}\right) U_s, \quad (2.2.2)$$

kus

h_r - karkassi posti laius, m,

s - karkassi postide samm, m,

U_p - soojusjuhtivus karkassi posti lõikes, $W/(m^2K)$,

h_v - karkassi postide vahel paikneva soojustuse laius, m,

U_s - soojusjuhtivus soojustuse lõikes, $W/(m^2K)$.

Päärde soojustakistus koosneb materjali- ja pinnakihtide ning tuulutusega õhkvahe soojatavustuste summast, mis arvutatakse valemiga [2]:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} , \quad (2.2.3)$$

kus

R_{si} – piirde sisepinna soojustakistus, (m²K)/W, vt tabel 2.1,

R_1, R_2 – iga materjali soojustakistus, (m²K)/W,

R_{se} – piirde välispinna soojustakistus, (m²K)/W, vt tabel 2.1

Homogeense materjalikihi soojustakistus arvutatakse valemiga [2]:

$$R = \frac{d}{\lambda_d} , \quad (2.2.4)$$

kus

d – materjalikihi paksus, m,

λ_d – soojuserijuhtivus, W/(mK).

Kasutatavate materjalide soojuserijuhtivused on esitatud Lisas 1. Esitatud on materjalide tootja poolsed andmed koos EVS-EN ISO 10456:2008 [3] olevate andmetega.

Välisõhu ja õhu liikumise suunast tulenevad soojustakistuse väärtused on esitatud alljärgnevas tabelis 2.1:

Tabel 2.1 Pinnakihtide soojustakistused (m²K/W) [1]

Sisepind (R_{si})			Välispind (R_{se})		
Soojavoolu suund					
üles	rõhtne	alla	üles	rõhtne	alla
0,10	0,13	0,17	0,04	0,04	0,04

2.2.1.2 Põrand pinnasel soojusjuhtivus

Põranda konstruktsiooni soojusjuhtivuse arvutamisel on lähjutud standardist EVS-EN ISO 13370:2008 [12]. Konstruktsiooni soojusjuhtivus arvutatakse valemiga 2.2.5, kui põrand on soojustamata või mõõdukalt soojustatud. Valemiga 2.2.6 arvutatakse põranda soojusjuhtivus juhul kui põrand on hästi soojustatud:

$$R = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) , \quad (2.2.5)$$

$$R = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} , \quad (2.2.6)$$

kus

B' – Põranda tunnusmõõtmed, m

λ – Pinnase soojuserijuhtivus $\lambda=1,5$ (savi,möll), W/(mK),

d_t - Võrdväärne kogupaksus – pinnasel asuv põrand

Põranda soojustusastet hinnatakse võrranditega 2.2.7 ja 2.2.8:

$$d_t < B' \quad (2.2.7)$$

$$d_t \geq B' \quad (2.2.8)$$

Kui on täidetud tingimus 2.2.7, siis on põrand hinnatud soojustamata või mõõdukalt soojustatuks. Kui on täidetud tingimus 2.2.8, siis on põrand hinnatud hästi soojustatuks.

Põranda konstruktsiooni tunnismõõtmed leitakse valemiga 2.2.9:

$$B' = \frac{A}{0,5P}, \quad (2.2.9)$$

kus

A - Põranda pindala, m^2

P - Põranda välisperimeeter, m

Võrdväärne paksus pinnasel asuva põranda puhul arvutatakse valemiga 2.2.10:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (2.2.10)$$

kus

w - Seinte kogupaksus koos seina kõikide kihtidega, m,

R_{si} - Põranda sisepinna soojustakistus, vt tabel 2.1,

R_f - Põrandaplaadi soojustuskihtide soojustakistus, $(m^2K)/W$,

R_{se} - Põranda välispinna soojustakistus, vt tabel 2.1,

Projekteeritud põranda soojustehnilised arvutused on esitatud punktis 2.3.5.

2.2.2 Soojusjuhtivuse arvutustingimused

1. Soojustehnilised arvutuste käigus on arvatud ka temperatuuri gradient. Selle alusel on määratud välistingimusteks talvine periood ja välistemperatuuriks $-10^\circ C$. Siseõhu temperatuuriks määratud arvutustes $20^\circ C$.
3. Välisseina soojusjuhtivus arvutused on teostatud, et seina sisemise poole soojustuse ja seina välimise poole soojustus karkassid oleksid ühes lõikes.

2.2.3 Soojusjuhtivuse tulemused

Tulemused esitatakse vastavalt tabelis (tabel 2.4), milles on märgitud vastavad seina kihid, kihtide paksused, materjali soojuseri juhtivuse väärtus, soojustakistus, protsendiline eri

takistus, temperatuuri muutus materjali kihtides ja seinä lõikes soojustakistuse ja soojusjuhtivuse tulemused.

2.2.4 Niiskusrežiimi arvutus Glazeri meetodiga

Piirdekonstruktsiooni niiskusrežiimi on võimalik hinnata Glazeri meetodiga. Glazeri meetodis arvutatakse konstruktsiooni difusioonitakistus. Mitmekihiliste seinte puhul arvutatakse difusioonitakistus valemiga [4]:

$$S_d = S_{d1} + S_{d2} + S_{d3} + \dots + S_{di} , \quad (2.2.11)$$

kus

S_{d1}, S_{d2}, S_{di} - materjalikihi difusioonitakistus,

Mitmekihilise seinä ühe kihi veeauru difusioonitakistuse valem [4] :

$$S_{di} = \mu * d , \quad (2.2.12)$$

kus

μ - ehitusmaterjali difusioonitakistuskonstant,

d - ehitusmaterjali kihi paksus, m.

Difusioonitakistuskonstant μ iseloomustab difusiooni läbi seinämaterjali. See parameeter iseloomustab mitu korda on materjali difusioonitakistus suurem kui sama paksusega seisva õhuhulga kihi läbimisel. [4]

Magistritöös kasutatavate difusioonitakistuste väärtused on esitatud lisas 1.

2.2.5 Niiskusrežiimi arvutus tingimused

1. Arvutustes on sise- ja välistemperatuurid vastavalt $+20^{\circ}\text{C}$ ja -10°C .
2. Arvutuses on määratud välisõhu niiskuseks $RH_v=80\%$. Siseõhu niiskus on $RH_s=50\%$.
3. Materjalide andmed on toodud piirdekonstruktsiooni kihtide loetelus lisas 2. Tulemused esitatakse tabelina.

2.2.6 Niiskusrežiimi arvutus tulemused

Tulemused on esitatud tabelis 2.3, milles on märgitud vastavad seinä kihid, kihtide paksused, materjali soojuserijuhtivuse väärtus, soojustakistus, protsendiline eri takistus, sise- ja välistemperatuurid, temperatuuri muutus materjali kihtides, μ - ja S_d -väärtused ja

seina lõikes soojustakistuse ja soojusjuhtivuse tulemused. Lisaks on konstruktsioonis toimiv kondenseerumine esitatud graafiliselt.

2.2.7 Soojustehniliste arvutuste tulemuste esitamine

Hoone piirdekonstruktsioonidele, milledele teostatakse soojustehnilised arvutused, esitatakse tulemused tabeli kujul.

Jkn	Konstruktsioon	Konstruktsiooni paksus, (mm)	U-arv, (W/m ² K)	S _d , (m), (puit/soojustus)	Kondenseerumine (ei/jah)
i	VS-4	1	2	3	4

- 1 - piirdekonstruktsiooni paksus, vt lisa 3: Graafiline osa,
- 2 - piirde soojusjuhtivus, arvutamisel kasutatud valemeid 2.2.1, 2.2.2 , 2.2.3 ja 2.2.4. Põranda konstruktsiooni soojusjuhtivus arvutatud valemitega 2.2.5 kuni 2.2.10,
- 3 - piirde difusioonitakistus, esitatud soojustuse lõikes, arvutatud valemiga 2.2.11 ja 2.2.12,
- 4 - esitatud graafikul, kui P_{max} ja P_{teg} jooned lõikuvad – tekib kondenseerumine, kui ei lõiku, siis kondenseerumist ei teki.

2.3 Projekteeritud piirdekonstruktsioonide soojustehnilised arvutused

2.3.1 Üldosa

Punktides 2.3.2 kuni 2.3.6 on esitatud projekteeritud piirdekonstruktsioonide kirjeldused koos soojustehniliste arvutustega. Välisseina konstruktsioonil on võrdluses 3 erinevat konstruktsiooni tüüpi ja katusekonstruktsioonil 2 erinevat. Arvutustes kasutatud materjalide loetelu ja tehnilised andmed on esitatud lisa 1.

2.3.2 Välisseinad

Elamu välisseinte soojustehniliste arvutustes on keskendutud eelkõige hoone palkseina soojustamisele. Tellija soovil ei pea esik olema sama tasemeliselt soojustatud kui palkseina osa. Esitatud on 3 erinevat seinakonstruktsiooni. Välisseinte konstruktsioonide lõiked on esitatud lisa 3 joonistel 27 kuni 29. Piirdekonstruktsioonil peab olema hea soojuspidavus ja seinas ei tohi tekkida kondensaati.

Projekteeritud piidrekonstruktsioonide kihid on:

VS-4:

- välisvooder 25x150 mm (puit),
- tuulutustlatt 30x25 mm, samm 600 mm,
- tuuletõkkeriie,
- puitkiudplaat 12 mm,
- puitpruss 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm,
- palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga.

VS-5:

- välisvooder 25x150 mm (puit),
- tuulutustlatt 30x25 mm, samm 600 mm,
- tuuletõkkeplaat 30 mm,
- puitpruss 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm,
- palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga.

VS-6:

- krohv 30 mm,
- jäik krohvitav villaplaat 100 mm,
- palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga.

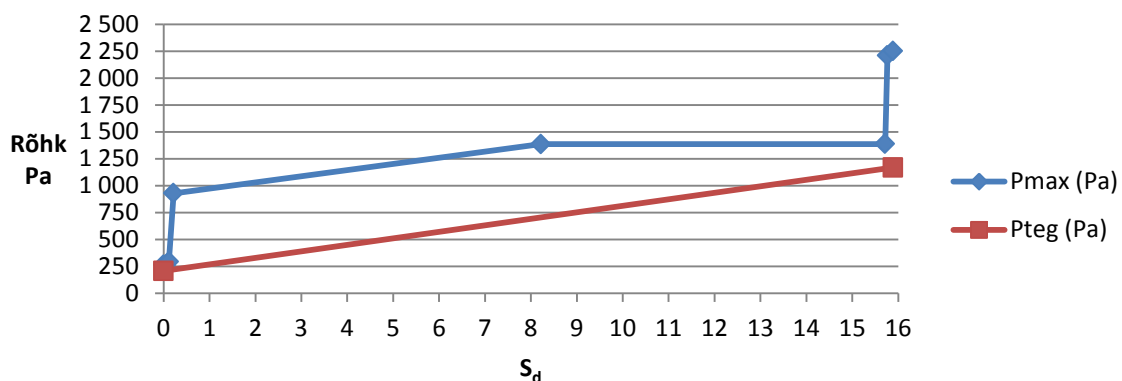
Välisseina konstruktsiooni soojustehnilised arvutused on teostatud valemite 2.1.1 kuni 2.1.4 kohaselt. Välisseina VS-4 soojustehnilised arvutused on esitatud järgnevalt tabelites 2.2 ja 2.3. Piirdekonstruktsioonide VS-5 ja VS-6 soojustehnilised analoogsed arvutused on esitatud lisas 2 tabelites 1 kuni 4.

Tabel 2.2 Välisseina VS-4 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,6	m	
	Soojustus	0,55	m	samm	0,6	m	
VS-4 (Puit-ristlõige)						välitemp	sisetemp
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m2K/W	%R	Δt	-10	
Välispind			0,04	1,4	0,42	-9,58	
Tuuletõkkeriie Solitex Fronta WA	0,5	0,17	0,00	0,1	0,03	-9,55	
Puitkiudplaat Steico	12,0	0,05	0,24	8,4	2,52	-7,03	
Puitpruss 50x150mm	100,0	0,13	0,77	26,9	8,07	1,04	
Palk 160x160mm	160,0	0,13	1,23	43,0	12,91	13,95	
Aurutõkkele Intello	0,4	0,17	0,00	0,1	0,02	13,98	
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	13,5	4,04	18,01	
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,21	0,06	2,1	0,62	18,64	
Sisepind			0,13	4,5	1,36	20,00	
		R(m2K)/W	2,86	100,00		kontroll	
		U W/m2K	0,350				
VS-4 (Soojustus-ristlõige)						välitemp	sisetemp
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m2K/W	%R	Δt	-10	
Välispind			0,04	0,6	0,19	-9,81	
Tuuletõkkeriie Solitex Fronta WA	0,5	0,170	0,00	0,0	0,01	-9,79	
Puitkiudplaat Steico	12,0	0,050	0,24	3,8	1,15	-8,64	
Mineraalvill Isover KL 33	100,0	0,033	3,03	48,5	14,54	5,90	
Palk 160x160mm	160,0	0,130	1,23	19,7	5,91	11,81	
Aurutõkkele Intello	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	11,82	
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	24,2	7,27	19,09	
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,210	0,06	1,0	0,29	19,38	
Sisepind			0,13	2,1	0,62	20,00	
		R(m2K)/W	6,25	100,00		kontroll	
		U W/m2K	0,160				
Välissein U VS-4	0,18	W/m2K					

Tabel 2.3 Välissein VS-4 niiskusrežiim

Välissein VS-4						välis-temp		sisetemp					
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa		
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260			
Välispind			0,04	0,6	0,2	-9,8			207,90	264	0,0		
TTR Solitex Fronta WA	0,5	0,17	0,00	0,0	0,0	-9,8	110	0,06		265	0,1		
Puitkiudplaat Steico	12	0,05	0,24	3,8	1,2	-8,6	5	0,06		293	0,1		
Mineraalvill Isover KL 33	100	0,033	3,03	48,5	14,5	5,9	1	0,10		930	0,2		
Palk 160x160mm	160	0,13	1,23	19,7	5,9	11,8	50	8,00		1 386	8,2		
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,17	0,00	0,0	0,0	11,8	18750	7,50		1 387	15,7		
Mineraalvill Isover KL 33	50	0,033	1,52	24,2	7,3	19,1	1	0,05		2 210	15,8		
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,21	0,06	1,0	0,3	19,4	10	0,13		2 250	15,9		
Sisepind			0,13	2,1	0,6	20,0			1169,09	2 338			
	R	(m2K)/W	6,25	100,0				15,89					
	U	W/m2K	0,16										
tegelik rõhk	S _d	veeauru osarõhud sees ja väljas									2 338	260	Pa
207,90	0,00										50	80	%
1169,09	15,9										1169,09	207,90	961,19



2.3.2.1 Välisseina piirdekonstruktsioonide kokkuvõte

1. Piirdekonstruktsioon välissein VS-6 ja VS-4 ei kasutata, kuna soojuslähivus U ei vasta soovitud tulemusele.
2. Välisseinte VS-4, VS-5 ja VS-6 konstruktsioonides ei tekkinud niiskuse kondenseerumist.
3. VS-4 ja VS-5 puhul on konstruktsiooni erisuseks tuuletõkkesüsteem. Välisseina VS-4, milles on kasutatud Steico puitkiudplaati + tuuletõkkekangas Solitex, 1 m² on 10,4 €. Välisseina VS-5 on kasutatud tuuletõkkematerjalina Isover RKL plaati, mille letihind on 9,86 €/m². Ruutmeetri hinna kalkulatsioon on eelistatud välisseina VS-5 piirdekonstruktsioon. (letihinnad 22.05.2017 seisuga).

4. Valitud sein konstruktsioonide puhul on efektiivseim välissein VS-5. Soojuslähivuse arvu parendamiseks tuleb piirdekonstruktsiooni VS-5 soojustuskihti suurendada ja koostatakse punktis 2.3.2.2 vastavad soojustehnilised arvutused. Vastavalt VS-5 Koostatakse juurdeehitatud esikule piirdekonstruktsioon VS-5 näitel ja teostatakse soojustehnilised arvutused samas jaotuses.

2.3.2.2 Välisseina konstruktsioonid VS-7 ja VS-8

Jaotises 2.2.2 esitatud tulemuste alusel koostatakse välisseina konstruktsioon VS-7. Sarnaselt seinakonstruktsioonile VS-7'le koostatakse esikule piirdekonstruktsiooni, mis koos VS-7 moodustaksid ühtse soojustussüsteemi. Välisseina konstruktsioonide lõiked on esitatud lisas 3 joonisel 30 ja 31. Piirdekonstruktsioonidele VS-7 soojustehnilised arvutused on esitatud tabelites 2.4 ja 2.5. Välisseina VS-8 soojustehnilised arvutused on esitatud lisas 2 tabelites 5 ja 6.

Välisseinte kihid on projekteeritud järgmiselt:

VS-7:

- välisvooder 25x150 mm (puit),
- tuulutusslata 30x25 mm, samm 600 mm,
- tuuletõkkeplaat 30 mm,
- puitpruss 50x150 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 150 mm,
- palk 160x160 mm, tihendatud takuga,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- kipsplaat 12,5 mm, viimistletud tapeediga.

VS-8:

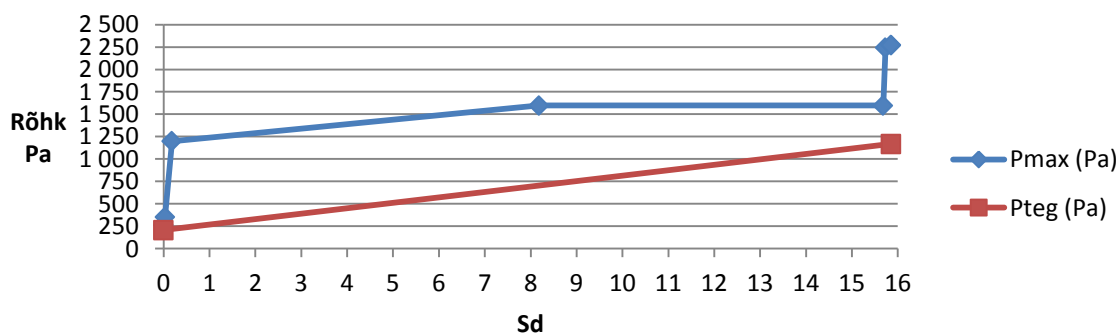
- välisvooder 25x150 mm (puit),
- tuulutusslata 30x25 mm, samm 600 mm,
- tuuletõkkeplaat 30 mm,
- puitpruss 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- kandev karkass 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- sisevoodri laud 25x100 mm.

Tabel 2.4 Välisseina VS-7 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,6	m
	Soojustus	0,55	m	samm	0,6	m
VS-7 (Puit-ristlõige)					välistem p	sisetemp
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m2K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	1,0	0,30	-9,70
Tuuletõkkeplaat Isover Facade	30,0	0,031	0,97	24,4	7,32	-2,38
Puitpruss 50x150mm	150,0	0,13	1,15	29,1	8,72	6,34
Palk 160x160mm	160,0	0,13	1,23	31,0	9,30	15,64
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,17	0,00	0,1	0,02	15,66
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	9,7	2,91	18,57
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,21	0,06	1,5	0,45	19,02
Sisepind			0,13	3,3	0,98	20,00
			R(m2K)/W	3,97	100,0 0	kontroll
			U W/m2K	0,252		
VS-7 (Soojustus-ristlõige)					välistem p	sisetemp
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m2K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	0,5	0,14	-9,86
Tuuletõkkeplaat Isover Facade	30,0	0,031	0,97	11,4	3,42	-6,44
Mineraalvill Isover KL 33	150,0	0,033	4,55	53,5	16,06	9,62
Palk 160x160mm	160,0	0,130	1,23	14,5	4,35	13,97
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	13,98
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	17,8	5,35	19,33
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,210	0,06	0,7	0,21	19,54
Sisepind			0,13	1,5	0,46	20,00
			R(m2K)/W	8,49	100,0 0	kontroll
			U W/m2K	0,118		
Välissein U_VS-7	0,13	W/m2K				

Tabel 2.5 Välisseina VS-7 niiskusrežiim

Välissein VS-7						välistemp		sisetemp			
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260	
Välispind			0,04	0,5	0,15	-9,8			207,90	265	0,0
Tuuletökkeplaat	30	0,031	1,0	11,40	3,42	-6,4	1	0,03		355	0,03
MV Isover KL 33	150	0,033	4,55	53,53	16,1	9,6	1	0,15		1198	0,18
Palk 160x160	160	0,13	1,23	14,49	4,35	14,0	50	8		1596	8,18
Aurutökkepile	0,4	0,17	0,0	0,1	0,1	14,1	18750	7,5		1957	15,68
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	17,84	5,4	19,5	1	0,05		2243	15,73
Kipsplaat	12,5	0,21	0,06	0,7	0,2	19,7	10	0,125		2242	15,86
Sisepind			0,13	1,53	0,3	20,0			1169,09	2 338	
		R	(m2K)/W	8,49	100,0			15,86			
		U	W/m2K	0,12							
tegelik rõhk	S _d	veeauuru osarõhud sees ja väljas									
		2 338	260	Pa							
207,90	0,00	50	80	%							
1169,09	15,86	1169,09	207,90	961,19							



2.3.3 Katuslagi

Käesoleva magistritööga väljapakutav lahenduses on arvestatud katusekorruse kasutusele võtuga. Soojustehniliste arvutustega on lahendatud kaks erinevat piirdekonstruktsiooni. Katuslae piirdekonstruktsioonil peab olema hea soojuspidavus ja selles ei tohi tekkida kondensaati. Katuslagede konstruktsioonide lõiked on esitatud lisa 3 joonistel 36 kuni 37. Piirdekonstruktsioonide katuslae KL-3 soojustehniliste arvutuste tulemused on esitatud tabelides 2.6 ja 2.7. Katuslae KL-4 arvutused on esitatud lisa 3 tabelites 7 ja 8.

Projekteeritud piirdekonstruktsioonide kihid on:

KL-3:

- katusekate, valtsplekk,
- roovitus 25x100 mm, samm 200 mm,

- distantlatt 30x50 mm, samm vastavalt sarikatele,
- aluskate,
- tuulutusslatt 50x50 mm, samm 520 mm,
- tuuletõkkeplaat 30 mm,
- rihtlatt 50x50 mm, samm 520 mm, soojustatud mineraalvillaga 50mm,
- sarikas Ø150 mm/50x150 mm, samm 520 mm, soojustatud mineraalvillaga 150mm,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 520 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm,
- ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud,
- voodrilaud 16x95mm, toon – vastavalt siseviimistlusele.

KL-4:

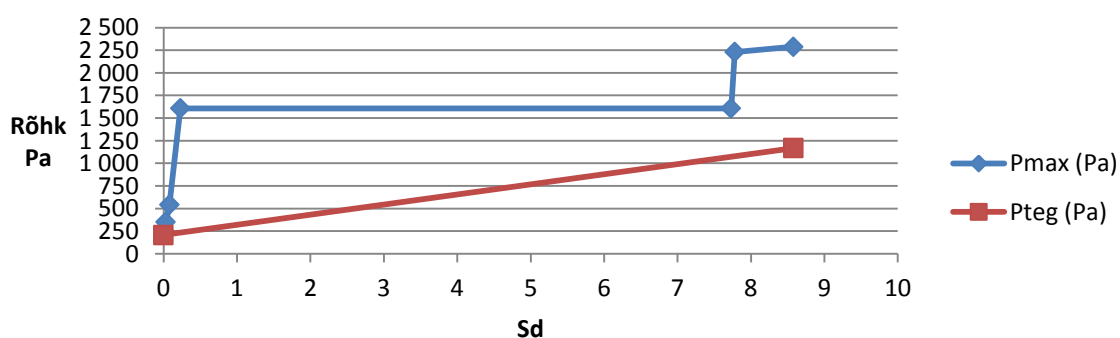
- katusekate, valtsplekk,
- roovitus 25x100 mm, samm 200 mm,
- distantlatt 30x50 mm, samm vastavalt sarikatele,
- aluskate,
- tuulutusslatt 50x50 mm, samm 520 mm,
- tuuletõkkekangas,
- puitkiudplaat 22 mm,
- rihtlatt 50x50 mm, samm 520 mm, soojustatud mineraalvillaga 50mm,
- sarikas Ø150 mm/50x150 mm, samm 520 mm, soojustatud mineraalvillaga 150 mm,
- aurutõkkekile,
- puitroov 50x50 mm, samm 520 mm, soojustatud mineraalvillaga 50mm,
- ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud,
- voodrilaud 16x95 mm.

Tabel 2.6 Katuslae KL-3 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,52	m
	Soojustus	0,47	m	samm	0,52	m
KL-3 (Puit-ristlõige)					välistem p	sisetem p
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	1,3	0,38	-9,62
Tuuletõkkeplaat Isover RKL	30,0	0,031	0,97	30,7	9,20	-0,42
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	12,2	3,66	3,23
Puit sarikas 150x150mm	150,0	0,13	1,15	36,6	10,97	14,20
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,17	0,00	0,1	0,02	14,22
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	12,2	3,66	17,88
Laelaudis	16,0	0,13	0,12	3,9	1,17	19,05
Sisepind			0,10	3,2	0,95	20,00
			R(m ² K)/W	3,16	100,0	kontroll
			U W/m ² K	0,317	0	
KL-3 (Soojustus-ristlõige)					välistem p	sisetem p
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	0,5	0,14	-9,86
Tuuletõkkeplaat Isover RKL	30,0	0,031	0,97	10,9	3,28	-6,58
MV 50mm	50,0	0,033	1,52	17,1	5,14	-1,44
MV 150mm	150,0	0,033	4,55	51,4	15,43	13,99
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,17	0,00	0,0	0,01	14,00
MV 50MM	50,0	0,033	1,52	17,1	5,14	19,14
Laelaudis	16,0	0,13	0,12	1,4	0,42	19,56
Sisepind			0,13	1,5	0,44	20,00
			R(m ² K)/W	8,84	100,0	kontroll
			U W/m ² K	0,113		
Välissein U_KL-3	0,13	W/m ² K				

Tabel 2.7 Katuslae KL-3 niiskusrežiim

Katuslagi KL-3						välistemp		sisetemp					
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa		
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260			
Välispind			0,04	0,5	0,14	-9,8			207,90	263	0,0		
Tuuletökkeplaat	30	0,031	1,0	11,0	3,3	-6,5	1	0,03		351	0,03		
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	17,3	5,2	-1,3	1	0,05		546	0,08		
MV Isover KL 33	150	0,033	4,55	51,77	15,5	14,2	1	0,15		1615	0,23		
Aurutökkepile	0,4	0,17	0,0	0,1	0,0	14,2	18750	7,5		1616	7,73		
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	17,3	5,2	19,4	1	0,05		2244	7,78		
Sisevoodri laudis	16	0,13	0,1	1,4	0,3	19,7	50	0,8		2289	8,58		
Sisepind			0,10	1,76	0,4	20,0			1169,09	2 338			
		R	(m2K)/W	8,81	100,0			8,58					
		U	W/m2K	0,11									
tegelik rõhk	S _d	veeauuru osarõhud sees ja väljas											
207,90	0,00										2 338	260	Pa
1169,09	8,58										50	80	%
		1169,09	207,90	961,19									



2.3.3.1 Katuslae piirdekonstruktsioonide kokkuvõte

1. Katuslae KL-3 piirdekonstruktsiooni soojusjuhtivus U-arv on madalam kui KL-4.
2. Piirdekonstruktsioonide KL-3 kui ka KL-4 ei tekki konstruktsioonis kondensaati.
3. Edasistes konstruktsiooni arvutustes kasutatakse KL-3 piirdekonstruktsiooni, mis on efektiivsemate soojustehniliste parameetritega.

2.3.4 Katus

Rekonstrueeritava hoone esiku osal on soojustamata katus. Katusele K-3 ei teostata soojusjuhtivuse ja niiskusrežiimi arvutusi. Katus K-3 konstruktsiooniline lõige on esitatud lisas 3 joonisel 38. Vastavad arvutused teostatakse juurdeehitatud esiku soojustatud vahelaele VL-4, mis on kirjeldatud punktis 2.2.6.

Soojustamata katuse kihid on projekteeritud:

K-3:

- katusekate, valtsplekk, toon – tumehall,
- roov 25x100 mm, samm 200 mm,
- distantlatt 30x50 mm, samm 740 mm,
- aluskate,
- tuulutusslatt 50x50 mm, samm 740 mm,
- tuuletõkkeplaat 30 mm,
- sarikas 50x100 mm, samm 740 mm.

2.3.5 Põrand

Elamu rekonstrueerimise käigus rajatakse hoone I korrusele uus põrand. Rajatakse betoonplaadile puit viimistlusega põrand. Viimistlusmaterjalina puidu kasutamine on tellija poolne soov. Põrandakonstruktsioonile P-2 niiskusrežiimi arvutus esitatud tabelis 2.8.

Põranda P-2 projekteeritud kihid on:

P-2:

- põranda laudis 25x100 mm,
- ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitakse,
- Puitroov 50x50 mm, soojustatud mineraalvillaga 50mm,
- hüdroisolatsioon,
- betoonplaat 120 mm, C20/25, armeeritud armatuurvõrguga 150x150x6 mm,
- valutõkkekile,
- soojustus EPS 120, 100+100 mm, vuugid hajutatud,
- liivalus 300 mm.

Põranda konstruktsiooni tunnusmõõtmed arvutatakse valemiga 2.2.9:

$$B' = \frac{75,9}{0,5 \cdot 35,6} = 4,26 \text{ m}$$

Võrdväärne paksus pinnasel asuva põranda puhul arvutatakse valemiga 2.2.10:

$$d_t = 0,458 + 1,5 \cdot (0,17 + 7,08 + 0,04) = 11,4 \text{ m}$$

Hinnatakse põranda soojustusastet võrrandiga 2.2.8:

$$d_t \geq B' \rightarrow 11,4 \geq 4,26$$

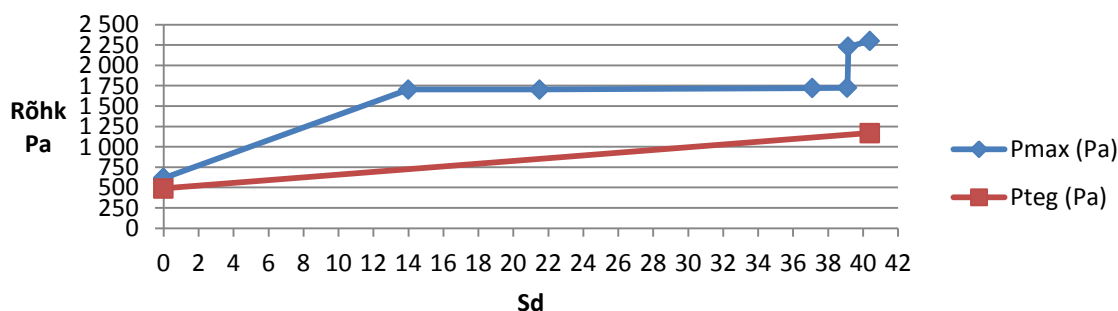
Tingimus 2.2.8 on täidetud, seega on põrand hinnatud härsti soojustatuks.

Arvutan põranda P-2 piirdekonstruktsiooni soojustakistuse valemiga 2.2.6:

$$U = \frac{1,5}{0,457 \cdot 4,26 + 11,4} = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2.2.6)$$

Tabel 2.8 Põranda P-2 niiskusrežiim

Põrand P-2						välistemp		sisetemp			
						0	20			P _{max} (Pa)	S _d summa
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	0	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	611	
Välispind			0,04	0,5	0,11	0,1			207,90	263	0,0
Soojustus EPS	200	0,036	5,56	74,30	14,9	15,0	70	14		1703	14
Valutõkkekiile	0,4	0,17	0,0	0,0	0,0	15,0	18750	7,5		1703	21,5
Betoon C20/25	120	2	0,1	0,8	0,2	15,2	130	15,6		1721	37,1
Hüdroisolatsioon	2	0,017	0,0	0,2	0,0	15,2	1000	2		1725	39,1
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	20,26	4,1	19,3	1	0,05		2228	39,15
Põrandalaudis	25	0,13	0,2	2,6	0,5	19,7	50	1,25		2300	40,4
Sisepind			0,10	1,3	0,3	20,0			1169,09	2 338	
	R	(m2K)/W	7,58	100,0				40,4			
	U	W/m2K	0,11								
tegelik rõhk	S _d	veeauuru osarõhud sees ja väljas									
									2 338	611	Pa
488,81	0,00								50	80	%
1169,09	40,4								1169,09	488,81	680,31



2.3.6 Vahelagi

Hoonel on 2 tüüpi vahelae konstruktsiooni. Vahelagi VL-3 asub I korruse ja II korruse (katusekorruse) vahel ja ei tööta piirdekonstruktsioonina, seega ei teostata soojusjuhtivuse ja niiskusrežiimi arvutusi.

Vahelagi VL-4 asub juurdeehitatud esiku kohal, seega töötab konstruktsioon piirdekonstruktsioonina ja teostatakse vastavad soojustehnilised arvutused. Arvutuste tulemused on esitatud tabelides 2.8 kuni 2.9.

Vahelagede VL-3 ja VL-4 konstruktsioonide lõige on esitatud lisa 3 joonisel 34 ja 35.

Projekteeritud vahelagede kihid on:

VL-3:

- põranda laudis 25x100 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele,
- ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud,
- puitroov 30x50 mm, täidetud jäiga mineraalvillaga 30 mm, roovi alla

- paigaldatase müraisolatsiooni lint,
- puitlaastplaat OSB 18 mm,
 - vahelaetala 160 mm, täidetud mineraalvillaga 160 mm,
 - ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud,
 - rihtlatt 30x50 mm, samm 300 mm,
 - laelaudis 16x95 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele.

VL-4:

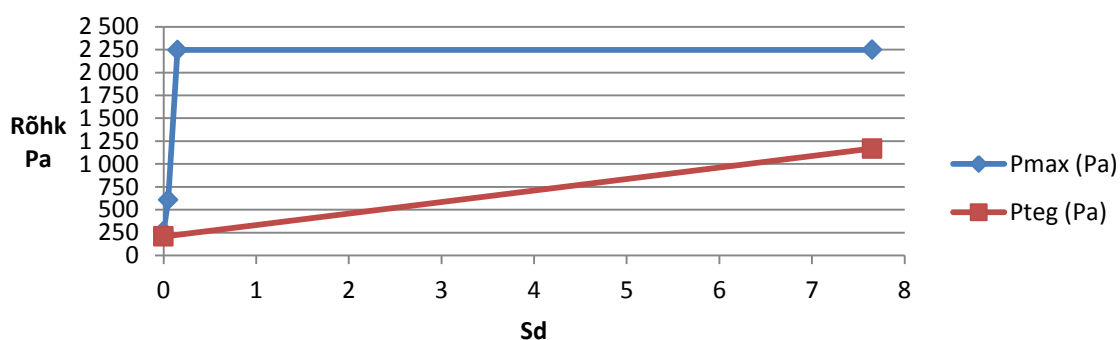
- soojustus mineraalvill 50 mm,
- vahelaetala 50x100 mm, samm 600 mm soojustatud mineraalvillaga 100 mm,
- aurutõkkele,
- rihtlatt 30x50 mm, samm 300 mm,
- laelaudis 16x95 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele.

Tabel 2.9 Vahelae VL-4 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,6	m
	Soojustus	0,55	m	samm	0,6	m
VL-4 (Puit-ristlõige)					välistem p	sisetem p
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	4,2	1,27	-8,73
Vahelaetala	100,0	0,13	0,77	81,7	24,51	15,78
Aurutõkkele Intello Plus	0,4	0,17	0,00	0,2	0,07	15,86
Sisepind			0,13	13,8	4,14	20,00
			R(m ² K)/W	0,94	100,0	kontroll
			U W/m ² K	1,062		
VL-4 (Soojustus-ristlõige)					välistem p	sisetem p
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	0,8	0,25	-9,75
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	32,1	9,63	-0,11
Mineraalvill Isover KL 33	100,0	0,033	3,03	64,2	19,27	19,16
Aurutõkkele Intello Plus	0,4	0,17	0,00	0,0	0,01	19,17
Sisepind			0,13	2,8	0,83	20,00
			R(m ² K)/W	4,72	100,0	kontroll
			U W/m ² K	0,212		
Välissein U VL-4	0,28	W/m ² K				

Tabel 2.10 Vahelae VL-4 niiskusrežiim

Vahelagi VL-4						välistemp		sisetemp			
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260	
Välispind			0,04	0,9	0,3	-9,7			207,90	266	0,0
MV Isover Kl 33	50	0,033	1,52	32,3	9,7	0,0	1	0,05		610	0,05
MV Isover KL 33	100	0,033	3,03	64,64	19,4	19,4	1	0,1		2245	0,15
Aurutõkkele	0,4	0,17	0,0	0,2	0,0	19,4	18750	7,5		2247	7,65
Sisepind			0,10	2,1	0,6	20,0			1169,09	2 338	
	R	(m2K)/W	4,7	100,0				7,65	veeauru osarõhud sees ja väljas		
	U	W/m2K	0,21						2 338	260	Pa
tegelik rõhk	S _d								50	80	%
	207,90	0,00							1169,09	207,90	961,19
	1169,09	7,65									



2.4 Tugevusarvutustes kasutatavad konstruktsioonid

Eelnevates punktides on arvutatud piirdekonstruktsioonide soojusjuhtivuse ning niiskusrežiimi Glazeri meetodil ja nende põhjal tehtud valik konstruktsioonide kasutusel hoone rekonstrueerimisel. Soojustehniliste arvutuste tulemused on esitatud tabelis 2.11, mis on koostatud tabelite 2.2 kuni 2.10 alusel ja lisas 2 esitatud tabelid 1 kuni 8.

Tabel 2.11 Piirdekonstruktsioonide kasutus rekonstrueerimisel

Jkn	Konstruktsioon	Konstruktsiooni paksus, (mm)	U-arv, (W/m ² K)	S _a , (m), (soojustus)	Kondenseerumine (ei/jah)
1	VS-7	458	0,13	15,86	-
2	VS-8	310	0,15	8,98	-
3	KL-3	431	0,13	8,53	-
4	K-3	265	-	-	-
5	VL-3	279	-	-	-
6	VL-4	196	0,28	7,65	-
7	P-2	395	0,11	40,40	-

2.5 Hoone energiatõhusus

Kuna tegemist on rekonstrueeritava väike elamuga, siis vastavalt hoone energiatõhususe miinimumnõuded määrusele on lubatud koostada lihtsustatud energiatõhususearvutus. [5]

Hoone lihtsustatud energiatõhususe arvutus on esitatud vastavalt hoonete energiatõhususe arvutamise metoodika määruse lisa 2 põhjal. Arvutuses kasutatud parameetrid on esitatud määruses [6]:

Hoone välispiirete summaarne soojuserikadu köetava pinna ruutmeetri kohta ei tohi lihtsustatud energiatõhususarvu piirväärtuse tõendamise korral ületada järgmisi piirväärtusi [5]:

- hoone küttesüsteemi peamine energiaallikas on maasoojuspump – 1,0 W/(m²·K),
- hoone küttesüsteemi energiaallikas on õhk-vesi soojuspump - 0,75 W/(m²·K),
- hoone küttesüsteemi energiaallikas on puidupelletikütusel katel –0,75 W/(m²·K),
- hoone küttesüsteemi energiaallikas on kaugküte – 0,7 W/(m²·K),
- hoone küttesüsteemi ja sooja tarbevee süsteemi peamine energiaallikas on gaaskütusel kondensaatkatel – 0,6 W/(m²·K).

Täpsemate tulemuste saamiseks on võimalik teostada joonkülmasildade soojuslähivuse detailne arvutus vastava tarkvaraga, näiteks programmiga Therm.

Arvutustes on kasutatud õhulekkearvu $q_{50}=6 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$, mis on miinimumnõuete vaikeväärtus ja mida saab korrigeerida peale õhulekkearvu katselist määramist. [6]

Oluline komponent energiakadude osas on vanad kahekihilised aknad, mille välja- vahetamisega saaks samuti tulemust parandada, kuid antud hetkel on tellija huvi säilitada vanad aknad.

Muude piirete puhul on energiatõhususe miinimumnõuetes toodud soovituslikud väärtused rahuldavad, mis on esitatud tabel 11 ja planeeritav rekonstrueerimine suurendab kindlasti tarbija soojuslikku mugavust ruumis.

Tabel 2.12 Soovituslik soojusjuhtivus piirdekonstruktsioonile

Piire	Elamud	Mitteelamud
välisseinad	0,12-0,22	0,15-0,25
katused ja põrandad	0,1-0,15	0,1-0,2
akende ja uste	0,6-1,1	0,6-1,1

Elamu rekonstrueerimisel paraneb hoone õhupidavus. Käesolev magistr töö ei käsitle ventilatsiooni lahendusi. Vastavad lahendused esitatakse eraldi projektiga.

Energia tõhususe miinimumnõuete lihtustatud arvutuse tulemus on esitatud alljärgnevas tabelis 2.13.

Tabel 2.13 Hoone lihtsustatud energiatõhususe arvutus

Energiaarvutuse lähteandmete esitamine väikeelamu lihtsustatud energiatõhususarvu piirväärtuse tõendamise puhul										
Andmed hoone kohta										
Address	Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa						<input type="checkbox"/> Uusehitus <input type="checkbox"/> Oluline rekonstrueerimine <input checked="" type="checkbox"/> Rekonstrueerimine <input type="checkbox"/> Olemasolev hoone			
Ehitusaasta	1932									
Kõetav pind	113,3		m ²							
Netopind	117,3		m ²							
Peamine soojusallikas ruumide kütteks										
Ventilatsioonisüsteemi välisõhu vooluhulk (l/s)										
Ventilatsioonisüsteemi soojustagastuse temperatuuri suhtarv					0,0					
Ventilatsioonisüsteemi ventilaatori erivõimsus, W/(l/s)					0,0					
Soojuskadu läbi piirdetarindi				Soojuskadu läbi joon- ja punktsoojusläbivuste				Õhulekkest tingitud soojuskadu		
Piirdetarind	g	U_i	A_i	$H_{juhtivus}$	Joon- või punktsoojusläbivus	Ψ_j	l_j	$H_{joon-sl}$	Omadus	Suurus
	-	W/(m ² ·K)	m ²	W/K		W/(m·K)	m	W/K		
Välissein 1	0,13	73,3	9,5	Välissein-välissein 1	0,30	10,4	3,1	Õhulekke-arv q_{50} , m ³ /(h·m ²)	6,0	
Välissein 2	0,15	8,0	1,2	Välissein-välissein 2	-0,20	4,0	-0,8			
Katuslagi	0,13	117,7	15,3	Katuslagi-välissein	0,20	43,6	8,7	A_{vp} (välispiirded), m ²	337,3	
Vahelagi VL-4	0,28	4,0	1,1	Vahelagi-välissein	0,20	6,0	1,2	Korruste arv (täisarv)	2,0	
Põrand pinnasel	0,11	117,3	12,9	Põrand pinnasel-välissein	0,30	40,2	12,1	\dot{V}_{inf} , m ³ /s	0,0234	
Välisuks	1,00	1,9	1,9	Akna seinakinnitus	0,10	51,7	5,2			
Aken 1	0,00	2,70	15,1	Ukse seinakinnitus	0,10	5,1	0,5			
Aken 2	0,00	0,00	0,0	Sisesein-välissein	0,10	12,9	1,3			
Kokku:	$H_{juhtivus}$, W/K			82,7	$H_{joon-sl}$, W/K			31,3	$H_{õhuleke}$, W/K	28,2
Välispiirde summaarne soojuserikadu					$\sum H$, W/K			142,2		
Välispiirde keskmine soojusläbivus					$\sum H / A_{vp}$			0,4		
Hoone kõetav pind					$A_{kõetav}$, m ²			113,3		
Välispiirde summaarne soojuserikadu kõetava pinna kohta					$\sum H / A_{kõetav}$, W/(m ² ·K)			1,26		
24.mai			Indrek Põhjatau							
Kuupäev			Nimi			Allikri				

3 TUGEVUSARVUTUSED

3.1 Üldosa

Käesolevas magistritöös on teostatud projekteeritavate ja olemasolevate katusekonstruktsioonide ristlõigete tugevuskontrollid kandepiirseisundis. Olemasolevate ja projekteeritavate vahelaekonstruktsioonide ristlõigete tugevuskontrollid on teostatud kandepiirseisundis ja lisaks on kontrollitud vahelaekonstruktsioonide deformatsioonide jäämist lubatud piiridesse kasutuspiirseisundis. Konstruktsioonisõlmesid käesolev magistritöö ei käsitle.

3.1.1 Kasutatud normdokumendid, arvutiprogrammid ja abimaterjalid

Standardid

1. EVS-EN 1990:2002+NA:2002 – Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused [9]
2. EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002 – Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused [7]
3. EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006 – Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus [8]
4. EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007 – Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus [9]
5. EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 – Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks [11]

Arvutiprogrammid

AxisVM X4 LT (edaspidi AVMX4)

AutoCAD Architecture 2014

Abimaterjalid

Ehituskonstruktorigi käsiraamat

3.2 Hoonele mõjuvad koormused

Hoonele mõjuvad kasutatavate materjalide ja konstruktsioonide omakaalu koormused, katusele mõjuv lume ja tuulekoormus. Vastavad koormused on esitatud alapeatükkides 3.2.1 kuni 3.2.3

3.2.1 Omakaalukoormused

Omakaalu arvutamisel on lähtutud standardist EVS-EN 1991-1-1:2002 [7]. Konstruktsioonide omakaalu koormust arvestatakse vastavate materjali mahukaalude liitmisel määratud lõikes. Omakaalu koormused on esitatud lauskoormustena, kN/m^2 . Vastavatele konstruktsioonidele mõjumisest arvutatakse konstruktsiooni kandevõimekontrolli punktis vastav koormus konstruktsiooni sammule. Kasutatavate konstruktsioonide omakaalu koormused on esitatud alapeatükkides 3.3.1.1 kuni 3.3.1.4.

3.2.1.1 Katus K-3

Esiku katuse K-3 omakaalu koormus on esitatud tabelis 3.1.

Tabel 3.1 K-3 omakaalu koormus

Kiht	Paksus (mm)	Laius (mm)	Mahukaal (kN/m^3)	Samm (mm)	Lauskoormus $g_{k,p}$ (kN/m^2)
Valtsplekk	0,5	-	-	-	0,051
Roov	25	100	3,7	200	0,056
Distantslatt	30	50	3,7	740	0,011
Aluskate Roof Proof	-	-	0,21	-	0,001
Tuulutusslatt	50	50	3,7	740	0,019
TTP Isover RKL	30	-	0,686	-	0,021
Sarikas	50	100	3,7	740	0,036
					$\sum g_{k,p} = 0,20$

3.2.1.2 Katuslagi KL-3

Katuslagi on soojustatud ja välja ehitatud harjani. Omakaalu arvutuses on välja toodud 1 m^2 lauskoormus. Päärdekonstruktsiooni omakaalu koormus on esitatud tabelis 3.2.

Tabel 3.2 KL-3 omakaalu koormus

Kiht	Paksus (mm)	Laius (mm)	Mahukaal (kN/m ³)	Samm (mm)	Lauskoormus $g_{k,p}$ (kN/m ²)
Valtsplekk	0,5	-	-	-	0,051
Roov	25	100	3,7	200	0,056
Distantslatt	30	50	3,7	765	0,011
Aluskate Roof Proof	-	-	0,21	-	0,001
Tuulutuslatt	50	50	3,7	765	0,019
TTP Isover RKL	30	-	0,686	-	0,021
Rihtlatt	50	50	3,7	765	0,019
MV Isover KL 33	50	900	0,245	-	0,011
Sarikad	150	50/150	3,7	765	0,093
MV Isover KL 33	150	800	0,245	-	0,029
ATK Intello Plus	-	-	0,275	-	0,001
Puitroov	50	50	3,7	765	0,019
MV Isover KL 33	50	900	0,245	-	0,011
Ehituspaber	-	-	3,7	-	0,001
Voodrilaud	16	95	3,7	-	0,059
					$\sum g_{k,p} = 0,40$

3.2.1.3 Vahelagi VL-3

Hoone vahelae konstruktsioonis säilitatakse olemasolevad vahelaetalad ristlõikega 160x160 mm, mille tugevusklass on C16. Olemasolevate talade vahele on projekteeritud lisatalad ristlõikega 100x160 mm, mille puitmaterjali tugevusklass on C24. Elamu vahelae VL-3 omakaalu koormus on esitatud tabelis 3.3.

Tabel 3.3 VL-3 omakaalu koormus

Kiht	Paksus (mm)	Laius (mm)	Mahukaal (kN/m ³)	Samm (mm)	Lauskoormus $g_{k,p}$ (kN/m ²)
Põrandalaudis	25	100	3,7	-	0,093
Ehituspaber	-	-	-	-	0,001
Puitroov	50	50	3,7	350	0,037
MV Isover KL 33	50	250	0,245	-	0,010
Puitlaastplaat OSB	18	-	6,37	-	0,112
Vahelaetala	160/100	160	3,7 / 4,1	350	0,292
MV Isover KL 33	160	870	0,245	-	0,034
Ehituspaber	-	-	-	1570	0,001
Rihtlatt	30	50	3,7	350	0,022
Laelaudis	16	95	3,7	-	0,059
					$\sum g_{k,A} = 0,66$

3.2.1.4 Vahelagi VL-4

Esiku vahelae VL-4 omakaalu koormus on esitatud tabelis 3.4.

Tabel 3.4 VL-4 omakaalu koormus

Kiht	Paksus (mm)	Laius (mm)	Mahukaal (kN/m ³)	Samm (mm)	Lauskoormus $g_{k,p}$ (kN/m ²)
MV Isover KL 33	50	-	0,245	-	0,012
Vahelaetala	50	100	3,7	600	0,037
MV Isover KL 33	100	-	0,245	550	0,022
ATK Intello Plus	-	-	0,275	-	0,001
Rihtlatt	30	50	3,7	300	0,022
Laelaudis	16	95	3,7	-	0,059
					$\sum g_{k,p} = 0,15$

3.2.2 Lumekoormus

Elamu lumekoormus on arvatud vastavalt EVS-EN 1991-1-3:2006+NA [8].

Hoone osa telgede A-F/1-4 vahel on katuslae KL-3 kalle 44° ja telgede C-E/4-5 katuse K-3 kalle on 18° .

Lumekoormuse konstruktsioonile arvutatakse valemiga:

$$s = \mu C_e C_t s_k, \quad (3.2.1)$$

kus

μ – kujutegur,

C_e – avavustegur, $C_e = 1,0$

C_t – soojustegur, $C_t = 1,0$

s_k – normatiivne lumekoormus maapinnal, Tartumaa, Konguta vald, pööritsa küla - $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$, vastavalt EVS-EN 1991-1-3:200 NA.4.1 joonisele [8].

Kujuteguri arvutusvalem katusele, kui $30^\circ < \alpha < 60^\circ$:

$$\mu = 0,8(60 - \alpha)/30, \quad (3.2.2)$$

kus

α – katuse kaldenurk.

Kujuteguri arvutusvalem katusele, kui $0^\circ < \alpha < 30^\circ$:

$$\mu = 0,8 \quad (3.2.3)$$

Katuslae KL-3 kaldenurk $\alpha_1 = 44^\circ$.

Katuslae KL-3 kujutegur arvutatakse valemiga 3.2.2:

$$\mu_1 = \frac{0,8(60 - 44)}{30} = 0,43$$

Katuslae KL-3 lumekoormus lauskoormusena arvutatakse valemiga 3.2.1:

$$s_{1,l} = 0,43 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

Katus K-3 kaldenurk $\alpha_1 = 18^\circ$. Katusel ei teki lume kuhjumist. Katuse K-3 kalle on $>30^\circ$, seega $\mu_1 = 0,8$ (valem 3.2.3).

Vastavalt valemile 3.2.1 arvutatakse lumekoormus lauskoormusena:

$$s_{2,l} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

3.2.3 Tuulekoormus

Tuulekoormus on muutuvkoormus, mida esitatakse risti konstruktsiooni pinnaga mõjuva tuulerõhuna.

Elamul on kaks erineva kaldega katusepinda. Katuslae KL-3, mille $\alpha_1=44^\circ$ ja katus K-3, mille kalle $\alpha_2=18^\circ$.

Hoone katusele mõjuvate tuulekoormuste määramise ning arvutuste teostamise aluseks on võetud standard EVS-EN 1991-1-4:2007+NA [9].

Konstruktsiooni välispindadele mõjuv tuulerõhk arvutatakse valemiga:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}, \quad (3.2.4)$$

kus

- $q_p(z_e)$ – tippkiirusrõhk,
 z_e – välisrõhu arvutuskõrgus,
 c_{pe} – välisrõhu rõhutegur.

Standardi EVS-EN 1991-1-4:2007 tabeli 4.1 alusel asub rekonstrueeritav hoone III maastikutüübi alal ja kuna hoone on kõrgem kui 5 m, siis on võetud välisrõhu arvutuskõrgus võrdseks hoone kõrgusega $z_e = h = 7,3$ m.

Tuule tippkiirusrõhk arvutusvalem 4.8 [9] :

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m(z)^2, \quad (3.2.5)$$

kus

- $I_v(z)$ - turbulentsi intensiivsus, kõrgusel z ,
 ρ - õhutihedus, $\rho=1,25$ kg/m³,
 $v_m(z)$ - keskmine tuulekiirus kõrgusel z .

Turbulentsi intensiivsuse valem:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) * \ln \frac{z_e}{z_0}}, \quad (3.2.6)$$

kus

- k_I - turbulentsitegur, $k_I=1,0$,
 $c_o(z)$ - pinnavormitegur, $c_o(z)=1,0$,
 z_0 - karedusmõõt, $z_0=0,3$.

Keskmine tuulekiirus kõrgusel z:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b, \quad (3.2.7)$$

kus

$c_r(z)$ - karedustegur, arvutuskäik toodud järgnevalt,

$c_0(z)$ - pinnavormitegur, $c_0(z)=1,0$,

v_b - tuule baaskiirus, $v_b=21$ m/s.

Karedustegur $c_r(z)$ arvutatakse valemiga:

$$c_r(z) = k_r * \ln \frac{z_e}{z_0}, \quad (3.2.8)$$

kus

k_r - maastikutüübitegur sõltuvalt karedusmõõdust z_0 .

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}, \quad (3.2.9)$$

kus

$z_{0,II}$ - maastikutüüp II, $z_{0,II}=0,05$ m.

Arvutatakse turbulentsi intensiivsuse valemiga 3.2.6:

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 * \ln \frac{7,3}{0,3}} = 0,313$$

Arvutatakse maastikutüübiteguri k_r valemiga 3.2.9:

$$k_r = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

Karedustegur $c_r(z)$ vastavalt valemile 3.2.8:

$$c_r(z) = 0,215 * \ln \frac{7,3}{0,3} = 0,686$$

Keskmine tuulekiirus kõrgusel z vastavalt valemile 3.2.7:

$$v_m(z) = 0,686 * 1,0 * 21 = 14,41 \text{ m/s}$$

Tuule kiirusrõhk vastavalt valemile 3.2.5:

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,313] * \frac{1}{2} * 1,25 * 14,41^2 = 414,13 \frac{N}{m^2} = 0,414 \frac{kN}{m^2}$$

Hoone kandekonstruktsiooni arvutamiseks tervikuna mõeldud tuulerõhutegurid $c_{pe,10}$ on määratud nimetatud tabelite põhjal interpoleerides. Koostan katuslae KL-3 tuulerõhutegurite $c_{pe,10}$ tabeli EVS-EN 1991-1-4:2007 tabeli 7.4a alusel [9]. Tulemused on esitatud alljärgnevas tabelis 3.5. Samuti koostan $c_{pe,10}$ tuulerõhutegurite tabeli katus3 K-3

EVS-EN 1991-1-4:2007 tabelite 7.3a ja 7.3b põhjal [9]. Katuse K-3 tulemused on esitatud tabelis 3.6.

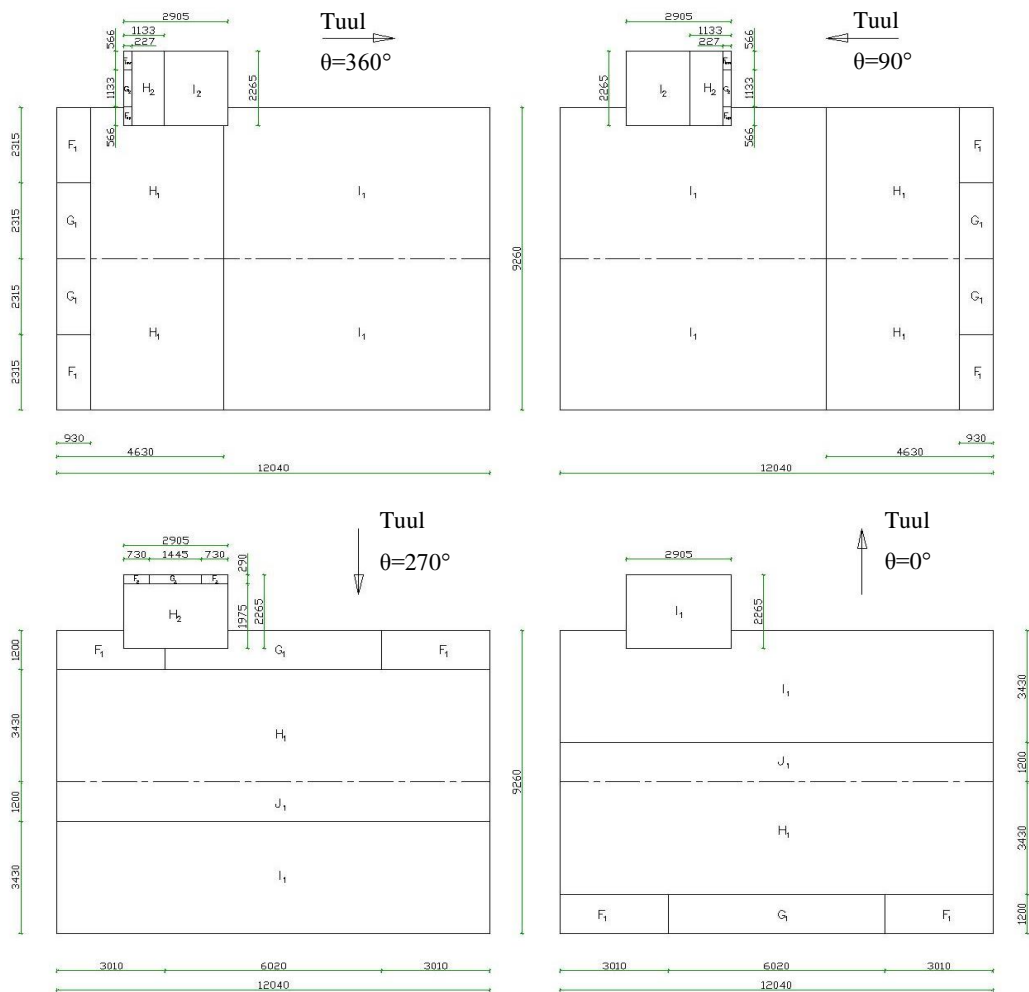
Tabel 3.5 Katus 1 tuulerõhutegurid

Katuse kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$ ja 270°			
	F	G	H	I	J	F	G	H	I
30°	+0,7	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
44°	+0,7	+0,7	+0,587	+0,0	+0,0	-1,1	-1,4	-0,893	-0,5
45°	+0,7	+0,7	+0,6	+0,0	+0,0	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5

Tabel 3.6 Katus 2 tuulerõhutegurid

Katuse kaldenurk α	$\theta = 0^\circ$			$\theta = 180^\circ$			$\theta = 90^\circ$ ja 270°				
	F	G	H	F	G	H	F _{up}	F _{low}	G	H	I
15°	+0,2	+0,2	+0,2	-2,5	-1,3	-0,9	-2,4	-1,6	-1,9	-0,8	-0,7
18°	+0,31	+0,31	+0,20	-2,22	-1,20	-0,89	-2,34	-1,54	-1,82	-0,84	-0,7
30°	+0,7	+0,7	+0,4	-1,1	-0,8	-0,8	-2,1	-1,3	-1,5	-1,0	-0,8

Koormustsoonide mõõtmed ning koormustsoonidele mõjuvad tuulerõhutegurid on leitud kasutades standardi EVS-EN 1991-1-4:2007 joonist 7.7 ja 7.8 ning tabelleid 7.4a ja 7.4b [9]. Vastavad koormustsoonid on toodud alljärgneval skeemil.



Joonis 3.1 Tuulekoormuse tsoonid

Koormustsoonidele mõjuvad tuulerõhud on leitud valemiga 3.2.5 ning on esitatud tabelikujul. Katus 1 ja katus 2 kohta esitatud eraldi tabelid, vt tabel 3.7 ja 3.8.

Tabel 3.7 Katus 1 tuulerõhk

Tsoon	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°					Tuule suund $\theta = 90^\circ$ ja 270°			
	F_1	G_1	H_1	I_1	J_1	F_1	G_1	H_1	I_1
Tuulerõhutegur $c_{pe,10}$	+0,7	+0,7	+0,587	-0,0	-0,0	-1,1	-1,4	-0,893	-0,5
Tuulerõhk w_e (kN/m^2)	+0,29	+0,29	+0,24	-0,00	-0,00	-0,46	-0,58	-0,37	-0,21

Tabel 3.8 Katus 2 tuulerõhk

	$\theta = 0^\circ$			$\theta = 180^\circ$			$\theta = 90^\circ$ ja 270°				
Tsoon	F ₂	G ₂	H ₂	F ₂	G ₂	H ₂	F _{up}	F _{low}	G ₂	H ₂	I ₂
$c_{pe,10}$	+0,2	+0,2	+0,2	-2,5	-1,3	-0,9	-2,4	-1,6	-1,9	-0,8	-0,7
w_e	+0,08	+0,08	+0,08	-1,04	-0,54	-0,37	-0,99	-0,66	-0,79	-0,33	-0,29

3.3 Koormused

Töös käsitletavat koormused liigitatakse ajalise kestvuse järgi kolmeks: alalisteks, muutuvateks ja erakorralisteks. Piirseisundi puhul lähtutakse koormuste normväärtustest. Konstruktsiooni tugevusarvutused teostatakse arvutusväärtustega, mis saadakse normväärtuse ja osavaruteguri korrutamisel. Osavarutegur arvestab normväärtusega koormuse hälvet ebasoodsas suunas. Arvutustes rakendatakse mõjuvaid koormusid kombinatsioonidena. Koormuskombinatsioonis korrutatakse muutuvkoormuse arvutusväärtus kombinatsiooniteguriga, mis arvestab samaaegselt mõjuvate muutuvkoormuste kõige soodsamate väärtuste samaaegse mõjumise tõenäosust. Koormuste arvutusväärtuse ning koormuskombinatsioonide üldvalemid on võetud projekteerimise aluseid käsitlevast standardist EVS-EN 1990:2002+NA:2002 [10].

Koormuse arvutusväärtuse üldvalem:

$$F_d = \gamma_f F_k \quad (3.3.1)$$

kus

γ_f – koormuse osavarutegur,

F_k – koormuse normväärtus.

Kandepiirseisundi alaliste ja ajutiste arvutusolukordade koormuskombinatsioonide üldvalem:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (3.3.2)$$

kus

γ – koormuse osavarutegur vastavalt indeksile,

G – alaliskoormus,

P – eelpingestuskoormuse esindusväärtus,

- Q – muutuvkoormus,
 ψ_0 – muutuvkoormuse kombinatsioonitegur.

Kasutuspiirseisundi normatiivsete koormuskombinatsioonide üldvalem:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (3.3.3)$$

Koostatud koormuskombinatsioonid katuse- ja vahelaekonstruktsioonile:

- KK1: omakaalukoormus + domineeriv lumekoormus + mittedomineeriv tuulekoormus + kasuskoormus
- KK2: omakaalukoormus + mittedomineeriv lumekoormus + domineeriv tuulekoormus + kasuskoormus
- KK3: omakaalukoormus + domineeriv lumekoormus + kasuskoormus
- KK4: omakaalukoormus + domineeriv kasuskoormus + lumekoormus
- KK5: omakaalukoormus + domineeriv kasuskoormus + mittedomineeriv tuulekoormus + lumekoormus
- KK6: omakaalukoormus

3.4 Katuse konstruktsioon

3.4.1 Üldosa

Hoone telgede A-F/1-4 vahel paikneval kaatuslael on ürmarsarikad Ø150 mm, mille vahele on projekteeritud lisasarikad. Olemasolevate ja projekteeritud sarikate samm on 785 mm. Nii olemasoleva kui ka projekteeritud lisasarikate tugevusklass on C16. Projekteeritavate lisa sarikate eesmärk on vähendada olemasolevatele sarikatele mõjuvat koormust, kuna visuaalsel vaatlusel on näha kahjustusi. Lisa sarikas on projekteeritud eesmärgiga, et soojustuse paigaldamine oleks lihtsam ja kindlam läbivajumise suhtes. Tugevusklassi parameetrid on esitatud tabelis 3.9.

Telgede C-E/4-5 vahel paiknev katus K-3 kandekonstruktsioon on puitsarikad 50x100 mm ristlõikega, mille tugevusklass on C16. Tugevusklassi parameetrid on esitatud tabelis 3.9.

Tabel 3.9 Saematerjali C16 tugevusomadused [1]

	Paindetug.	Tõmbetug.	Survetug.	Nihketug.	Elastsusmoodul		Tihedus
	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	ρ_{mean}
C16	16	10	17	3,2	8000	5400	370
Ühik	N/mm^2						kg/m^3

3.4.2 Olemasolevad penniga sarikad

Katuslae sarikate ja pennide tugevuskontrollide teostamisel on lähtutud standarditest EVS-EN 1990:2002+NA:2002 [8], EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [11] ja Ehituskonstruktori käsiraamatust [1].

Materjali omaduste arvvaartused arvutatakse valemiga:

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (3.4.1)$$

kus

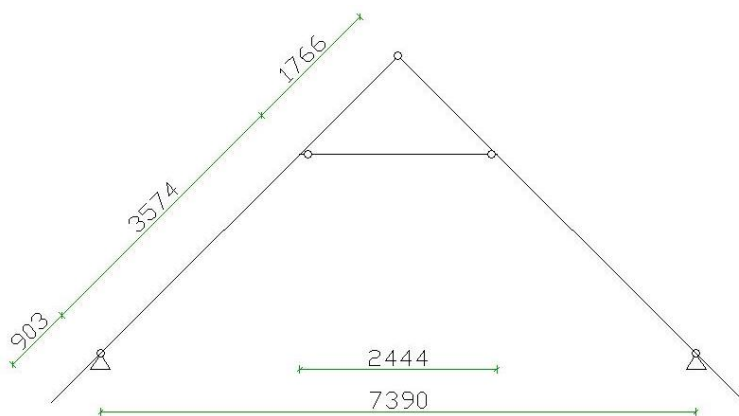
k_{mod} – koormuse kestuse ja niiskussisalduse mõju arvestav modifikatsioonitegur,

X_k – tugevusomaduse normvaartus,

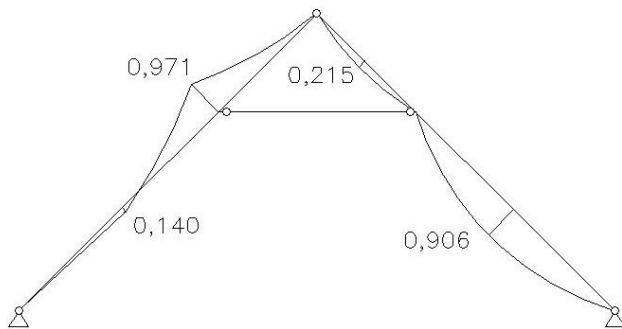
γ_M – materjali omaduse osavarutegur.

Katuse sarikate tugevuskontrollid teostatakse vastavalt kõige ohtlikuma koormuskombinatsiooni alusel osavarutegurite meetodit kasutades. Katuse konstruktsiooni puhul osutub määravaks koormuskombinatsioon KK2 (omakaalukoormus + mittedomineeriv lumekoormus + domineeriv tuulekoormus + kasuskoormus). Kandevõimekontroll põik jõule teostatakse koormuskombinatsiooni KK1 (omakaalukoormus + domineeriv lumekoormus + mittedomineeriv tuulekoormus + kasuskoormus) vaartustega.

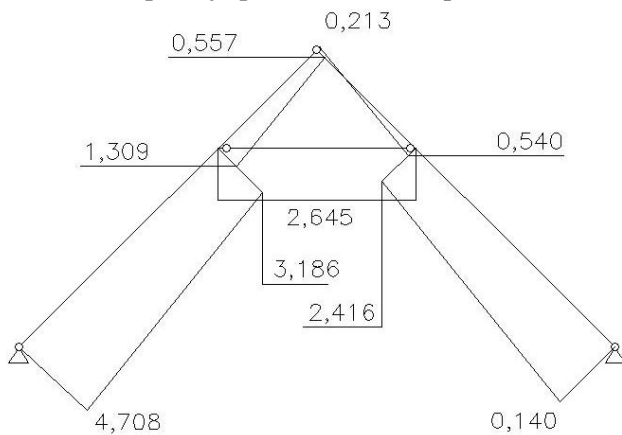
Kriitilise sarikapaari ja penni skeem ning paindemomendi M, pikijõu N ja põikjõu Q epüürid on esitatud alljärgnevalt joonistel 3.2 kuni 3.5:



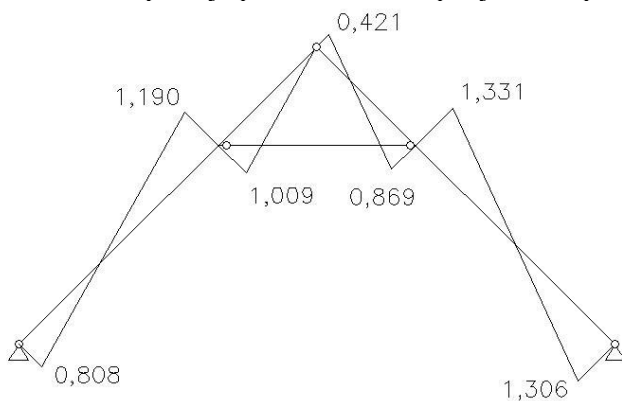
Joonis 3.2 Sarikapaari ja penni skeem



Joonis 3.3 Sarikapaari ja penni arvutuslik paindemomendi M_d epüür (kNm)



Joonis 3.4 Sarikapaari ja penni arvutuslik pikijõu N_d epüür (kN)



Joonis 3.5 Sarikapaari ja penni arvutuslik põikjõu V_d epüür (kN)

3.4.2.1 Sarika kandevõime arvutusmeetod survele koos paindega

Sarika kandevõime arvutusel lähtutakse surutud ja painutatud posti arvutusmeetodist.

Suhtelise saleduse $\lambda_{rel} > 0,3$ puhul peavad olema täidetud järgnevad tingimused:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (3.4.2)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1, \quad (3.4.3)$$

kus

$\sigma_{c,0,d}$ – arvutuslik survepinge pikikiudu,

- $\sigma_{m,y,d}$ ja $\sigma_{m,z,d}$ – arvutuslik paindepinge peatelgede suhtes,
 $f_{c,0,d}$ – pikikiudu survetugevuse arvutusväärtus,
 $f_{m,y,d}$ ja $f_{m,z,d}$ – paindetugevuse arvutusväärtused,
 $k_{c,y}$ ja $k_{c,z}$ – nõtketegurid peatelgede suhtes.

Arvutuslik survepinge (ja tõmbepinge) pikikiudu valem:

$$\sigma_{c(t),0,d} = \frac{F_{c(t),d}}{A}, \quad (3.4.3)$$

kus

- $F_{c,d}$ – tsentrilise survejõu (või tõmbejõu) arvutusväärtus,
 A – ristlõike pindala.

Arvutuslik paindepinge arvutatakse valemiga:

$$\sigma_{m,y(z),d} = \frac{M_{y(z),d}}{W_{y(z)}}, \quad (3.4.4)$$

kus

- $M_{y(z),d}$ – paindemoment peatelgede suhtes,
 $W_{y(z)}$ – ristlõike vastupanumoment peatelgede suhtes.

Tegurid $k_{c,y(z)}$ ja $k_{y(z)}$ arvutatakse valemitega:

$$k_{c,y(z)} = \frac{1}{k_{y(z)} + \sqrt{k_{y(z)}^2 - \lambda_{rel,y(z)}^2}}, \quad (3.4.5)$$

$$k_{y(z)} = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y(z)} - 0,3) + \lambda_{rel,y(z)}^2], \quad (3.4.6)$$

kus

- γ_f – koormuse osavarutegur,
 β_c – sirgsuse tegur, mis saepuidu puhul on 0,2.

Suhtelised saledused peatelgede suhtes on esitatud valemiga:

$$\lambda_{rel,y(z)} = \frac{\lambda_{y(z)}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, \quad (3.4.7)$$

kus

- $\lambda_{y(z)}$ – saledus peatelgede suhtes.

Saledused telgede suhtes arvutatakse valemiga:

$$\lambda_{y(z)} = \frac{l_{ef,y(z)}}{i_{y(z)}}, \quad (3.4.8)$$

kus

- $l_{ef,y(z)}$ – nõtkepikkus peatelgede suhtes,
 $i_{y(z)}$ – inertsiraadius peatelgede suhtes.

Inertsiraadiused ristkülikulise ristlõike puhul arvutatakse valemitega:

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} \quad i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} \quad (3.4.9) \quad (3.4.10)$$

Inertsiraadiused ringikujulise ristlõike puhul arvutatakse valemitega:

$$i_y = i_z = \frac{D}{4}, \quad (3.4.11)$$

kus

h – ristlõike kõrgus,

b – ristlõike laius,

D – ristlõike diameeter.

Nõtkepikkused vardal, millel on põikkoormus, kuid pole kinnituspunkte:

$$\text{äärmine sille } l_{ef} = 1,0 \cdot s, \quad (3.4.12)$$

$$\text{vahepealne sille ja sõlmed } l_{ef} = 0,6 \cdot s \quad (3.4.13)$$

kus

s – silde pikkus või pikema silde pikkus sõlme kõrval.

3.4.2.2 Olemasoleva sarika kandevõime kontroll survele koos paindega

Peatükis 3.6.1 esitatud joonistelt 3.1 kuni 3.4 selgub, et kriitiliseks punktiks osutub, sarika ja penni liitekoht. Maksimaalne paindemoment on väärtusega $M_{sd} = 0,971 \text{ kN}\cdot\text{m}$, samas punktis on pikijõu suurus $N_d = 3,186 \text{ kN}$.

Sarikas nõtkub läbi räästast harjani, seega arvutatakse nõtkepikkus y -telje suhtes valemiga 3.4.12:

$$l_{ef,y} = 1,0 \cdot 5340 = 5340 \text{ mm}$$

Nõtkepikkus z -telje suhtes on piiratud roovide sammuga $s = 200 \text{ mm}$ ning arvutatakse valemiga 3.4.13:

$$l_{ef,z} = 0,6 \cdot 200 = 120 \text{ mm}$$

Peatelgede inertsiraadiused valemitega 3.4.11:

$$i_y = i_z = \frac{150}{4} = 37,5 \text{ mm}$$

Saledused peatelgede suhtes arvutatakse vastavalt valemile 3.4.8:

$$\lambda_y = \frac{5340}{37,5} = 142,4$$

$$\lambda_z = \frac{120}{37,5} = 3,2$$

Suhtelised saledused peatelgede suhtes arvutatakse valemiga 3.4.7:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{142,2}{\pi} \sqrt{\frac{17}{5400}} = 2,54$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{3,2}{\pi} \sqrt{\frac{17}{5400}} = 0,06 < 0,3$$

Sarikat katavad kahelt poolt roovid, mis ei lase sarikal z-telje suhtes nõtkuda ning sellest tulenevalt on tegur $k_{c,z} = 1$. Nõtket z-telje suhtes ei arvestata.

Tegur k_y arvutatakse valemiga 3.4.6:

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (2,54 - 0,3) + 2,54^2] = 3,95$$

Tegur $k_{c,y}$ arvutatakse arvutatakse 3.4.5:

$$k_{c,y} = \frac{1}{2,59 + \sqrt{3,95^2 - 2,54^2}} = 0,18$$

Arvutuslik survepinge ja paindepinge esitatakse valemitega 3.4.3 ja 3.4.4:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{3,650 \cdot 10^3 \cdot 4}{\pi \cdot 150^2} = 0,21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{0,971 \cdot 10^6 \cdot 32}{\pi \cdot 150^3} = 2,93 \text{ N/mm}^2$$

Vastavalt standardi EVS-EN 1995-1-1:2005 [11] jaotisele 6.1.6 võetakse täisnurkse ristlõike korral $k_m = 0,7$, kuid muude ristlõigete korral $k_m = 1,0$. Saepuidu osavarutegur on $\gamma_M = 1,3$ ja $k_{mod} = 0,90$ II kasutusklassiga lühiajalise koormusega.

Arvutuslik paindetugevus ja survetugevus esitatakse valemiga 3.4.1:

$$f_{m,d} = 0,9 \cdot \frac{16}{1,3} = 11,08 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{17}{1,3} = 11,77 \text{ N/mm}^2$$

Tugevustingimuste kontroll vastavalt valemitele 3.4.2 ja 3.4.3:

$$\frac{0,21}{0,18 \cdot 11,77} + \frac{2,93}{11,08} + 1,0 \cdot \frac{0}{11,08} = 0,36 < 1$$

$$\frac{0,21}{1 \cdot 11,77} + 1,0 \cdot \frac{2,93}{11,08} + \frac{0}{11,08} = 0,28 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Projekteeritud lisa sarika arvutuskäik paindele koos survega kandevõimekontroll on analoogne eelnevaga. Ristlõike erinevusest tingitud muutuvad ristlõike parameetrid.

Esitatud on tugevustingimus 3.4.2 ja 3.4.3:

$$\frac{0,49}{0,19 \cdot 11,77} + \frac{5,18}{11,08} + 0,7 \cdot \frac{0}{11,08} = 0,69 < 1$$

$$\frac{0,46}{1 \cdot 11,77} + 0,7 \cdot \frac{5,38}{11,08} + \frac{0}{11,08} = 0,39 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Olemasolevate ja lisa projekteeritud sarikate kandevõime paindele koos survega on tagatud. Tulemused on esitatud alapunktis 3.6 koondtabelis 3.10.

3.4.2.3 Sarika kandevõimekontroll põikjõule

Sarika nihkel peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (3.4.14)$$

kus

τ_d – arvutuslik nihkepinge,

$f_{v,d}$ – nihketugevuse arvutusväärtus.

Arvutuslik nihkepinge ristkülikulise ristlõike puhul arvutatakse valemiga:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V_{sd}}{b_{ef} \cdot h} \quad (3.4.15)$$

kus

V_{sd} – arvutuslik põikjõud,

b_{ef} – ristlõike efektiivlaius,

h – ristlõike kõrgus.

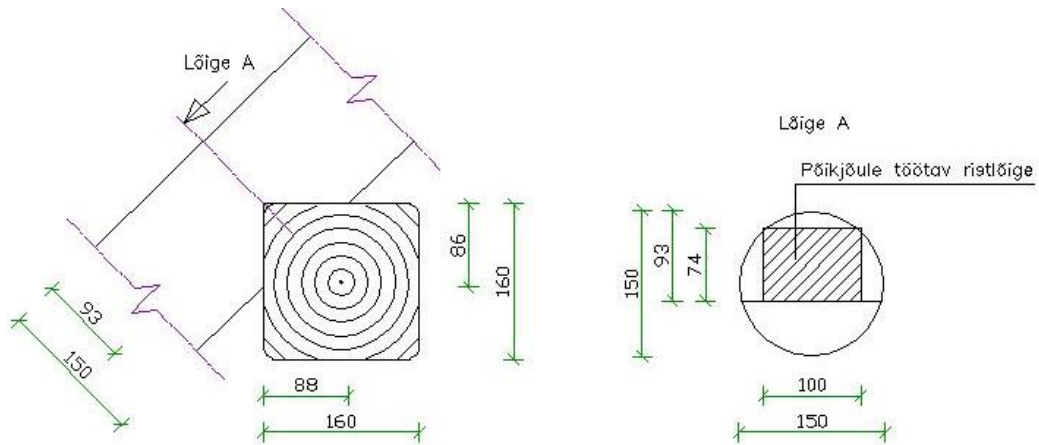
Pragude mõju arvestav efektiivlaius arvutatakse valemiga:

$$b_{ef} = k_{cr} \cdot b \quad , \text{ kus} \quad (3.4.16)$$

k_{cr} – pragunemistegur, mille soovituslik väärtus saepuidu jaoks on 0,67.

3.4.2.4 Sarika kandevõimekontroll põikjõule

Sarika ja välisseina liitumispunktis on teostatud sarikasse sisselõige. Põikjõule töötava ristlõike mõõdud on määratud tagavara kasuks, mis on tingitud erinevatel sarikatel erineva ristlõikega põikjõule töötava lõike tõttu. Sarikal puudub lõhenemisoht, kuna on toetatud väärtalale. Vastava sisselõike joonis on esitatud järgnevalt, joonis 3.6:



Joonis 3.6 Ümarsarika põikjõule töötav ristlõige

Efektiivlaius vastavalt valemile 3.4.16:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 100 = 67 \text{ mm}$$

Suurim arvutuslik põikjõud: $V_{sd} = 1,331 \text{ kN}$.

Arvutuslik nihkepinge arvutatakse valemiga 3.4.15:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot 1,331 \cdot 10^3}{67 \cdot 74} = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik nihketugevus esitatakse valemile 3.4.1:

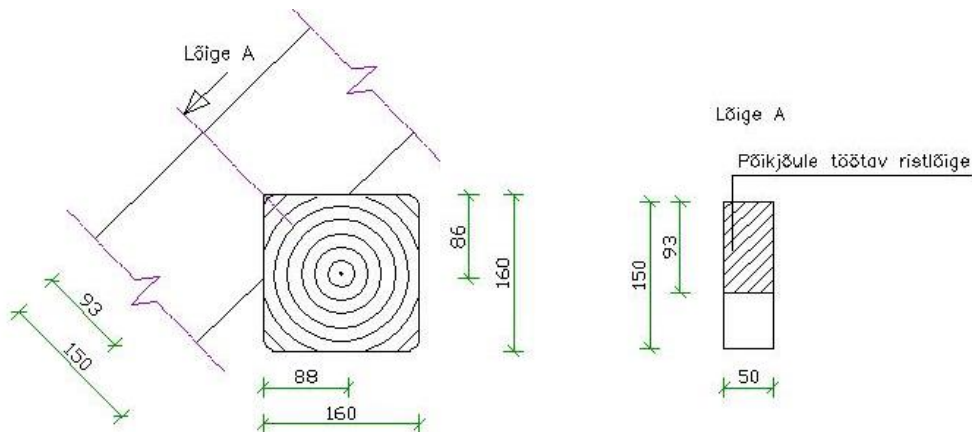
$$f_{v,d} = 0,9 \cdot \frac{3,2}{1,3} = 2,22 \text{ N/mm}^2$$

Tugevustingimuse kontroll vastavalt valemile 3.1.14:

$$\frac{0,40}{2,22} = 0,18 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Projekteeritud lisa sarikate arvutuskäik põikjõu kandevõimekontroll on analoogne eelnevaga. Põikjõule töötava ristlõike joonis 3.7 on esitatud järgnevalt.



Joonis 3.7 Sarika 50x150 mm põikjõule töötav ristlõige

Ristlõike erinevusest tingitud muutuvad ristlõike parameetrid. Esitatud on tugevustingimus 3.1.14:

$$\frac{0,64}{2,22} = 0,29 < 1$$

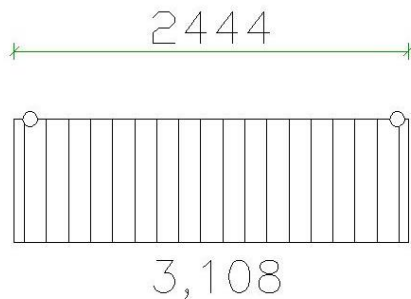
Tugevustingimus on täidetud.

3.4.2.5 Penni kandevõime kontroll nõtketele

Kõikide pennide jaoks kasutatakse saematerjali ristlõikega 100x120 mm, tugevusklass

Saarikapaari penni ohtlikumaks koormuskombinatsiooniks on KK1: domineeriv lumekoormus. Suurim pikisisejõud vastavalt epüürile (joonis 3.8) on:

$$F_{c,d} = 3,108 \text{ kN}$$



Joonis 3.8 Penni arvutuslik pikijõu N_d epüür (kN)

Saleda varda ($\lambda_{rel} > 0,3$) puhul peavad olema täidetud tingimused:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (3.4.17)$$

Penni saledus on suurem z-telje suhtes ning määravaks saab tingimus. Järgnevalt on arvutatud kandevõime lähtudes sellest tingimusest.

Vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu [1] tabelile 14.19 on kahest otsast liigendkinnitusega posti efektiivne nõtkepikkus $l_{ef} = l = 2444 \text{ mm}$.

Z-peatelje inertsiraadius valemiga 3.4.10:

$$i_z = \frac{100}{\sqrt{12}} = 28,9 \text{ mm}$$

Saledus arvutatakse valemiga 3.4.8:

$$\lambda_z = \frac{2444}{28,9} = 84,6$$

Suhteline saledus arvutatakse valemiga 3.4.7:

$$\lambda_{rel,z} = \frac{84,6}{\pi} \sqrt{\frac{17}{5400}} = 1,51$$

Tegur k_z arvutatakse valemiga 3.4.6:

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,51 - 0,3) + 1,51^2] = 1,76$$

Tegur $k_{c,z}$ leitakse arvutatakse 3.4.5:

$$k_{c,z} = \frac{1}{1,76 + \sqrt{1,76^2 - 1,51^2}} = 0,38$$

Arvutuslik survepinge esitatakse valemiga 3.4.3:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{3,108 \cdot 10^3}{100 \cdot 120} = 0,26 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survetugevus esitatakse valemiga 3.4.1:

$$f_{c,0,d} = 0,9 \cdot \frac{17}{1,3} = 11,77 \text{ N/mm}^2$$

Tugevustingimuse kontroll vastavalt valemile 3.4.17:

$$\frac{0,26}{0,38 \cdot 11,77} = 0,06 \leq 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Sarikapaari penn on üledimensioneeritud, sest jääb nähtavaks osaks sisearhitektuuris. Olemasolevad ja projekteeritud pennid moodustavad ühtse süsteemi (ristlõike osas) ja on osa sisearhitektuursest lahendist.

3.5 Vahelaetalad

3.5.1 Üldosa

Vahelaekonstruktsiooni arvutamisel on lähtutud standarditest EVS-EN 1990:2002+NA:2002 [8], EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009 [11] ja Ehituskonstruktori käsiraamatust [1].

Hoone vahelaekonstruktsioonis säilitatakse olemasolevad vahelaetalad ristlõikega 160x160 mm. Olemasolevate talade tugevusklass on C16, mille parameetrid on esitatud tabelis 3.9. Olemasolevate talade vahele on projekteeritud lisatalad ristlõikega 100x160 mm, mille puitmaterjali tugevusklass on C24. Tugevusklassi C24 andmed esitatud tabelis 3.10.

Tabel 3.10 Tugevusklassi C24 andmed [1]

	Paindetug.	Tõmbetug.	Survetug.	Nihketug.	Elastsusmoodul		Tihedus
	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,mean}$	$E_{0,05}$	ρ_{mean}
C24	24	14	21	4,0	11 000	7400	420
Ühik	N/mm^2						kg/m^3

Elamu põhiosas on vahelaetalade samm 350 mm. Vahelatalale mõjuvad omakaal ja kasuskoormused. Katusekorrusel teljel B asuv sein toetub I korruse seinale ja seega ei avalda koormust vahelaele.

Juurdeehitatud esiku osas paiknevad olemasolevad vahelaetalad ristlõikega 50x100 mm. Tugevusklassiks on määratud C16, mille parameetrid on esitatud tabelis 3.9. Taladesamm on 600 mm ja vahelaele ei ole arvestatud kasuskoormust.

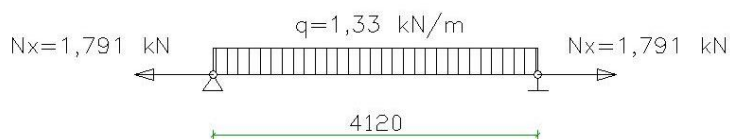
Käesoleval juhul töötab vahelaetala paindele ja tõmbele samas ristlõikes. Katusekonstruktsioonist tulenev hoonet laiili suruv jõud võetakse vasti põikpuuga, mis on vahelaetalade suhtes 45° nurga all. Vastav põikpuu skeem dimensioneerimine teostatud punktis 3.5.5.

Talale mõjuvad normatiivsed tõmbekoormused katuslae omakaalust ja lumekoormusest läbi sarika (saadud AVMX4's koostatud mudeli alusel):

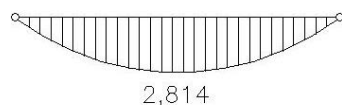
Kandepiirseisundis osutus määravaks koormuskombinatsioon:

KK4: omakaalukoormus + domineeriv kasuskoormus + mittedomineeriv lumekoormus.

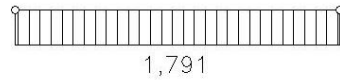
Tala arvutus skeem ning paindemomendi M , pikijõu N ja põikjõu Q epüürid on esitatud alljärgnevalt joonised 3.10 kuni 3.13.



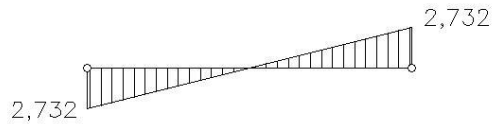
Joonis 3.9 Vahelaetala skeem



Joonis 3.10 Vahelaetala arvutusliku paindemomendi M_d epüür (kNm)



Joonis 3.11 Vahelaetala arvutuslik pikijõu N_d epüür (kN)



Joonis 3.12 Vahelaetala arvutusliku põikjõu V_d epüür (kN)

3.5.2 Vahelaetala kandevõimekontroll panidele koos tõmbega

Vahelaetala konstruktsiooni puhul saab määravaks 4.koormuskombinatsioon: omakaal + domineeriv kasuskoormus + mittedomineeriv lumekoormus.

Maksimaalne arvutuslik paindemoment on väärtusega $M_{sd} = 2,814$ kNm. Samas tala punktis on arvutuslik tõmbejõud $N_d = 1,791$ kN.

Kuna talade jäikus on külgsuunas tagatud katvate põrandakihtidega, siis kiiveohtu pole.

Painutatud ja tõmmatud tala korral peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (3.5.1)$$

Kasutatavad suurused on arvutatud valemitega 3.4.1, 3.4.3 ja 3.4.4.

Arvutuslik tõmbepeuge ja paindepeuge arvutatakse valemitega 3.4.3 ja 3.4.4:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{1,791 \cdot 10^3}{160 \cdot 160} = 0,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{2,814 \cdot 10^6 \cdot 6}{160 \cdot 160^2} = 4,12 \text{ N/mm}^2$$

Vastavalt standardi EVS-EN 1995-1-1:2005 [13] tabelile 2.3 on saepuidu osavarutegur

$\gamma_M = 1,3$ ja tabeli 3.1 järgi $k_{mod} = 0,9$

Arvutuslik paindetugevus ja tõmbetugevus arvutatakse valemiga 3.4.1:

$$f_{m,y,d} = 0,9 \cdot \frac{16}{1,3} = 11,07 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 0,9 \cdot \frac{10}{1,3} = 6,92 \text{ N/mm}^2$$

Tugevustingimuste kontroll vastavalt valemile 3.5.1:

$$\frac{0,07}{6,15} + \frac{4,12}{11,07} = 0,38 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Projekteeritud lisa vahelaetalade arvutuskäik paindele koos tõmbega kandevõimekontroll on analoogne eelnevaga. Ristlõike erinevusest tingitud muutuvad ristlõike parameetrid.

Esitatud on tugevustingimus 3.5.1:

$$\frac{0,12}{8,62} + \frac{7,50}{14,77} = 0,52 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Olemasolevate ja lisa projekteeritud vahelaetalade kandevõime põikjõule on tagatud suure tagavaraga, sest talade puhul saab määravaks kandepiirseisund. Tulemused on esitatud alapunktis 3.6 koondtabelis 3.10.

3.5.3 Vahelaetalade kandevõimekontroll põikjõule

Efektiviivlaius arvutatakse valemiga 3.4.16:

$$b_{ef} = 0,67 \cdot 160 = 107,2 \text{ mm}$$

Suurim arvutuslik põikjõud $V_{sd} = 2,732 \text{ kN}$.

Arvutuslik nihkepinge esitatakse valemiga 3.4.15:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot 2,732 \cdot 10^3}{107,2 \cdot 160} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik nihketugevus arvutatud valemiga 3.4.1:

$$f_{v,d} = 0,8 \cdot \frac{3,2}{1,3} = 1,97 \text{ N/mm}^2$$

Tugevustingimuse kontroll vastavalt valemile 3.4.14:

$$\frac{0,24}{1,97} = 0,12 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Projekteeritud lisa vahelaetalade arvutuskäik põikjõu kandevõimekontrollile on analoogne eelnevaga. Ristlõike erinevusest tingitud muutuvad ristlõike parameetrid. Esitatud on tugevustingimus 3.4.14:

$$\frac{0,38}{2,34} = 0,16 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Olemasolevate ja lisa projekteeritud vahelaetalade kandevõime põikjõule on tagatud suure tagavaraga, sest talade puhul saab määravaks kandepiirseisund. Tulemused on esitatud alapunktis 3.6 koondtabelis 3.10.

3.5.4 Olemasoleva vahelaetala kontroll kasutuspiirseisundis

Talade läbipainde soovitatavad piirväärtused standardi EVS-EN 1995-1-1:2005 [11] rahvusliku lisa tabeli NA.7.2 järgi:

- Hetkeline läbipaine muutuvast koormusest $w_{inst,Q} \leq \frac{L}{400} = \frac{4120}{400} = 10,30$ mm
- Lõplik läbipaine alalisest ja muutuvast koormusest $w_{net,fin} \leq \frac{L}{300} = \frac{4120}{300} = 13,73$ mm

Hetkelised läbipainded alalisest ja muutuvast koormusest arvutatakse valemitega:

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot g_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y}, \quad (3.5.3)$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot q_k \cdot L^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_y}, \quad (3.5.4)$$

kus

g_k ja q_k – normatiivsed joonkoormused,

I_y – ristlõike inertsimoment,

L – sildeava pikkus.

Hetkelised läbipainded vastavalt valemitele 3.5.3 ja 3.5.4:

$$w_{inst,G} = \frac{5 \cdot 0,23 \cdot 4120^4 \cdot 12}{384 \cdot 8000 \cdot 160 \cdot 160^3} = 1,98 \text{ mm}$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5 \cdot 0,7 \cdot 4120^4 \cdot 12}{384 \cdot 8000 \cdot 160 \cdot 160^3} = 6,01 \text{ mm} < 10,30 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine alalisest ja muutuvast koormusest arvutatakse valemitega:

$$w_{net,fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad (3.5.5)$$

$$w_{net,fin,Q} = w_{inst,Q} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (3.5.6)$$

kus

k_{def} – deformatsioonitegur vastavalt EVS-EN 1995-1-1:2005 [11] tabelile 3.2 on

$$k_{def} = 0,6),$$

ψ_2 – kombinatsioonitegur, mis eluruumide kasuskoormuse korral on 0,3 [1].

Lõplik läbipaine alalisest ja muutuvast koormusest arvatud valemitega 3.5.5 ja 3.5.6:

$$w_{net,fin,G} = 1,98 \cdot (1 + 0,6) = 3,17 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin,Q} = 6,01 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6) = 7,09 \text{ mm}$$

Kogu lõplik läbipaine on arvatud:

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 3,17 + 7,09 = 10,26 \text{ mm} < 13,73 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine on lubatud piirides.

Lõpliku läbipainde tugevustingimus on esitatud:

$$\frac{10,26}{13,73} = 0,75 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Projekteeritud lisa vahelaetalade arvutuskäik läbipainde kontroll kandepiirseisundis on analoogne eelnevaga. Ristlõike erinevusest tingitud muutuvad ristlõike parameetrid.

Esitatud on projekteeritud vahelaetalade lõplik läbipaine:

Kogu lõplik läbipaine on arvatud:

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,G} + w_{net,fin,Q} = 3,68 + 8,26 = 11,94 \text{ mm} < 13,73 \text{ mm}$$

Lõplik läbipaine on lubatud piirides.

Lõpliku läbipainde tugevustingimus on esitatud:

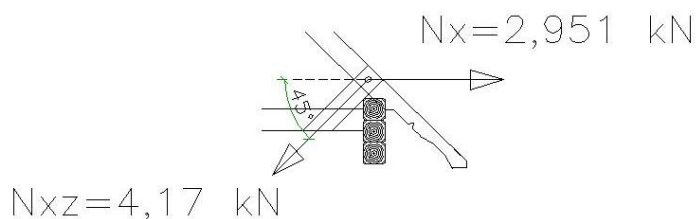
$$\frac{11,94}{13,73} = 0,87 < 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Vahelaetalade läbipainde tulemused on esitatud alapeatükis 3.6 koondtabelis 3.10.

3.5.5 Projekteeritud põikpuu kandevõimekontroll tõmbele

Projekteeritud põikpuu on saematerjalist tugevusklassiga C16, mille parameetrid esitatud punktis 3.6.1 tabelis 3.9 Põikpuu on vahelaetala suhtes paigaldatud 45° nurga alla ja töötab ainult tõmbele, vt joonis 3.14.



Joonis 3.13 Põikpuu skeem

Lihtsustatud katuslae KL-3 omakaalust ja lumekoormusest tekkiv N_x jõud on saadud AVMX4's koostatud mudeli alusel. Põikpuule mõjuv jõud on arvatud koosinus teoreemi kasutades:

$$N_{xz} = \cos 45^\circ \cdot N_x \quad (3.5.7)$$

kus

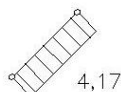
N_x - sarikasse tekkiv horisontaaljõud, $N_x=2,951$ kN,

$\cos 45^\circ$ - vastavalt koosinusteoreemile $\cos \alpha = b/c$, $\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$

Põikpuule mõjuv tõmbejõud on arvatud valemiga 3.5.7:

$$N_{xz} = \frac{\sqrt{2} \cdot 2,951}{2} = 4,17 \text{ kN}$$

Põikpuule mõjuva pikijõu N epüür on esitatud joonisel 3.14.



Joonis 3.14 Põikpuu arvutuslik pikijõu N_d epüür (kN)

Tõmmatud elemendi korral peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\sigma_{t,o,d}}{f_{t,o,d}} \leq 1 \quad (3.5.8)$$

Arvutuslik paindepinge arvutatakse valemitega 3.4.3:

$$\sigma_{t,o,d} = \frac{4,170 \cdot 10^3}{50 \cdot 150} = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

Vastavalt standardi EVS-EN 1995-1-1:2005 [11] tabelile 2.3 on saepuidu osavarutegur $\gamma_M = 1,3$ ja tabeli 3.1 järgi $k_{mod} = 0,80$ keskmise kestusega koormuse korral.

Arvutuslik paindetugevus arvutatakse valemiga 3.4.1:

$$f_{t,o,d} = 0,8 \cdot \frac{10}{1,3} = 6,15 \text{ N/mm}^2$$

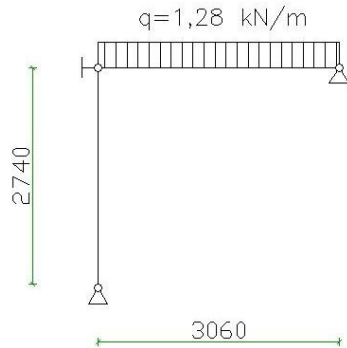
Tugevustingimuse kontroll vastavalt valemile 3.5.8:

$$\frac{0,56}{6,15} = 0,09 \leq 1$$

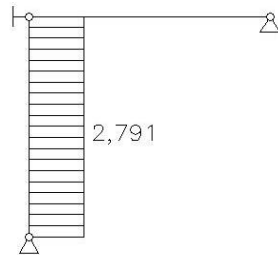
Tugevustingimus on täidetud.

3.5.6 Posti kandevõime kontroll nõtkete

Hoonel on üks vahelage toetav post, mis asub trepi sisenurgas. Postile mõjub vahelaelt Posti skeem ja sisejõu epüür on esitatud järgneval joonistel 3.16 ja 3.17.



Joonis 3.15 Posti skeem



Joonis 3.16 Posti arvutuslik pikijõu N_d epüür (kN)

$$F_{c,d} = 2,791 \text{ kN}$$

Sümmeetrilise ristlõikega saleda varda ($\lambda_{rel} > 0,3$) puhul peab olema täidetud tingimus:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y(z)} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (3.5.9)$$

Vastavalt Ehituskonstruktori käsiraamatu tabelile [1] 14.19 on kahest otsast liigendkinnitusega posti efektiivne nõtkepikkus $l_{ef} = l = 2790 \text{ mm}$.

Peatelgede inertsiraadiused valemitega 3.4.9 ja 3.4.10:

$$i_y = i_z = \frac{100}{\sqrt{12}} = 28,9 \text{ mm}$$

Saledus arvutatakse valemiga 3.4.8:

$$\lambda_{y(z)} = \frac{2790}{28,9} = 96,5$$

Suhteline saledus arvutatakse valemiga 3.8.7:

$$\lambda_{rel,y(z)} = \frac{96,5}{\pi} \sqrt{\frac{17}{5400}} = 1,72$$

Tegur $k_{y(z)}$ arvutatakse valemiga 3.4.6:

$$k_{y(z)} = 0,5 \cdot [1 + 0,2 \cdot (1,72 - 0,3) + 1,72^2] = 2,12$$

Tegur $k_{c,y(z)}$ arvutatakse valemiga 3.4.5:

$$k_{c,y(z)} = \frac{1}{2,12 + \sqrt{2,12^2 - 1,72^2}} = 0,30$$

Arvutuslik survepinge esitatakse valemiga 3.4.3:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2,791 \cdot 10^3}{100 \cdot 100} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Arvutuslik survetugevus esitatakse valemiga 3.4.1:

$$f_{c,0,d} = 0,8 \cdot \frac{17}{1,3} = 10,46 \text{ N/mm}^2$$

Tugevustingimuse kontroll vastavalt valemile 3.5.9:

$$\frac{0,28}{0,30 \cdot 10,46} = 0,09 \leq 1$$

Tugevustingimus on täidetud.

Posti kandevõime on tagatud suure tagavaraga, sest posti dimensioonid on valitud sisearhitektuurse elemendi rõhutamise tõttu.

3.6 Tulemused

Magistritöö käigus on teostatud olemasolevate ja projekteeritavate katuse- ning vahelaekonstruktsioonide tugevuskontrollid. Töös on vormistatud ainult kriitiliste ja tüüpiliste elementide määravamad tugevusarvutused. Teiste elementide arvutused on töö raames teostatud ja tulemused on esitatud alljärgnevas koondtabelis (vt Tabel 3.11).

Tabel 3.11 Teostatud tugevusarvutuste tulemuste koondtabel

Element	Tugevus- klass	Ristlõige (mm)	Samm (mm)	Koormus- kombinatsioon	Määrav piirseisund	Tugevus- tingimus
Sarikas 1	C16 ol.olev	Ø150	780	KK2	Paine + surve	0,36 < 1
Sarikas 2	C16	50×150	780	KK2	Paine + surve	0,69 < 1
Sarikas 3	C16	50×100	740	KK1	Paine + surve	0,93 < 1
Põikpuu	C16	50×150	350	KK4	Tõmme	0,09 < 1
Penn	C16	100×120	780	KK1	Surve (nõtk)	0,06 < 1
Vahelaeta- tala 1	C16 ol.olev	160×160	350	KK4	Paine + tõmme	0,78 < 1
					Läbipaine	0,75 < 1
Vahelaeta- tala 2	C24	100×160	350	KK4	Paine + tõmme	0,52 < 1
					Läbipaine	0,87 < 1
Vahelaeta- tala 3	C16	50×100	600	KK6	Paine + tõmme	0,1 < 1
					Läbipaine	0,27 < 1
Post	C16	100×100	-	KK4	Surve	0,09 < 1

KOKKUVÕTE

Käesolev töö käigus valmisid Tartumaal asuva Indreku talu elamu mõõdistusjoonised ja teostati soojustehnilised arvutused. Magistritöö raames on ette nähtud katusekorruse väljaehitamise plaanilahendus ja sellega kaasnev konstruktsioonide tugevdamine. Magistritöö raames on teostatud katuse- vahelaekonstruktsioonide tugevusarvutusi.

Eesmärgiks on säilitatada võimalikult palju olemasolevaid konstruktsioone. Konstruktsioonide vaatlusel ja avamisel leitavad kahjustused tuleb eemaldada, vajadusel vahetatakse, tugevdatakse või proteesitakse palkkonstruktsioone. Hoone esimese korruse plaanilahendus jääb muutmata kujul, sisearhitektuurselt muutub pinnaviimistlusmaterjalid. Töös pakutavate lahendusega on ettenähtud katusekorruse väljaehitamine. Korrusele on projekteeritud kaks tuba, millest üks on magamistuba. Katusekorrusel on ettenähtud katuslae väljaehitamine katuseharjani. Katusekorrusele ei ole käesoleva tööga ettenähtus kütteseadmeid. Elamu kütelahenduseks koostatakse hilisemalt vastav projekt. Projekteeritud lahendusega suureneb elamul kasutatav netopind 41 m² võrra ja hoone üldkasutatavpind on 117,3 m². Hoone välisgabriite rekonstrueerimisega oluliselt ei muudeta.

Hoone välisfassaad rekonstreeritakse ja voodrilaudis asendatakse uuega, kuna olemasolev voodrilaudis on kahjustunud. Elamu põhiosa soojustatakse 150 mm mineraalvillaga ja tuuletõkkematerjalina on kasutatud tuuletõkkeplaati 30 mm. Fassaadi üldtoon on kavandatud roheline, ääre- ja servaluad pruuni tooni. Hoonel ei muudeta avatäiteid, olemasolevad aknad remonditakse ja jäävad valget tooni. Elamu välisseina soojustamisel tõstetakse olemasolevad aknad tuuletõkkeplaadi välisservani, vt joonis 45, lisa 2. Hilisemalt juurde ehitatud esiku osa soojustatakse nii seest kui väljast poolt 50 mm mineraalvillaga. Kandevkarkassi osa soojustatakse samuti 100 mm mineraalvillakihiga. Hoonele on projekteeritud valtsplekk katus, mille toon on tumehall.

Hoone sisearhitektuurnelahendus jääb lihtsaks. Kõigi ruumide põranda materjaliks on puitlaudis, põrandapind lakiga, mille toon on tumedam pruun. Elamu välisseina osad on kaetud kipsplaadiga, millele on paigaldatud tapeet. Tapeedi mustri- ja värvilahendus vastavalt tellijale soovile. Siseseintekonstruktsioon puhastatakse krohvist ja peitsitakse naturaalse peitsiga. Elamu laed on viimistletud valget tooni laudisega.

Käesoleva magistritöös konstruktiivses osas on teostatud tugevusarvutused olemasolevatele ja projekteeritud konstruktsioonidele. Tugevusarvutused näitasid, et lisakonstruktsioone projekteerides on võimalik säilitada olemasolevad tarindeid. Katusekonstruktsiooni puhul on kontrollitud olemasolevat ümarsarikat ja vahele projekteeritud 50x150 mm ristlõikega sarikat. Koos moodustasid katusekandjate sammuks 780 mm. Ohtlikuima koormuskombinatsiooni KK4 on sarikate kandevõime tagatud. Vahelaekonstruktsioonis on projekteeritud lisa vahelaetalad ristlõikega 100x160 mm, mille puhul on kandepiir seisundis ja kasutuspiir seisundis kandevõimed tagatud. Mõlema tarindi puhul on koostatud sisejõudude leidmiseks programmis AxisVM X4 LT tasapinnaline arvutuskeem.

Käesolev magistritöö omab praktilist väärtust, kuna selle raames on teostatud olemasolevate konstruktsioonide mõõdistusjooniste teostamine. Olemasolevate ja projekteeritud katuse- ja vahelaetarindite tugevusarvutused. Lisaks on esitatud kõigi piirdekonstruktsioonide kohta soojustehnilised arvutused. Lõputöö seob üheks tervikusk graafiline osa, kus on esitatud olemasoleva elamu joonised ja rekonstrueeritud hoone joonised. Vastavalt tehtud töö põhjal on plaanis koostada arhitektuurse eelprojekti seletuskiri ja taotelda vallast ehitusluba hoone rekonstrueerimiseks. Lõputöö edasised etapid oleksid: määrata hoone energiatõhusus ja määrata energiamärgis, konstruktsioonide sõlmede lahenduse väljatöötamine, koostada põhiprojekt ning seejärel võimalus koostada tööprojekt.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Ehituskonstruktori käsiraamat / Toimetaja Tiit Masso. Tallinn: „Ehitame“ kirjastus, 2012. 577 lk.
- [2] EVS 908-1:2016. Hoone piirdetarindi soojusjuhtivuse arvutusjuhend. Osa 1: Välisõhuga kontakti olev läbipaistmatu piire. 2016. Eesti Standardikeskus.
- [3] EVS-EN Iso 10456:2008. Ehitusmaterjalid ja –tooted, Soojus- ja niiskustehnilised omadused, Tabuleeritud arvutusväärtused ja deklareeritavate ning arvutusväärtuste määramise meetodid. 2008. Eesti Standardikeskus.
- [4] Eesti Ehitusteave ET-kartoteek, ET-2 kartoteek: ET-2 0404-0764 Välisseina difusiooni arvutus. 2009. Eehiti Ehitusteave.
- [5] Hoone energiatõhususe miinimumnõuded, Majandus- ja taristuministri 3. juuni 2016. a määrus nr 55, - eRT [<https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015015> (24.05.2017)]
- [6] Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika, Majandus- ja kommunikatsiooniministri 8. Oktoobri 2012.a määrus nr 63, 2012 –eRT [<https://www.riigiteataja.ee/akt/118102012001> (24.05.2017)]
- [7] EVS-EN 1991-1-1:2002+NA:2002. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused. 2002. Eesti Standardikeskus.
- [8] EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus. 2006. Eesti Standardikeskus.
- [9] EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007. Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus. 2005/2007. Eesti Standardikeskus.

- [10] EVS-EN 1990:2002+NA:2002. Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused. 2002. Eesti Standardikeskus.
- [11] EVS-EN 1995-1-1:2005+NA:2007+A1:2008+NA:2009. Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks. 2005/2007/2008/2009. Eesti Standardikeskus.
- [12] EVS-EN ISO 13370:2008. Hoonete soojuslik toimivus soojuslevi pinasesse arvutusmeetodid. 2008. Eesti Standardikeskus.

LISAD

Lisa 1: Materjalide tehnilised andmed

Jkn	Materjal	Omakaal	λ_d , W/mK	μ
1	Puit, mänd	500kg/m ³	0,13	50
2*	Tuuletõkkekangas Solitex Fronta WA	105g/m ²	0,17	110
3*	Puitkiudplaat STEICOstandart	230kg/m ³	0,05	5
4*	Mineraalvill Isover KL 33	25kg/m ³	0,033	1
5*	Aurutõkkepile Intello Plus	110g/m ²	0,17	18 750
6*	Kipsplaat Knauf Green 12,5mm	680kg/m ³	0,21	10
7*	Tuuletõkkeplaat Isover RKL	70kg/m ³	0,031	1
8*	Tsementkrohv Weber.stuck 313	1800kg/m ³	1,00	10
9*	Villaplaat Frontrock MAX E	125kg/m ³	0,036	1
10*	Ruukki valtsplekk Classic premium	5,2kg/m ²	-	-
11*	Aluskate Roof Proof	140g/m ²	-	-
12	Ehituspaber	75g/m ²	-	-
13	Puitlaastplaat/ OSB	650kg/m ³	0,13	50
14*	Hüdroisolatsioon Aquafin-2K/M	1,6g/m ³	0,17	1000
15	Betoon	2000kg/m ³	2,0	130
16*	EPS 120 Perimeeter	70kg/m ³	0,036	70

* - Esitatud tootjapoolsed tehnilised andmed

[3]

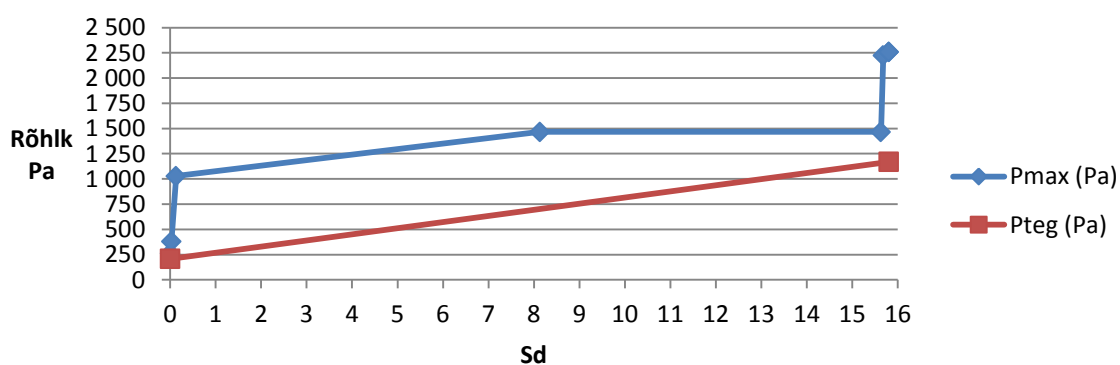
Lisa 2: Soojustehnilised arvutused

Tabel 1 Välisseina VS-5 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,6	m	
	Soojustus	0,55	m	samm	0,6	m	
VS-5 (Puit-ristlõige)						välis-temp	sisetemp
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10	
Välispind			0,04	1,1	0,33	-9,67	
Tuuletõkkeplaat	30,0	0,031	0,97	27,0	8,10	-1,57	
Puitpruss 50x100mm	100,0	0,13	0,77	21,5	6,44	4,87	
Palk 160x160mm	160,0	0,13	1,23	34,3	10,30	15,17	
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,17	0,00	0,1	0,02	15,19	
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	10,7	3,22	18,41	
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,21	0,06	1,7	0,50	18,91	
Sisepind			0,13	3,6	1,09	20,00	
			R(m ² K)/W	3,58	100,00	kontroll	
			U W/m ² K	0,279			
VS-5 (Soojustus-ristlõige)						välis-temp	sisetemp
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10	
Välispind			0,04	0,6	0,17	-9,83	
Tuuletõkkeplaat	30,0	0,031	0,97	13,9	4,16	-5,67	
Mineraalvill Isover KL 33	100,0	0,033	3,03	43,4	13,03	7,37	
Palk 160x160mm	160,0	0,130	1,23	17,6	5,29	12,66	
Aurutõkkepile Intello	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	12,67	
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	21,7	6,52	19,18	
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,210	0,06	0,9	0,26	19,44	
Sisepind			0,13	1,9	0,56	20,00	
			R(m ² K)/W	6,98	100,00	kontroll	
			U W/m ² K	0,143			
Välissein U VS-5	0,16	W/m ² K					

Tabel 2 Välissein VS-5 niiskusrežiim

Välissein VS-5						välistemp		sisetemp					
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa		
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260			
Välispind			0,04	0,6	0,2	-9,8			207,90	264	0,0		
Tuuletökkeplaat	30	0,031	0,97	13,9	4,16	-5,7	1	0,03		380	0,03		
MV Isover KL 33	100	0,033	3,03	43,4	13,03	7,4	1	0,1		1028	0,13		
Palk 160x160	160	0,13	1,23	17,6	5,29	12,7	50	8		1466	8,13		
Aurutökkepile	0,4	0,17	0,0	0,1	0,1	12,8	18750	7,5		1467	15,63		
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	21,7	6,52	19,2	1	0,05		2223	15,68		
Kipsplaat	12,5	0,21	0,06	0,9	0,3	19,5	10	0,125		2259	15,81		
Sisepind			0,13	1,9	0,5	20,0			1169,09	2 338			
		R	(m2K)/W	6,98	100,0			15,81					
		U	W/m2K	0,14									
tegelik rõhk	S _d	veeauuru osarõhud sees ja väljas											
207,90	0,00										2 338	260	Pa
1169,09	15,81										50	80	%
		1169,09	207,90	961,19									

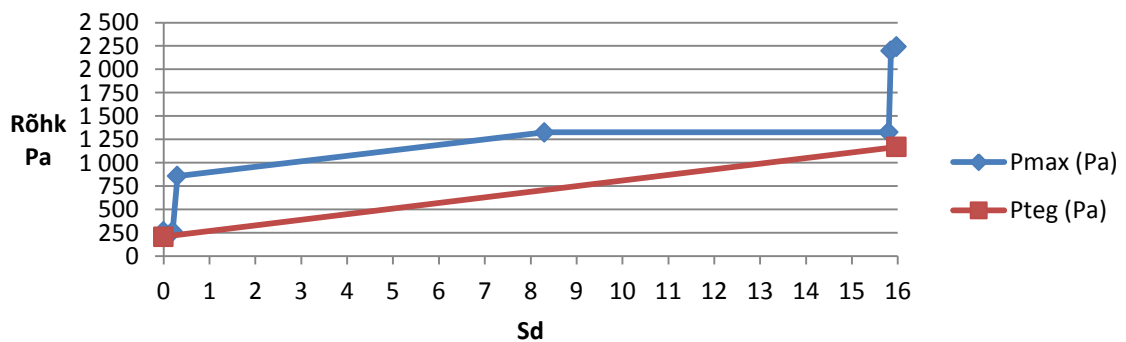


Tabel 3 Välissein VS-6 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,6	m
	Soojustus	0,55	m	samm	0,6	m
VS-6 (Puit-ristlõige)					välistem p	sisetem p
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	0,9	0,26	-9,74
Tsementkrohv	20,0	1	0,02	0,4	0,13	-9,61
Krohvitav jäikvill Rockwool Frontrock MAX E	100,0	0,036	2,78	59,8	17,94	8,33
Palk 160x160mm	160,0	0,13	1,23	26,5	7,95	16,28
Aurutõkkele Intello	0,4	0,17	0,00	0,1	0,02	16,29
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	8,3	2,48	18,78
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,21	0,06	1,3	0,38	19,16
Sisepind			0,13	2,8	0,84	20,00
			R(m ² K)/W	4,65	100,0	kontroll
			U W/m ² K	0,215		
VS-6 (Soojustus-ristlõige)					välistem p	sisetem p
					-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10
Välispind			0,04	0,7	0,21	-9,79
Tsementkrohv	20,0	1	0,02	0,3	0,10	-9,69
Krohvitav jäikvill Rockwool Frontrock MAX E	100,0	0,036	2,78	48,1	14,43	4,74
Palk 160x160mm	160,0	0,130	1,23	21,3	6,39	11,13
Aurutõkkele Intello	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	11,15
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	26,2	7,87	19,02
Kipsplaat Knauf Green	12,5	0,210	0,06	1,0	0,31	19,32
Sisepind			0,13	2,3	0,68	20,00
			R(m ² K)/W	5,78	100,0	kontroll
			U W/m ² K	0,173		
Välissein U_VS-6	0,18	W/m ² K				

Tabel 4 Välissein VS-6 niiskusrežiim

Välissein VS-6						välistemp		sisetemp			
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260	
Välispind			0,04	0,7	0,2	-9,8			207,90	265	0,0
Tsementkrohv	20	1	0,02	0,35	0,1	-9,7	10	0,2		267	0,2
Jäik villaplaat	100	0,036	2,78	48,1	14,43	4,7	1	0,1		858	0,3
Palk 160x160	160	0,13	1,23	21,3	6,4	11,1	50	8		1326	8,30
Aurutökketile	0,4	0,17	0,0	0,1	0,1	11,2	18750	7,5		1327	15,80
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	26,2	7,9	19,1	1	0,05		2200	15,85
Kipsplaat	12,5	0,21	0,06	1,0	0,3	19,4	10	0,125		2242	15,98
Sisepind			0,13	2,3	0,6	20,0			1169,09	2 338	
		R	(m2K)/W	5,78	100,0			15,98			
		U	W/m2K	0,17							
tegelik rõhk	S _d	veeauuru osarõhud sees ja väljas									
		2 338	260	Pa							
207,90	0,00	50	80	%							
1169,09	15,98	1169,09	207,90	961,19							

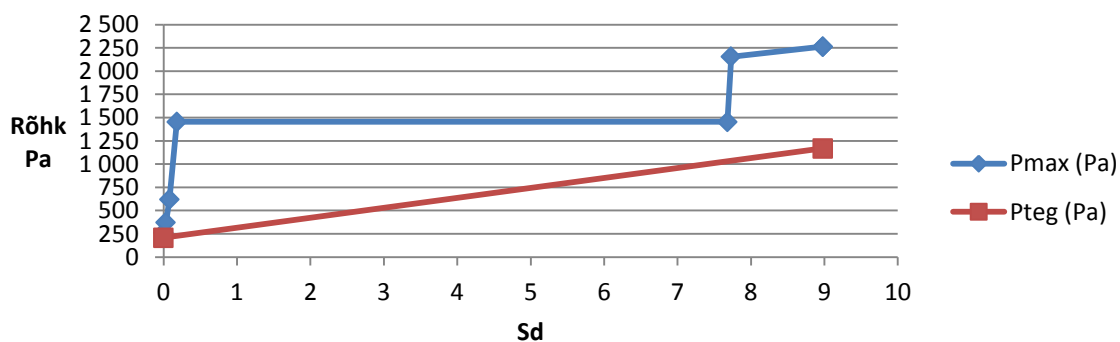


Tabel 5 Välisseina VS-8 soojusjuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,6	m	
	Soojustus	0,55	m	samm	0,6	m	
VS-8 (Puit-ristlõige)						välisemp	sisetemp
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10	
Välispind			0,04	1,4	0,42	-9,58	
Tuuletõkkeplaat Isover Facade	30,0	0,031	0,97	33,7	10,11	0,53	
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	13,4	4,02	4,55	
Karkass 50x100mm	100,0	0,13	0,77	26,8	8,04	12,59	
Aurutõkkeile Intello	0,4	0,17	0,00	0,1	0,02	12,61	
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	13,4	4,02	16,63	
Sisevoodri laud 25x100mm	25,0	0,13	0,19	6,7	2,01	18,64	
Sisepind			0,13	4,5	1,36	20,00	
			R(m ² K)/W	2,87	100,00	kontroll	
			U W/m ² K	0,348			
VS-8 (Soojustus-ristlõige)						välisemp	sisetemp
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m ² K/W	%R	Δ t	-10	
Välispind			0,04	0,5	0,16	-9,84	
Tuuletõkkeplaat Isover Facade	30,0	0,031	0,97	13,1	3,93	-5,91	
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	20,5	6,15	0,24	
Mineraalvill Isover KL 33	100,0	0,033	3,03	41,0	12,30	12,53	
Aurutõkkeile Intello	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	12,54	
Mineraalvill Isover KL 33	50,0	0,033	1,52	20,5	6,15	18,69	
Sisevoodri laud 25x100mm	25,0	0,130	0,19	2,6	0,78	19,47	
Sisepind			0,13	1,8	0,53	20,00	
			R(m ² K)/W	7,39	100,00	kontroll	
			U W/m ² K	0,135			
Välissein U VS-8	0,15	W/m ² K					

Tabel 6 Välisseina VS-8 niiskusrežiim

Välissein VS-8						välistemp		sisetemp			
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260	
Välispind			0,04	0,5	0,15	-9,8			207,90	265	0,0
Tuuletökkeplaat	30	0,031	1,0	13,1	3,9	-5,9	1	0,03		372	0,03
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	20,5	6,2	0,3	1	0,05		622	0,08
MV Isover KL 33	100	0,033	3,03	40,99	12,3	12,6	1	0,1		1454	0,18
Aurutökkepile	0,4	0,17	0,0	0,1	0,0	12,6	18750	7,5		1455	7,68
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	20,49	6,15	18,8	1	0,05		2156	7,73
Sisevoodri laudis	25	0,13	0,2	2,6	0,8	19,6	50	1,25		2263	8,98
Sisepind			0,13	1,76	0,4	20,0			1169,09	2 338	
		R	(m2K)/W	7,39	100,0			8,98			
		U	W/m2K	0,14							
tegelik rõhk	S _d	veeauuru osarõhud sees ja väljas									
		2 338	260	Pa							
207,90	0,00	50	80	%							
1169,09	8,98	1169,09	207,90	961,19							

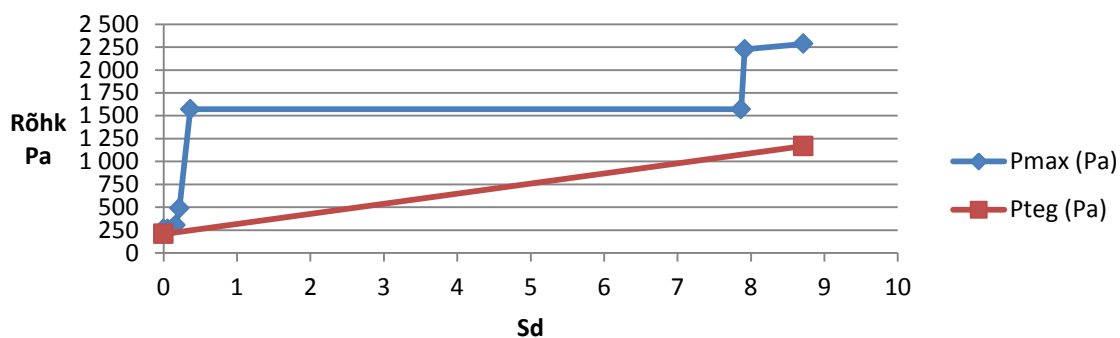


Tabel 7 Katuslae KL-4 soojsuhtivus

Andmed:	Puitpruss	0,05	m	samm	0,52	m	
	Soojustus	0,47	m	samm	0,52	m	
KL-4 (Puit-ristlõige)						välistem p	sisetem p
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m2K/W	%R	Δ t	-10	
Välispind			0,04	1,5	0,45	-9,55	
Tuuletõkkerie Solitex Fronta WA	0,5	0,17	0,00	0,1	0,03	-9,51	
Steico	22,0	0,048	0,46	17,3	5,19	-4,32	
Rihtlatt 50x50mm	50,0	0,13	0,38	14,5	4,35	0,03	
Puitsarikad 150x150mm	150,0	0,13	1,15	43,5	13,06	13,09	
Aurutõkketile Itello Plus	0,4	0,17	0,00	0,1	0,03	13,12	
Puitpruss 50x50mm	50,0	0,13	0,38	14,5	4,35	17,47	
Puitvoode 16x95mm	16,0	0,13	0,12	4,6	1,39	18,87	
Sisepind			0,10	3,8	1,13	20,00	
			R(m2K)/W	2,65	100,0	kontroll	
			U W/m2K	0,377	0		
KL-4 (Soojustus-ristlõige)						välistem p	sisetem p
						-10	20
välisõhk	kihi paksus, mm	lambda, W/mK	R, m2K/W	%R	Δ t	-10	
Välispind			0,04	0,5	0,15	-9,85	
Tuuletõkkerie Solitex Fronta WA	0,5	0,17	0,00	0,0	0,01	-9,84	
Steico	22,0	0,048	0,46	5,6	1,67	-8,17	
Mineraalvill Isover KL 33 50mm	50,0	0,033	1,52	18,5	5,54	-2,63	
Mineraalvill Isover KL 33 150mm	150,0	0,033	4,55	55,4	16,61	13,97	
Aurutõkketile Itello Plus	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	13,98	
Mineraalvill Isover KL 33 50mm	50,0	0,033	1,52	18,5	5,54	19,52	
Puitvoode 16x95mm	0,4	0,170	0,00	0,0	0,01	19,53	
Sisepind			0,13	1,6	0,47	20,00	
			R(m2K)/W	8,21	100,0	kontroll	
			U W/m2K	0,122			
Välissein U_KL-4	0,15	W/m2K					

Tabel 8 Katuslae KL-4 niiskusrežiim

Katuslagi KL-4						välistemp		sisetemp				
						-10	20			P _{max} (Pa)	S _d summa	
Tarindi osa	d,mm	lambda	R	%R	delta t	-10	μ	S _d	P _{teg} (Pa)	260		
Välispind			0,04	0,5	0,14	-9,8			207,90	263	0,0	
Tuuletõkkeriie	0,5	0,17	0,0	0,0	0,0	-9,8	110	0,055		263	0,055	
Puitkiudplaat	22	0,048	0,5	5,52	1,7	-8,1	5	0,11		305	0,165	
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	18,25	5,5	-2,6	1	0,05		488	0,215	
MV Isover KL 33	150	0,033	4,55	54,75	16,4	13,8	1	0,15		1570	0,37	
Aurutõkkekiile	0,4	0,17	0,0	0,1	0,0	13,8	18750	7,5		1571	7,87	
MV Isover KL 33	50	0,033	1,52	18,25	5,4	19,2	1	0,05		2244	7,92	
Sisevoodri laudis	16	0,13	0,1	1,5	0,4	19,6	50	0,8		2286	8,72	
Sisepind			0,10	1,2	0,4	20,0			1169,09	2 338		
	R	(m2K)/W	8,3	100,0				8,72				
	U	W/m2K	0,12									
tegelik rõhk	S _d							veeauuru osarõhud sees ja väljas		2 338	260	Pa
207,90	0,00									50	80	%
1169,09	8,72									1169,09	207,90	961,19



Lisa 3: Graafiline osa

Jkn	Nimetus	Joonis	Formaat	Mõõtkava	Leht
1	Asendiplaan	Mõõdistus	A3	1:500	1
2	I k põhiplaan	Mõõdistus	A3	1:100	2
3	Katusekorruse põhiplaan	Mõõdistus	A3	1:100	3
4	Vaade – A	Mõõdistus	A4	1:100	4
5	Vaade – B	Mõõdistus	A4	1:100	5
6	Vaade – C	Mõõdistus	A4	1:100	6
7	Vaade – D	Mõõdistus	A4	1:100	7
8	Lõige A-A	Mõõdistus	A4	1:100	8
9	Seina VS-1 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	9
10	Seina VS-2 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	10
11	Seina VS-3 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	11
12	Seina SS-1 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	12
13	Seina SS-2 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	13
14	Seina SS-3 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	14
15	Seina SS-4 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	15
16	Seina SS-5 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	16
17	Põranda P-1 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	17
18	Katus K-1 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	18
19	Katus K-2 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	19
20	Vahelae VL-1 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	20
21	Vahelae VL-2 lõige	Mõõdistus	A4	1:5	21
22	Räästa sõlm	Mõõdistus	A4	1:10	22
23	Sokli sõlm	Mõõdistus	A4	1:10	23
24	Sarikate plaan	Mõõdistus	A3	1:100	24
25	Vahelae talade plaan	Mõõdistus	A3	1:100	25
26	Põranda P-2 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	26
27	Välisseina VS-4 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	27
28	Välisseina VS-5 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	28
29	Välisseina VS-6 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	29
30	Välisseina VS-7 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	30

31	Välisseina VS-8 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	31
32	Siseseina SS-6 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	32
33	Siseseina SS-7 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	33
34	Vahelae VL-3 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	34
35	Vahelae VL-4 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	35
36	Katuslae KL-3 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	36
37	Katuslae KL-4 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	37
38	Katus K-3 lõige	Rek. proj.	A4	1:5	38
39	I K põhiplaan	Rek. proj.	A3	1:100	39
40	II K põhiplaan	Rek. proj.	A3	1:100	40
41	Vaade – A	Rek. proj.	A4	1:100	41
42	Vaade – B	Rek. proj.	A4	1:100	42
43	Vaade – C	Rek. proj.	A4	1:100	43
44	Vaade – D	Rek. proj.	A4	1:100	44
45	Lõige A-A	Rek. proj.	A3	1:75	45
46	Sarikate plaan	Rek. proj.	A3	1:100	46
47	Vahelae talade plaan	Rek. proj.	A3	1:100	47
48	Räästa sõlm	Rek. proj.	A4	1:10	48
49	Sokli sõlm	Rek. proj.	A4	1:10	49

Hoone maht:	463 m ³
Hoone tulepüsivusklass:	TP3
Maapealse osa alune pind:	98,6 m ²
Kõrgus ±0.000 pinnast:	6,975 m

Tingmärgid:

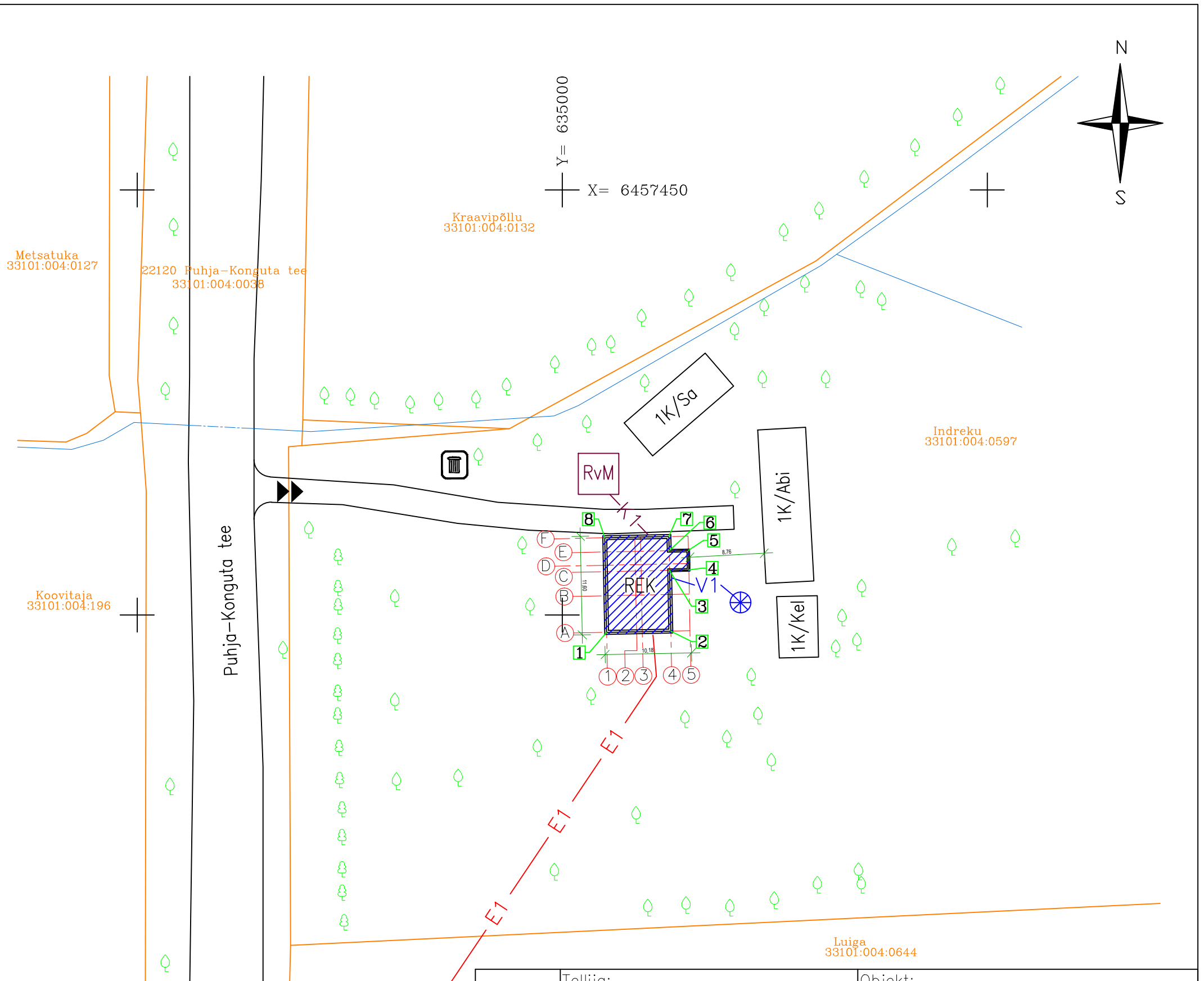
- ▶▶ -Päas krundile
- 1K/Sa -1-korruseline sauna hoone
- 1K/Abi -1-korruseline abihoone
- 1K/Kel -1-korruseline maakelder
- ⊗ -Olemasolev kaev
- V1 -Olemasolev veetrass
- K1 -Olemasolev kanalisatsioonitrass
- E1 -Olemasolev elektrikaabel
- Krundi piir
- Kuivenduskraav
- RvM -Reovee/kanalisatsiooni mahuti
- REK -Rekonstreeritav hoone (TP3)
- ♻️ -Prügikast

Märkused:

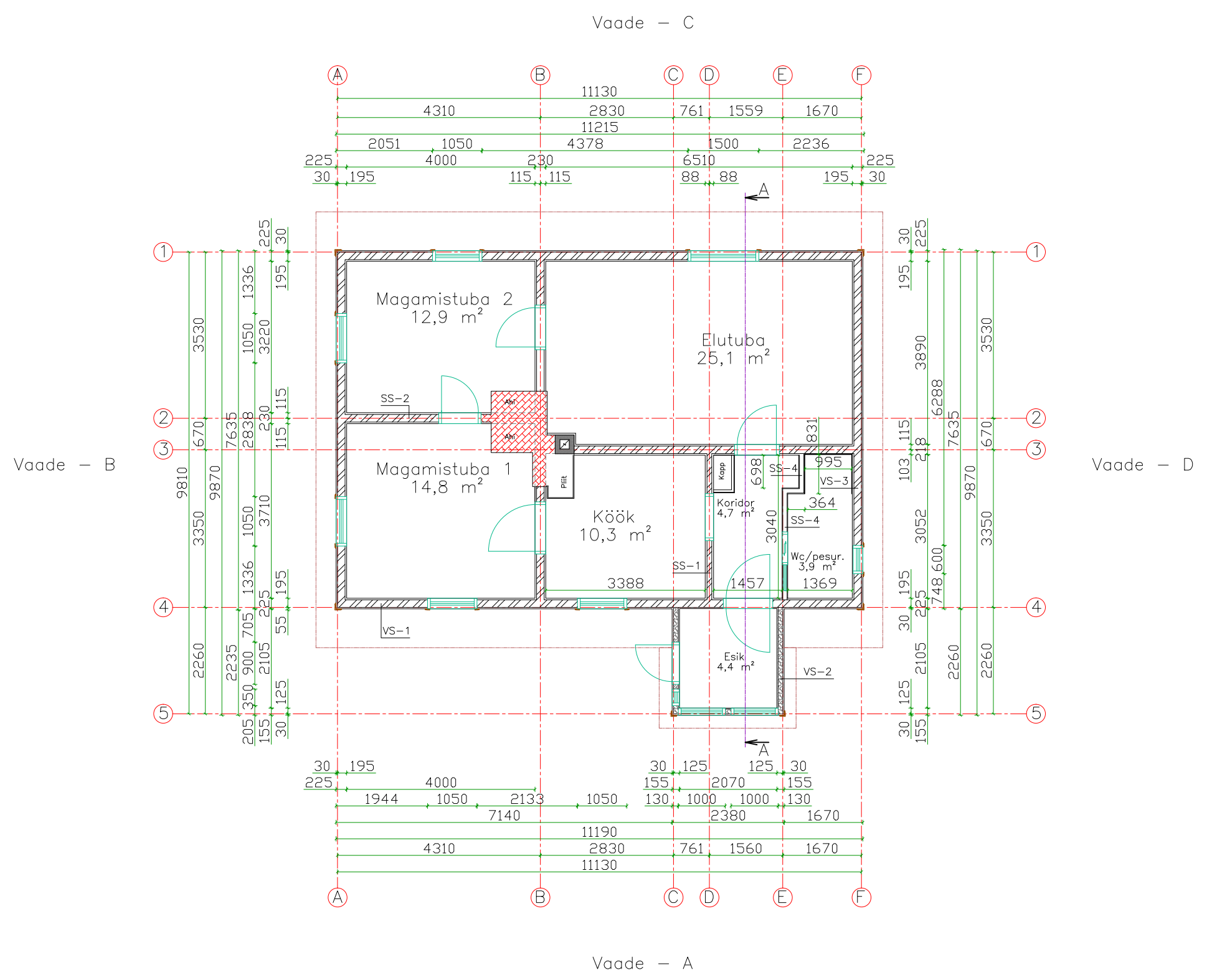
- ±0.000=77,500+0,330=77,830 m BK77 süsteemis
- katusehari h=6,975 m ±0.000 pinnast
- Koordinaadid L-EST 97 süsteemis

Olemasoleva hoone soojustamata vundamendi välisnurkade koordinaadid

NR.	X	Y	Oo. ma- pinna kõrgus
1	6457047.05	634944.77	77.500
2	6457047.20	634952.31	77.500
3	6457054.34	634952.18	77.500
4	6457054.38	634954.43	77.500
5	6457056.70	634954.39	77.500
6	6457056.66	634952.13	77.500
7	6457058.32	634952.09	77.500
8	6457058.17	634944.53	77.500



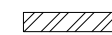


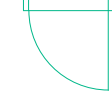
Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
Nimi		Allkiri	Kuup.	Nimetus: Asendiplaan	
Koostas I. Põhjatu					
Juhendas A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž			Leht 1	Lehti 49	Mõõtkava 1:500 (A3)



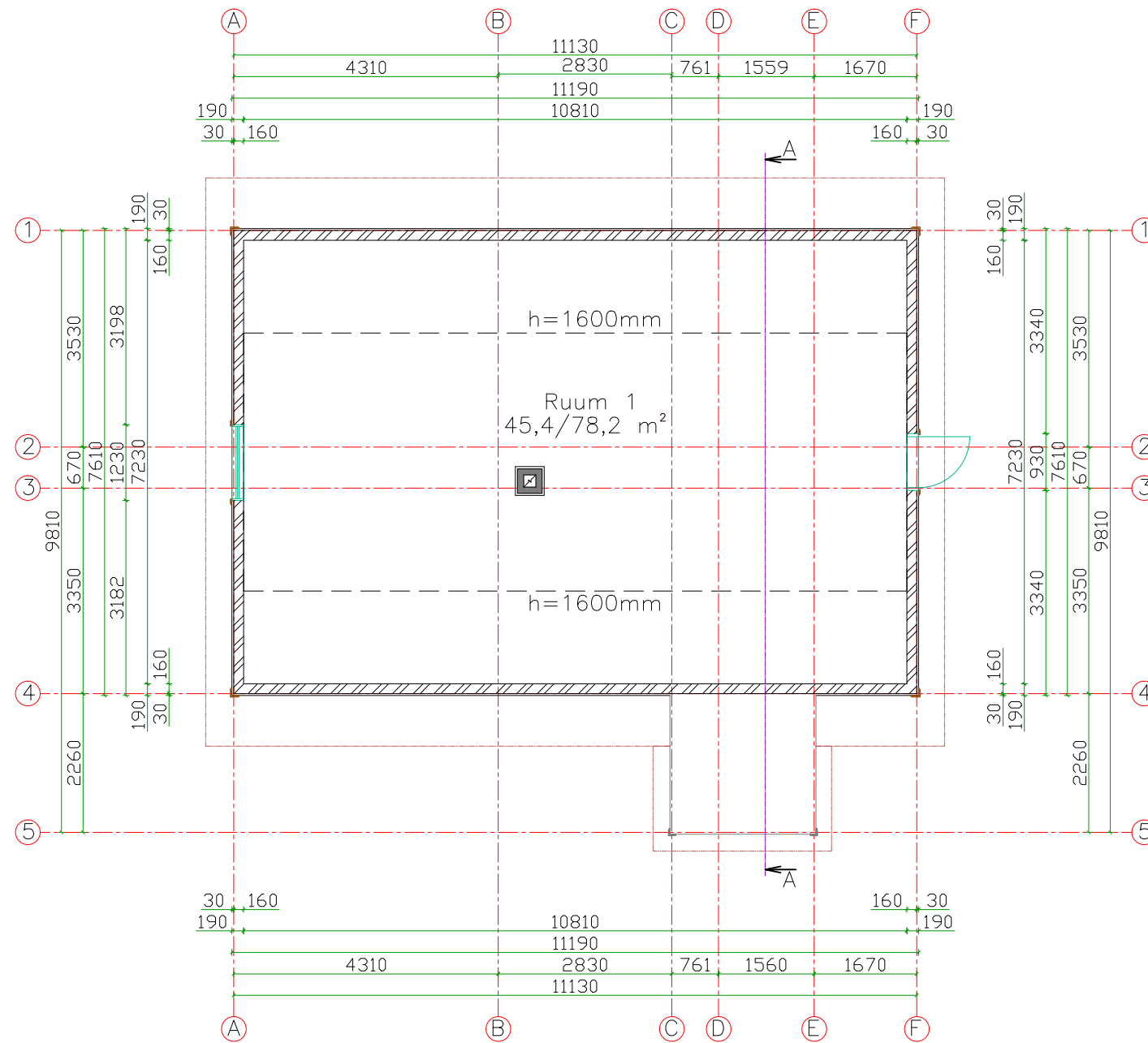
- Tahatud palk
- Soojustus, saepuru
- Ahi/soojamüür
- Korsten
- Aken
- Liuguks
- Uks

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: I k põhiplaan – möödistus		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus			Leht		
TTÜ Tartu kolledž				2	49	Mõõtkava 1:100 (A3)

Vaade - C

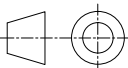
-  - Tahatud palk
-  - Koprsten
-  - Aken
-  - Uks

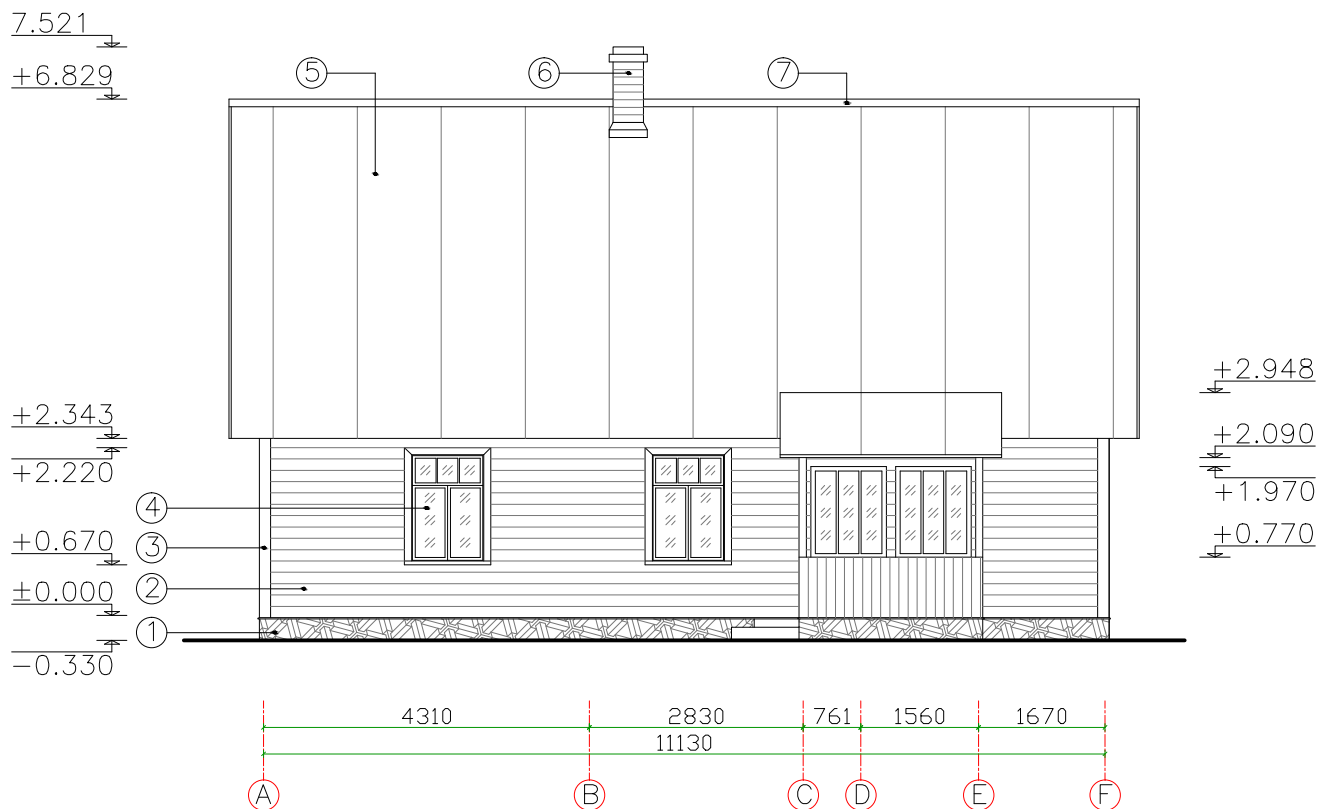
Vaade - B



Vaade - D

Vaade - A

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Katusekorruse põhiplaan – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus			Leht	Lehti	Mõõtkava
TTÜ Tartu kolledž				3	49	1:100 (A3)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – maakivist, üle krohvitud, toon hall
2. Voodrilaud – 25x150mm punnlaud, toon – "Rootsi kollane"
3. Äärelauad – 25x120mm ja 25x95mm, toon – "Rootsi punane"
4. Aknad – puit, klaas –kirkas, toon – valge
5. Katus – eterniit, toon – hall
6. Korsten – silikaattellis, toon – valge
7. Harjaplekk – plekk 0,5mm, toon – punane

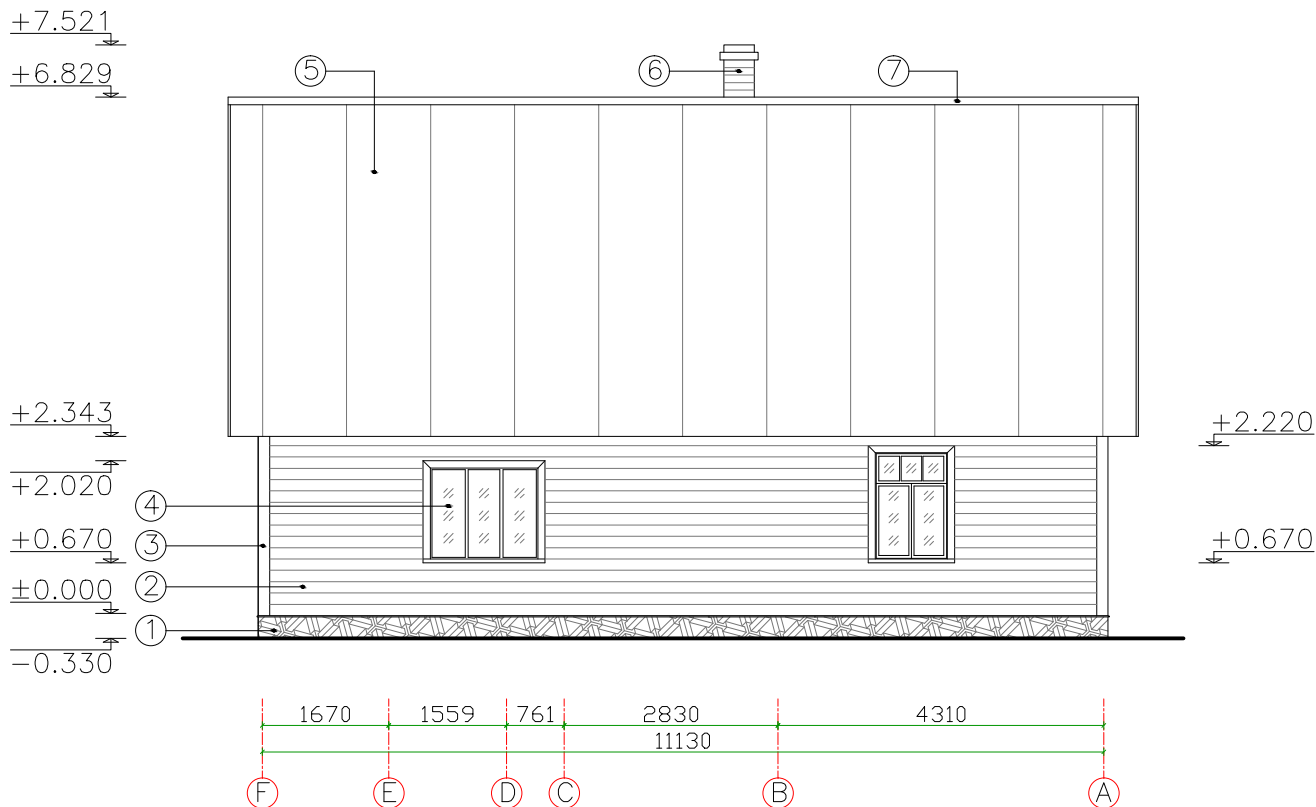
Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
Nimi		Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade A – mõõdistus	
Koostas	I. Põhjatu				
Juhendas	A. Ruus				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 4	Lehti 49
				Mõõtkava 1:100 (A4)	



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – maakivist, üle krohvitud, toon hall
2. Voodrilaud – 25x150mm punnlaud, toon – "Rootsi kollane"
3. Äärelauad – 25x120mm ja 25x95mm, toon – "Rootsi punane"
4. Aknad – puit, klaas –kirkas, toon – valge
5. Korsten – silikaattellis, toon – valge
6. Välisuks – puituks

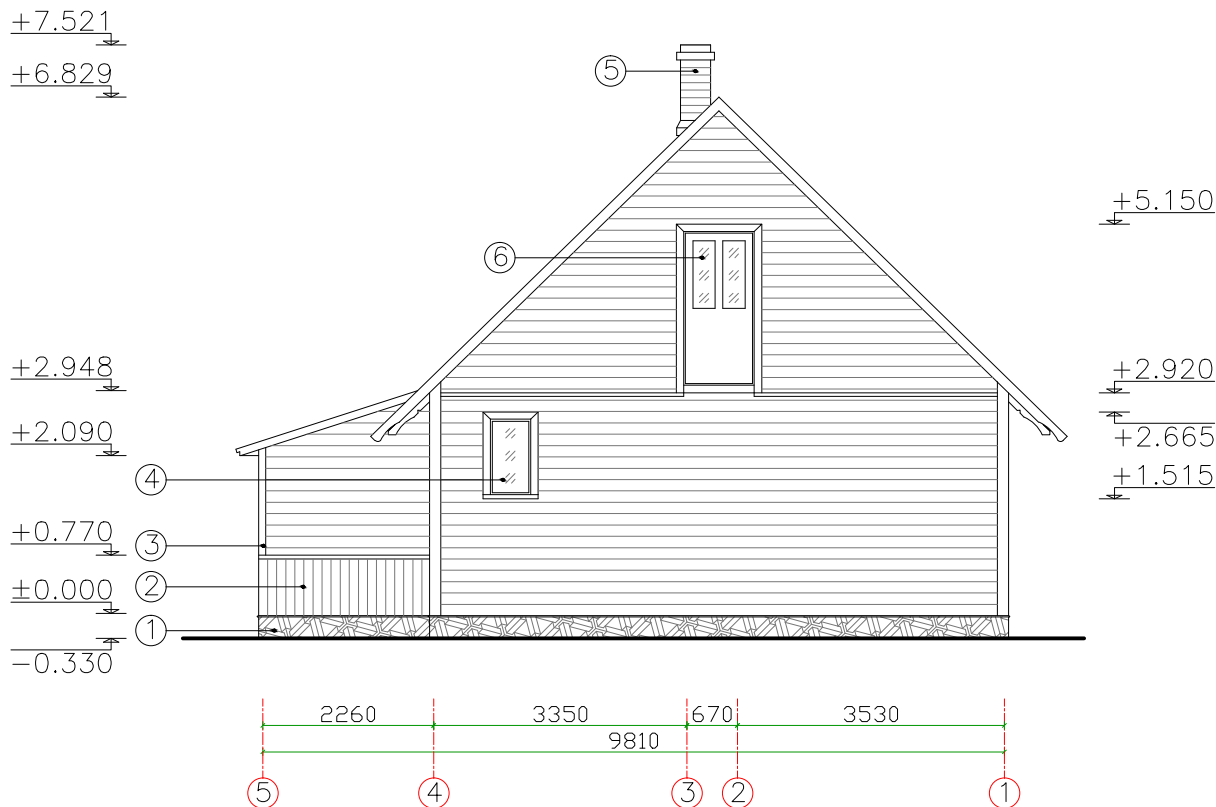
	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade B – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 5	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – maakivist, üle krohvitud, toon hall
2. Voodrilaud – 25x150mm punnlaud, toon – "Rootsi kollane"
3. Äärelauad – 25x120mm ja 25x95mm, toon – "Rootsi punane"
4. Aknad – puit, klaas –kirkas, toon – valge
5. Katus – eterniit, toon – hall
6. Korsten – silikaattellis, toon – valge
7. Harjaplekk – plekk 0,5mm, toon – punane

Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
Nimi		Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade C – mõõdistus	
Koostas	I. Põhjatu				
Juhendas	A. Ruus				
TTÜ Tartu kolledž			Leht 6	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – maakivist, üle krohvitud, toon hall
2. Voodrilaud – 25x150mm punnlaud, toon – "Rootsi kollane"
3. Äärelauad – 25x120mm ja 25x95mm, toon – "Rootsi punane"
4. Aknad – puit, klaas – kirkas, toon – valge
5. Korsten – silikaattellis, toon – valge
6. Välisuks – puit, klaas – kirkas, toon – punane

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade D – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 7	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)

Välissein VS-1:

1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Tahatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga
3. Tuulutuslatt 50x30 mm, samm 1000mm
4. Voodrilaud 25x150 mm, toon "Rootsi kollane"

Välissein VS-2:

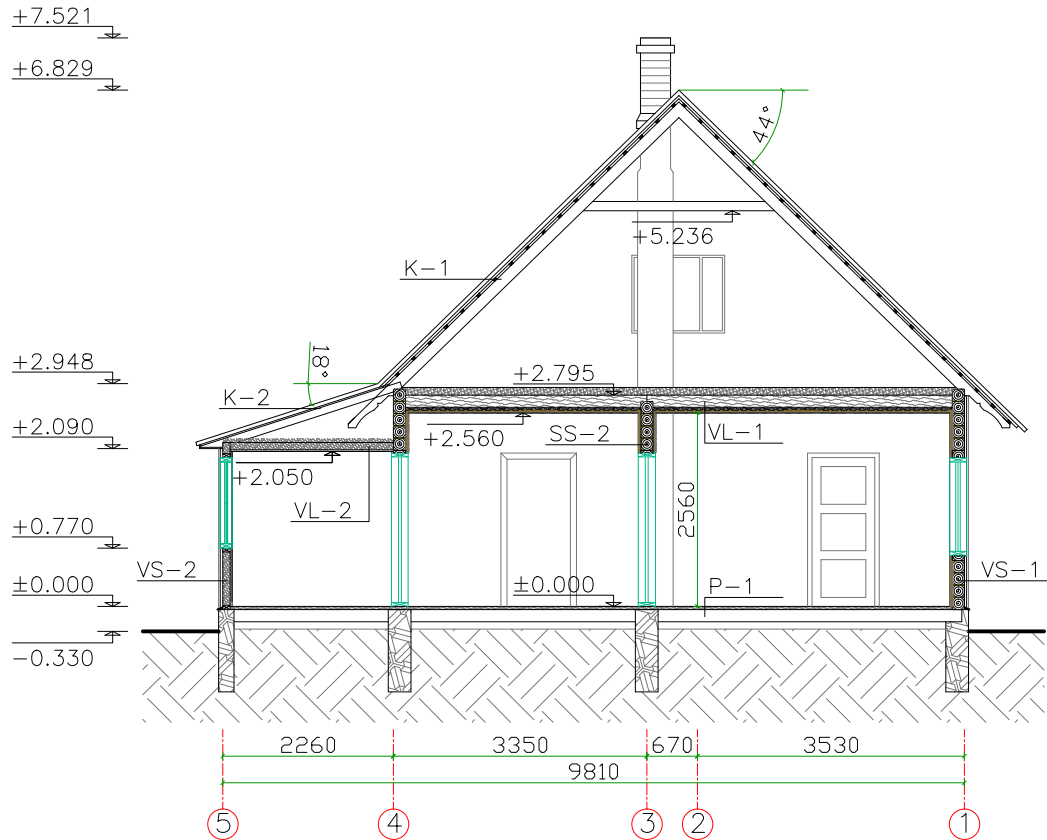
1. Seina laudis 25x100 mm
2. Puitkarkass 50x100 mm, vahel soojustus saepuru
3. Ruberoid
4. Tuulutuslatt 30x50 mm, samm 1000mm
5. Voodrilaud 25x150 mm, toon "Rootsi kollane"

Sisesein SS-2:

1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Tahatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga
3. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm

Vahelagi VL-1:

1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Laelaudis "Poola lagi" 2x 20x100 mm
3. Vahelaetoala, tahatud palk 160x160 mm, samm 1030mm, soojustatud saviga
4. Soojustus, põhk, 100 mm



Vahelagi VL-2:

1. Laelaudis, 20 mm
2. Ruberoid
3. Laetala, 50x100 mm, soojustatus - saepuru

Põrand P-1:

1. Põrandalaud 40x120 mm
2. Pärandatala, tahatud palk 160x160 mm
3. Pinnas - kruusliiv

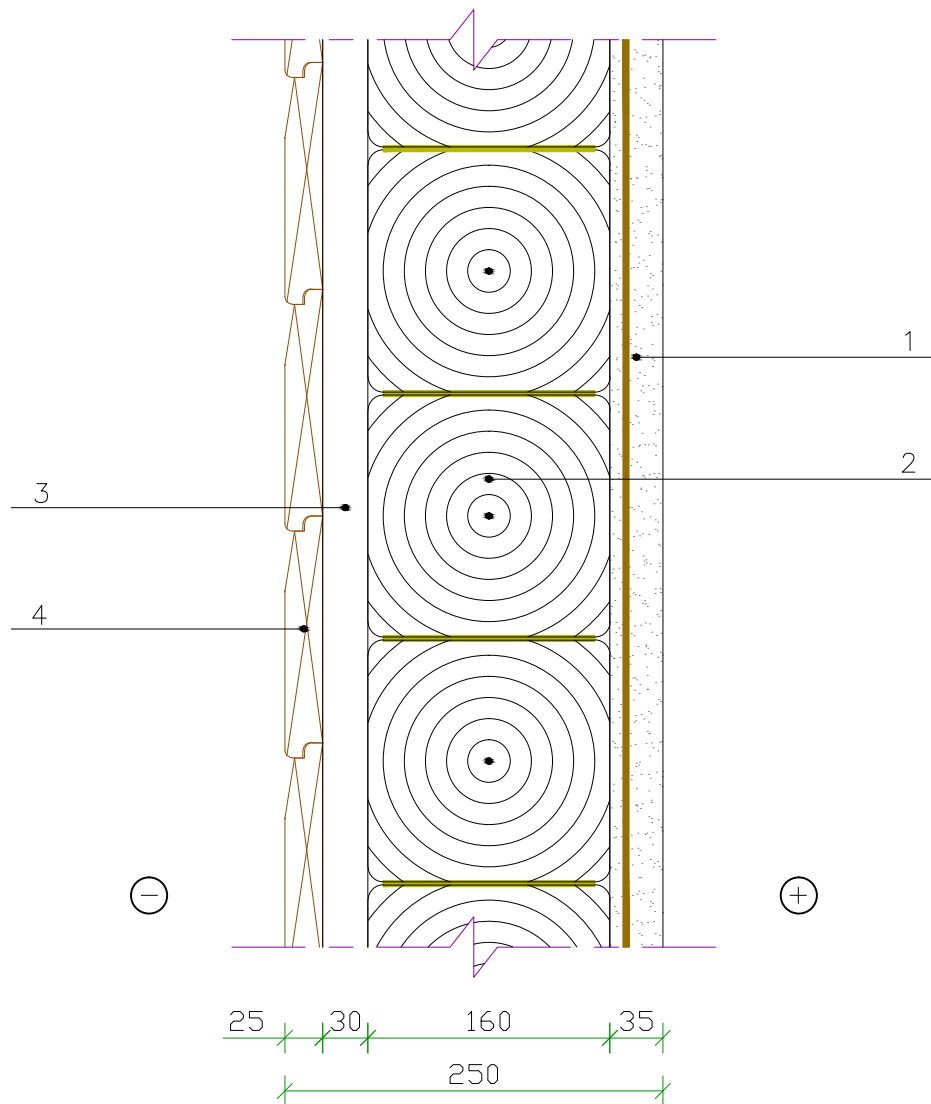
Katus K-1:

1. Sarikas, tahatud palk, 150 mm, samm 1550 mm
2. Roov, 30x50mm, samm 300 mm
3. Laast, 3 kihti, 30 mm
4. Eterniit, toon hall

Katus K-2:

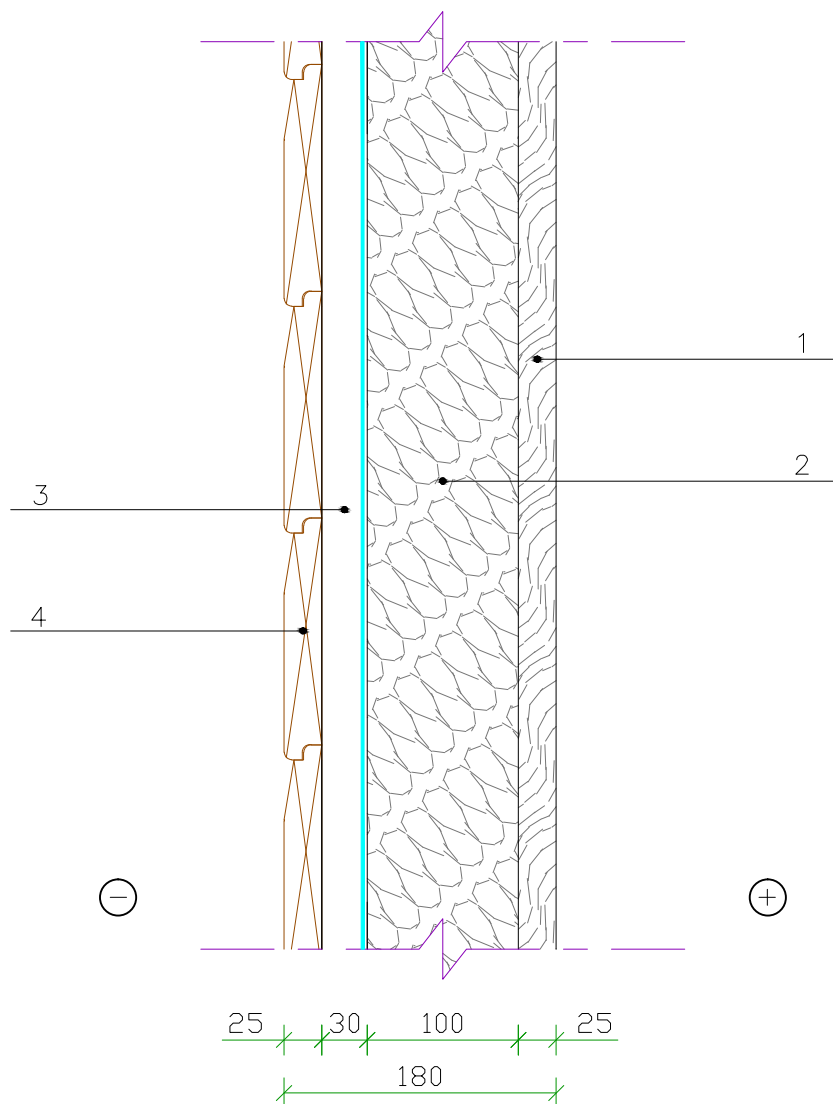
1. Sarikas, puitpruss 50x100 mm, samm 600mm
2. Laudis, 20x100 mm
3. Ruberoid
4. Eterniit, toon hall

Tellija: Priit Põhjatu		Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214	
Nimi	Allkiri	Kuup.	
Koostas	I. Põhjatu		
Juhendas	A. Ruus		
TTÜ Tartu kolledž		Leht 8	Lehti 49
		Mõõtkava 1:100 (A4)	



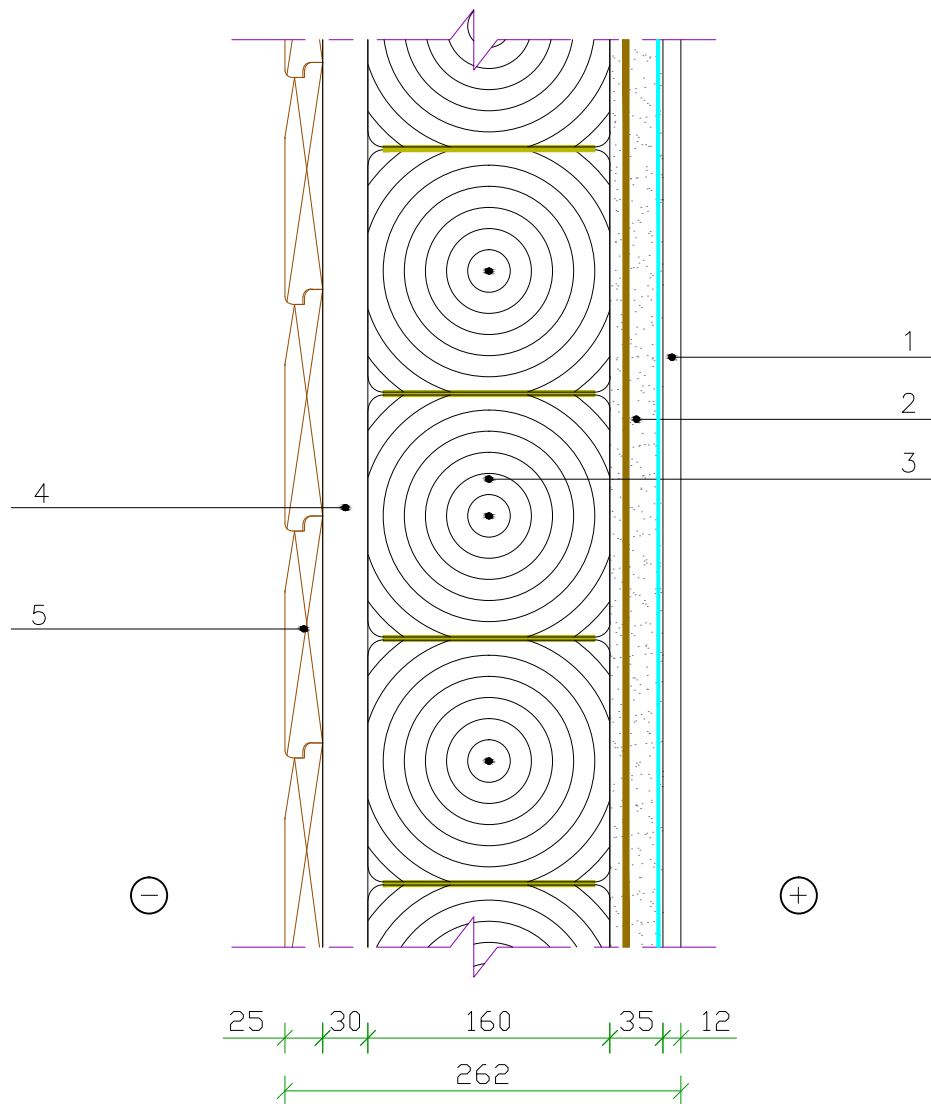
1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Tahutatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga
3. Tuulutusslatt 50x30 mm, samm 1000 mm
4. Voodrilaud 25x150 mm, toon "Rootsi kollane"

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sein VS-1 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 9	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



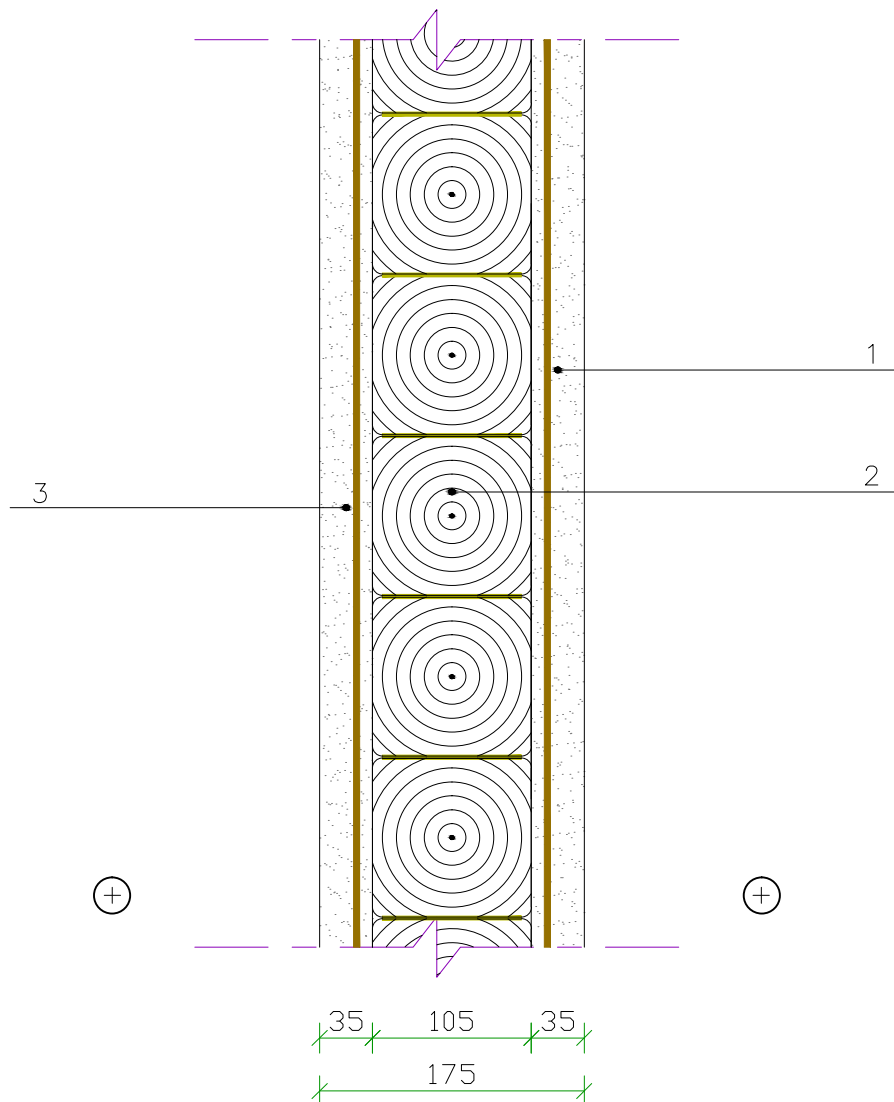
1. Seinlaud 25x100 mm
2. Puitkarkass 50x100 mm, vahel soojustus saepuru
3. Bituumenrullmaterjal
4. Tuulutuslatt 30x50 mm, samm 1000 mm
5. Voodrilaud 25x150 mm, toon "Rootsi kollane"

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Põõritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seinlaud VS-2 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 10	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



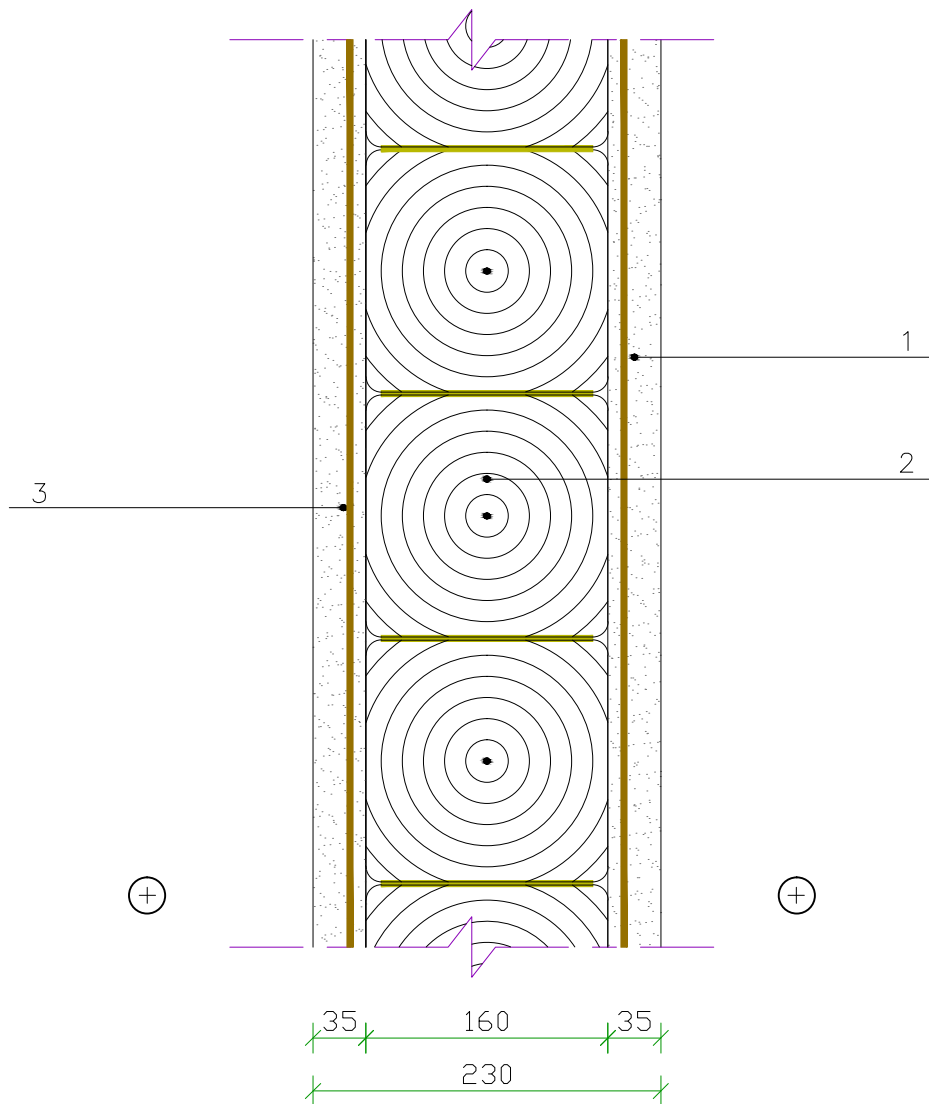
1. Keraamiline plaat + segu, 8 mm + 4 mm
2. Hüdroisolatsioon
3. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
4. Tahutud palk 160x160 mm, tihendatud taguga
5. Tuulutuslatt 50x30 mm, samm 1000mm
6. Voodrilaud 25x150 mm, toon "Rootsi kollane"

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina VS-3 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 11	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



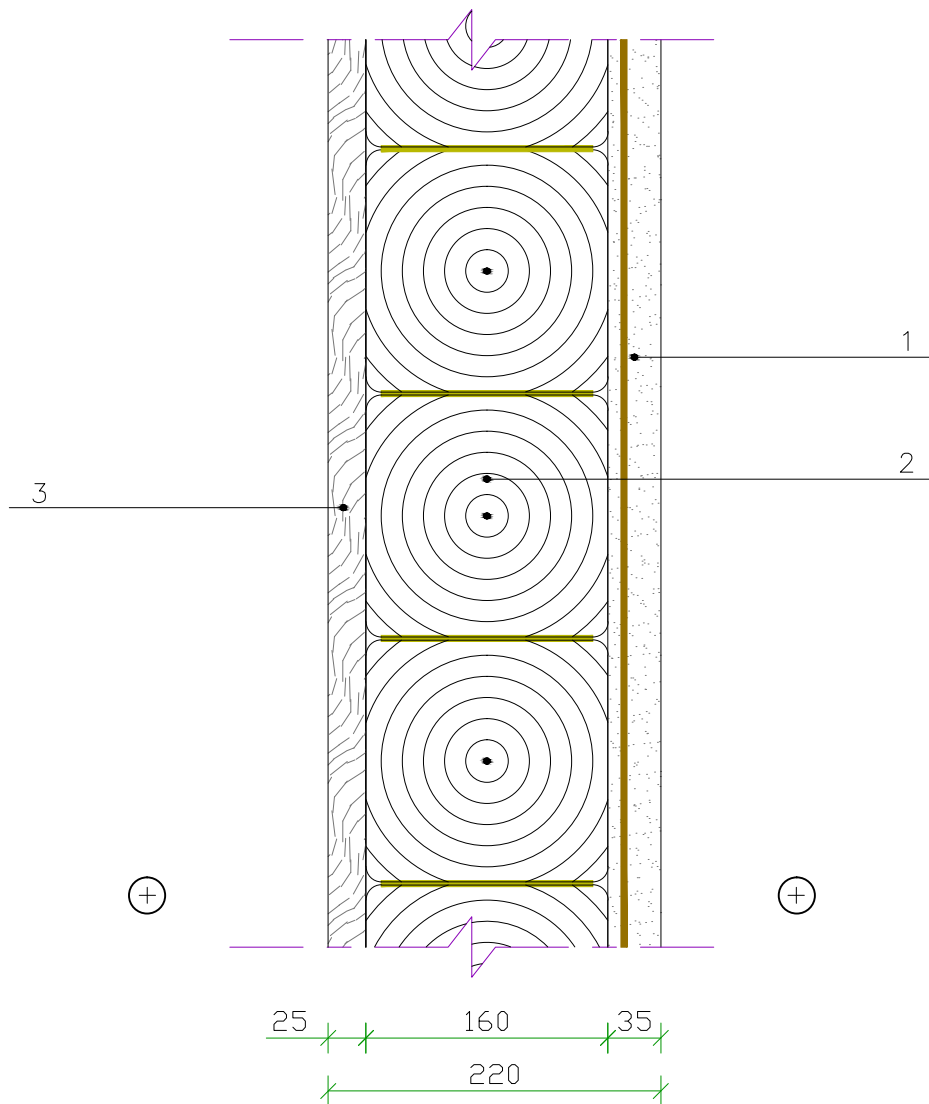
1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Tahutatud palk 105x105 mm, tihendatud takuga
3. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina SS-1 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 12	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



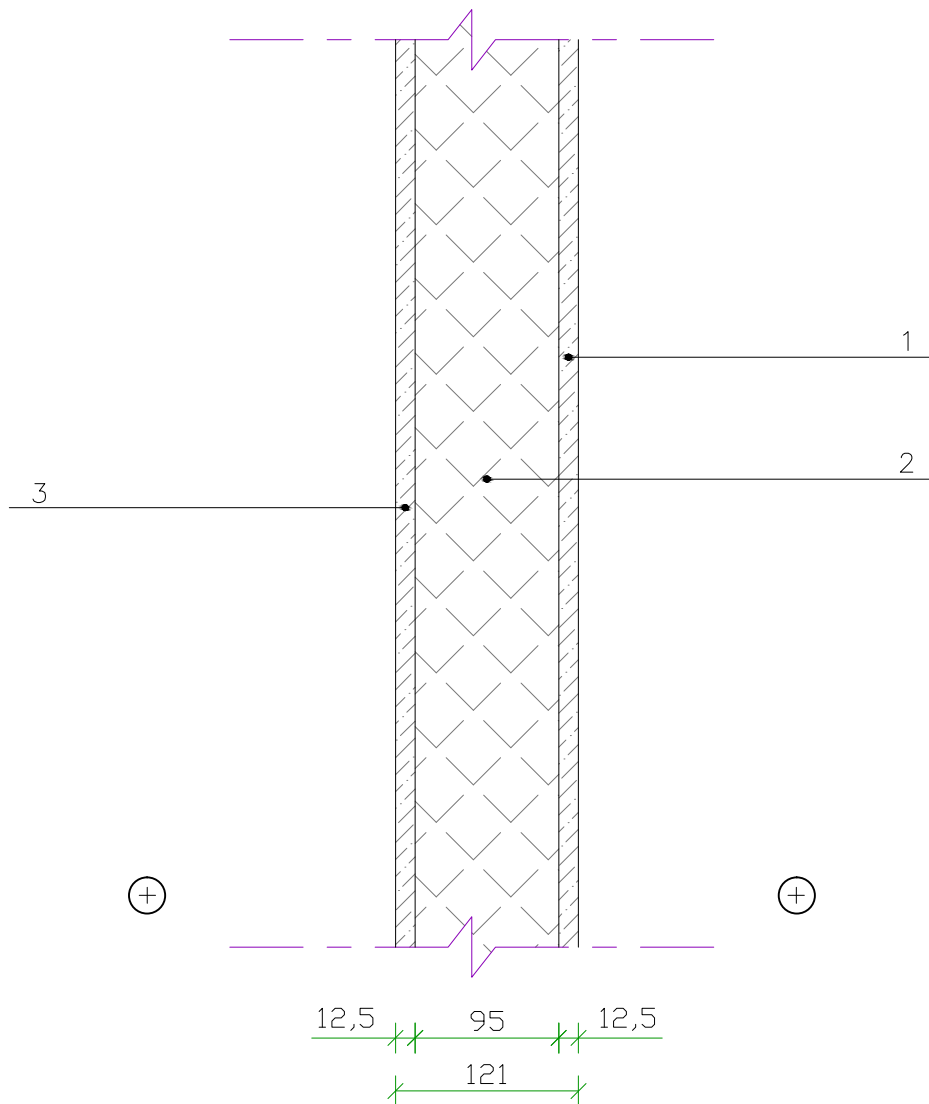
1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Tahutud palk 160x160 mm, tihendatud takuga
3. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sein SS-2 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 13	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



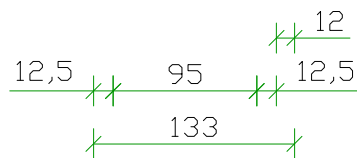
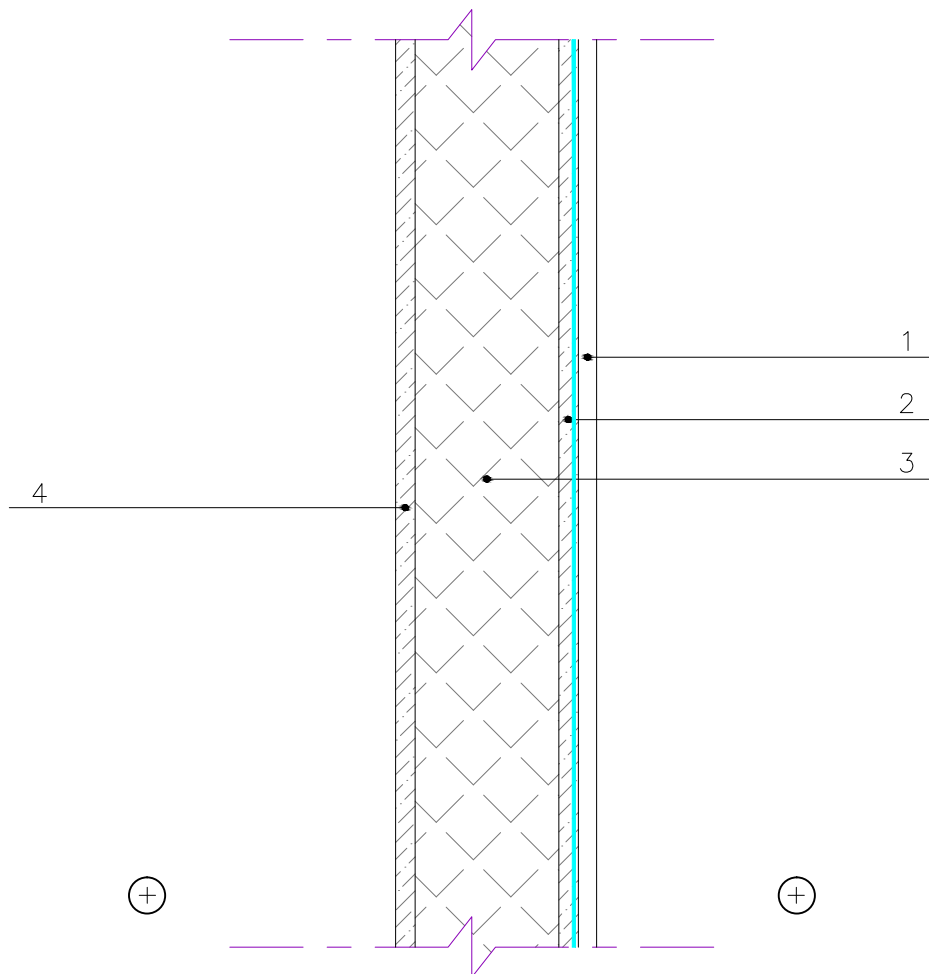
1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Tahutatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga
3. Seinlaudis, 25x100 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina SS-3 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 14	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



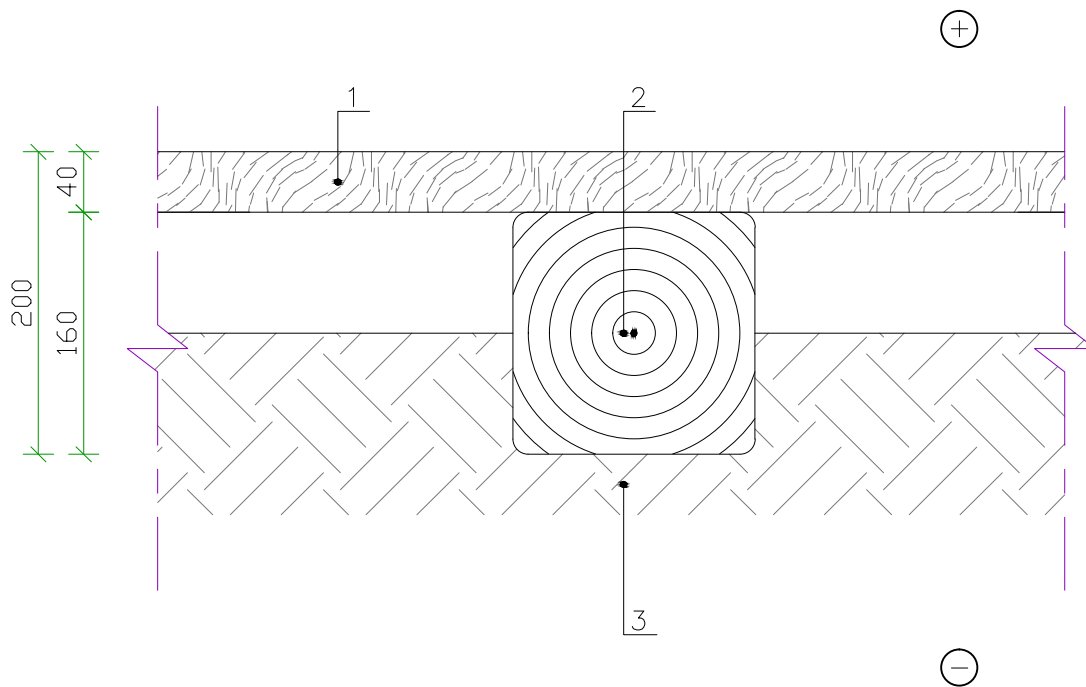
1. Kipsplaat 12,5 mm
2. Metallkarkass 95x42 mm, soojustamata
3. Kipsplaat 12,5 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sein SS-4 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 15	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



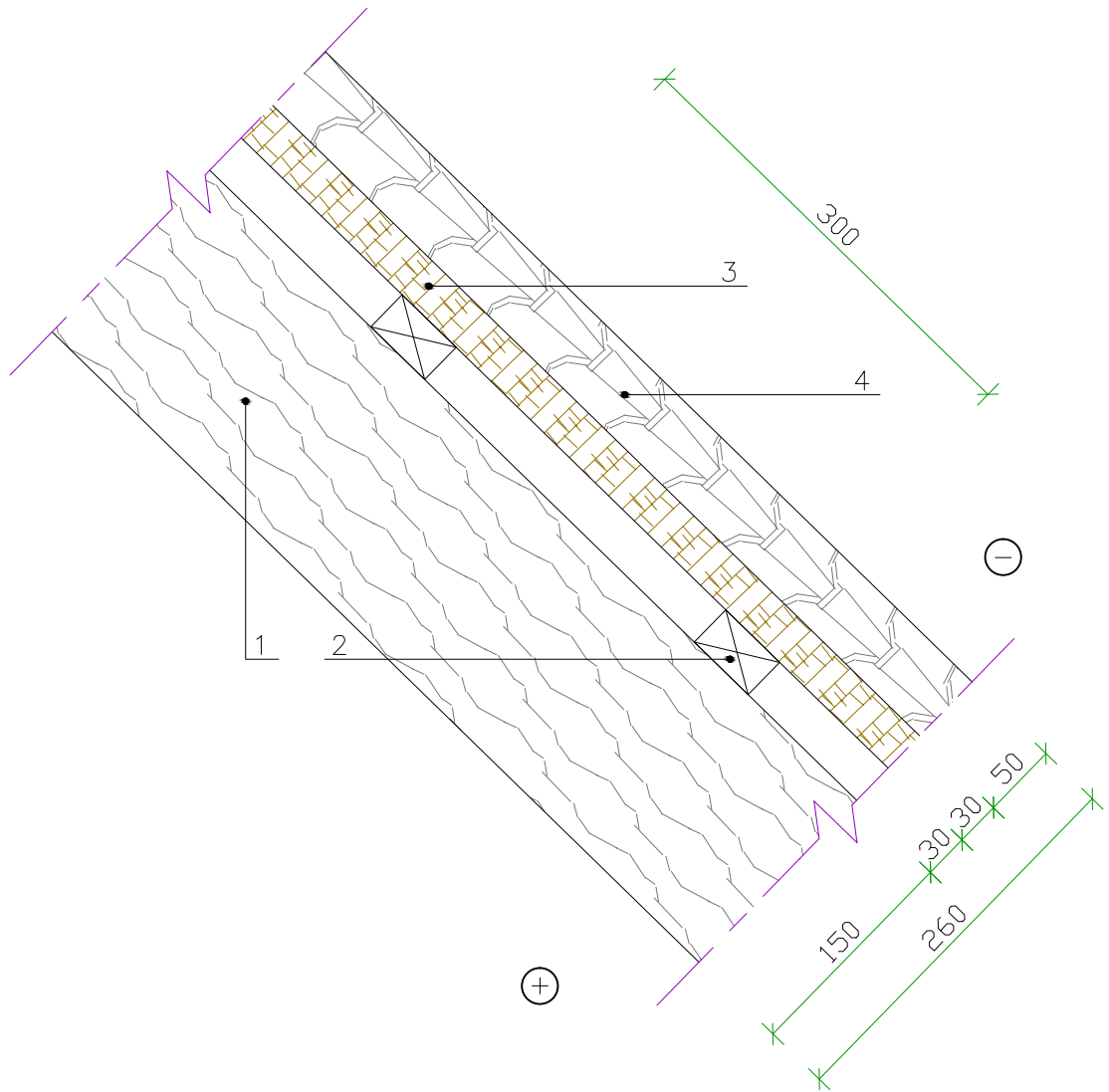
1. Keraamiline plaat + segu, 8 mm + 4 mm
2. Hüdroisolatsioon
3. Kipsplaat 12,5 mm
4. Metallkarkass 95x42 mm, soojustamata
5. Kipsplaat 12,5 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sein SS-5 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 16	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



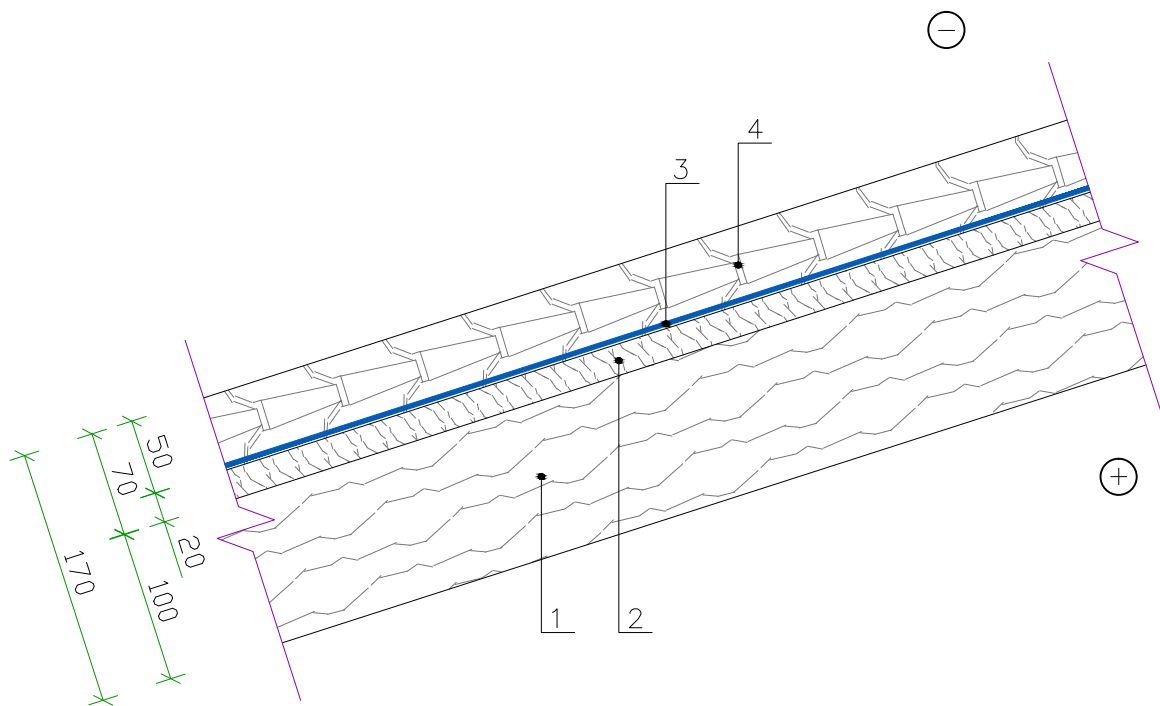
1. Põrandalaud 40x120 mm
2. Pärandatala, tahatud palk 160x160 mm
3. Pinnas – kruusliiv

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
		Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Põranda P-1 lõige – mõõdistus	
	Koostas	I. Põhjatü				
	Juhendas	A. Ruus				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 17	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



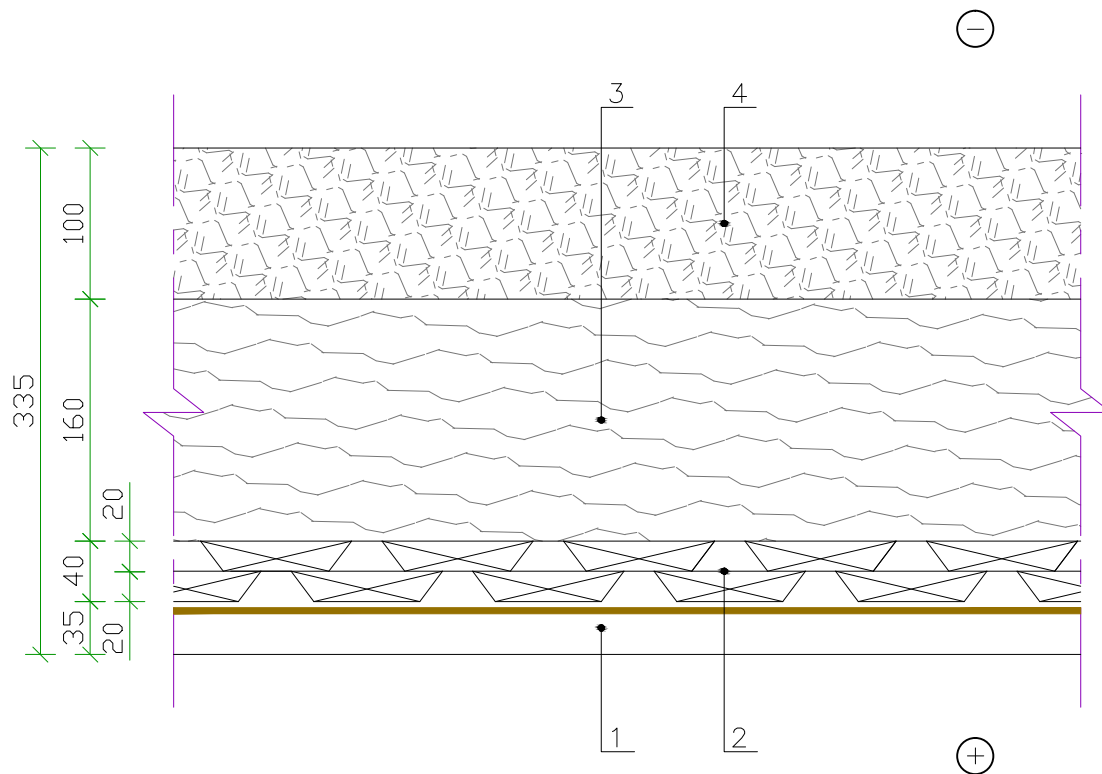
1. Sarikas, tahatud palk, 150 mm, samm 1570 mm
2. Roov, 30x50mm, samm 300 mm
3. Laast, 3 kihti, 30 mm
4. Eterniit, toon hall

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Karuse K-1 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 18	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



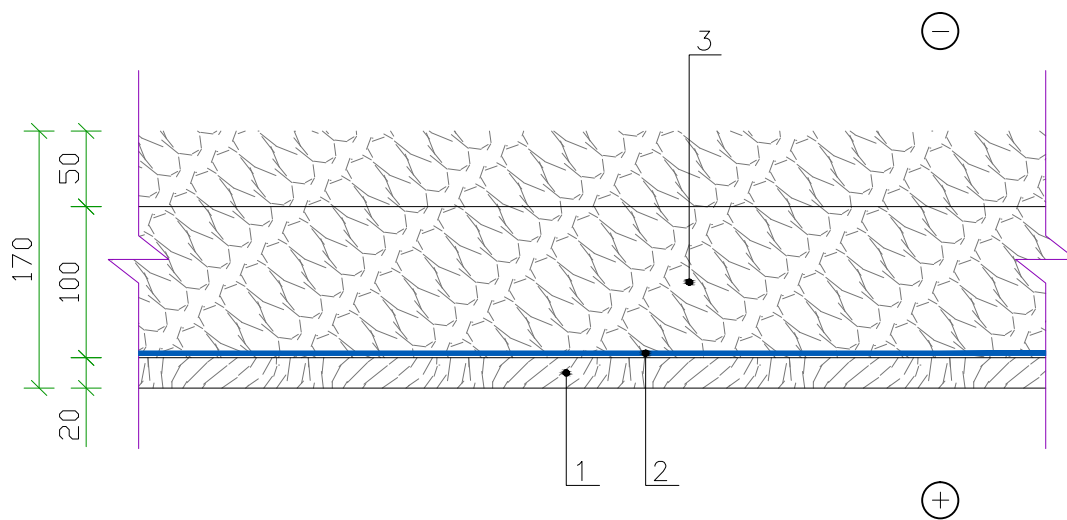
1. Sarikas, puitpruss 50x100 mm, samm 740 mm
2. Laudis, 20x100 mm
3. Bituumenrullmaterjal
4. Eterniit, toon hall

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Karuse K-2 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 19	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



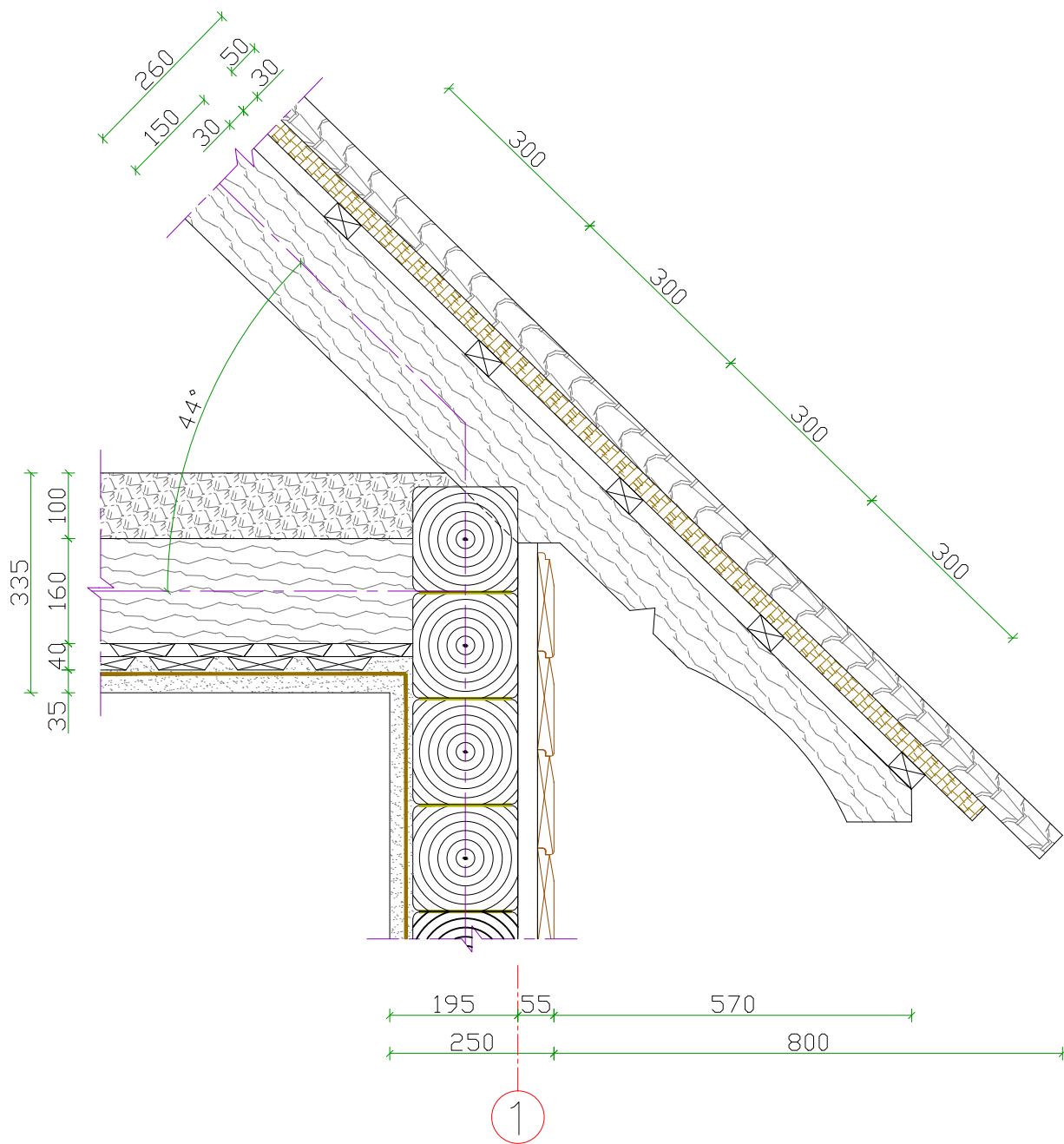
1. Lubikrohv, armeeritud puitvõrguga, 35 mm
2. Laelaudis "Poola lagi" 2x 20x100 mm
3. Vahelae tala, tahatud palk 160x160 mm, samm 1030 mm, soojustatud saviga
4. Soojustus, põhk, 100 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vahelae VL-1 lõige – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 20	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)

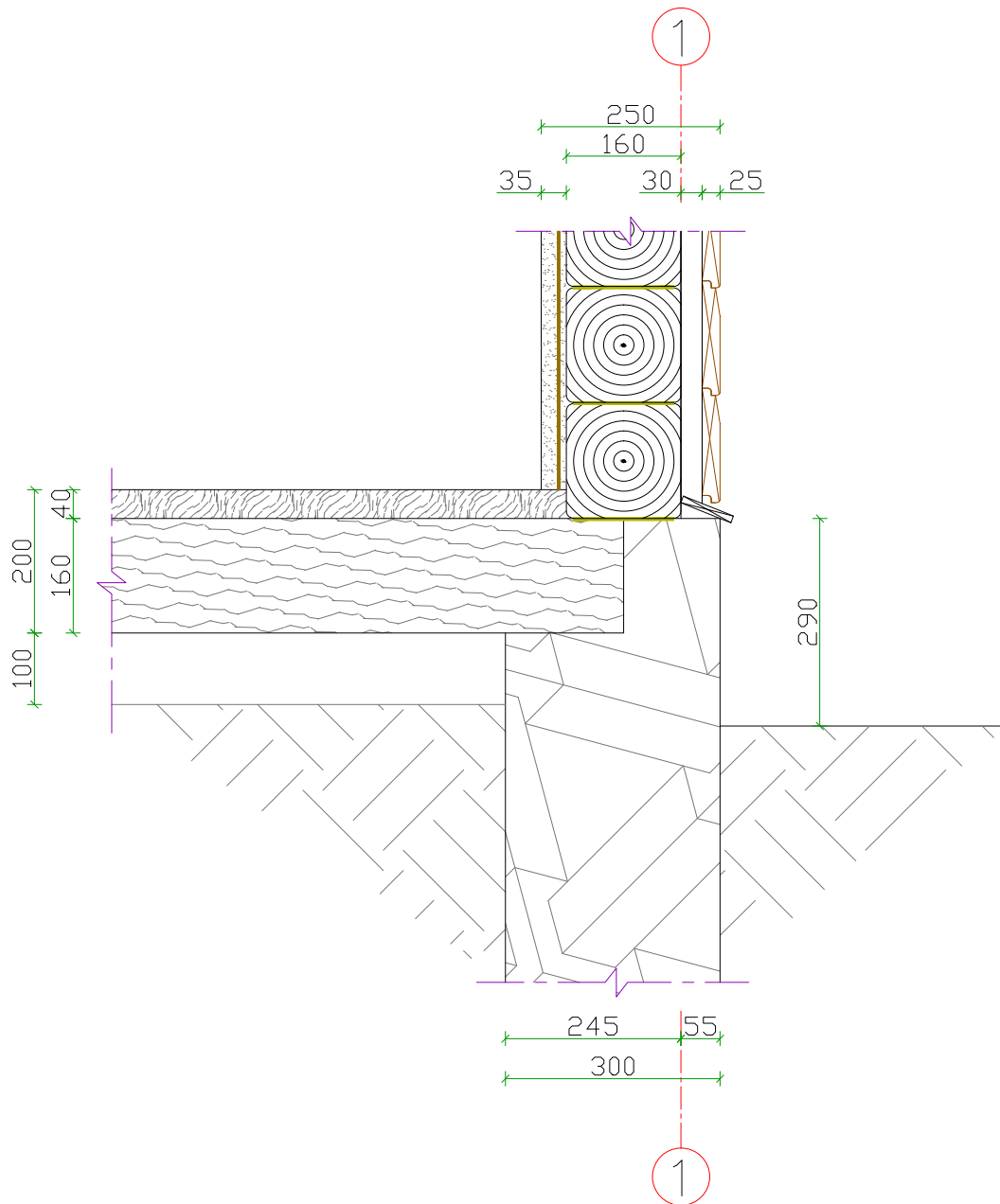


1. Laelaudis, 20x100mm, toon – punane
2. Ruberoid
3. Laetala, 50x100mm, soojustatus – saepuru

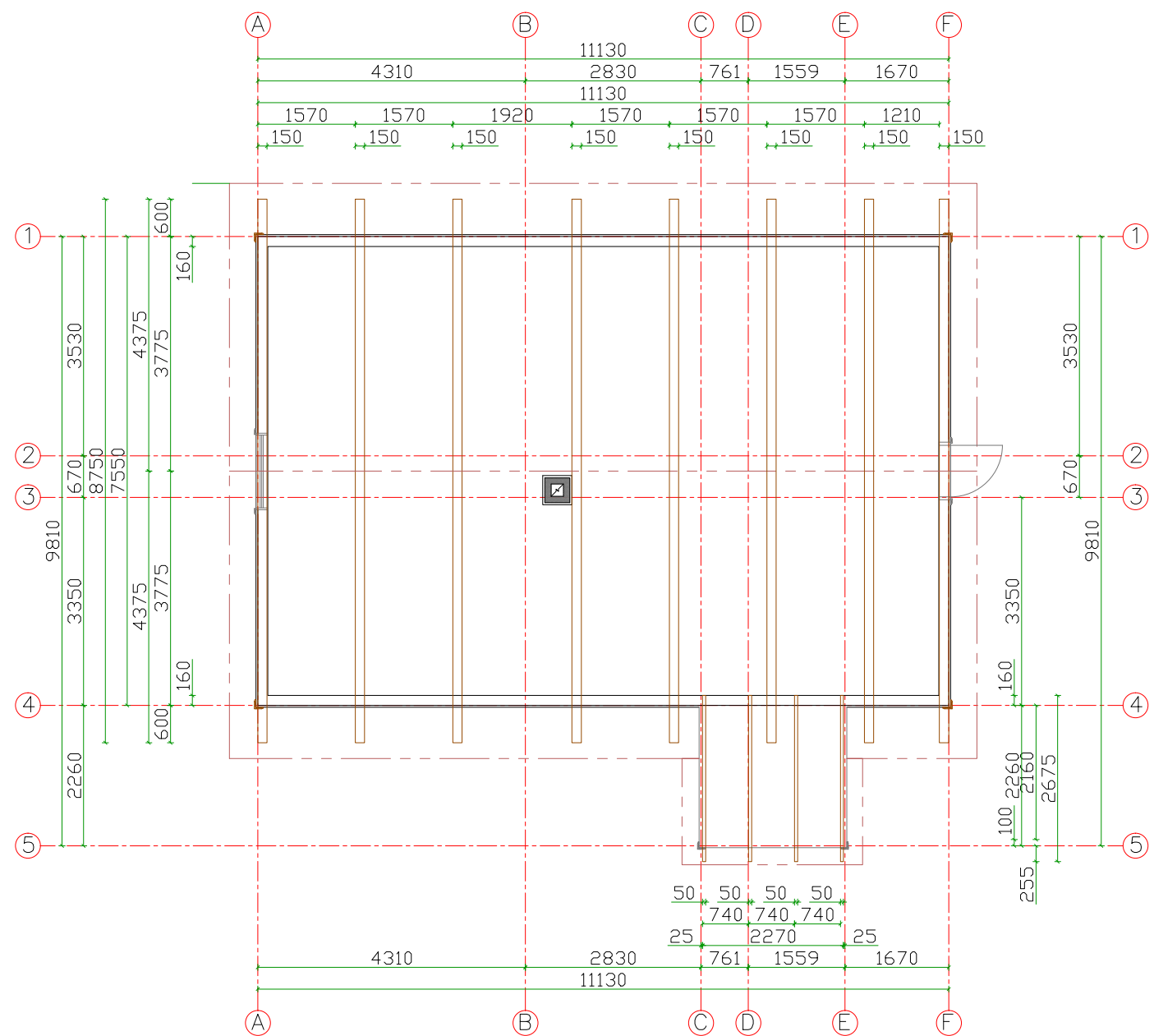
	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vahelae VL-2 lõige – mõõdistus
Koostas	I. Põhjatu			
Juhendas	A. Ruus			
TTÜ Tartu kolledž				Leht 21
				Lehti 49
				Mõõtkava 1:5 (A4)



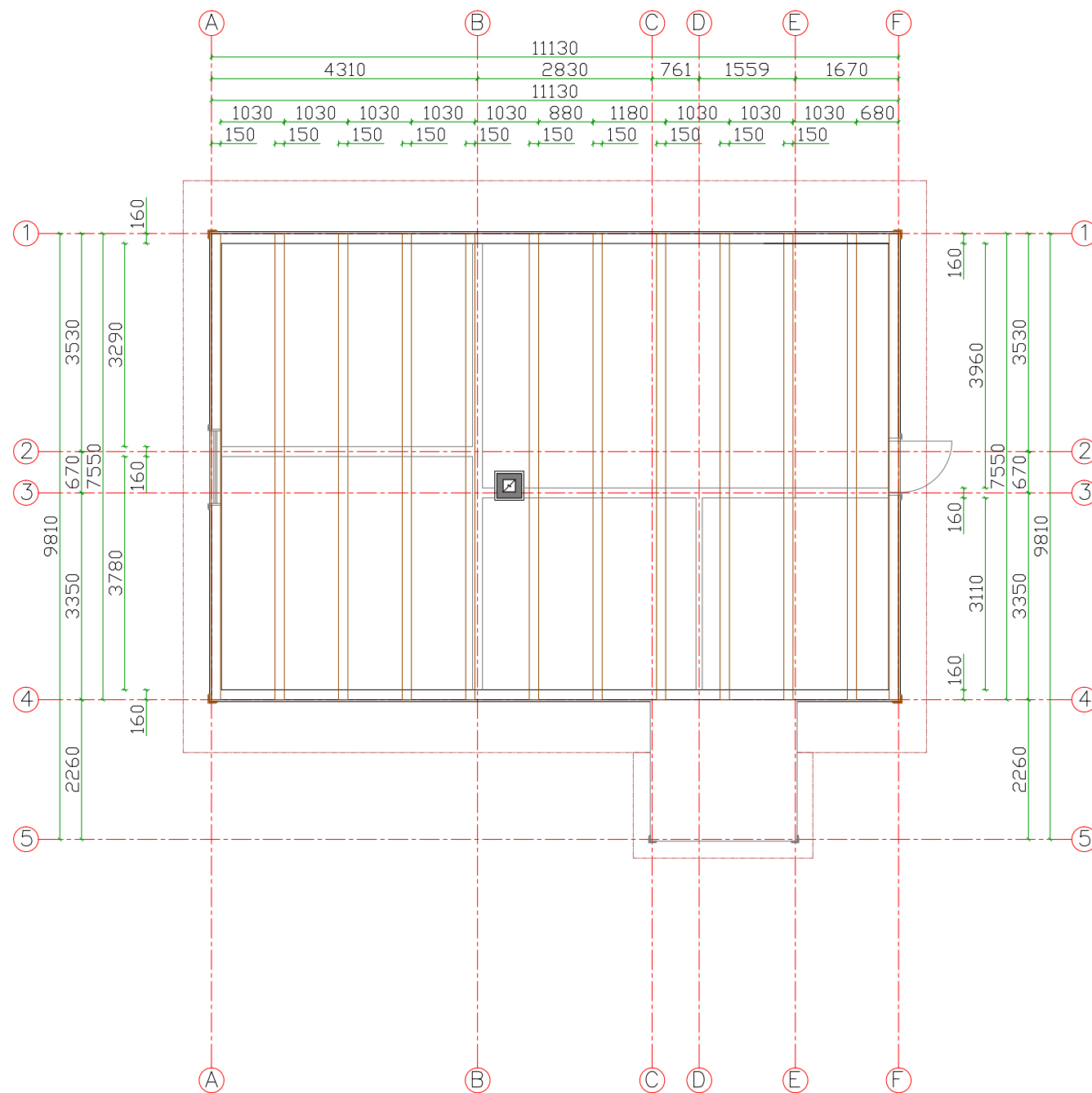
	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Räästa sõlm – möödistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 22	Lehti 49	Mõõtkava 1:10 (A4)



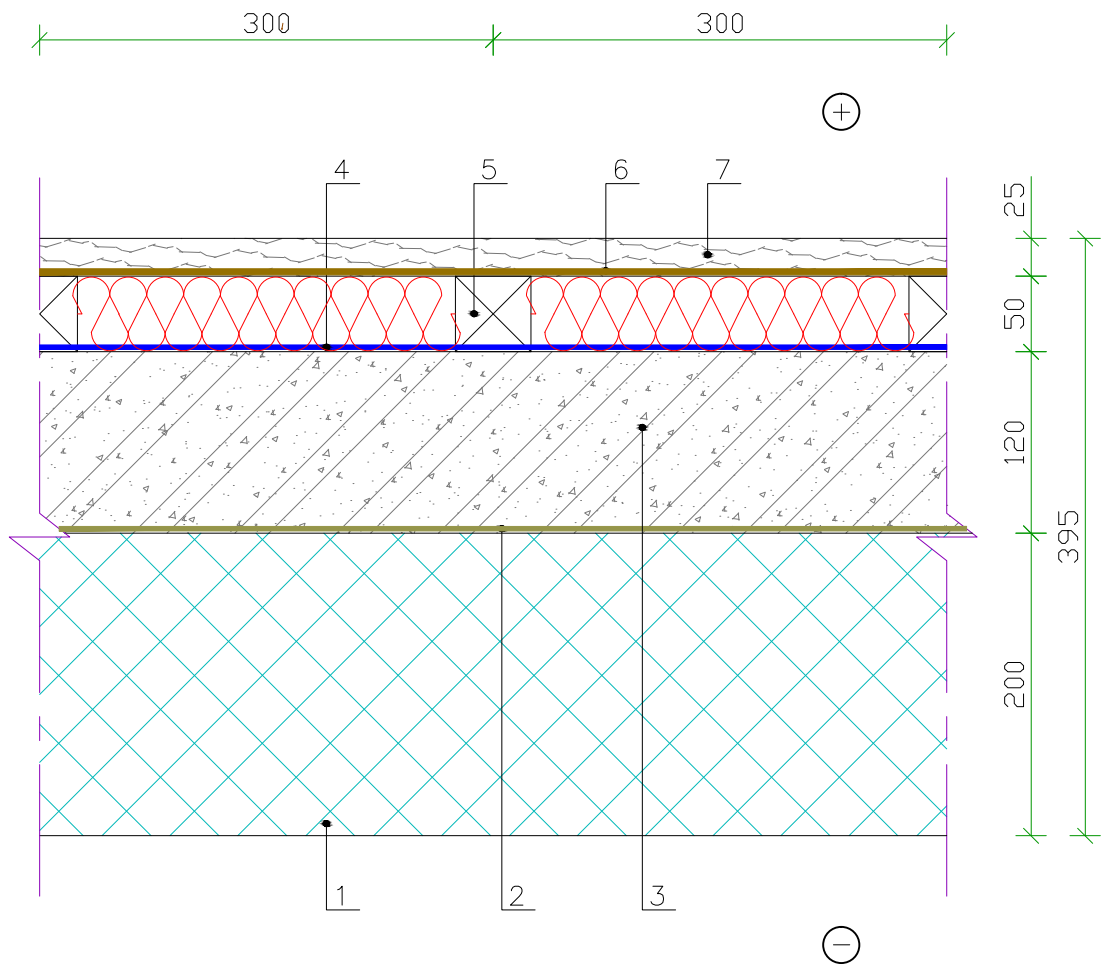
	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sokli sõlm – möödistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 23	Lehti 49	Mõõtkava 1:10 (A4)



	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sarikate plaan – mõõdistus		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus			Leht 24 Lehti 49 Mõõtkava 1:100 (A3)		
TTÜ Tartu kolledž						

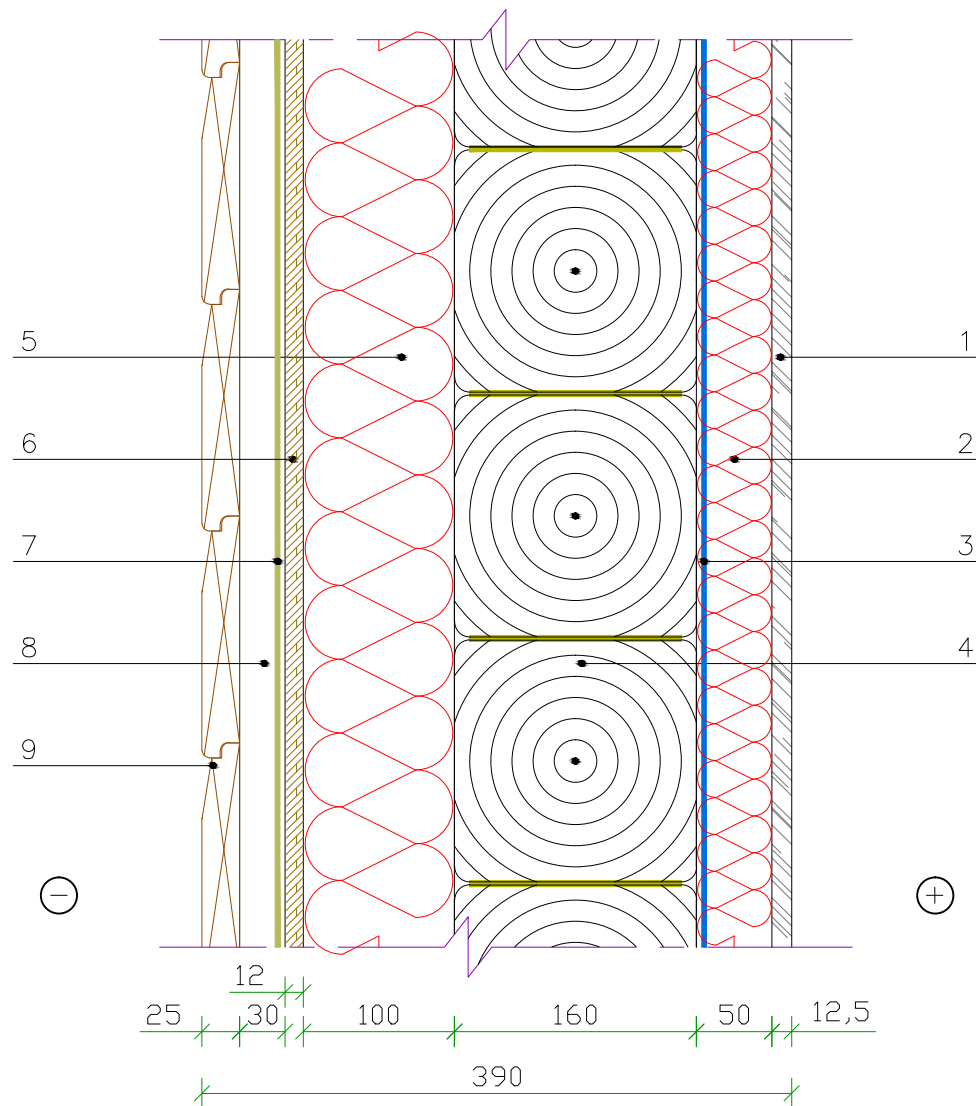


	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi I. Põhjatu	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vahelaetalade plaan – möödistus		
Koostas A. Ruus						
TTÜ Tartu kolledž				Leht 25	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A3)



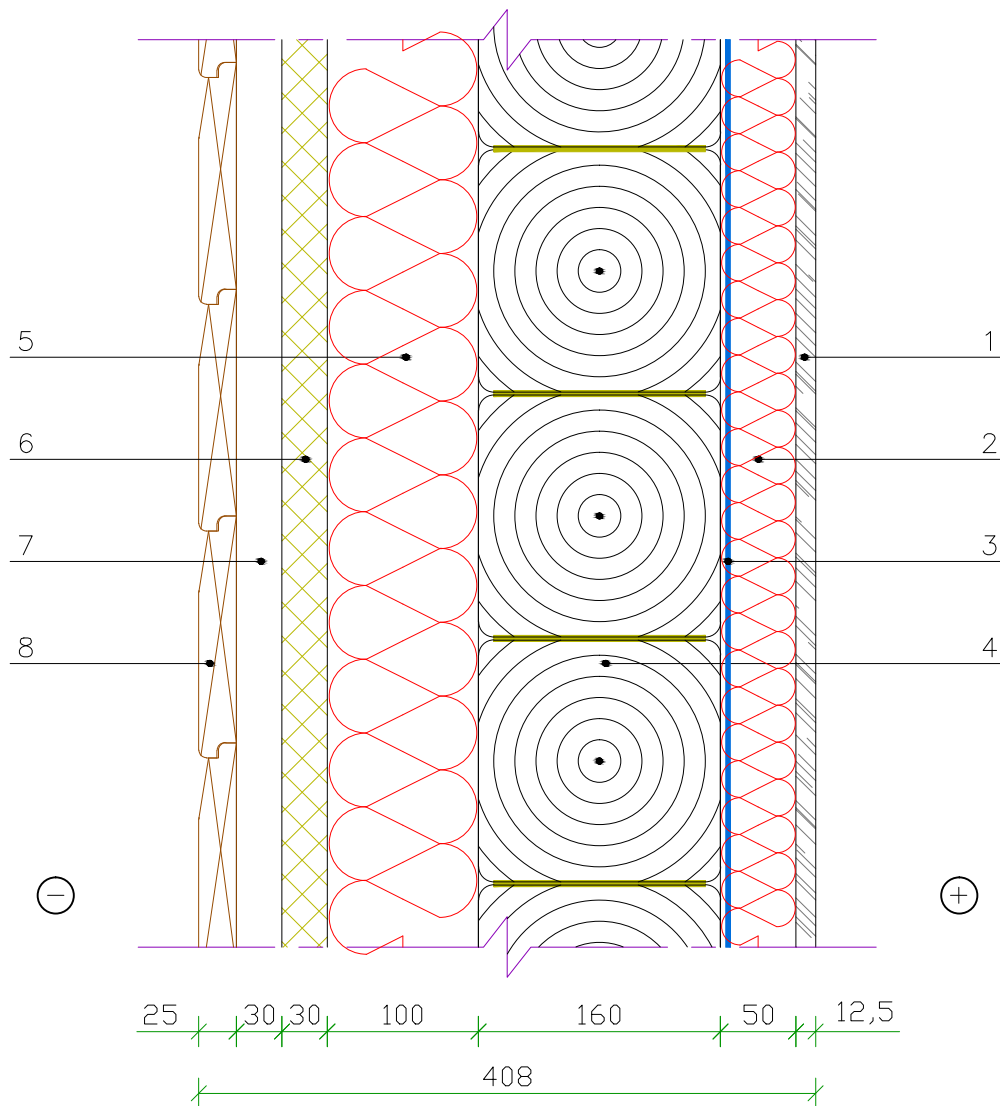
1. Soojustus, EPS 120, 100+100 mm, vuugid hajutatud
2. Valutõkkekile
3. Betoonpõrand, C20/25, armeeritud armatuurvõrguga 150x150 mm x 6 mm
4. Hüdroisolatsioon
5. Puitroov 50x50 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
6. Ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud
7. Põranda laudis, 25x100 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Põranda P-2 lõige		
	Koostas	I. Põhjatu				
	Juhendas	A. Ruus				
TTÜ Tartu kolledž				Leht 26	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



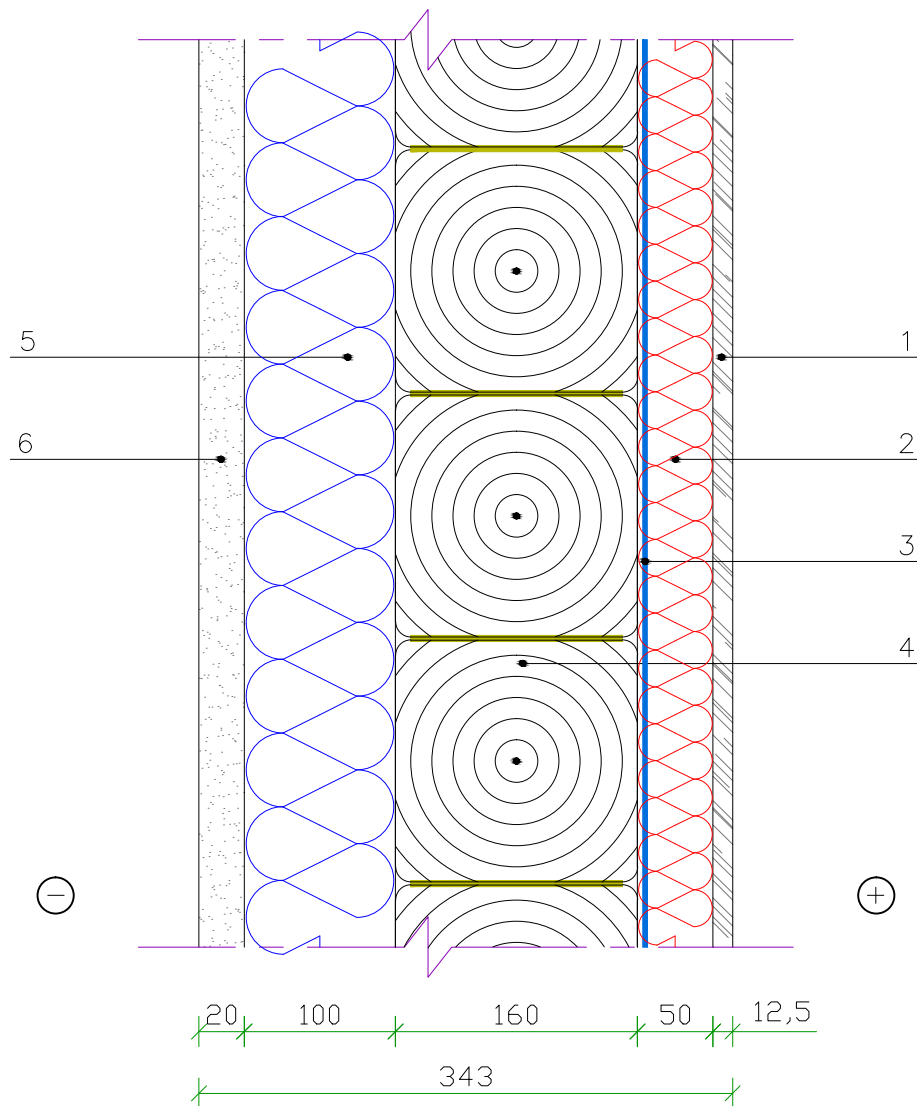
1. Kipsplaat, 12,5 mm, viismistlus vastavalt siseviimistlusele
2. Puitroov, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõke
4. Palk, 160x160 mm, tihendatud taguga
5. Puitpruss, 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm
6. Puitkiudplaat 22 mm
7. Tuuletõkkeriie
8. Tuulutustlatt, 30x50 mm, samm 600 mm
9. Voodrilaud, 25x150 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina VS-4 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 27	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



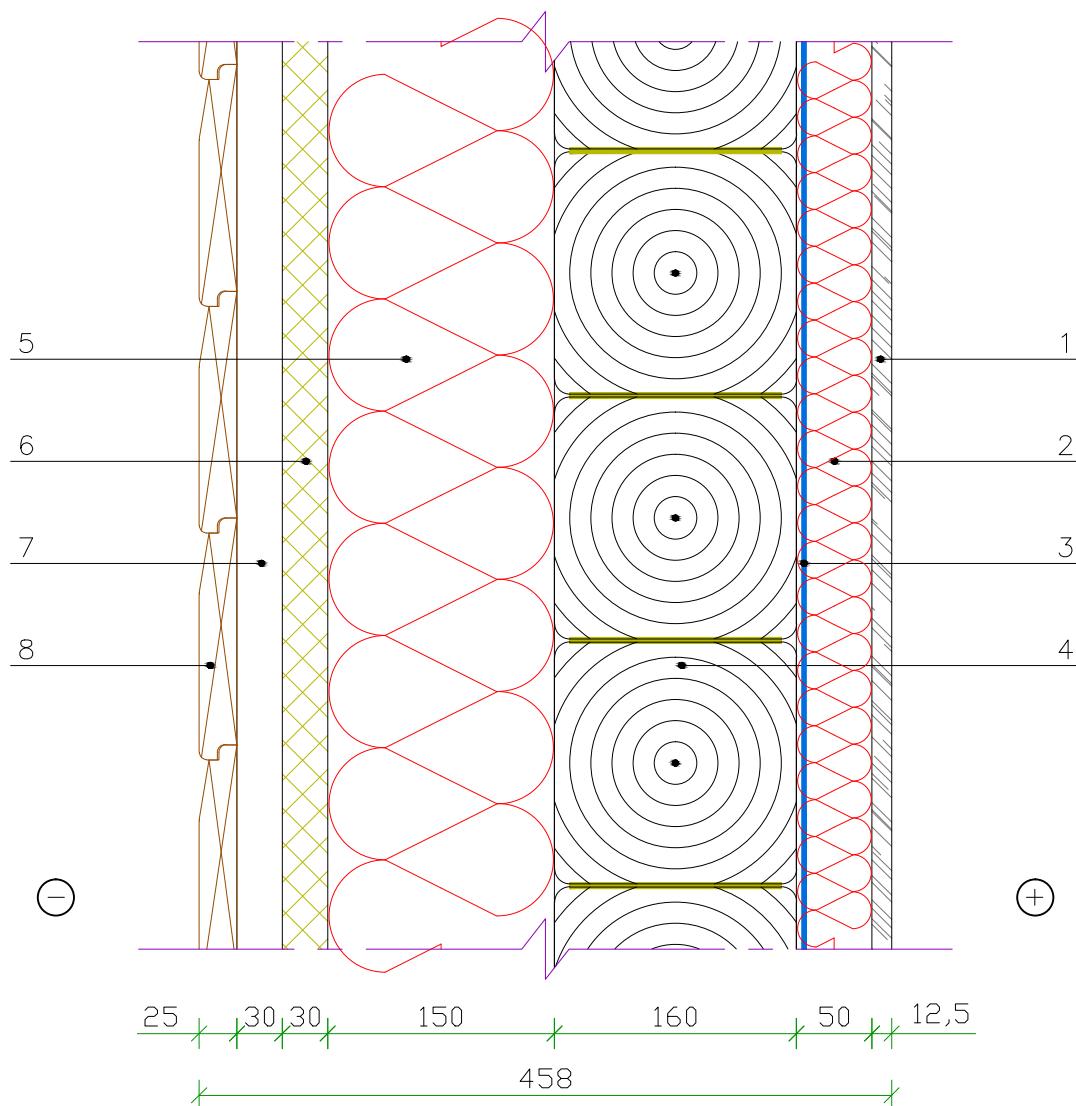
1. Kipsplaat, 12,5 mm, viismistlus vastavalt siseviimistlusele
2. Puitroov, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõke
4. Palk, 160x160 mm, tihendatud takuga
5. Puitpruss, 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm
6. Tuuletõkkeplaat, 30 mm
7. Tuulutusslatt, 30x50 mm, samm 600 mm
8. Voodrilaud, 25x150 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina VS-5 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 28	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



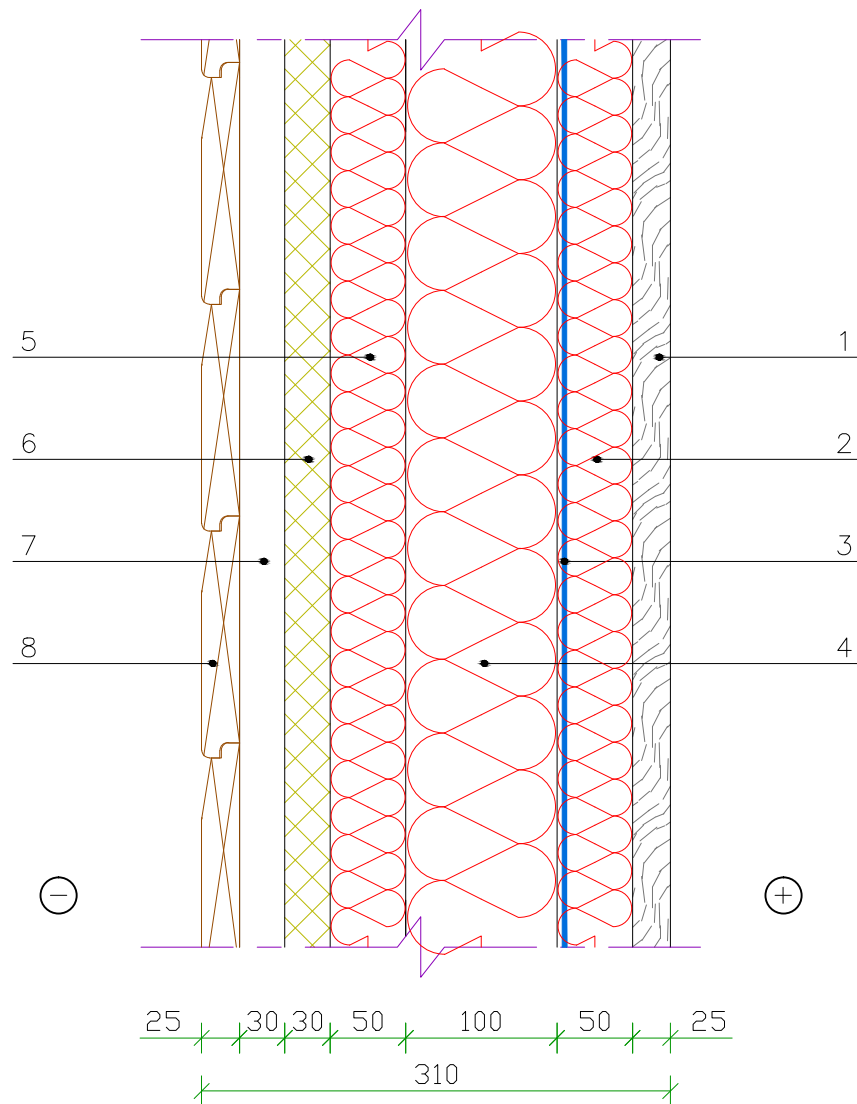
1. Kipsplaat, 12,5 mm, viismistlus vastavalt siseviimistlusele
2. Puitroov, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõke
4. Palk, 160x160 mm, tihendatud takuga
5. Jäik krohvitav villaplaat, 100 mm
6. Tsementkrohv, 20 mm, armeeritud 2x

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina VS-6 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 29	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



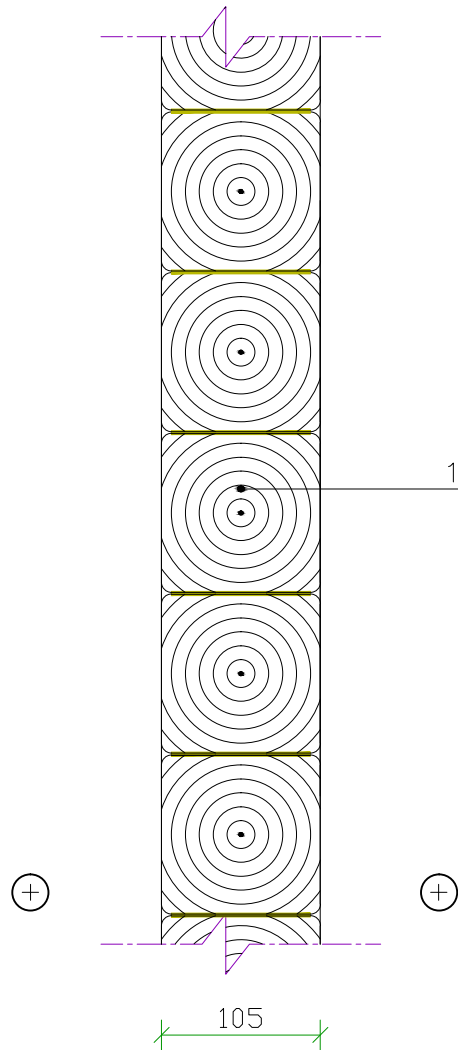
1. Kipsplaat, 12,5 mm, viismistlus vastavalt siseviimistlusele
2. Puitroov, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõke
4. Palk, 160x160 mm, tihendatud taguga
5. Puitpruss, 50x150 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 150 mm
6. Tuuletõkkeplaat, 30 mm
7. Tuulutusslatt, 30x50 mm, samm 600 mm
8. Voodrilaud, 25x150 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina VS-7 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 30	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



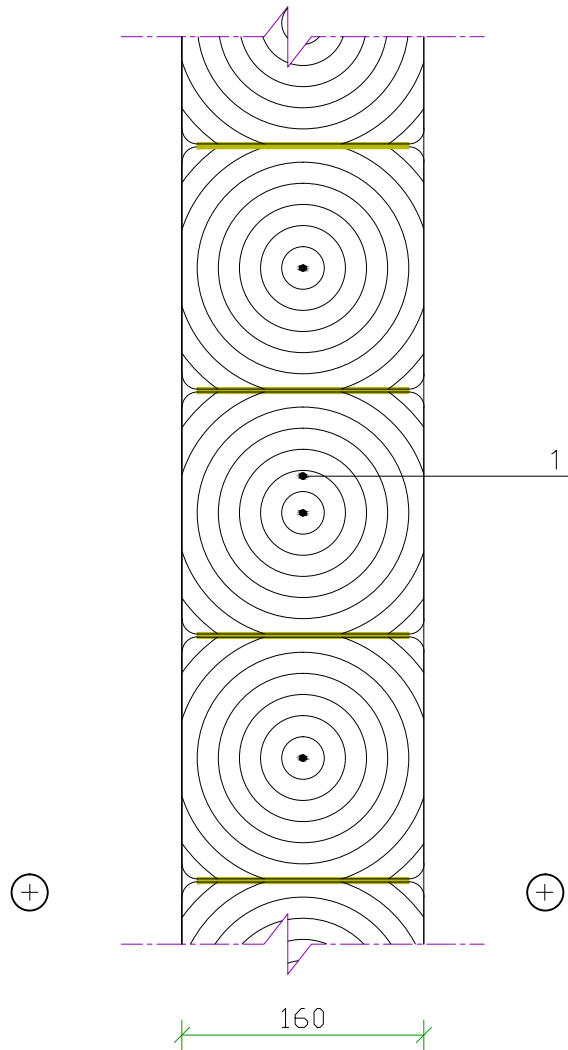
1. Seinlaudis, 25x100 mm
2. Puitpruss, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõkkekiile
4. Kandev karkass, 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm
5. Puitpruss, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
6. Tuuletõkkeplaat, 30 mm
7. Tuulutustlatt, 30x50 mm, samm 600 mm
8. Voodrilaud, 25x150 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina VS-8 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 31	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



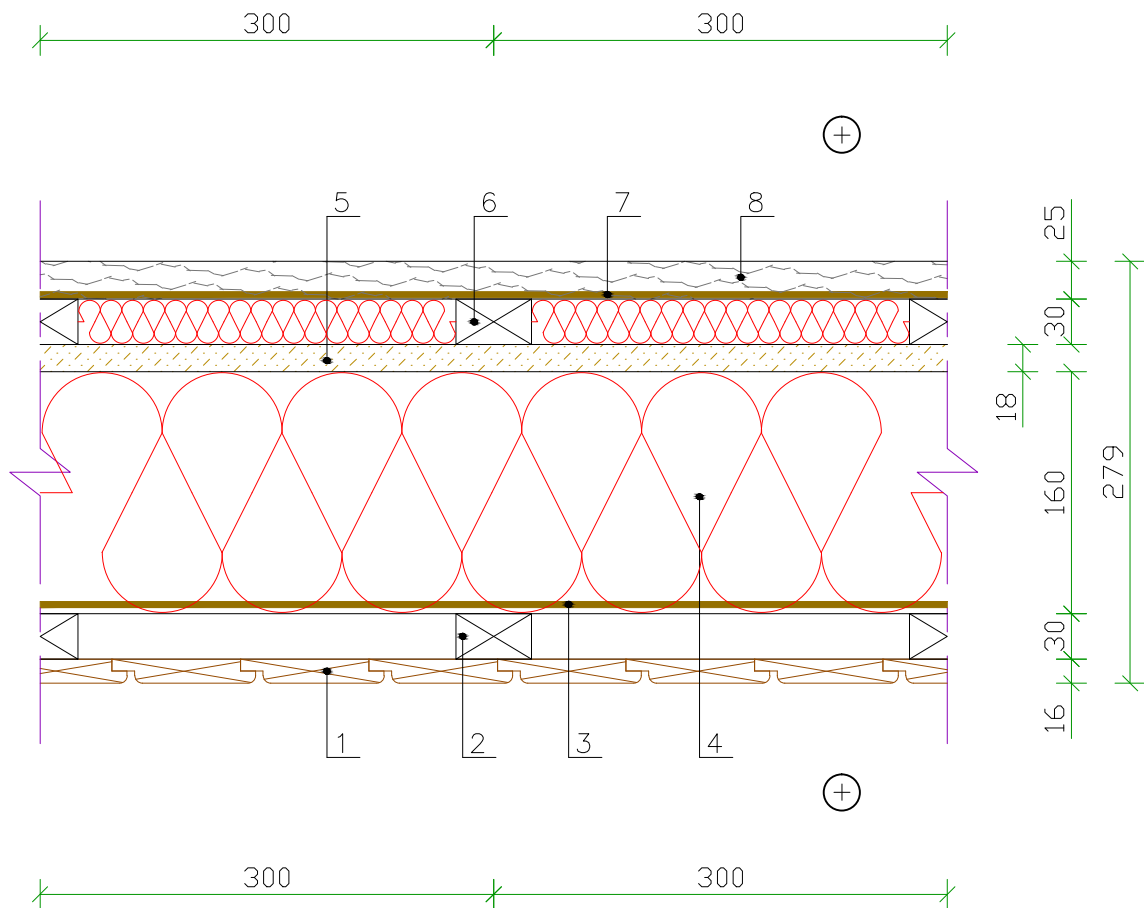
1. Tahatud palk 105x105 mm, tihendatud takuga, palgi pind peitsitud

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seina SS-6 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 32	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



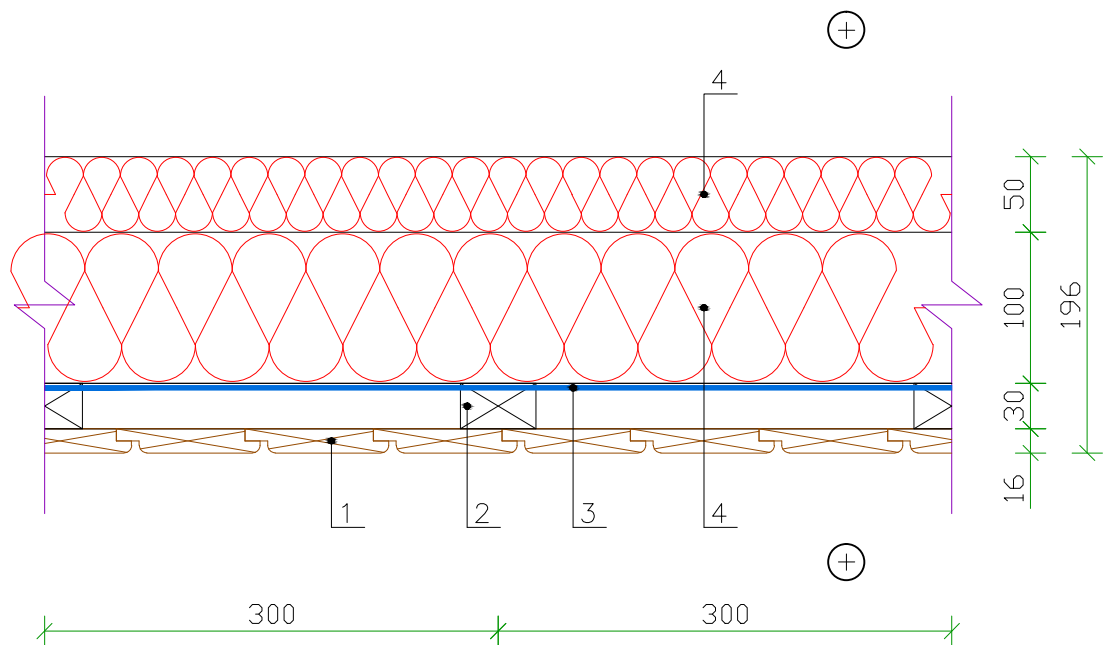
1. Tahatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga, palgi pind peitsitud

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Seinä SS-7 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 33	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



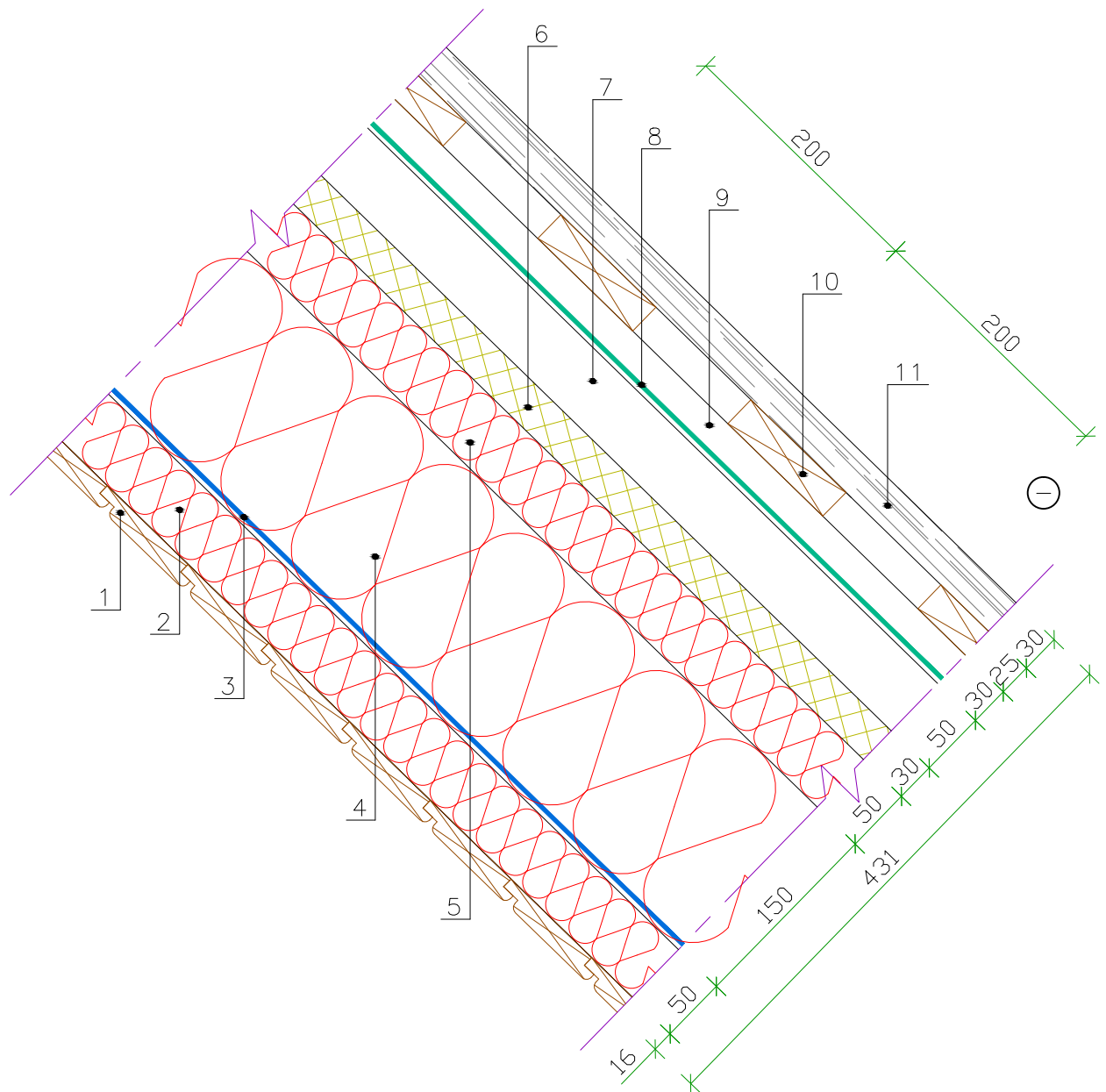
1. Laelaudis, 16x95 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele
2. Rihlattel, 30x50 mm, samm 300 mm
3. Ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud
4. Vahelaetala, 160x160 mm, täidetud mineraalvillaga 160 mm
5. Puitlaastplaat OSB3, 22 mm
6. Puitroov, 30x50 mm, täidetud jäiga mineraalvillaga 30 mm, roovi alla paigaldatakse müraisolatsiooni lint
7. Ehituspaber (tolmutõke), liitekohad teibitud
8. Põrandalaudis, 25x100 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vahelae VL-3 lõige		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 34	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



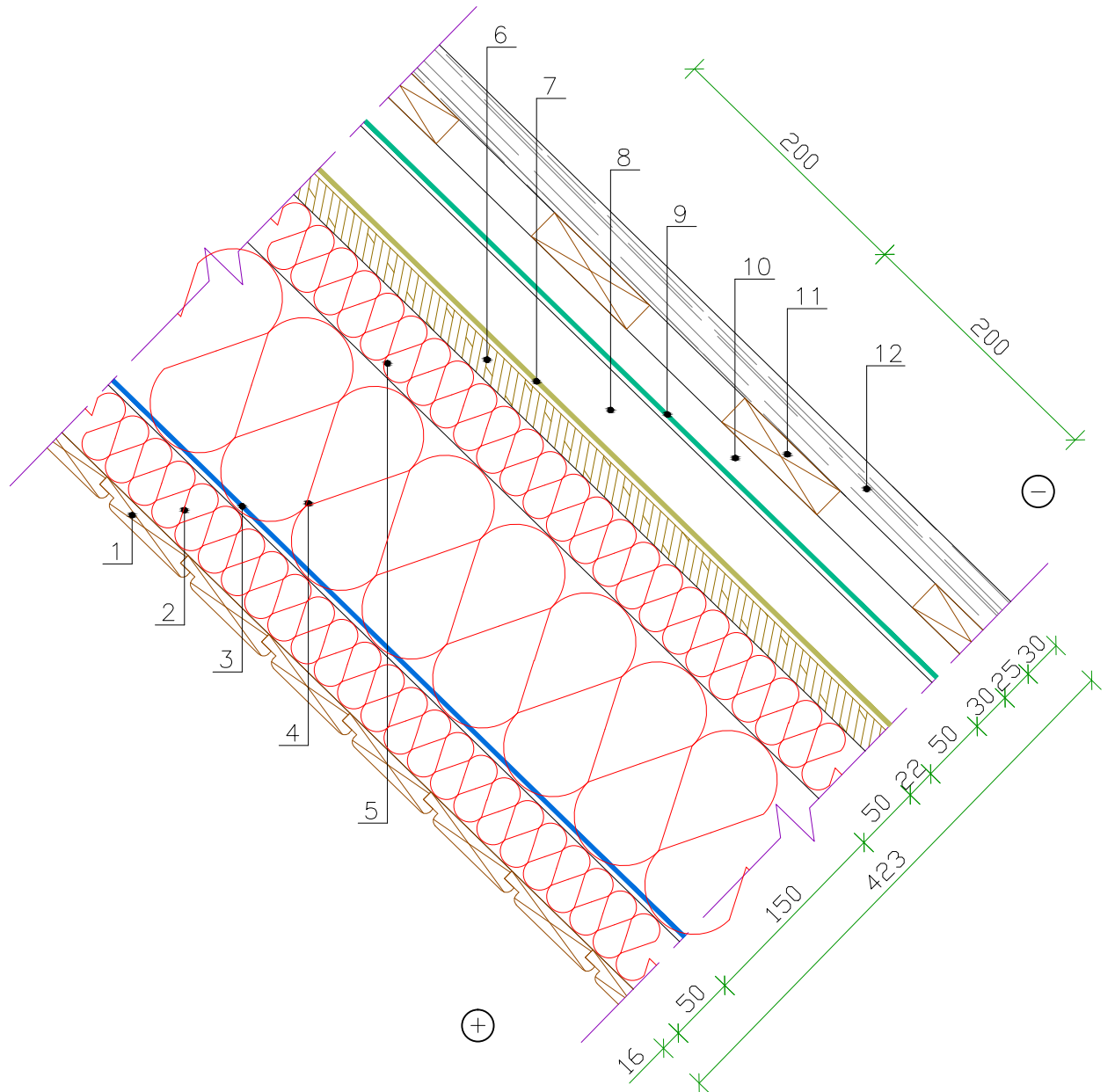
1. Laelaudis, 16x95 mm
2. Rihtlatt 30x50 mm, samm 300 mm
3. Aurutõkkekile
4. Vahelae tala 50x100 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 100 mm
5. Soojustus mineraalvill 50 mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vahelae VL-4 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 35	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



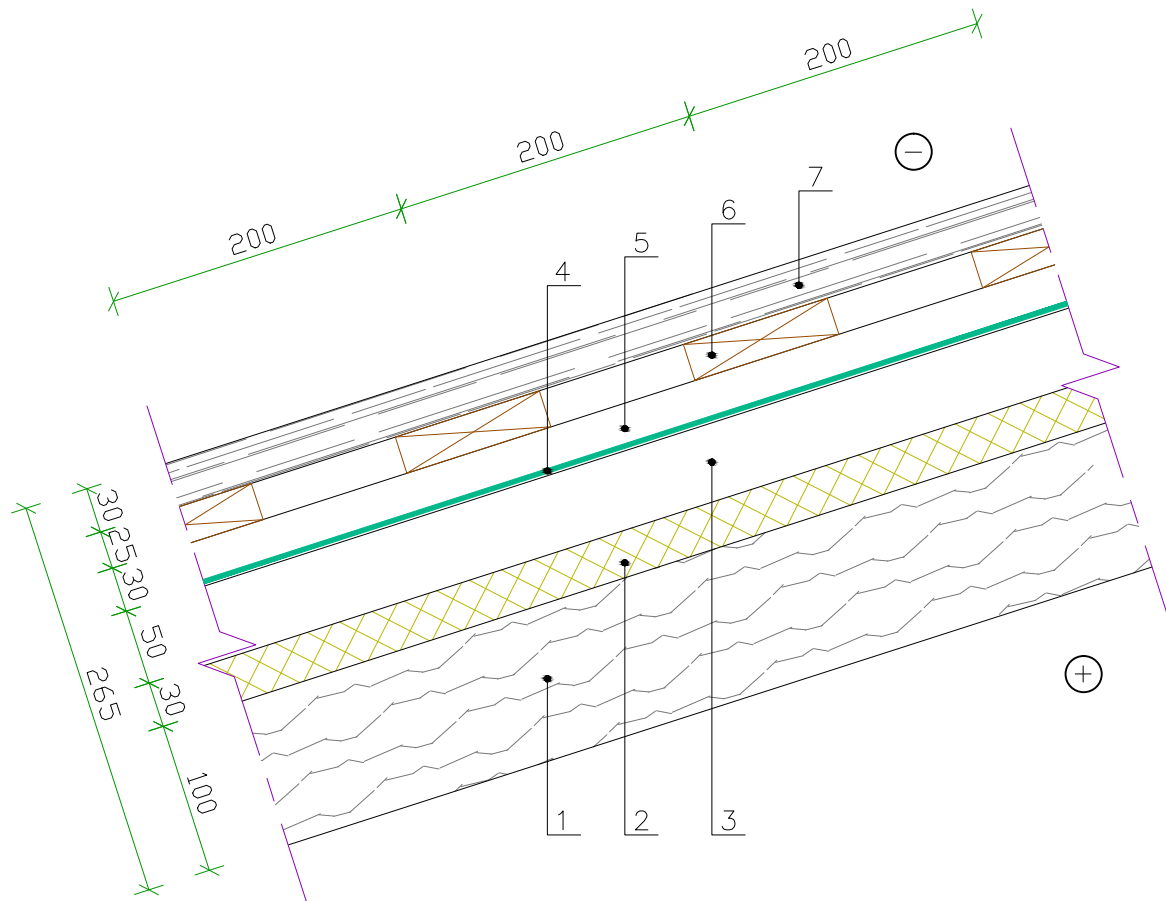
1. Voodrilaud, 16x95 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele
2. Puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõkkekile
4. Sarikas, $\varnothing 150$ mm/50x150 mm, soojustatud mineraalvillaga 150 mm
5. Rihtlatt, 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 50 mm
6. Tuuletõkkeplaat, 30 mm
7. Tuulutuslatt, 50x50 mm, samm 765 mm
8. Aluskate
9. Distantlatt 30x50 mm, samm 765 mm
10. Roovitus 25x100 mm, samm 200 mm
11. Katusekate, valtsplekk

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus:		
Koostas	I. Põhjatu			Katus KL-3 lõige		
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 36	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



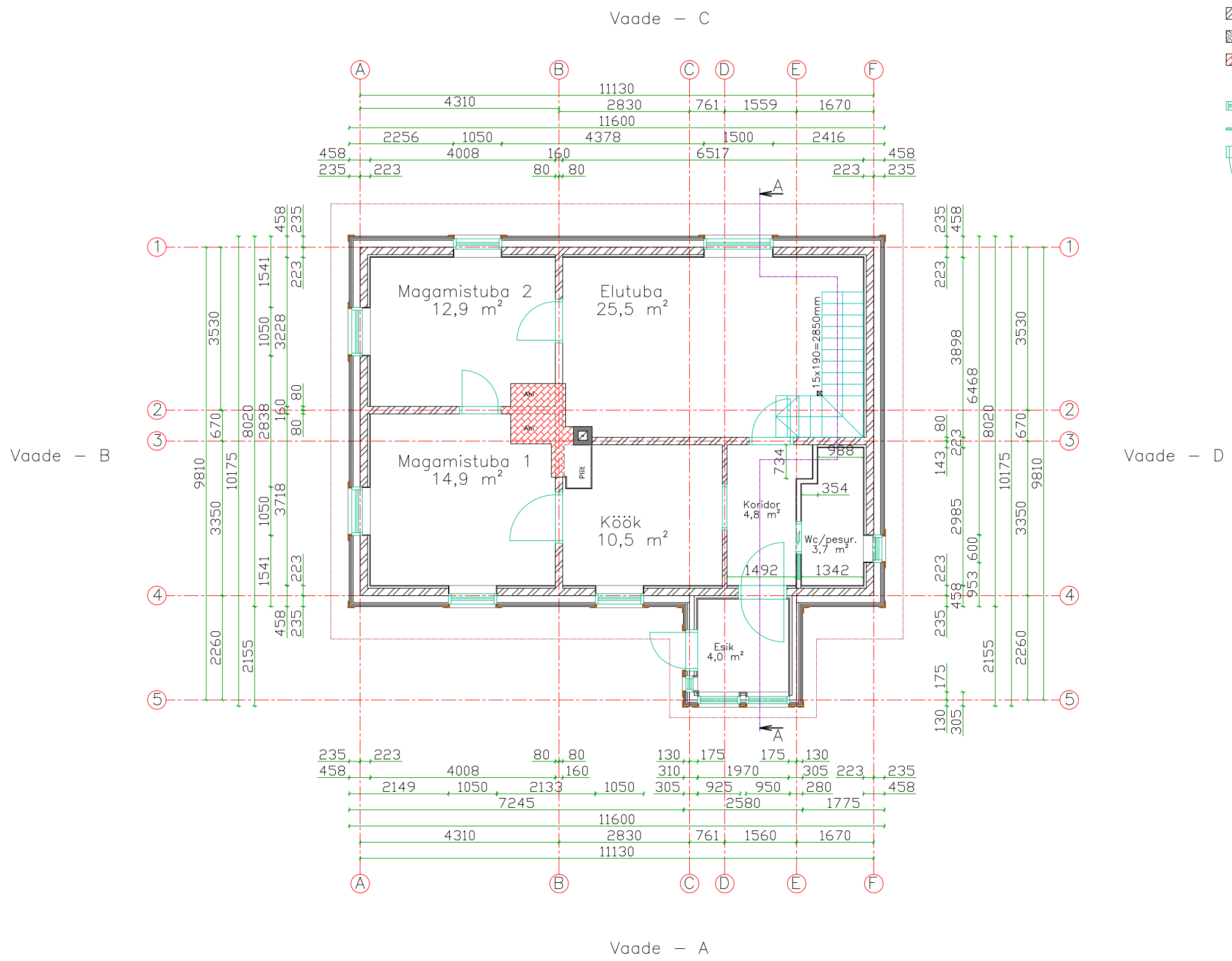
1. Voodrilaud, 16x95 mm, toon – vastavalt siseviimistlusele
2. Puitroov, 50x50 mm, samm 600 mm soojustatud mineraalvillaga 50 mm
3. Aurutõkketile
4. Sarikas, $\varnothing 150$ mm/50x150mm, samm 765 mm, soojustatud mineraalvillaga 150 mm
5. Rihtlatt 50x50 mm, samm 600 mm, soojustatud mineraalvillaga 30 mm
6. Puitkiudplaat 22 mm
7. Tuuletõkkeriie
8. Tuulutuslatt, 50x50 mm, samm 765 mm
9. Aluskate
10. Distantlatt 30x50 mm, samm 765 mm
11. Roovitus 25x100 mm, samm 200 mm
12. Katusekate, valtsplekk

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Katus KL-4 lõige		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 37	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



1. Sarikas, puitpruss 50x100 mm
2. Tuuletõkkeplaat, 30 mm
3. Tuulutuslatt, 50x50 mm
4. Aluskate
5. Distantlatt, 30x50 mm
6. Roov, 25x100 mm, samm 200 mm
7. Katusekate, valtsplekk

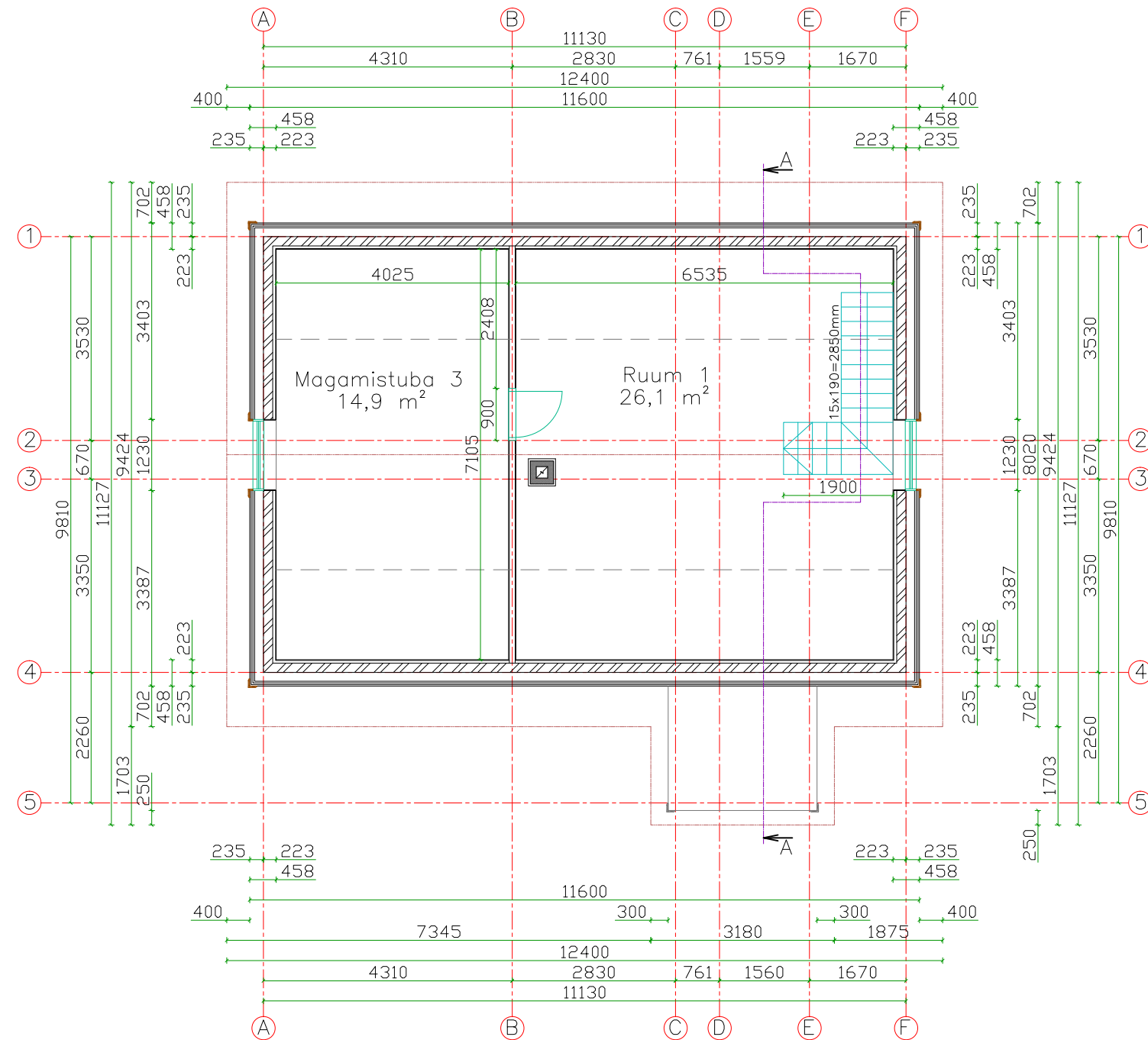
	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Katus K-3 lõige		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 38	Lehti 49	Mõõtkava 1:5 (A4)



- Tahatud palk
- Soojustus, saepuru
- Ahi/soojamüür
- Koprsten
- Aken
- Liuguks
- Uks

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: I k põhiplaan		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus			Leht	Lehti	Mõõtkava
TTÜ Tartu kolledž				39	49	1:100 (A3)

-  – Tahatud palk
-  – Soojustus, saepuru
-  – Ahi/soojamüür
-  – Koprsten
-  – Aken
-  – Liuguks
-  – Uks



	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Põõritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Katusekorruse põhiplaan		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus			Leht	Lehti	Mõõtkava
TTÜ Tartu kolledž				40	49	1:100 (A3)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – krohvitud
2. Voodrilaud – 25x150 mm
3. Äärelauad – 25x150mm
4. Aknad – puit, klaas –kirkas
5. Katus – valtsplekk
6. Korsten – silikaattellis kaetud plekiga
7. Harjaplekk – plekk 0,5mm

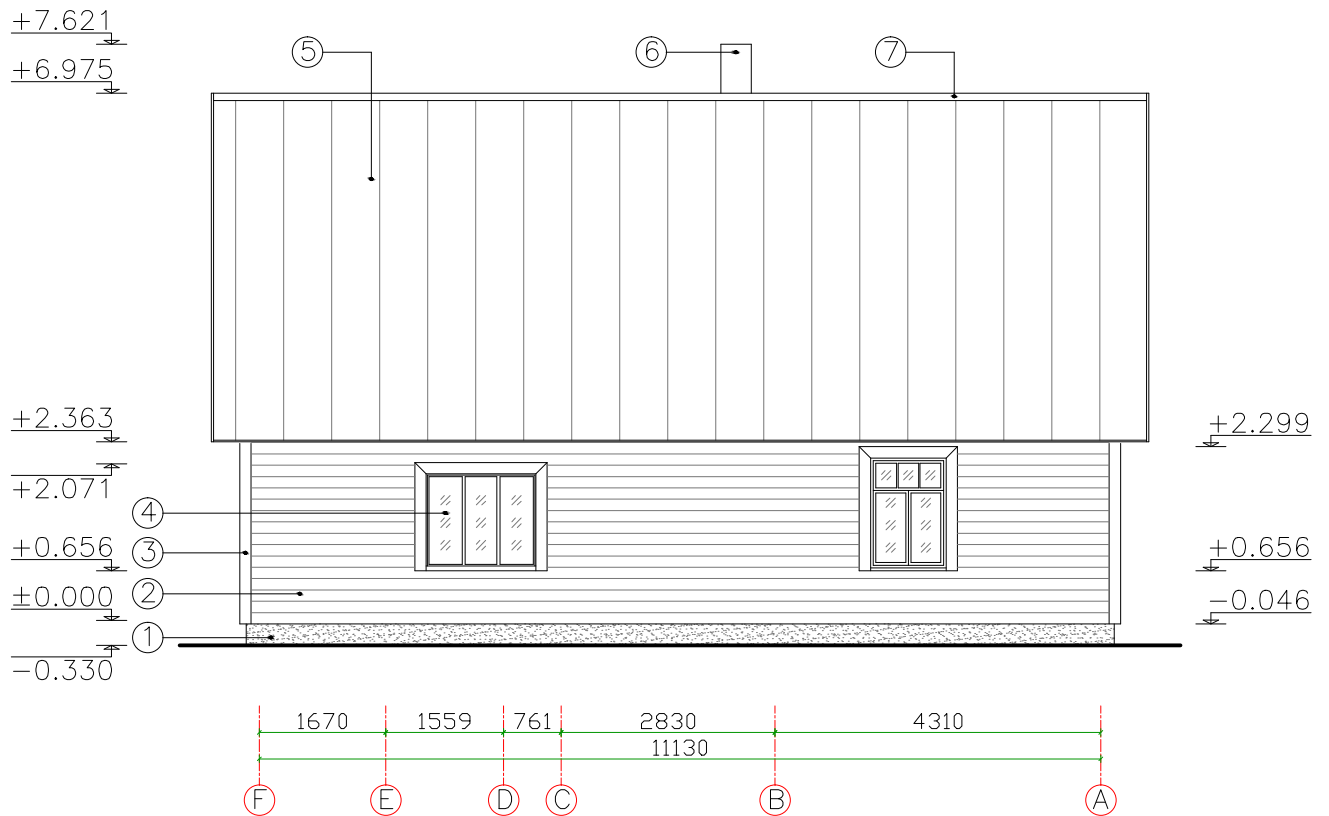
	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade – A		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 41	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – krohvitud
2. Voodrilaud – 25x150 mm
3. Äärelauad – 25x150mm
4. Aknad – puit, klaas –kirkas
5. Korsten – silikaattellis kaetud plekiga
6. Välisuks – puituks

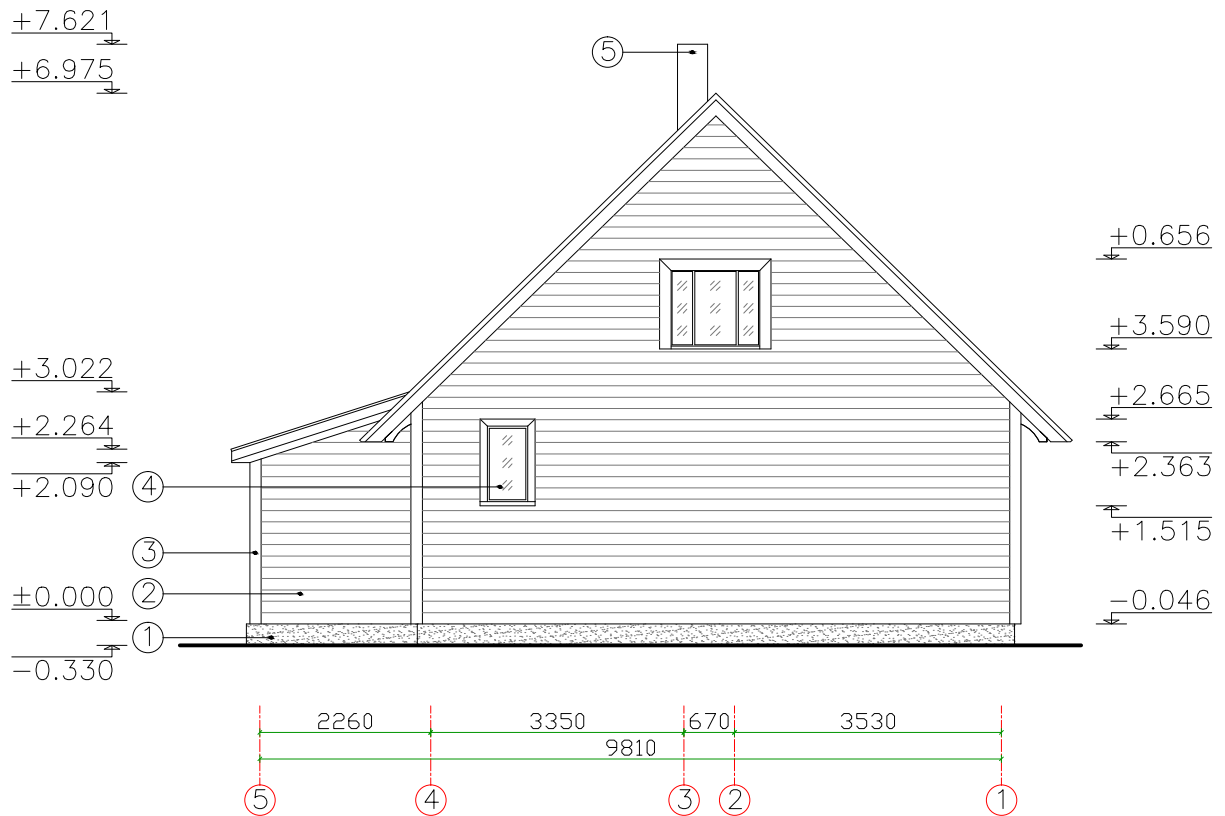
	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade – B		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 42	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – krohvitud
2. Voodrilaud – 25x150 mm
3. Äärelauad – 25x150mm
4. Aknad – puit, klaas –kirkas
5. Katus – valtsplekk
6. Korsten – silikaattellis kaetud plekiga
7. Harjaplekk – plekk 0,5mm

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade – C		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 43	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)



Viimistlusmaterjalid ja toonid:

1. Vundament – krohvitud
2. Voodrilaud – 25x150 mm
3. Äärelauad – 25x150mm
4. Aknad – puit, klaas –kirkas
5. Korsten – silikaattellis kaetud plekiga

	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vaade – D		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 44	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A4)

Katuslagi KL-3:

1. Katusekate, valtsplekk, toon hall
2. Roovitus 25x100 mm, samm 200 mm
3. Distantlatt 30x50 mm, samm 765 mm
4. Aluskate
5. Tuulutuslatt 50x50 mm, samm 765 mm
6. Tuuletõkkeplaat 30 mm
7. Rihl latt 50x50 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 50 mm
8. Sarikas Ø150 mm/50x150 mm, soojustus mineraalvill 150 mm
9. Aurutõkkekile
10. Puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 50 mm
11. Ehituspaber (tolmutõke)
12. Sisevoodrilaudis 16x95 mm, toon vastavalt siseviimistlusele

Vahelagi VL-4:

1. Soojustus mineraalvill 50 mm
2. Vahelaetala 50x100 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 100 mm
3. Aurutõkkekile
4. Rihl latt 30x50 mm, samm 300 mm
5. Laelaudis 16x95 mm, toon vastavalt siseviimistlusele

Katus K-3:

1. Katusekate, valtsplekk, toon - hall
2. Roovitus 25x100 mm, samm 200 mm
3. Distantlatt 30x50 mm, samm 765 mm
4. Aluskate
5. Tuulutuslatt 50x50 mm, samm 765 mm
6. Tuuletõkkeplaat 30 mm
7. Sarikas, 50x100 mm, samm 740 mm

Vahelagi VL-3:

1. Põrandalaudis 25x100 mm, toon vastavalt siseviimistlusele
2. Ehituspaber (tolmutõke)
3. Puitroov 30x50 mm, täidetud jäiga mineraalvillaga 30 mm
4. Puitlaastplaat OSB3 18 mm
5. Vahelaetala 160/100x160 mm, samm 380 mm, täidetud mineraalvillaga 160 mm
6. Ehituspaber (tolmutõke)
7. Rihl latt 30x50 mm, samm 300 mm
8. Laelaudis 16x95 mm, toon vastavalt siseviimistlusele

Välissein VS-7:

1. Välisvoodrilaudis 25x150 mm, toon vastavalt välisviimistlusele
2. Tuulutuslatt 30x50 mm, samm 600 mm
3. Tuuletõkkeplaat 30 mm
4. Puitpruss 50x150 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 150 mm
5. Palk 160x160 mm, tihendatud takuga
6. Aurutõkkekile
7. Puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 50 mm
8. Kipsplaat 12,5 mm, viimistlus vastavalt siseviimistlusele

Välissein VS-8:

1. Välisvoodrilaudis 25x150 mm, toon vastavalt välisviimistlusele
2. Tuulutuslatt 30x50 mm, samm 600 mm
3. Tuuletõkkeplaat 30 mm
4. Puitpruss 50x50 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 50 mm
5. Kandev karkass 50x100 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 100 mm
6. Aurutõkkekile
7. Puitroov 50x50 mm, samm 600 mm, soojustus mineraalvill 50 mm
8. Sisevoodri laudis 25x100 mm, toon vastavalt siseviimistlusele

Põrand P-2:

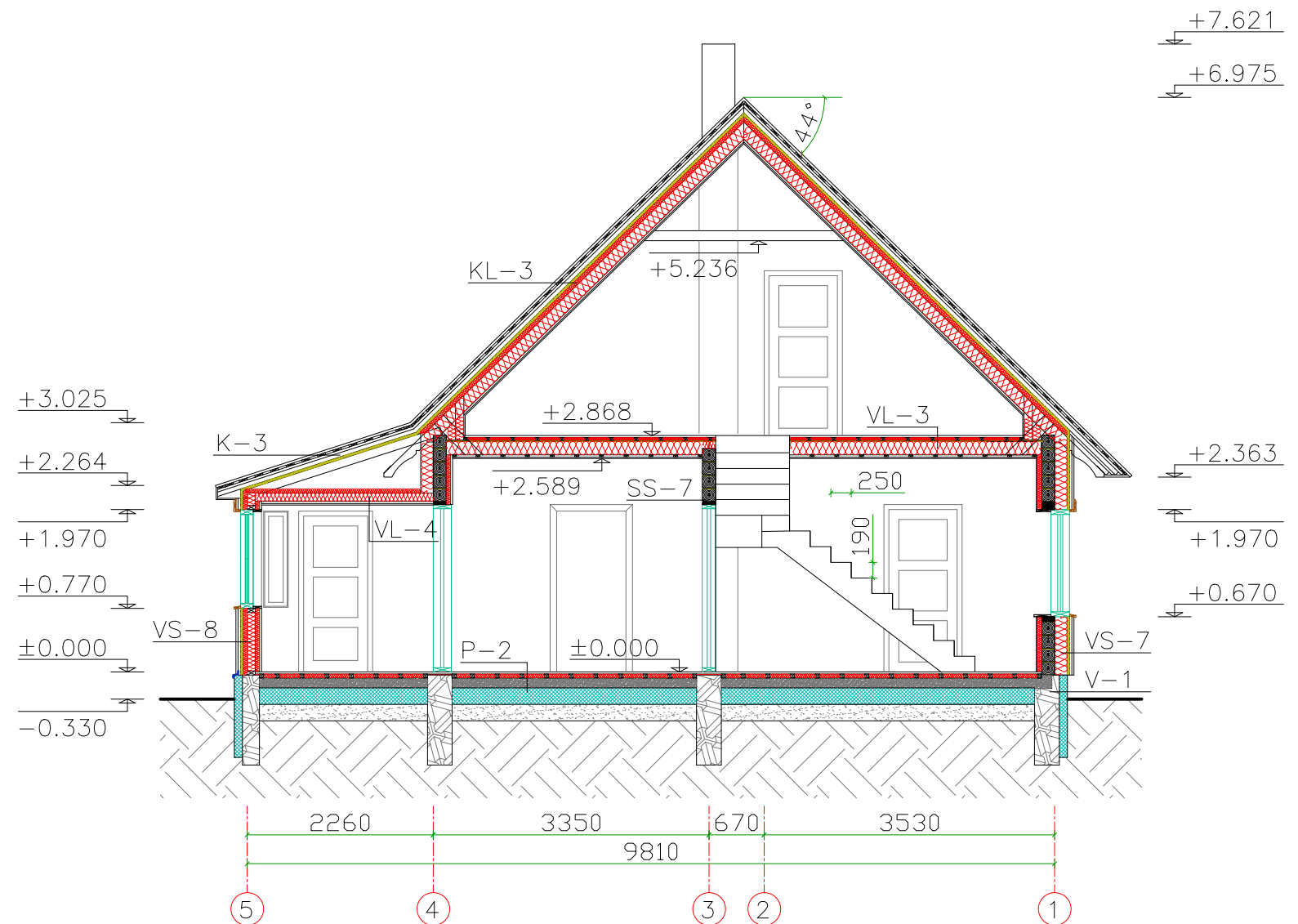
1. Põrandalaudis 25x100 mm, toon vastavalt siseviimistlusele
2. Ehituspaber (tolmutõke)
3. Puitroov 50x50 mm, samm 300 mm, soojustus mineraalvill 50 mm
4. Betoonplaat 120 mm, C20/25, armeeritud armatuurvõrguga 150x150x6mm
5. Valutõkkekile
6. Soojustus EPS 120, 100+100 mm
7. Tihendatud liivalus 300 mm

Sisesein SS-7:

1. Tahutatud palk 160x160 mm, tihendatud takuga, palgi pind peitsitud

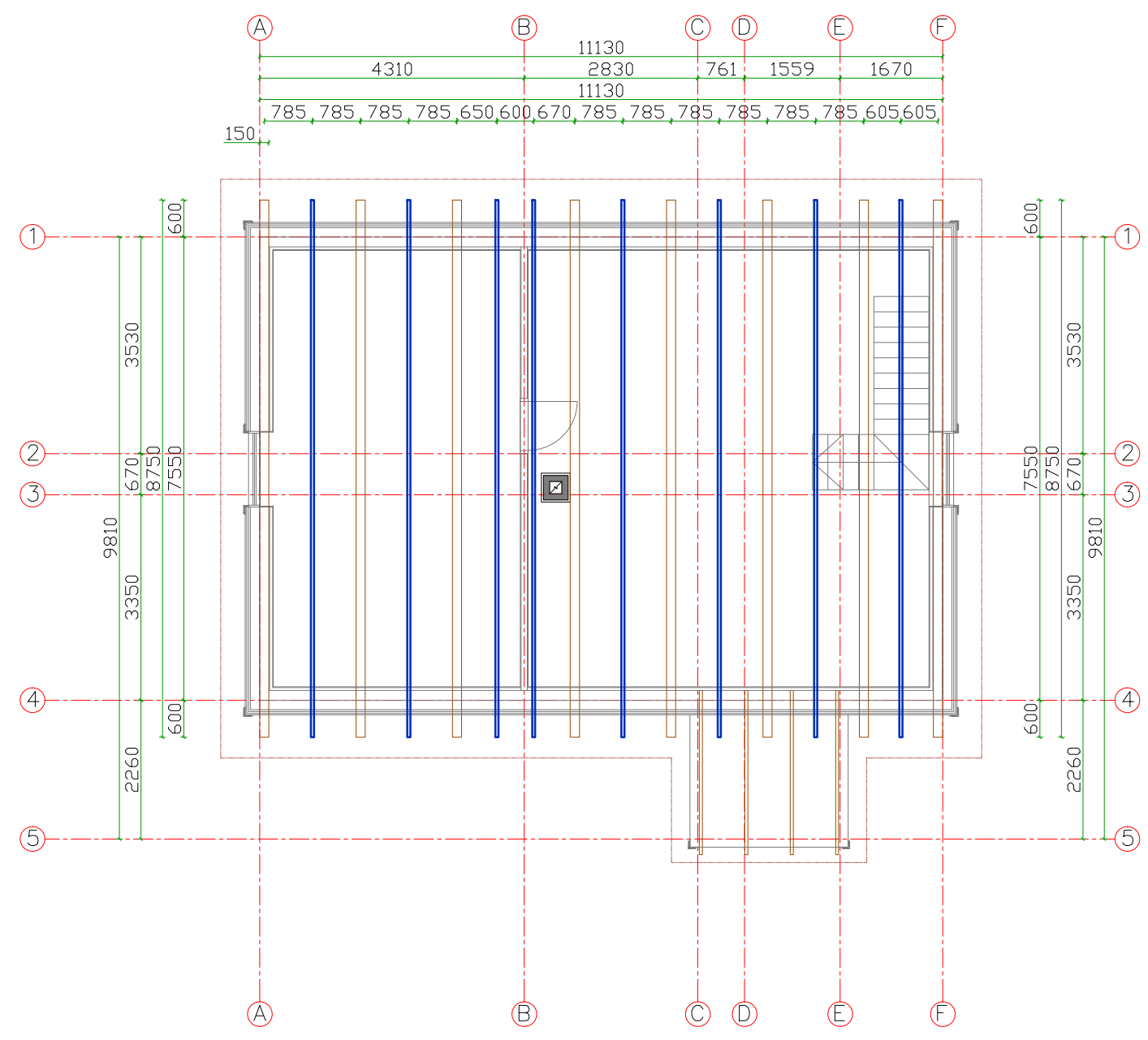
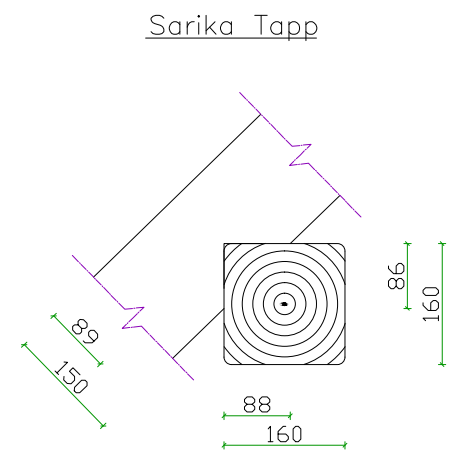
Vundament V-1:

1. Lintvundamenti 300 mm
2. EPS 100 100 mm,
3. Tsementkrohv 20 mm, toon vastavalt välisviimistlusele



	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Lõige A-A		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 45	Lehti 49	Mõõtkava 1:75 (A3)

- Olemasolev sarikas $\varnothing 150$ mm
 - Projekteeritud lisasarikas 50x150 mm

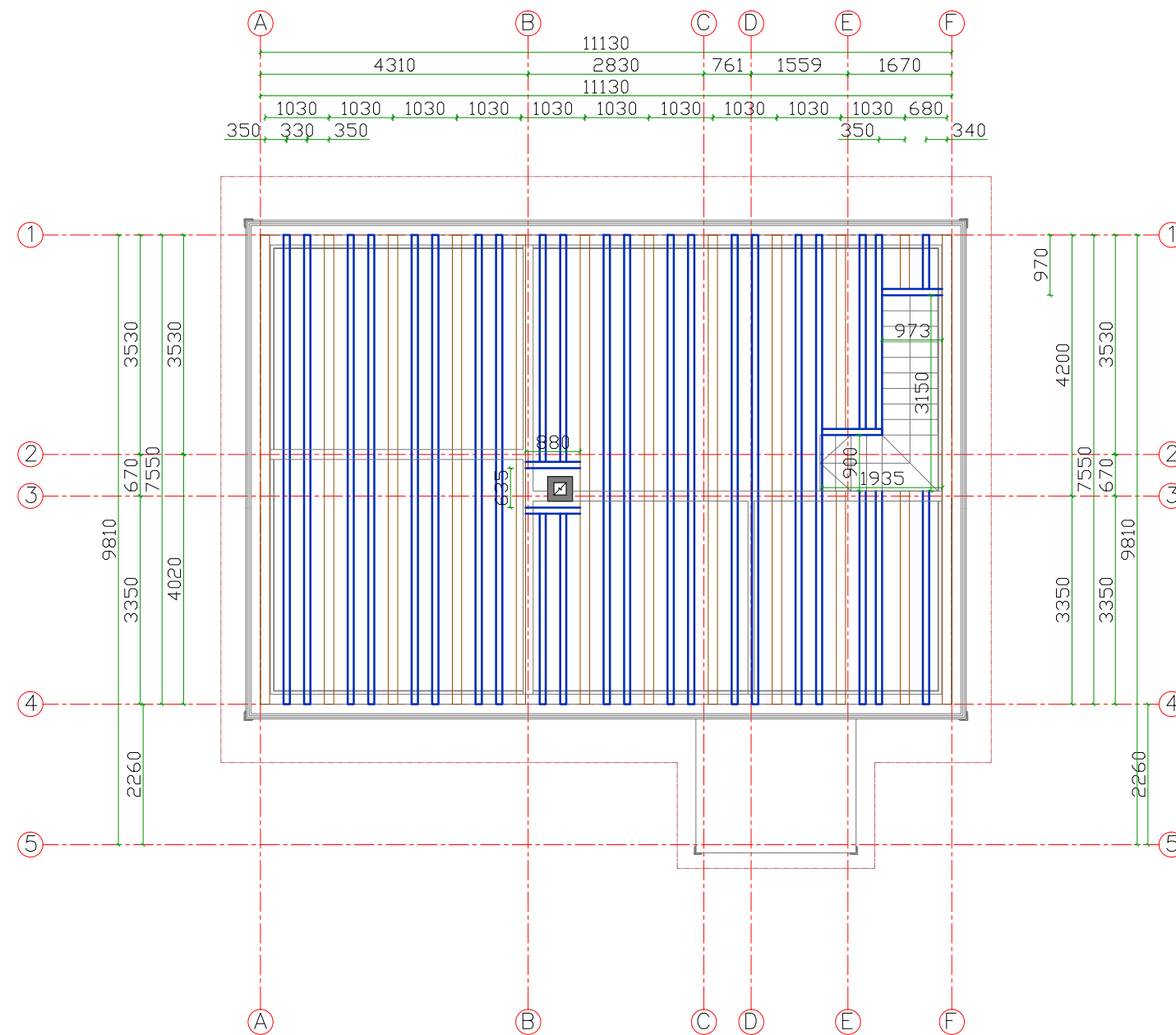


Märkused:

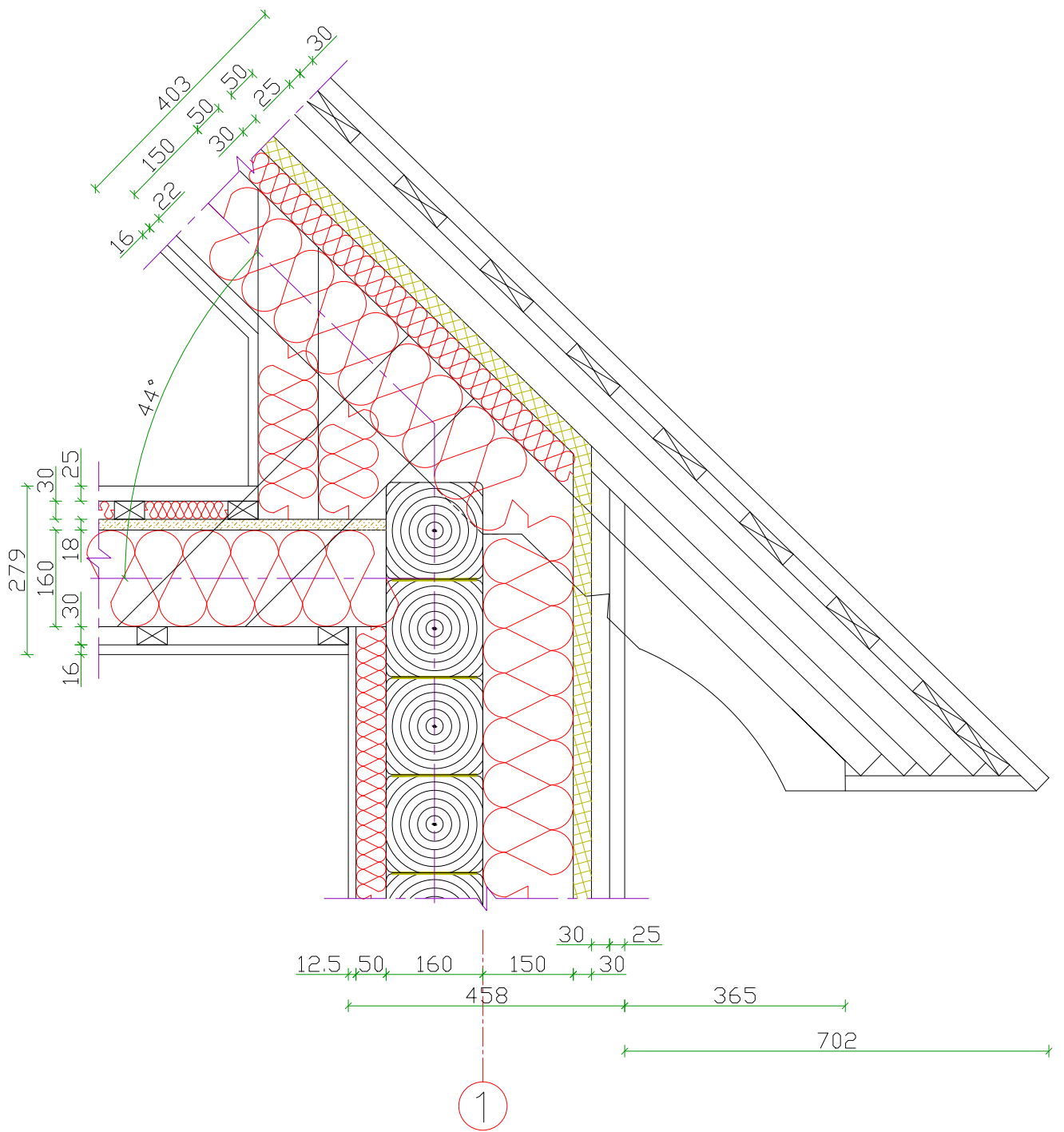
1. Olemasolevate ja projekteeritud sarikate tugevusklass on C16.
2. Sarikate samm on 785 mm.
3. Sarika ja välisseina liitumisel, teostatakse sisselõige sarikale vastavalt - sarika tapp skeemile.

	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: <h2 style="margin: 0;">Sarikate plaan</h2>		
Koostas	I. Põhjatü					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 46	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A3)

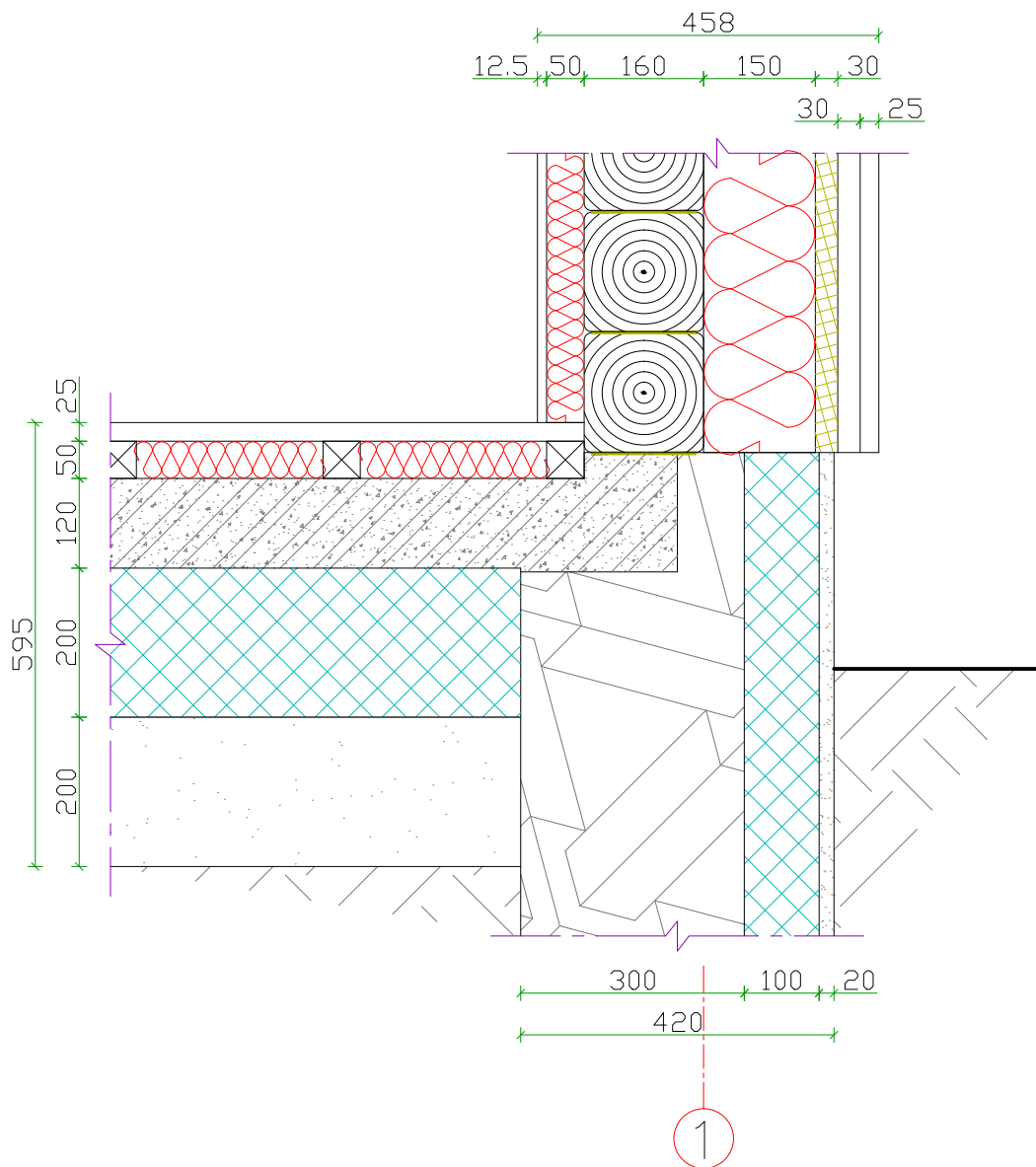
- Olemasolev vahelaetalad 160x160 mm
- Projekteeritud vahelaetalad 100x160 mm



	Tellija: Priit Põhjatü			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi I. Põhjatü	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Vahelae talade plaan		
Koostas A. Ruus						
TTÜ Tartu kolledž			Leht 47	Lehti 49	Mõõtkava 1:100 (A3)	



	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Räästa sõlm		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 48	Lehti 49	Mõõtkava 1:10 (A4)



	Tellija: Priit Põhjatu			Objekt: Indreku talu, Pööritsa k, Konguta v, Tartumaa, 61214		
	Nimi	Allkiri	Kuup.	Nimetus: Sokli sõlm		
Koostas	I. Põhjatu					
Juhendas	A. Ruus					
TTÜ Tartu kolledž				Leht 49	Lehti 49	Mõõtkava 1:10 (A4)