



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ERAMU ARHITEKTUURNE EELPROJEKT KOOS KIILVAI- JA MADALVUNDAMENDI VÕRDLUSEGA

LAIENDATUD ARHITEKTUURNE EELPROJEKT

PRELIMINARY ARCHITECTURAL DESIGN OF PRIVATE RESIDENCE WITH
WEDGE PILE- AND SHALLOW FOUNDATION COMPARISON

EXTENDED PRELIMINARY ARCHITECTURAL DESIGN

Magistritöö

Ehitiste restaureerimise erialal

Juhendaja: Triina Teder

Kaasjuhendaja: Aime Ruus

Üliõpilane: Liis Tiirmaa
122550EAEI

Üliõpilase meiliaadress: tiirmaaliis@gmail.com

Õppekava nimetus: EAEI02/12 Tartu -
Tööstus- ja tsiviilehitus

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: 122550EAEI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: (allkiri)

ABSTRACT

Tiirmaa, L. Preliminary architectural design of private residence with wedge pile- and shallow foundation comparison. Extended preliminary architectural. Master's thesis. In one volume. Tartu, 2017. 97 pages, 5 illustrations, 18 tables, 12 architectural drawing on A3 paper, 8 architectural drawings on A4 paper. In Estonian language.

Fist part of the master thesis is the preliminary architectural designs. By the client request the building was supposed to have three bedrooms, one office, living room, two bathrooms and kitchen with dining room. Building has two floors. New building will be situated in Maramaa village, Tartu parish, Tartu county.

The purpose of this master's thesis is to find out what foundation is better for the building. Due to soft soil the comparison of the shallow- and wedge pile foundation was recommended chosen. In order to achieve the results, the strength calculations were made first. For comparison the necessary shallow foundation parameters were found through calculation and for the wedge pile the size and number of piles were found.

In order to compare the foundation also the cost of building the foundation was considered. Results showed that wedge pile foundation is two time more expensive than the shallow foundation. As also the settlement of the shallow foundation were minimal then it is wiser to use a shallow foundation for the private residence.

Architectural drawings were drawn with Autodesk AutoCAD 2015. All calculations in current master's thesis were made according to the valid Estonian standards.

Keywords: preliminary architectural design, private residence, strength calculation, wedge pile foundation, shallow foundation, soft soil.

SISUKORD

ABSTRACT	3
TÄHISED	7
SISSEJUHATUS	9
1. ERAMU EELPROJEKTI SELETUSKIRI	11
1.1 Üldosa.....	11
1.1.1 Sissejuhatus.....	11
1.1.2 Üldandmed.....	11
1.1.3 Alusdokumendid	11
1.2 Asendiplaan	12
1.2.1 Lähteandmed	12
1.2.2 Olemasolev olukord	12
1.2.3 Asendiplaani lahendus	13
1.2.4 Vertikaalplaneering.....	13
1.2.5 Teed ja platsid	14
1.2.6 Haljastus ja heakorrastus	14
1.2.7 Maa-ala tehnilised andmed.....	15
1.3 Arhitektuur	15
1.3.1 Üldandmed.....	15
1.3.2 Olemasolev.....	15
1.3.3 Arhitektuuri üldlahendus	15
1.3.4 Hoone tehnilise andmed	16
1.3.5 Sisearhitektuur	17
1.4 Konstruktsioonid	18
1.4.1 Üldandmed.....	18
1.4.2 Tehnilised põhinõuded hoone kandekonstruktsioonidele	18
1.4.3 Hoone kandeskelett	18
1.4.4 Maa-alused konstruktsioonid.....	18
1.4.5 Maapealsed konstruktsioonid.....	19
1.4.6 Tuleohutus.....	21
1.4.7 Keskkonnakaitse ja heakorrastus	23
1.5 Küte ja ventilatsioon.....	23
1.6 Veevarustus ja kanalisatsioon	23
1.7 Elekter ja nõrkvool	23
2. TUGEVARVUTUSED	24

2.1 Üldosa.....	24
2.2 Kasutatud normdokumendid	24
2.3 Kasutatud abimaterjalid	24
2.4 Kasutatud arvutiprogrammid	24
2.5 Arvutusmeetodi põhimõte	25
2.6 Lumekoormus.....	26
2.6.1 Lumekoormus katusele kaldega $\alpha_1 = 22^\circ$	26
2.7 Tuulekoormus	27
2.7.1 Tuulekoormus katusele	27
2.8 Konstruktsioonide omakaalukoormused	30
2.8.1 Katuse omakaal	30
2.8.2 Vahelagede omakaal	31
2.8.5 Välisseina omakaal	32
2.8.4 Siseseinte omakaal	32
2.8.5 Postide omakaal	33
2.9 Arvutuslikud koormused telgedele	34
2.10 Vundamendi arvutused	36
2.10.1 Madalvundamendi kirjeldus.....	36
2.10.2 Kiilvaivundamendi kirjeldus	37
2.10.3 Kiilvai eelised madalvundamendi ees	37
2.10.4 Geotehniline profiil	38
2.10.5 Pinnase omadused	39
2.10.6 Madalvundamendi arvutused	39
2.10.7 Madalvundamendi vajumi kontroll.....	49
2.10.8 Kiilvaivundamendi arvutused.....	52
3. Madal- ja kiilvaivundamendi võrdlus	59
3.1 Üldist	59
3.2 Madalvundamendi mahud	59
3.2.1 Kaeve ja äravedu	59
3.2.2 Killustik	59
3.2.3 Madalvundamendi taldmik	59
3.2.4 Vundamendi sein.....	60
3.2.5 Vundamendi seina soojustus	60
3.2.6 Pinnase täide	60
3.2.7 Kogu madalvundamendi maksumus	61
3.3 Kiilvaivundamendi maksumus.....	61

3.3.1 Kaeve ja äravedu	61
3.3.2 Kiilvaiad	61
3.3.3 Soojustus	61
3.3.4 Rostvärk.....	62
3.3.5 Pinnase täide	62
3.3.6 Kogu kiilvaivundamendi maksumus	62
3.4 Kiilvai- ja madalvundamendivõrdlus	63
KOKKUVÕTE	64
KASUTATUD KIRJANDUS.....	66
LISAD	68
Lisa 1. Tugevusarvutuste lahenduskäigud.....	69
Lisa 2. Graafiline osa.....	77

TÄHISED

Ladina suurtähed

- A – vundamendi talla pindala
B – vundamendi talla laius
E – deformatsioonimoodul
 E_i – kihi i deformatsioonimoodul
G – alaline koormus
 G_k – alalise koormuse normväärtus
 G_d – alalise koormuse arvutusväärtus
L – talla pikkus
P – eelpinge koormus
R – pinnase tugevusest sõltuv vundamendi kandevõime talla normaali suunas
 $R_{c,d}$ – kiilvaia arvutuslik kandevõime
 $R_{c,k}$ – kiilvaia kandevõime
 R_d – kandevõime arvutusväärtus
V – vertikaalkoormus või vundamendi talla koormuse normaalisuunaline komponent
 V_d – V arvutusväärtus
 V_{1d} – vertikaalkoormus ilma vundamendi omakaaluta
Q – ajutine koormus
 Q_k – ajutise koormuse normväärtus
 Q_d – ajutise koormuse arvutusväärtus

Ladina väiketähed

- c' – efektiivnidusus
 c_u – dreanimata nihketugevus
d – talla süvis
 d_k – talla keskmine süvis
h – vundamendi kõrgus; kihi paksus

h_i	– elementaarkihi paksus
s_c	– talla kuju arvestav tegur
q'	– pinnase omakaalust tingitud efektiivpinge talla tasandis
z	– vaadeldava punkti sügavus
z_e	– arvutuskõrgus
z_{min}	– miinimumkõrgus

Kreeka suurtähed

ΔV	– vundamendi ja sellel oleva pinnase kaal
Ψ_0	– koormuse kombinatsioonitegur
Ψ_1	– koormuse kombinatsioonitegur

Kreeka väiketähed

α	– rõhujaoustegur
γ	– mahukaal
γ'	– tallast allapoole jääva pinnase efektiivmahukaal
γ_1'	– tallast ülespoole jääva pinnase efektiivmahukaal
γ_k	– vundamendi ja selle tallale jääva pinnase keskmine mahukaal
γ_G	– alalise koormuse osavarutegur
γ_Q	– ajutise koormuse osavarutegur
γ_R	– kandevõime osavarutegur
θ	– tuule suund
μ_i	– lumekoormuse kujutegur
σ'_{pzi}	– ehitisest tulenev keskmine pinge elementaarkihis i sügavusel z
σ'_{gzi}	– pinnase omakaalupinge elementaarkihis i sügavusel z
ϕ'	– efektiivne sisehõõrdenurk

SISSEJUHATUS

Käesolevas magistritöös koostatakse arhitektuurne eelprojekt eluhoone projekteerimiseks Väike-Vahtra kinnistule, mis asub Tartu maakonnas. Hoone on projekteeritud kahe korruseliseks ja on ristkülikulise põhiplaaniga. Maja seinad ehitatakse bauroc poorbetoonplokkidest, vahelae ja katuse kandekonstruktsioon on lahendatud puittaladega. Eramu katusekatteks on kiviprofiil. Bauroc plokid on valitud selle eesmärgil, et seintelt tulenev koormus jaguneks paremini pinnasele, lisaks on oluliselt lihtsam ehitada eramaja omanikul kui see ei vaja lisa soojustust, võit tuleb ka ajaliselt.

Hoone asub Emajõe lähedal, kus on pehme savipinnas ja pinnaseveetase on kõrge. Kuna krundil puudub ehitusgeoloogiline uuring ja lähim uuring asub nelja kilomeetri kaugusel Väike-Vahtra kinnistust, siis on määratud pinnase fiktiivne geoloogia. Fiktiivse geoloogia aitas määrata Mait Mets, kes on pädev geotehnika erialal ja omab suurt kogemust. M. Metsa soovitusel on kaalutud kiilvaia kasutamist hoonel, ning käesolevas lõputöös võrreldaksegi kiilvai- ja madalvundamenti. Üldiselt ehitatakse eramud madalvundamendile, kuid kuna hoone projekteeritakse savipinnasele, kus on ka pinnaseveetase on kõrgem, siis tasub kaalutleda ka kiilvaia kasutamist. Suure tõenäosusega on kiilvai kallim. Seega lõputöö eesmärk on välja selgitada, kas majanduslikult on kasulik ehitada madal- või kiilvaivundament. Lisaks tuua välja kiilvaivundamendi eelised madalvundamendi ees. Uurimise meetodikaks on kasutatakse arvutuslahendusi. Magistritöö autor soovis teostada töö, mis leiab tulevikus praktilist kasutust.

Käesoleva magistritöö püstitatud ülesanneteks olid:

- hoone arhitektuurne projekteerimine ja jooniste koostamine,
- eramu arhitektuurse eelprojekti seletuskirja koostamine,
- konstruktsioonide omakaalude ja kasuskoormuste leidmine,
- hoone vundamendile mõjuvate tuule- ja lumekoormuste leidmine,
- madalvundamendi taldmiku laiuste leidmine,
- madalvundamendi vajumi leidmine,
- kiilvaiade kandevõime leidmine ja samm,
- madal- ja kiilvaivundamendi võrdlus majanduslikul eesmärgil,

- kiilvaivundamendi kasutamise otstarbekuse hindamine eramu puhul.

Käesolev magistritöö jaguneb kolmeks osaks.

Esimeses osas on koostatud eramu arhitektuurne eelprojekti joonised ja arhitektuurse eelprojekti seletuskiri. Arhitektuurse eelprojekti seletuskiri koosneb asendiplaanilisest lahenduse kirjeldusest, sise- ja välisarhitektuuris kasutatavaid lahendusi ja viimistlusmaterjale. Lisaks käsitletakse konstruktsioonimaterjale ja tuleohutust.

Teise osa moodustavad tugevusarvutused. Arvutused on tehtud lähtuvalt sellest, et leida koormused vundamendile. Seejärel leitakse kandvatelt seintel tulenevatelt koormustelt madalvundamendi taldmike laiused ja kiilvaiade arvu.

Kolmandas osas on võrreldud kiilvaiade ja madalvundamendi maksumust, et teada saada, kumba vundamenti on pehmel pinnasel otstarbekam kasutada. Ühikhinnad on leitud Tartu Ehitus AS ehituskäigus olevatest objektidest. Ühikhindade leidmise puhul tänatakse Üllar Juhansonit.

Lisades on esitatud eelprojekti raames koostatud joonised, tüüpsete tugevusarvutuse lahenduskäigud ja madal- ja kiilvaivundamendi plaani joonised.

1. ERAMU EELPROJEKTI SELETUSKIRI

1.1 Üldosa

1.1.1 Sissejuhatus

Käesolev eelprojekt on koostatud lõputöö raames Tartu maakonnas, Tartu vallas, Maramaal, Väike-Vahtra kinnistule eraelamu ehitamiseks.

Arhitektuurse eelprojekti seletuskirja koostamise aluseks on võetud EVS 865-1:2013 „Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri“ [1].

Projekt vastab Eesti Vabariigis kehtivatele ehitus- ja projekteerimisstandarditele, normidele ja määrustele ning tellija poolt seatud lähtetingimustele. Hoone planeeritav eluiga on vähemalt 50 aastat.

1.1.2 Üldandmed

1.1.2.1 Ehitise asukoht

Väike-Vahtra kinnistu, Maramaa küla, Tartu vald, Tartumaa

Kinnistus katastriüksuse tunnus: 79401:002:0235

1.1.2.2 Ehitise lühikirjeldus

Planeeritav hoone rajatakse monoliitbetoonist vundamendile. Kandvad seinad on poorbetoon plokkidest. Hoone katuse, vahelagede kandekonstruktsioonid on puidust. Esimese korruse põrand tehakse monoliitbetoonist ja see toetub pinnasele.

1.1.3 Alusdokumendid

1.1.3.1 Lähteülesanne

Hoone eelprojekti koostamisel on lähtutud omaniku poolsest lähteülesandest. Majas peab olema 3 magamistuba, kontor, 2 vannituba, köök-söögitoaga, elutuba ja terrass.

1.1.3.2 Olemasolevad ehitusprojektid

Olemasolevad ehitusprojektid puuduvad. Hoone on uusarendus.

1.1.3.3 Normdokumendid

Seadused

- Ehitusseadustik [2]

Määrused

- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 97/17.07.2015 „Nõuded ehitusprojektile“ [3]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 54/02.06.2015 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“ [4]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 85/02.07.2015 „Eluruumile esitatavad nõuded“ [5]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 55/05.06.2015 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“ [6]
- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 57/05.06.2015 „Ehitise tehniliste andmete loetelu ja arvestamise alused“ [7]

Standardid

- EVS 865-1:2013 „Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri“ [1]
- EVS 811:2012 „Hoone ehitusprojekt“ [9]
- EVS 812-7:2008 „Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitistele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus“ [10]

1.2 Asendiplaan

1.2.1 Lähteandmed

Kinnistu asendiplaani koostamisel on alusena kasutatud Maa-ameti põhikaarti.

1.2.2 Olemasolev olukord

1.2.2.1 Paiknemine

Ehitatava hoone asukohaks on Tartu maakond, Tartu vald, Maramaa küla, kinnistu katastriüksuse tunnusega 79401:002:0235. Kinnistu sihtotstarbeks on maatulundusmaa. Kinnistu on riskküliku lähedase kujuga. Põhjapoolne külg on piiratud kruusakattega

sõiduteega. Lõunapoolne külg on piiratud metsaga ja ülejäänud küljed teiste kinnistu elamutega ja metsaga.

1.2.2.2 Olemasolev hoonestus

Kinnistu põhjapoolsel küljel asub eraelamu (Ehitisregistri kood: 120559136).

1.2.2.3 Olemasolev reljeef

Kinnistu maapinna reljeef on kaldes, kalle on põhja-lõuna suunaline, langusega lõuna poole. Ehitatava hoone ümber on maapinna absoluutkõrgused vahemikus 34,5 – 35,0 meetrit.

1.2.2.4 Olemasolev haljastus

Ehitatava hoone kohal on vana aed ja põõsad. Hoonest lõuna pool kasvavad kõrged leht- ja okaspuud. Lääne ja ida pool kasvavad kõrged lehtpuud. Ülejäänud osa kinnistust on kaetud murukattega.

1.2.2.5 Olemasolevad tänavad, juurdesõiduteed ja kõnniteed

Kinnistu piirneb põhjapoolsest küljest kruusakattega sõiduteega, kust on ka ligipääs krundile. Projekteeritavale majale on ligipääs olemasoleva hoone ja aiamaja vahelt. Kinnistusesed teed puuduvad.

1.2.3 Asendiplaani lahendus

1.2.3.1 Hoone ja rajatise paigutus

Projekteeritav hoone on paigutatud olemas olevast hoonest 50 meetrit lõuna poole.

1.2.3.2 Ehitusetapid

Hoone ehitatakse ühes etapis.

1.2.4 Vertikaalplaneering

1.2.4.1 Vertikaalplaneerimise lahendus lähteandmed

Vertikaalplaneeringut muudetakse hoone perimeetri ümber nii, et oleks tagatud sadevete eemale juhtimine soklist.

1.2.4.2 Hoone paiknemiskõrgus

Ehitatava hoone ± 0.00 paiknemiskõrgus on võetud sokli ja maapinna ristumise kohast kõrgusega 34,50m.

1.2.4.3 Sademevee käitlemine

Sadevesi kogutakse katuselt vihmaveerennide ja -torudega. Torudest alla jõudev vesi juhitakse soklist eemale, kus see imbub pinnasesse.

1.2.5 Teed ja platsid

1.2.5.1 Juurdesõidutee

Kinnistule juurdepääs on põhjapoolse piiriga külgnevalt teelt.

1.2.5.2 Krundisisesed teed ja platsid

Krundil puudub sõidutee. Planeeritav sõidutee rajatakse olemasoleva hoone ja aiamaja vahelt läbi kuni projekteeriva hooneni. Planeeritav parkimise plats teha projekteeriva hoone ida küljele.

1.2.5.3 Katendid

Planeeritava tee alt eemaldatakse pinnas. Paigaldatakse killustik, mis tihendatakse ja peale tasandusliiv. Planeeritav tee kaetakse betoonkivisillutisega.

1.2.5.4 Äärekivid

Äärekive ei paigaldata.

1.2.6 Haljastus ja heakorrastus

1.2.6.1 Olemasolev, säilitatav haljastus

Olemasolev kõrghaljastus säilitatakse. Projekteeriva hoone koha pealt võetakse maha põõsad ja võsa. Peale kaevetöid ja krundi tasandamist külvatakse haljasalale uus muru.

1.2.6.2 Projekteeritud haljastus

Krundile pole plaaneritud täiendavat haljastust.

1.2.6.3 Piirded ja väravad

Krundile piirdeid ja väravaid ei projekteerita.

1.2.6.4 Jäätmekäitlus

Prügikonteiner paigaldatakse krundi sissepääsu juurde. Prügikonteiner tühjendatakse jäätmekäitlusettevõtte poolt, kes oma sellekohast litsentsi.

1.2.7 Maa-ala tehnilised andmed

Krundi pindala ja sihtotstarve: 9610 m², maatulundusmaa 100%

Ehitusalune pindala: Olemasolev hoone: 95,7 m², Projekteeritav hoone 96,0 m², Kokku: 191,7 m²

Täisehitusprotsent: 0,2 %

Parkimiskohtade arv: 2

Krundisiseste teede ja platside pindala: 341,2 m²

Hoone tuleohutusklass: TP-3

1.3 Arhitektuur

1.3.1 Üldandmed

Projekteeritav hoone laotakse bauroc poorbetoonplokkidest. Hoone on riskülikulise plaaniga, sissepääs ja terrass asuvad idaküljel. Hoonel on viilkatus.

1.3.2 Olemasolev

Olemasolevaid konstruktsioonid puuduvad.

1.3.3 Arhitektuuri üldlahendus

1.3.3.1 Hoone paiknemine, planeeringu piirangud

Projekteeritav hoone paikneb kinnistu keskosas läänepoolses küljes. Hoone planeeritav harjakõrgus on 8,29 m maapinnast. Katusel kalle on 22°.

1.3.3.2 Hoone ehitusetapid ja laiendamisevõimalused

Hoone ehitatakse ühes etapis ning projekteerimisel ei arvestata edasise laiendamisega.

1.3.3.3 Hoone arhitektuurne üldkontseptsioon

Projekteeritav maja on kahekorruseline viilkatusega elamu. Esimese korruse idapoolsel küljel on terrass. Rajatava hoone kandetarindiks on poorbetoonist plokid. Katusekatteks on punane kiviprofiil. Maja fassaad kaetakse roheline dekoratiivkrohviga. Akna-, ukse-, vihmaveesüsteemid on pruuni tooni ja aknaplekid hõbehalli tooni. Vundament soojustatakse väljast poolt. Sokliosa viimistletakse krohviga.

Elamu sisemised kandvad seinad on poorbetoon plokkidest ja mittekandvad bauroc seinapaneelidest või puitkarkassil kipssein.

1.3.3.4 Energiatõhusus ja sisekliima

Hoone energiatõhususe ja mugava sisekliima tagavad soojapidavad piirdekonstruktsioonid ja avatäited, lisaks energiasäästlik kütte- ja ventilatsioonilahendus.

1.3.3.5 Hoone ruumid

Hoone peasissepääs on idaküljel. Elamu esimese korruse lõunapoolses otsas asub köök-söögituba, kust pääseb idaküljel asuvale terrassile. Põhjapoolsel küljel asub magamistuba ja sanitaarruum. Esimesel korruse keskel asub elutuba ja pääs teisele korrusele. Teisel korrusel on kaks magamistuba üks neist lõunapoolsel küljel ja teine põhjapoolsel. Idapoolsel küljel hoone keskel asub kontor. Põhjapoolsel küljel asub sanitaarruum.

1.3.4 Hoone tehnilise andmed

Hoone otstarve: elumaja

Hoone kasutusotstarve: üksikelamu

Hoonealune pind: 96,0 m²

Hoone pikkus: 8,0 m

Hoone laius: 12,0 m

Hoone kõrgus: 8,29 m

Korruselisus: 2 korrust

Hoone suletud netopind: 176,2 m²

Köetav pindala: 176,2 m²

Hoone eluiga: 50 aastat

1.3.5 Sisearhitektuur

1.3.5.1 Olemasolev

Hoone olemasolevad viimistlused puuduvad.

1.3.5.2 Sisearhitektuuri kontseptsioon

Sisearhitektuuris lähtutakse tellija soovidest.

1.3.5.3 Valgustuse kontseptsioon

Loomuliku valgusallikana kasutatakse kolmekordse klaaspakettiga puitraamidelt aknaid. Valgustite valgusallikateks valitakse energiasäästlikud samas suure valgushulgaga LED lambid.

1.3.5.4 Viimistlusmaterjalid

Seinad

Sanitaarruumide seintele paigaldatakse keraamilised plaadid. Laotud seinad krohvitakse, pahteldatakse ja viimistletakse. Kipsplaadiga kaetud seinad pahteldatakse ja viimistletakse.

Põrandad

Sanitaarruumide ja esiku põrandatele paigaldatakse keraamilised plaadid. Ülejäänud ruumide põrandakatteks tuleb parkett.

Laed

Lakke paigaldatakse kipsplaat. Kipsplaat viimistletakse värviga.

Siseuksed

Siseusteks kasutada spoonitud uksi.

Trepp

Hoonesse paigaldada terastalal 15. astmeline trepp, mis kohati läheb sirgjoonelisest treppist üle keerdtrepiks ja vastupidi. Trepimademed teha 60mm männiliimpuidust. Trepivi valem 200x300mm.

1.4 Konstruktsioonid

1.4.1 Üldandmed

Projekteeriva hoone konstruktsioonid on projekteeritud Eesti Vabariigi projekteerimismääruste, määruste ja standardite alusel.

1.4.1.1 Projekteerimistöo piirid

Käesolev ehitusprojekt on koostatud arhitektuurse eelprojekti staadiumis.

1.4.2 Tehnilised põhiohused hoone kandekonstruktsioonidele

1.4.2.1 Projekteeritud kasutusiga

Hoone kasutuseaks on projekteeritud 50 aastat.

1.4.3 Hoone kandeskelett

Hoone kandekonstruktsiooniks on poorbetonplokkidest laotud seinad. Kandvad välisseinad laotakse bauroc Ecoterm + 500mm ja kandvad siseseinad laotakse bauroc Hard 250mm plokkidest. Vahelagesid kannavad puittalad ristlõikega 50x200mm, sammuga 600mm. Katuse kandekonstruktsiooniks saab olema 50x200mm ristlõikega sarikad ja pennid ristlõikega 50x100mm, sammuga 600mm. Hoone katusekandjad toetuvad välisseintele.

1.4.4 Maa-alused konstruktsioonid

1.4.4.1 Vundament

Käesolevas projektis käsitletakse kahte erinevat vundamenti liiki.

Esimesena antakse ülevaade madalvundamentidest.

Vundament laotakse FIBO 5 plokkidest. Lintvundamenti laiuseks võetakse 500mm. Postid rajatakse kohtuvundamentidele. Rajamissügavus jääb hoonenullist 0,50 m sügavusele. Vundamenti alla valmistatakse armeeritud betoonist taldmik, mille kõrgus on 300mm ja

laius sõltub konstruktsioonidelt tulevast koormustest. Taldmiku rajamissügavus on 0,80 m hoone nullist allpool. Raketised eemaldatakse, kui betoon on saavutanud vajaliku tugevuse.

Vundamendi pinnasesse jääv osa kaetakse kogu perimeetri ulatuses EPS soojustusplaadiga. Lisaks paigaldatakse horisontaalne soojustus ümber hoone. Vundamendi ja sokli sein kaetakse hüdroisolatsioonikihiga.

Teine vundamendi liik, mida käesolevas lõputöös käsitletakse on kiilvaivundament.

Kiilvai ja samm valitakse vastavalt seintelt tulenevalt koormustest. Kiilvaiade peale rajatakse 200 mm kõrgusega rostvärk. Rostvärgi rajamissügavus on 0,30 m hoonenullist allpool, rostvärk toetub kiilvaiade peale.

1.4.5 Maapealsed konstruktsioonid

1.4.5.1 Põrand pinnasel

Esimesele korrusele on projekteeritud pinnasele toetuv betoonpõrand. Põranda alune pind täidetakse liivaga ja tihendatud killustikuga. Esimese kihi soojutuse vahele paigaldatakse kanalisatsiooni- ja külmaveetorustik, selle peale paigaldatakse teine kiht soojustust. Soojutuse peale paigaldatakse ehituskile, armatuurvõrk ja põrandakütte torustik, mille peale valatakse betoon paksusega 100mm. Esiku ja sanitaarruumi põrandad kaetakse enne plaatimist hüdroisolatsiooni kihiga. Ülejäänud esimese korruse ruumidesse paigaldada parkett.

1.4.5.2 Välisseinad

Sein laotakse bauroc ECOTERM+ 500mm plokkidest. Välisviimistluseks kasutatakse dekoratiivkrohvi ja siseviimistluseks kasutatakse värvi.

1.4.5.3 Vahelaed

Hoone vahelaed on projekteeritud puittaladele.

Esimese korruse vahelaed tala alla kinnitatakse hõre laudis 25x100mm, selle alla 2x kipsplaat ja viimistletakse värviga. Tala vahele paigaldatakse 150mm paksune mineraalvilla kiht. Tala peale paigaldatakse puitlaastplaat paksusega 25mm, sammumüra plaat 30mm, 2x kipsplaat ja parkett. Sanitaarruumi põranda viimistluseks kasutatakse keraamilist plaati, mille alla peab paigaldama hüdroisolatsiooni.

Teise korruse vahelae tala alla kinnitatakse 2x kipsplaat, mis viimistletakse värviga. Tala vahele paigaldatakse puistevill 200mm paksuselt.

1.4.5.4 Katuslagi

Hoonele on projekteeritud kiviprofiiliga kattega viilkatus koos vihmaveesüsteemiga.

Katuslae konstruktsiooniks on 50x200mm saematerjal sammuga 600mm. Sarikate peale paigaldatakse aluskate, distantслиist 32x50mm sammuga 600mm. Distantслиistu peale paigaldatakse hõre laudis 32x100mm sammuga 300mm. Seejärel paigaldatakse kiviprofiil teraskivi Eco.

1.4.5.5 Terrass

Hoonele on projekteeritud ida küljele terrass, mida katab katuslagi.

1.4.5.6 Siseseinad

Kandvad seinad on laotud bauroc Hard 250mm plokkidest, mis viimistletakse mõlemalt poolt värviga.

Mittekandvad seinad on laotud bauroc seinapaneelidest paksusega 100mm või ehitatud puitkarkass vaheseinad. Puitkarkassi postid on mõõtmetega 45x70mm sammuga 600mm, mille vahele paigaldatakse mineraalvill. Karkass kaetakse kahelt poolt 12mm paksuse kipsplaadiga kahekordselt ning viimistletakse värviga.

1.4.5.7 Trepid

Välitrepp

Välisukse ette rajatakse kolmeastmeline betoontrepp.

Sisetrepp

Sisetrepp rajatakse metallist kandekonstruktsiooniga, mis on L-kujuline. Trepi mademed valmistatakse liimpuidust.

1.4.5.8 Avatäited

Aknad

Aknad peavad olema kolmekihilise klaaspakettiga. Aknaraamid on projekteeritud puidust, mille klaasijaotust näeb arhitektuursetelt vaadetelt.

Välisüksed

Peasissepääsu uks paigaldada külmatõkkega puituks. Terrassile pääsuks paigaldada puitraamil väljapoole avanev kolmekordse pakettklaasiga uks.

1.4.6 Tuleohutus

1.4.6.1 Normdokumendid

Määrused

- Majandus- ja taristuministri määrus nr. 54/02.06.2015 „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded“ [4]

Standardid

- EVS 812-7:2008 „Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitisele esitatava põhinõude, tuleohutusnõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus“ [10]

1.4.6.2 Hoone kasutusviis

Hoone kasutusviis I (elamu).

1.4.6.3 Hoone tulepüsivusklass

Projekteeritav hoone on TP-3 tulepüsivusklassiga.

1.4.6.4 Kandekonstruktsiooni tulepüsivus

Hoone kandekonstruktsioonidele nõudeid ei esitata.

1.4.6.5 Korruste arv

Hoone on kahekorruseline.

1.4.6.6 Pindade tuletundlikkuse klassid

Põrand	Nõudeid ei esitata
Seinad ja lagi	D-s2,d2 ¹⁾
Mittekasutatav pööning	Nõudeid ei esitata
Välisseinte välispinnad	D-s2,d2
Katusekate	B _{ROOF}

¹⁾ seinapinna väikseid osi võib katta klassifitseerimata materjaliga

1.4.6.7 Tuletõkkesektsioonid

Projekteeritav hoone ei jagune eraldi tuletõkkesektsioonideks.

1.4.6.8 Evakuatsioonilahendus

Hoone on projekteeritud neljaliikmelise pere elamuks. Hoone esimeselt korruselt evakueerimine toimub hoone peaukse kaudu. Teiselt korruselt toimub evakueerimine mööda treppi esimesele korrusele ja väljutakse hoonest välisukse kaudu. Evakuatsioonitee pikkus on 22 meetrit, mis ei ületa lubatavat 45 meetrit. Evakuatsioonitee laius on 1000mm, mis on laiem kui lubatud miinimum 900mm.

1.4.6.9 Suitsuärastus

Suitsuärastus toimub ruumides avatavate uste ja akende kaudu.

1.4.6.10 Tuleohutusabinõud hoones

Autonoomne tulekahjusignalisatsioonandur paigaldatakse vähemalt ühte eluruumi. Kööki on soovitatav paigaldada tulekustustekk.

1.4.6.11 Pääsud katusele

Hoone katusele pääseb teisaldatava redeliga.

1.4.6.12 Päästemeeskonna juurdepääs ehitisele

Päästetehnika juurdepääs toimub krundi põhjaküljega piirnevalt teelt.

1.4.6.13 Tuleohutuskujad

Projekteeritava hoone ja olemasoleva hoone vahemaa on suurem kui 8 meetrit.

1.4.7 Keskkonnakaitse ja heakorrastus

Projekteeritud ehitise ei ole keskkonda reostav. Tahked jäätmed kogutakse prügikonteinerisse ja antakse üle litsentsi omavale jäätmekäitlusettevõttele. Ehitustööde käigus tekkinud ehitusjäätmed utiliseeritakse kehtivate Eesti Vabariigi seadustega kehtestatud korras. Ehitustööde lõppedes krunt heakorrastatakse.

1.5 Küte ja ventilatsioon

Hoonesse on projekteeritud küttesüsteem, mille soojusallikaks on maasoojuspump ning soojuskandjaks vesi. Soojusvahetus toimub esimesel korrusel põrandakütte torustiku ning teisel korrusel radiaatoritega. Lisaks on hoonesse projekteeritud ahi. Hoonesse rajatakse soojustagastusega sundventilatsioon. Küte ja ventilatsioon lahendatakse eraldi projektiga.

1.6 Veevarustus ja kanalisatsioon

Projekteeritava hoone veevarustus ühendatakse krundil oleva kaevuga. Sooja tarbeveega varustamine toimub boileriga, mis asub esimese korruse sanitaarruumis. Kanalisatsioonitorustikud liidetakse krundil oleva septikuga. Vajadusel tuleb olemasolev septik välja vahetada. Hoone veevarustus ja kanalisatsioon lahendatakse eraldi eriosa projektiga.

1.7 Elekter ja nõrkvool

Liitumispunkt asub põhjapoolse krundipiiri ääres. Elektri osa lahendatakse eraldi projektiga.

2. TUGEVUSARVUTUSED

2.1 Üldosa

Käesolevas magistritöös koostatakse eramu eelprojekt Tartumaa, Maramaa, Väike-Vahtra krundile. Lisaks sellele arvutatakse fiktiivse geoloogia põhjal vundamendile mõjuvad koormused, mille põhjal leitakse vajalik talla laius lintvundamendi jaoks. Kuna eramu projekteeritakse pehmele pinnasele, siis on otstarbekas kontrollida ka kiilvaia kasutamise võimalus. Arvutuste abil leitakse vajalik kiilvaia suurus ja arv, mille abil on võimalik hinnata, kas oleks mõistlikum valida madalvundamendi asemel kiilvai või vastupidi.

2.2 Kasutatud normdokumendid

Lõputöös on kasutatud järgnevaid normdokumente:

- EVS 812-7:2008 Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitisele esitatava põhinõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus; [10]
- EVS-EN 1990:2002+NA:2002. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused ; [11]
- EVS-EN 1991-1-4: 2005+NA 2007. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus. [12]
- EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus ; [13]

2.3 Kasutatud abimaterjalid

- Ehituskonstruktorigi käsiraamat [15]
- Madalvundamendi arvutus [17]
- TTÜ pinnasemehaanika kursuse konspekt, peatükk 5. [18]
- Kiilvaiade normatiivse kandevõime graafik [19]

2.4 Kasutatud arvutiprogrammid

- Autodesk AutoCAD 2015
- Microsoft Excel 2016
- SMath Studio Desktop

2.5 Arvutusmeetodi põhimõte

Käesolevas töös liigitatakse koormused ajalise kestuse alusel alaliskoormusteks ja muutuvkoormusteks. Alaliskoormuseks on konstruktsiooni omakaal, muutuvkoormusteks katusekonstruktsioonile mõjuvad lume- ja tuulekoormused ning vahelaetaladele mõjuv kassukoormus.

Arvutuste tegemisel kasutatakse arvutusväärtusi. Arvutusväärtused leitakse nii kui normväärtust korrutada osavaruteguriga. Osavarutegur võtab arvesse koormuse võimalikku hälvet normväärtusest ebasoodsamas suunas. Koormuskombinatsioon on samal ajal mõjuvate koormuste arvutusväärtus kokku. Koormusi rakendatakse arvutustes kombinatsioonidena, vastavalt koormusjuhtudele ja piirilukorraale. Arvesse võetakse kõigi mõjuvate koormuste kombinatsiooni üheaegselt. Kõik koormuskombinatsioonid sisaldavad püsikoormust ja sellele lisanduvat domineerivat muutuvkoormust. Domineerivaks muutuvkoormuseks koormuskombinatsioonis on see, mille mõju koormustulemile on teistest muutuvkoormustest suurem. [16]

Kandepiiriseisundi alaliste ja ajutiste arvutusolukordade koormuskombinatsioonid:

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

Kasutuspiiriseisundi normatiivsed koormuskombinatsioonid:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (2)$$

kus

γ - koormuse osavarutegur vastavalt indeksile,

G - alaliskoormus,

P - eelpingestuskoormus,

$Q_{k,1}$ - domineeriv muutuvkoormus,

Ψ_0 - koormuse kombinatsioonitegur,

$Q_{k,i}$ - muu muutuvkoormus.

2.6 Lumekoormus

Lumekoormus liigitub muutuvkoormuse alla. Lumekoormuste arvutamisel on kasutatud standardit EVS-NE 1991-1-3:2006+NA:2006 [13]. Lumekoormuste määramisel on arvestatud hoone asukohaga, katuse kujuga ning ühtlaselt sadanud lume ja kuhjunud lume koormusvariantidega.

Käesolevas töös leitakse lumekoormused 22° kaldega viilkatusele.

Katuse lumekoormus leitakse alalise arvutusolukorra puhul valemiga:

$$s = \mu_1 C_e C_t s_k \quad (3)$$

kus

μ_i - lumekoormuse kujutegur,

s_k - normatiivne lumekoormus maapinnal,

C_e - avatustegur.

C_t - soojustegur.

Ehitatava hoone planeeritav asukoht on tavaliste maastikutingimustega alal, seega on avatustegur C_e väärtuseks 1,0. Soojustegur C_t väärtuseks võtan 1,0, kuna katus on vähe soojust edastav. [11]

Normatiivne lumekoormus maapinnal saadakse standardi EVS-NE 1991-1-3:2006+NA:2006 [11] jooniselt NA.4.1, mille kohaselt Tartumaal on selleks väärtuseks $s_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$.

2.6.1 Lumekoormus katusele kaldega $\alpha_1 = 22^\circ$

Projekteeritava hoone katusele kaldenurk α on 22° , mis jääb vahemikku $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$. Lumekoormuse kujutegur $\mu_1 = 0,8$.

Lumekoormuse normsuurus vastavalt valemile 3:

$$s = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

2.7 Tuulekoormus

Tuulekoormus on ajas muutuv ning esitatakse konstruktsioonile mõjuvate staatiliste rõhkude või jõudude kombinatsioonina. [12]

Tuulekoormus arvutatakse vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-4:2005+NA:2007. [12]

Konstruktsiooni välispindadele mõjuv tuulerõhk leitakse valemiga:

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}, \quad (4)$$

kus

$q_p(z_e)$ - tippkiirusrõhk,

c_{pe} - välisrõhutegur,

z_e - arvutuskõrgus.

Projekteeritav hoone paikneb vastavalt standardile EVS-NE 1991-1-4:2005+NA:2007 [12] III maastikutüübi alal (maastik, mis on kaetud ühtlase taimkatte või ehitistega või üksikute takistustega, mille vaheline kaugus ei ole suurem 20-kordsest kõrgusest). Välisrõhu arvutuskõrguseks võetakse hoone kõrgus $z_e = h = 8,29$ m, kuna hoone on kõrgem kui III maastikutüübile vastav $Z_{\min} = 8$ m.

Maastikutüübi III leitakse tuule tippkiirusrõhk järgneva valemiga [13]:

$$q_p = 12,81 \ln^2 \frac{z_e}{0,3} + 89,64 \ln \frac{z_e}{0,3}, \quad (5)$$

Tuule tippkiirusrõhk vastavalt valemile 5:

$$q_p = 12,81 * \ln^2 \frac{8,29}{0,3} + 89,64 * \ln \frac{8,29}{0,3} = 434,9 \text{ N/m}^2 = 0,435 \text{ kN/m}^2$$

Koormustsoonide mõõtmed ja koormustsoonidele mõjuvad tuulerõhutegurid leitakse standardi EVS-NE 1991-1-4:2005+NA:2007 [12] tabelitest 7.4a, 7.4b ja joonisest 7.8 lähtuvalt.

2.7.1 Tuulekoormus katusele

Käesolevas töös leitakse tuulerõhud katuste koormustsoonidele erinevate tuulesuundade (0° , 90° , 180° , 270°) puhul ja esitatakse tabelkujul arvutatuna valemiga 5. Lähtuvalt standardist EVS-NE 1991-1-4:2005+NA:2007 [12] on katuste puhul 0° ja 180° tuulesuuna korral

arvestatud nelja juhuga, kus suurimad ja vähimad väärtused tsoonides F, G ja H kombineeritakse suurimate ja vähimate väärtustega tsoonides I ja J.

Tuulerõhu joonkoormused saadakse tuulerõhu korrutamisel sarikate sammuga $s = 0,6$ m.

$$Q_k = w_e * s, \quad (6)$$

kus

w_e - tuulerõhk

s - samm

Joonisel 1. tuuakse välja katuseosa tuulerõhu koormustsoonid koos mõõtmete ja noolega tähistatud tuule suunaga. Koormustsoonide mõõde $e = b$ või $2h$ (kumb on väiksem), kus b on mõõt tuule ristsihis ja $h = 8,29$ m on hoone kõrgus.

Tabel 1. Kahekaldelise katuse tuulerõhutegurid $c_{pe,10}$

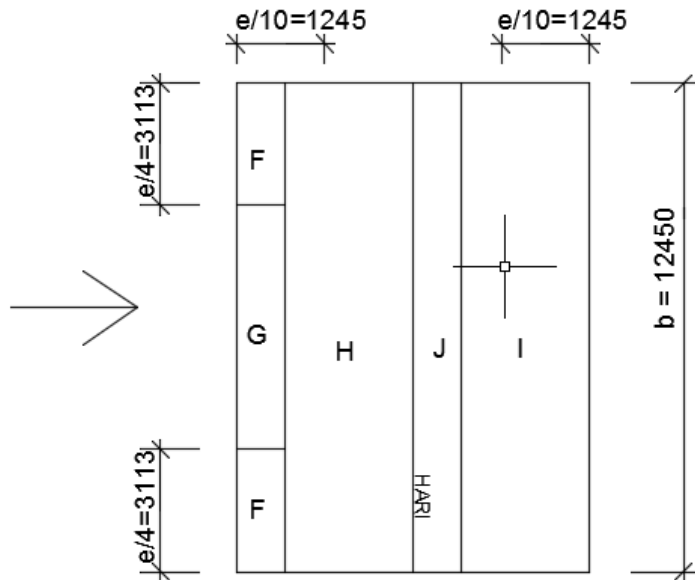
Katuse kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°				
	F	G	H	I	J
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	0,7	0,7	0,4	0,0	0,0
22°	-0,70	-0,65	-0,25	-0,40	-0,75
	0,51	0,45	0,30	0,00	0,00
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1,0
	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0

Tabelis 1 on leitud 22° kaldenurgaga katuse tsoonide väärtused interpoleerimise teel.

Tabel 2. Kahekaldelise katuse tuulerõhu väärtused

Katuse kaldenurk α	Tuule suund $\theta = 0^\circ$ ja 180°				
	F	G	H	I	J
22°	-0,70	-0,65	-0,25	-0,40	-0,75
	0,51	0,45	0,30	0,00	0,00
Tuulerõhk w_e (kN/m ²)	-0,3	-0,3	-0,1	-0,2	-0,3
	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
Tuulerõhu joonkoormus Q_k (kN/m)	-0,183	-0,170	-0,065	-0,104	-0,196
	0,134	0,117	0,078	0,000	0,000

Tabelis 2 on välja toodud erinevate tsoonide tuulerõhu väärtused ruutmeetrile kui ka joonkoormusena. Väärtused on leitud valemitega 4 ja 6.



Joonis 1. Ida-läänesuunalise tuule $\theta = 0^\circ$ ja $\theta = 180^\circ$ koormustsoonid

Kuna arvutustes leitakse koormused vundamendile siis on vaja leida tuulekoormused suunaga $\theta = 0^\circ$ ja $\theta = 180^\circ$. Arvutustes kasutatakse F ja H koormustsoone, kuna seal rakendub kõige suurem tuulekoormus sarikale ja sealt edasi vundamendile. I ja J koormustsoone antud lõputöös ei kasutata kuna nendes tsoonides toimub imev jõud, mis kergendab vundamendile rakendatavat koormust.

Esmalt tuleb leida kaalutud keskmise koormustsoon sarikale. Leitakse kõige suurem koormus. Sarika kogupikkus on 4,93 meetrit.

$$\frac{\frac{e}{10} \cdot Q_{k,F} + Q_{k,H} \cdot (4,93 - \frac{e}{10})}{4,93} = 0,092$$

Tuulekoormus on leitud katuse pinnaga risti mõjuva tuulerõhuna. Vaja on leida tuulekoormusest mõjuv jõud seinale.

Esmalt leitakse ühele sarikale mõjuv koormus.

$$q_{tuul,sarikale} = \frac{0,092}{\cos 22^\circ} = 0,099 \frac{kN}{m}$$

Järgmisena leitakse koormus, mis kandub sarikalt seinale. Selleks tuleb leida koormus, mis mõjub terve sarika pikkuses seinale.

$$Q_{tuul} = 0,099 \cdot 4,93 = 0,49 \text{ kN}$$

Selleks, et leida seinale koormus ühe jooksva meetri kohta tuleb tulemus jagada sarika sammuga 600 mm.

$$q_{tuul} = \frac{0,49}{0,6} = 0,81 \text{ kN}$$

2.8 Konstruksioonide omakaalukoormused

Omakaalukoormus on tingitud konstruktsioonide omakaalust. Konstruktsioonide omakaalukoormus leitakse konstruktsioonimaterjalide mõõtmete, sammu ja mahukaalu järgi. Materjalide mahukaalude väärtused võetakse, Ehituskonstruktori käsiraamatust [13] ja materjalitootjate tootekataloogidest.

2.8.1 Katuse omakaal

Katuse materjalid, mõõtmed ja omakaal on esitatud tabelis 3.

Tabel 3. Katuse materjalid ja omakaalukoormused

Materjal	Laius (m)	Kõrgus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Kiviprofiil teraskivi ECO	-	-	-	-	0,041
Hõre laudis	0,1	0,032	0,3	6,0	0,064
Distantsliist	0,05	0,032	0,6	6,0	0,016
Aluskate	-	-	-	-	0,0014
Sarikad	0,05	0,2	0,6	6,0	0,100
				Kokku:	0,222

Katuse normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustest $g_{k,KL} = 0,222 \text{ kN/m}^2$.

2.8.2 Vahelagede omakaal

Vahelagede omakaal, materjalid ja mõõtmed on esitatud tabelites 4 ja 5.

Tabel 4. Teise korruse vahelae materjalid ja omakaalukoormused

Materjal	Laius (m)	Kõrgus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Laetala	0,05	0,2	0,6	6,0	0,1
Puistevill	-	0,2	-	0,23	0,046
Kipsplaat x2	-	0,013	-	-	0,168
				Kokku:	0,314

Teise korruse vahelae normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,VL2} = 0,314$ kN/m².

Tabel 5. Esimese korruse vahelae materjalid ja omakaalukoormused

Materjal	Laius (m)	Kõrgus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Parkett	-	0,01	-	-	0,12
Põranda kipsplaat x2	-	0,015	-	-	0,154
Sammumüraplaat	-	0,03	-	0,85	0,0255
Puitlaastplaat	-	-	-	-	0,0014
Laetala	0,05	0,2	0,6	6,0	0,100
Mineraalvill laetala vahel	-	0,15	-	0,7	0,105
Hõre laudis	0,1	0,025	0,3	6,0	0,050
Kipsplaat x2	-	0,013	-	-	0,168
				Kokku:	0,401

Esimese korruse vahelae normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,VL1} = 0,401$ kN/m².

2.8.5 Välisseina omakaal

Välisseina mõõtmed, omakaal ja materjalid on välja toodud tabelis 6.

Tabel 6. Välisseina materjalid ja omakaalukoormused.

Materjal	Laius (m)	Paksus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Dekoratiivkrohv	-	0,01	-	-	0,06
bauroc Ecoterm 500+	0,5	0,2	-	3,25	1,625
krohv	-	0,01	-	-	0,04
				Kokku:	1,725

Välisseina normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,VS1} = 1,725 \text{ kN/m}^2$.

2.8.4 Siseseinte omakaal

Siseseinte materjalid, mõõtmed ja omakaal on välja toodud tabelites 7...9.

Tabel 7. SS-1 siseseina materjalid ja omakaalukoormused.

Materjal	Laius (m)	Paksus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Kipsplaat x2	1,2	0,12	-	-	0,168
Mineraalvill	-	0,7			0,049
Puitkarkass	0,45	0,7	0,6	6,00	0,0315
Kipsplaat x2	1,2	0,12	-	-	0,168
				Kokku:	0,417

Siseseina normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,SS1} = 0,417 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 8. SS-2 siseseina materjalid ja omakaalukoormused.

Materjal	Laius (m)	Paksus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Krohv	-	0,01	-	-	0,04
Bauroc Hard 250		0,25	-	5,7	1,413
Krohv	-	0,01	-	-	0,04
				Kokku:	1,493

Siseseina normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,SS2} = 1,493 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 9. SS-3 siseseina materjalid ja omakaalukoormused.

Materjal	Laius (m)	Paksus (m)	Samm (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m ²)
	b	h	s	γ	g_k
Krohv	-	0,01	-	-	0,04
Bauroc seinapaneel		0,1	-	5,7	0,565
Krohv	-	0,01	-	-	0,04
				Kokku:	0,645

Siseseina normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $g_{k,SS3} = 0,645 \text{ kN/m}^2$.

2.8.5 Postide omakaal

Postide materjalid, omakaalukoormused ja mõõtmed on välja toodud tabelites 10 ja 11.

Tabel 10. Siseposti materjal ja omakaal.

Materjal	Diameeter (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m)
	d	γ	g_k
Ümarpalk	0,3	6,0	0,42
		Kokku:	0,420

Posti normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $Q_{k,P1} = 0,42 \text{ kN/m}$.

Tabel 11. Välisposti materjal ja omakaal

Materjal	Laius (m)	Paksus (m)	Mahukaal (kN/m ³)	Normkoormus (kN/m)
	b	l	γ	g_k
Betoonpost	0,3	0,3	25,0	2,25
			Kokku:	2,250

Posti normatiivseks omakaaluks võetakse arvutustes $Q_{k,P2} = 2,25 \text{ kN/m}$.

2.9 Arvutuslikud koormused telgedele

Kasus koormus leitakse valemiga:

$$q_{k,kasus} = q_k \cdot n \quad (7)$$

kus

q_k – kasuskoormus vahelaele, eluruumil klass A on $q_k=2,0 \text{ kN/m}^2$

n - korruste arv

Arvutuslik alaline koormus leitakse valemiga:

$$g_d = g_k \cdot \gamma_G \quad (8)$$

kus

g_k – alaline koormus

γ_G – alalise koormuse osavarutegur 1,2

Arvutuslik ajutine koormus leitakse valemiga:

$$q_d = q_k \cdot \gamma_Q \quad (9)$$

kus

q_k – ajutine koormus

γ_Q – ajutise koormuse osavarutegur 1,5

Esmalt tuleb leida alaline koormus ühele teljele. Selleks tuleb seinte omakaal korrutada läbi kõrgusega ja vahelagede koormus korrutada läbi pool teljevahemikust. Kõik arvutused toimuvad ühe jooksva meetri lõikes.

Välissein teljel 1

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,1} = \frac{4,375}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 8,3 = 17,01 \text{ kN/m}$$

Seejärel leitakse kasuskoormus valemiga 7 ja korrutatakse läbi poole teljevahemiku väärtusega:

$$q_{k,kasus} = 2,19 \cdot q_k \cdot 2 = 8,75 \text{ kN/m}$$

Lumekoormus korrutatakse läbi poole teljevahemikuga ja koormuse kombinatsiooniteguriga Ψ_0 , mille väärtus on 0,6:

$$q_{k,lumi} = 2,19 \cdot s \cdot \Psi_0 = 2,19 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 1,58 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku leitakse kui liidetakse lume- ja kasuskoormus:

$$q_{k,1} = 8,75 + 1,58 = 10,32 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus leitakse kui liidetakse omakaalu- ja ajutine koormus kokku:

$$p_k = 17,01 + 10,32 = 27,33 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus leitakse valemiga 8:

$$g_d = 17,01 \cdot \gamma_G = 20,41 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus leitakse valemiga 9:

$$q_d = 10,32 \cdot \gamma_Q = 15,49 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus leitakse arvutusliku ajutise ja alalise koormuse liitmisega:

$$\mathbf{N_{sd,1} = 20,41 + 15,49 = 35,89 \text{ kN/m}}$$

Edaspidi teistel telgedel lähtutakse samadel arvutuspõhimeetodil, lisaks telgedel A ja C mõjub ka tuulekoormus. Tuulekoormus arvutatakse samal meetodil nagu lumekoormust, arvetades tuulekoormusele koormuskombinatsioonitegur juurde.

Kõik arvutuslikud koormused on välja toodud tabelites 12 ja 13.

Arvutuskäikude lahendused on lisas 1.

Tabel 12. Arvutuslikud koormused telgedele.

	Alaline koormus kokku (kN/m)	Ajutine koormus kokku (kN/m)	Normatiivne koormus kokku (kN/m)	Arvutuslik koormus kokku (kN/m)
Telg 1	17,01	10,32	27,33	35,89
Telg 2,A-B	13,57	8,50	23,19	29,04
Telg 2,B-D	14,69	17,25	31,94	43,51
Telg 3	13,94	14,75	28,69	38,85
Telg 4	16,25	7,38	23,62	30,56
Telg A	16,94	19,37	36,31	49,38
Telg B	14,63	12,00	26,63	35,56
Telg C,1-2	15,73	14,65	30,38	40,85
Telg C,2-4	16,94	19,37	36,31	49,38

Tabel 13. Arvutuslikud koormused postidele

	Alaline koormus kokku (kN)	Ajutine koormus kokku (kN)	Normatiivne koormus kokku (kN)	Arvutuslik koormus kokku (kN)
Post 1	3,89	6,22	10,10	13,99
Post 2	16,29	5,46	21,75	27,74

2.10 Vundamendi arvutused

Käesolevas lõputöö käsitleb madalvundamendi ja kiilvaivundamendi võrdlust. Eesmärk on leida, kas soodsam on rajada madal- või kiilvaivundament. Valitud vundamendi liigid on valitud lähtudes pinnase omapärast. Pinnas on savine ja vesi ulatub pinnases kõrgele. Kuna puudub ehitusgeoloogiline uuring, siis lähteandmed on fiktiivsed. Lähteandmed on ette antud Mait Metsa soovitusel.

2.10.1 Madalvundamendi kirjeldus

Madalvundament on üks enim kasutatud vundamendi liikidest. Kuju ja projekteerimise iseärasuste järgi võib liigitada madalvundamente neljaks:

1. Üksikvundament – Üksikut ehitise osa toetav ristkülikulise tallaga vundament, mille pikkuse ja laiuse suhe on alla viie.

2. Lintvundament – ehitise seinu toetav vundament, mille pikkus on üle viie korra suurem laiuselt.

3. Ristlintidest vundament – kasutatakse karkassehitiste puhul, vahetult talla alla jääv pinnasekiht on piisavalt tugev ja sügavamal on palju kokkusurutavad ja erineva paksusega pinnasekihid. Monoliitsetest raudbetoonist lindid aitavad ühtlustada vajumeid.

4. Plaatvundamendid – lausvundament kogu hoone all. Kasutatakse suure koormusega ja suhteliselt nõrgale pinnasele rajatud ehitiste korral. Eesmärk on sellega vähendada survet pinnasele ja vajumite erimeid.[18]

Käesolevas magistritöös kasutatakse üksikvundamente ja lintvundamenti.

2.10.2 Kiilvaivundamendi kirjeldus

Kiilvaiad tihendavad pinnasesse rammimisel ümbritsevat pinnast suurendades selle vastupanuvõimet ja kannavad koormust pinnasele lisaks hõõrdele külgpindadel ka normaalpingetega külgpindadel. Kiilvaiade kandevõime betooni mahuühiku kohta suurem kui ühtlase põiklõikega vaiadel.

Kiilvaia kaks külge on kaldsed ja kaks paralleelsed. Kiilvaiu kasutatakse üldiselt kergete ühekorruseliste karkasshoonete puhul. Olenevalt pinnasest ja vaia pikkusest on kiilvaia kandevõime enamasti piires 150 kuni 400 kN. Kiilvaiu saab ka kasutada kandvate seintega ehitiste puhul. Sama betoonimahu koguse juures võtab kiilvai suurema koormuse vastu kui üksikvundament. Kiilvaiade kasutamisel väheneb mullatööde maht.

Kiilvaiu soovitatakse kasutada savipinnastega alades ja kus võib olla kõrge pinnaseveetase. Kiilvaia kasutamine on seda otstarbekam, mida suurem on hoone pind ja väiksem selle hoone kõrgus. [18]

2.10.3 Kiilvai eelised madalvundamendi ees

1. Kiilvaiade vajumised on väiksemad kuna rammimise käigus koormatakse kiilvaiu suurema koormusega kui hoone eksploatatsiooni käigus.

2. Vaiade kandevõimet on rammimisel võimalik täpselt määrata. Peale proovivaia rammimist on võimalik koostada täpsem arvutuskeem, mis võimaldab vähendada tagavara vundamendi ehitusel.

3. Kiilvaiade kasutamise puhul väheneb oluliselt mullatööde maht kuna rajamissügavus on väiksem ja ei ole tarvis kaevikut rajada ega dreanaži, et vett eemale juhtida.
4. Mida halvem on pinnase kandevõime, seda suuremaks kasvab madalvundamendi taldmiku puhul materjalikulu. Kasvutempo on oluliselt kiirem, kui vaiade puhul.
5. Kiilvaia kasutamisel pinnas tiheneb, aga madalvundamendi puhul pinnas koheneb, kuna pinnast tuleb välja kaevata ja asendada täitepinnasega.
6. Kui pinnasevee tase on liivades kõrgemal kui normide kohane vundamendi rajamissügavus, tekib nõ „vesiliiva efekt“ ja pinnas võib kaotada oma kandevõime täielikult. Selleks tuleks madalvundamendi puhul veetaset alandada, kuid see on kulukas ja keeruline protsess. [21]
7. Kiilvaivundamendi ehitusel on ajaline eelis, mis võib anda rahalise võidu juhtimiskulude pealt. Mida suurema ehituspindalaga hoone, seda suurem võit.

2.10.4 Geotehniline profiil

Geotehniline profiil on fiktiivne. Aluseks on võetud Mait Metsa soovitusel lähteandmed, arvestatud on piirkonna omapäraga. Kuna Emajõgi asub ligikaudu 400m kaugusel, siis peab arvestama, et pinnasevesi võib tõusta küllaltki kõrgele. Antud lõputöös on arvestatud, et vesi tõuseb madalvundamendi talla tasandini ehk vesi on pinnase nullkõrgusest 0,80 meetri sügavusel.

I-I'

1. Muld	0 – 0,3	VESI – 0,8 m
2. Savi	0,3– 5,0	
3. Moreen	5,0+	

2.10.5 Pinnase omadused

Tabel 14. Pinnase omadused

		γ (kN/m ³)	E (MPa)	c (kPa)	φ °	c_u (kPa)
1	Muld	16	-	-	-	-
2	Savi	19	3	0	0	25
5	Moreen	21	30	-	-	70

2.10.6 Madalvundamendi arvutused

Esimesena arvutatakse tsentrilise vertikaalkoormusega lintvundament ja kaks üksikvundamenti postide alla. Arvutused on tehtud lähtudes, et vesi ulatub talle tasandini ja tegemist on dreanimata pinnasega.

Eelnevalt leitud koormuste põhjal leitakse arvutuskoormus lintvundamendile valemiga:

$$V_{1d} = g_d \cdot \gamma_G + q_d \cdot \gamma_R \quad (10)$$

2.10.6.1 Madalvundamendi arvutuskoormused

Arvutuskoormused telgede kaupa leitakse valemiga 7 (lisaks kaks posti):

Teljel 1

$$V_{1d} = 20,41 \cdot 1,2 + 15,49 \cdot 1,5 = 47,72 \text{ kN/m}$$

Telg 2, teljevahemikus A-B

$$V_{2,1d} = 16,29 \cdot 1,2 + 12,75 \cdot 1,5 = 38,67 \text{ kN/m}$$

Telg 2, teljevahemikus B-C

$$V_{2,2d} = 17,63 \cdot 1,2 + 25,88 \cdot 1,5 = 59,97 \text{ kN/m}$$

Telg 3

$$V_{3d} = 16,73 \cdot 1,2 + 22,12 \cdot 1,5 = 53,26 \text{ kN/m}$$

Teljel 4

$$V_{4d} = 19,50 \cdot 1,2 + 11,06 \cdot 1,5 = 39,99 \text{ kN/m}$$

Teljel A

$$V_{Ad} = 20,33 \cdot 1,2 + 29,02 \cdot 1,5 = 67,98 \text{ kN/m}$$

Teljel B

$$V_{Bd} = 17,56 \cdot 1,2 + 18,00 \cdot 1,5 = 48,07 \text{ kN/m}$$

Teljel C, teljevahemikus 1-2

$$V_{C,1d} = 18,88 \cdot 1,2 + 21,97 \cdot 1,5 = 55,61 \text{ kN/m}$$

Telg C, teljevahemikus 2-4

$$V_{C,2d} = 20,33 \cdot 1,2 + 29,05 \cdot 1,5 = 67,98 \text{ kN/m}$$

Post siseruumis

$$V_{P1d} = 4,67 \cdot 1,2 + 9,32 \cdot 1,5 = 19,59 \text{ kN}$$

Post väljas

$$V_{P2d} = 19,55 \cdot 1,2 + 8,19 \cdot 1,5 = 35,74 \text{ kN}$$

2.6.10.2 Talla laiuse leidmine

Dreenimata tingimuse puhul leitakse lintvundamendi talla laiuse valemiga:

$$B = \frac{V_{1d}}{\frac{[(2 + \pi) \cdot c_u + q']}{\gamma_R} - d_k \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G} \quad (11)$$

Üksikvundamendi puhul kasutatakse valemit (postid):

$$B_{\text{üksik}} = \frac{V_{1d}}{\frac{[(2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c + q']}{\gamma_R} - d_k \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G} \quad (12)$$

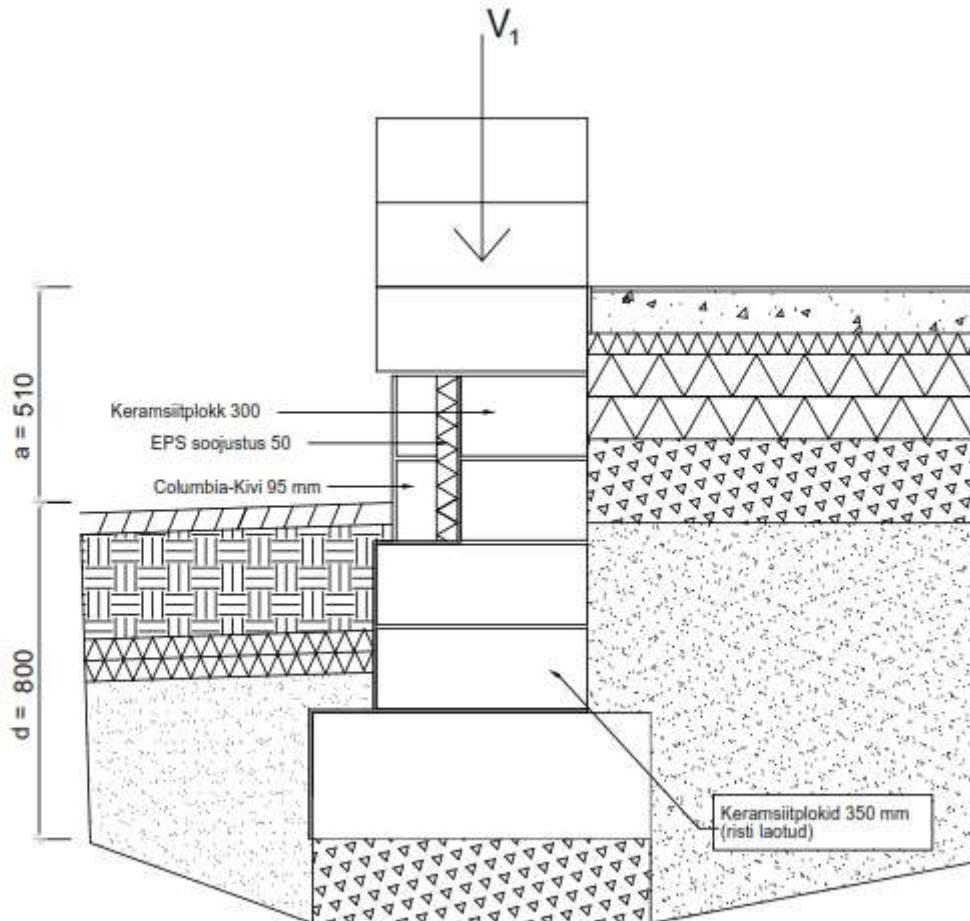
Savi puhul on arvestatud sisehõõrdenurk $\varphi = 0^\circ$.

Esmalt leitakse taldmikust allapoole jääva pinnase mahukaalu valemiga :

$$\gamma' = \gamma_{\text{pinnas}} - \gamma_{\text{vesi}} = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} - 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 9,19 \text{ kN/m}^3$$

Seejärel leitakse pinnase efektiivsurve talla tasapinnas valemiga :

$$q' = d \cdot \gamma' = 0,80m \cdot 9,19 \frac{kN}{m^3} = 7,35 kN/m^2$$



Joonis 2. Vundamendi lõige

Talla keskmise süvise leitakse valemiga : $d_k = d + \frac{a}{2} = 1,055 m$ (Joonis 2.)

Dreenimata tingimuse puhul leitakse lintvundamendi kandevõime valemiga:

$$R_{d,lint} = \frac{B \cdot [(2+\pi) \cdot c_u + q']}{\gamma R} \quad (13)$$

Üksikvundamendi kandevõime leitakse valemiga:

$$R_{d,üksik} = \frac{B^2 \cdot [(2+\pi) \cdot c_u \cdot s_c + q']}{\gamma R} \quad (14)$$

Kasutatud andmed:

γ_{liiv}	18,0 kN/m ³
γ_k	22,0 kN/m ³
γ'	19,0 - 9,81 = 9,19 kN/m ³
γ_R	1,5
γ_G	1,2
c_u	25 kPa
q'	7,35 kN/m ²
d_k	1,055 m
s_c (talla kujutegur)	1,2

Taldade laiuste leidmiseks kasutatakse valemit 11:

Telg 1

$$B = \frac{47,72}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,76 \text{ m}$$

Talla laiused on välja toodud koondtabelina, tabelis 15. Lisatud on ka edaspidistes arvutustes kasutatavate taldade laius.

Tabel 15. Madalvundamendi talla laiused

	talla laius (m)	valitud laius (m)
Telg 1	0,76	0,8
Telg 2,A-B	0,62	0,7
Telg 2,B-D	0,96	1,0
Telg 3	0,85	0,9
Telg 4	0,64	0,7
Telg A	1,08	1,1
Telg B	0,77	0,8
Telg C,1-2	0,89	0,9
Telg C,2-4	1,08	1,1
Post 1	0,50	0,5
Post 2	0,67	0,7

Peale vundamendi talla laiuste leidmist tuleb kontrollida vundamendi kandevõimet. Peab kehtima võrratus $V_d < R$ ehk vundamendi täpsustatud koormus peab olema väiksem kui vundamendi taldmiku kandevõime.

Lintvundamendi täpsustatud koormus leitakse valemiga:

$$V_d = V_{1d} + \Delta V \cdot 1,2 \quad (15)$$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase kaal leitakse valemiga:

$$\Delta V = h_{tald} \cdot B \cdot \gamma_{tald} + b_{sein} \cdot (d_k - h_{tald}) \cdot \gamma_{sein} + (d_k - h_{tald}) \cdot (B - b_{sein}) \cdot \gamma_k \quad (16)$$

kus

h_{tald} - taldmiku kõrgus

b_{sein} - vundamendi sein paksus

γ_{tald} - vundamendi talla mahukaal

γ_{sein} - vundamendi sein mahukaal mahukaal

Üksikvundamendi täpsustatud koormus leitakse valemiga:

$$V_{d,üksik} = V_{1d} + B^2 \cdot d_k \cdot \gamma_k \cdot \gamma_G \quad (17)$$

Taldmike kandevõime kontroll arvutused

Telg 1

Valitud taldmiku laius on $B = 0,80$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{0,80 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 72,48 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi sein mahukaal.

Vundamendi sein koosneb (vt. joonis 2):

Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Columbia kivi $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

EPS 80 $\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (0,8 - 0,5) \cdot 22 = 14,60 \frac{kN}{m}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 47,71 + 14,60 \cdot 1,2 = 65,24 \frac{kN}{m}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg 2, teljevahemikus A-B

Valitud taldmiku laius on $B = 0,70$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{0,70 \cdot [(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 63,42 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi seina mahukaal.

Vundamendi sein koosneb (joonis 2):

Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Columbia kivi $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

EPS 80 $\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (0,7 - 0,5) \cdot 22 = 11,81 \frac{kN}{m}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 38,67 + 11,81 \cdot 1,2 = 52,84 \frac{kN}{m}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg 2, teljevahemikus B-C

Valitud taldmiku laius on $B = 1,0$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{1,0 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 90,60 \text{ kN/m}$$

Vundamendi sein on Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\begin{aligned} \Delta V &= 0,3 \cdot 1,0 \cdot 25 + 0,30 \cdot (1,055 - 0,3) \cdot 8,9 + (1,055 - 0,3) \cdot (1,0 - 0,3) \cdot 22 \\ &= 21,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 59,97 + 21,14 \cdot 1,2 = 85,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg 3

Valitud taldmiku laius on $B = 0,90 \text{ m}$

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{0,9 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 81,54 \text{ kN/m}$$

Vundamendi sein on Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\begin{aligned} \Delta V &= 0,3 \cdot 0,9 \cdot 25 + 0,30 \cdot (1,055 - 0,3) \cdot 8,9 + (1,055 - 0,3) \cdot (0,9 - 0,3) \cdot 22 \\ &= 17,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 53,26 + 17,15 \cdot 1,2 = 73,83 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg 4

Valitud taldmiku laius on $B = 0,70 \text{ m}$

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{0,70 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 63,42 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi seinahukkaal.

Vundamendi sein koosneb (vt. joonis 2):

Fibo 5	$\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$
Columbia kivi	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
EPS 80	$\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 0,7 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (0,7 - 0,5) \cdot 22 = 12,19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 39,99 + 12,19 \cdot 1,2 = 54,61 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg A

Valitud taldmiku laius on $B = 1,10 \text{ m}$

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{1,10 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 99,65 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi seinahukkaal.

Vundamendi sein koosneb (vt. joonis 2):

Fibo 5	$\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$
Columbia kivi	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
EPS 80	$\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 1,10 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (1,10 - 0,5) \cdot 22 = 21,83 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 67,98 + 21,83 * 1,2 = 94,17 \frac{kN}{m}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg B

Valitud taldmiku laius on $B = 0,80$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{0,80 \cdot [(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 72,48 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi seinahükaal.

Vundamendi sein koosneb (joonis 2):

Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Columbia kivi $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

EPS 80 $\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (0,8 - 0,5) \cdot 22 = 14,60 \frac{kN}{m}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 48,07 + 14,60 * 1,2 = 65,59 \frac{kN}{m}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg C, teljevahemikus 1-2

Valitud taldmiku laius on $B = 0,90$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{0,90 \cdot [(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 81,54 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi seinahükaal.

Vundamendi sein koosneb (vt. joonis 2):

Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Columbia kivi $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

EPS 80 $\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (0,9 - 0,5) \cdot 22 = 17,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 55,61 + 17,01 \cdot 1,2 = 76,02 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Telg C, teljevahemikus 2-4

Valitud taldmiku laius on $B = 1,00 \text{ m}$

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 13:

$$R = \frac{1,0 \cdot [(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} = 90,60 \text{ kN/m}$$

Kuna antud vundamendisein ei ole homogeenne, siis on sein jagatud erinevateks osadeks ja arvutatud kogu vundamendi seina mahukaal.

Vundamendi sein koosneb (vt. joonis 2):

Fibo 5 $\gamma = 8,9 \text{ kN/m}^3$

Columbia kivi $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

EPS 80 $\gamma = 0,5 \text{ kN/m}^3$

Vundamendi ja sellel oleva pinnase mahukaal leitakse valemiga 16:

$$\Delta V = 0,3 \cdot 1,0 \cdot 25 + 0,50 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,4 \cdot 0,5 + 0,09 \cdot 0,4 \cdot 21 \\ + (1,055 - 0,3) \cdot (1,0 - 0,5) \cdot 22 = 19,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 15:

$$V_d = 67,98 + 19,42 \cdot 1,2 = 88,39 \frac{kN}{m}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Post 1, siseruumis

Valitud taldmiku laius on $B = L = 0,50$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 14:

$$R = \frac{0,50 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 \cdot 1,2 + 7,35]}{1,5} = 26,93 \text{ kN}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 17:

$$V_d = 19,59 + 0,5^2 \cdot 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2 = 26,55 \text{ kN}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

Post 2, väljas

Valitud taldmiku laius on $B = L = 0,70$ m

Vundamendi taldmiku kandevõime leitakse valemiga 14:

$$R = \frac{0,70 \cdot [(2+\pi) \cdot 25 \cdot 1,2 + 7,35]}{1,5} = 52,79 \text{ kN}$$

Vundamendi tallale mõjuv täpsustatud koormus leitakse valemiga 17:

$$V_d = 35,74 + 0,7^2 \cdot 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2 = 49,39 \text{ kN}$$

$R > V_d$ seega on vundamendi kandevõime tagatud.

2.10.7 Madalvundamendi vajumi kontroll

Leitakse madalvundamendi vajum, et teada saada kas hoone vajum mahub lubatud piiridesse. Juhul kui ei mahu tuleb valida suurem talla laius, et jaotada koormust pinnasele paremini laiali.

Projekteeritava hoone lubatud maksimaalne vajum on 15 cm. Lubatud vajum leitakse Ehituskonstruktori käsiraamatust tabelist 9.14 [17].

Kontrollitakse kõige raskema telje suhtes, kas vajum mahub lubatud piiridesse. Kuna pinnase kihid hoone all on samasugused, siis ei ole vajadust leida teiste telgede suhtes vajumeid. Vajumid erinevate telgede suhtes ei muutu oluliselt.

Tabel 16. Pinnase andmed

Kihi nr	Pinnase mahukaal γ (kN/m ³)	Deformatsioonimoodul E (MPa)	Kihi paksus m
1	18	1	0,8
2	19	3	4,2
3	20,5	60	1

Vajumi arvutamiseks tuleb kasutada normkoormust koos vundamendi omakaaluga. Vajumit kontrollitakse A-teljel mille koormus on 94,17 kN. Vajum leitakse 1 meetri lõikes, taldmiku mõõtmeteks on seega 1,0x1,1 meetrit.

Madalvundamendi vajum leitakse summeerimismeetodil.

Summeerimismeetodi eelised on:

- Pingejaotus tegelikult kihilises pinnases on sama kui ühtlases poolruumis,
- Pinnase deformatsioon sõltub ainult vertikaalsest normaalpingest,
- Pinged arvutatakse eeldusel, et vundamendil pole jääkust.

Summeerimismeetod on enimkasutatav inseneripraktikas kuna sellega on võimalik arvutada vajumit mitme erineva kokkusurutavusega kihtide puhul ja arvestada ka naabervundamentide mõju. [17]

Käesolevas lõputöös kasutatakse tavalist summeerimismeetodit.

Vajumi arvutus summeerimismeetodil

$$S_i = \frac{\sigma'_{pzi} \cdot \Delta h_i}{E_i} \quad (18)$$

kus

σ'_{pzi} - ehitisest tulenev keskmine pinge elementaarkihis i sügavusel z,

Δh_i - elementaarkihi i paksus,

E_i - kihi i deformatsioonimoodul

Pinged taldmiku all

Esmalt tuleb leida looduslik rõhk taldmiku sügavusel

$$\sigma'_{gz} = z \cdot \gamma = 0,8 \cdot 18 = 14,4 \text{ kN/m}^2$$

Vundamendikoormus põhjustab tihendava vertikaalpinge talla all.

Vaadeldava punkti sügavus tallast $z=0$

Suhteline sügavus $m=0$

Talla külgede suhe $n=L/B=1,0/1,1=0,91$

Rõhujaotustegur $\alpha=1$

Tihendav pinge $q_t = q - d \cdot \gamma_d = \frac{94,72}{1,1} - 0,8 \cdot 18 = 71,71 \text{ kN/m}^2$

$$\sigma'_{pz,0} = \alpha * q_t = 1 * 71,71 = 71,71 \text{ kN/m}^2$$

Pinged tallast $z=0,40$ m sügavusel

Looduslik rõhk taldmiku sügavusel

$$\sigma'_{gz} = z \cdot \gamma_1 + z_{0,4} \cdot \gamma_2 = 0,8 \cdot 18 + 0,4 \cdot 19 = 18,08 \text{ kN/m}^2$$

Vundamendikoormus põhjustab tihendava vertikaalpinge talla all.

Vaadeldava punkti sügavus tallast $z=0,40$

Suhteline sügavus $m = \frac{z \cdot z}{B} = 0,73$

Talla külgede suhe $n=L/B=1,0/1,1=0,91$

Rõhujaotustegur $\alpha=0,84$

Rõhujaotustegur leitakse Madalvundamendi arvutuste raamatust lisa 3. [17]

Tihendav pinge

$$\sigma'_{pz,0} = \alpha * q_t = 0,84 * 71,71 = 60,24 \text{ kN/m}^2$$

Kihi vajum arvutatakse valemiga 18:

$$s_i = \frac{0,5 \cdot (71,71 + 60,24) \cdot 0,4}{3 \cdot 10^3} = 0,0088 \text{ m}$$

Vajumi arvutus summeerimismeetodil on otstarbekas teha tabelina. Kõik järgnevate kihtide tulemused on toodud välja tabelis. Vajum kokku on tabeli all välja toodud.

Tabel 17. Vajumi arvutuste tabel

Kihi paksus	z	m=2z/B	α	σ_{pz}	σ_{gz}	$0,2*\sigma_{gz}$	s		
0,8	0	0	1	71,71	14,40	2,88		vesi	
0,4	0,4	0,73	0,84	60,24	18,08	3,62	0,00880		
0,4	0,8	1,45	0,48	34,42	21,75	4,35	0,00631		
0,4	1,2	2,18	0,31	22,23	25,43	5,09	0,00378	savi	
0,4	1,6	2,91	0,18	12,91	29,10	5,82	0,00234		
0,4	2,0	3,64	0,12	8,61	32,78	6,56	0,00143		
1,0	3,0	5,45	0,06	4,30	41,97	8,39	0,00215		
1,0	4,0	7,27	0,03	1,79	51,16	10,23	0,00102		
1,0	5,0	9,09	0,01	0,72	116,90	23,38	0,00002	moreen	
						Kokku:	0,02585 m		

Oodatav vajum kõige raskemal teljel A on 2,6 cm, mis mahub lubatud piiridesse.

2.10.8 Kiilvaivundamendi arvutused

Üks viis kuidas kiilvaivundamendi otstarbekust hinnata on leida selle maksumus. Seega on vaja leida vajalik kiilvaiade arv, et hinnata kiilvaiavundamendi maksumust.

Kiilvaia suurus valitakse lähtuvalt vaiale mõjuvale koormusele. Kiilvaia kandevõime leidmiseks kasutatakse Mait Metsa kiilvaiade kandevõime joonist . Kiilvaia gabariidid saab leida AS Kurmiku lehelt, mis on välja toodud joonisel 3.

Kiilvaia arvutuskandevõime leitakse valemiga:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} \quad (19)$$

$R_{c,k}$ – ühe kiilvaia kandevõime

γ_t – rammvaia arvutuskandevõime osavarutegur 1,3

2.10.8.1 Vaia gabariidid

Kiilvaivundamendi arvutusteks on valitud AS Kurmikus toodetava kiilvai KV30.3F (vt. joonist 3). Valitud kiilvai on valitud järgnevate arvutuste põhjal punktis 2.7.10.3.

MEIE TOOTEVALIKUS OLEVAD KIILVAIAD

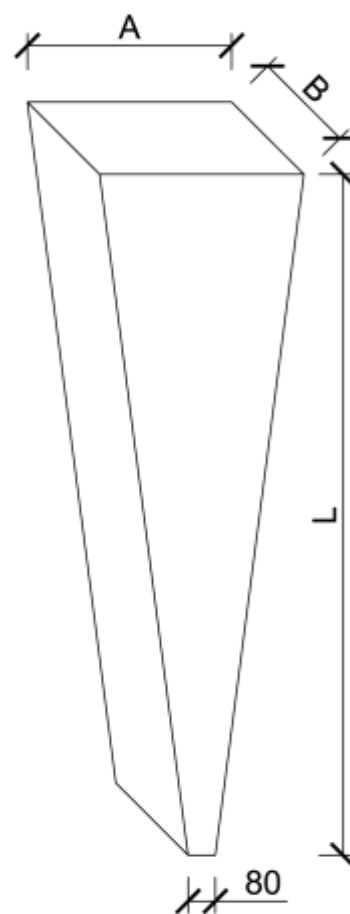
VAIA TÜÜP	A	B	L
KV15.3F	470	300	1500
KV20.3F	600	300	2000
KV25.3F	730	300	2500
KV30.3F	860	300	3000
KV15.3M24	470	300	1500
KV20.3M24	600	300	2000
KV25.3M24	730	300	2500
KV30.3M24	860	300	3000
KV30.3M2x24-5	860	300	3000

Tähised:

- A - Vaiapea laius (mm)
- B - Vaia paksus (mm)
- L - Vaia pikkus (mm)

Vaia tähise selgitused:

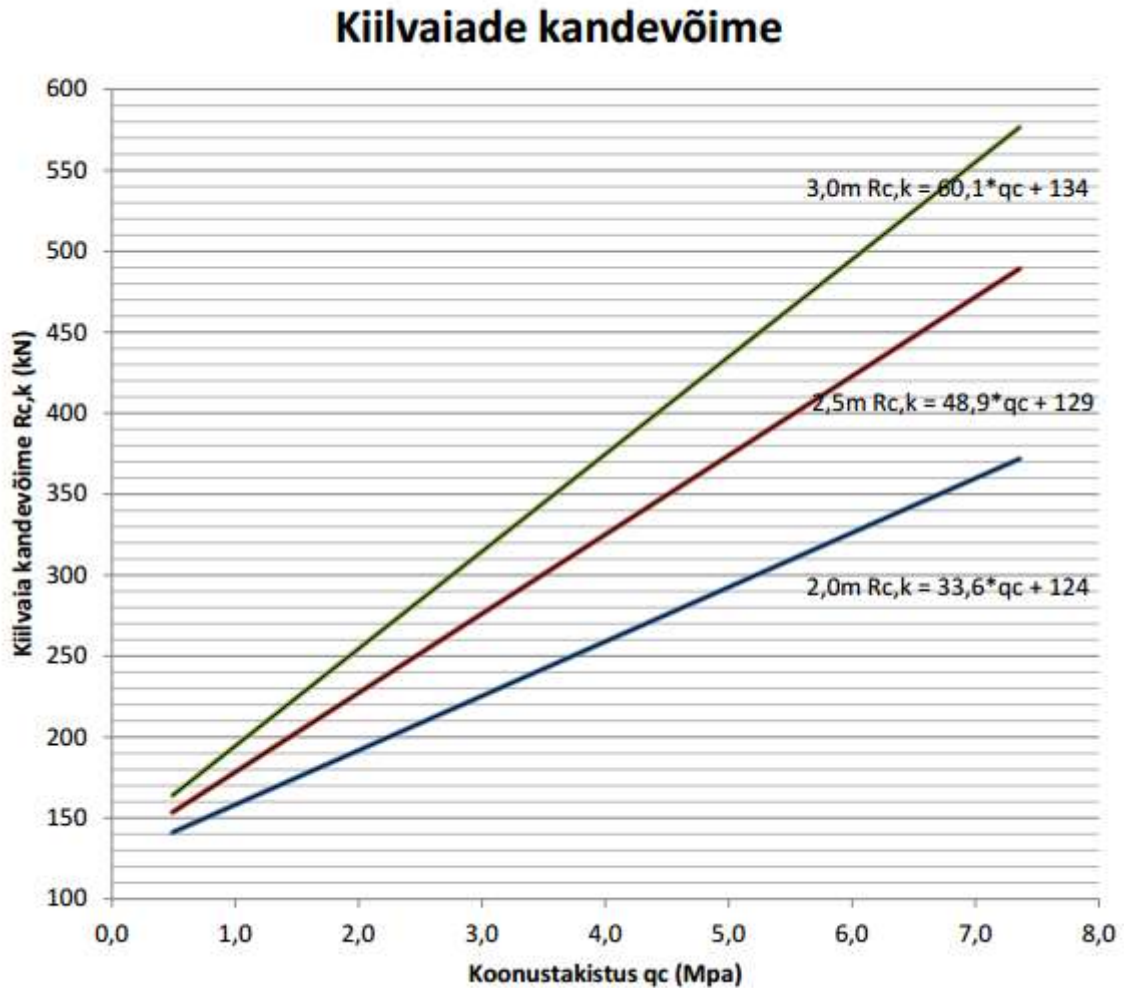
- KV - Kiilvai
- 15,20,25,30 - Vaia pikkused (dm)
- 3 - Vaia paksus (dm)
- F - Fiiiberbetoon toevai
- M24 - Keermestatud pesaga M24 paindevai
- M2x24-5 - Paindevai kahe keermestatud pesaga (vahekaugus 5dm)



Joonis 3. Toodetavad kiilvaiad. [20]

2.10.8.2 Valitud vaia kandevõime

Kiilvaia kandevõime leitakse joonis 4 abiga, mis on Mait Metsa poolt koostatud kiilvaiade kandevõime graafik vastavalt koonustakistusele.



Joonis 4. Kiilvaiade kandevõime [19]

Esmalt on vaja leida külje ühikvastupanu p_s , et leida koonustakistus q_c . V. Jaanisoo TTÜ pinnasemehaanika kursuse konsekti tabelist 5.8 saab interpoleerimise teel leida koonustakistusel. [18]

Tabel 5.8 — Kohtvaia külje ühikvastupanu p_s , ilma peenosiseta või selle vähese sisaldusega jämedateraliste pinnaste puhul

Keskmine koonustakistus q_c (CPT) MPa	Külje ühikvastupanu p_s MPa
0	0
5	0,040
10	0,080
> 15	0,120
Märkus: Vahepealsed väärtused võib leida lineaarselt interpoleerides	

Savipinnases vaia külje ühikvastupanu kolme meetri sügavusel leitakse Ehituskonstruktori käsiraamatust tabelist 9.29. [15]

$$p_s = 0,020 \text{ MPa}$$

Selle abil leitakse keskmine koonustakistus, mis on $q_c = 2,50 \text{ MPa}$.

3m pikkuse kiilvaia kandevõime leitakse valemiga joonisel 4:

$$R_{c,k} = 60,1 \cdot q_c + 134 = 284,25 \text{ kN}$$

Kandevõime arvutusväärtus leitakse valemiga 19:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} = \frac{284,25 \text{ kN}}{1,3} = 218,65 \text{ kN}$$

2.10.7.3 Koormuse arvutamine kiilvaiadele

$$N_{sd.1} = 35,89 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.4} = 30,56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.2,1} = 43,51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.A} = 49,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.C,2} = 49,38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.P1} = 13,99 \text{ kN}$$

$$N_{sd.2,2} = 29,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.B} = 35,56 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.P2} = 27,74 \text{ kN}$$

$$N_{sd.3} = 38,85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$N_{sd.C,1} = 40,85 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Esmalt tuleb leida koormus kiilvaiale, mis tuleb sokli seinast ja rostvärgist (vt joonist 5).

Lisaks siseseinalt tulenevalt koormusele mõjub kiilvaiale ka rostväärgi ja sokli sein koormus, mis leitakse järgnevalt:

$$V_{ssein} = 0,2 \cdot 0,86 \cdot 25 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 8,9 + 0,05 \cdot 0,86 \cdot 0,5 = 5,40 \frac{kN}{m}$$

Kui on leitud kõik koormused, mis mõjuvad kiilvaiale on võimalik leida vajalik vaiade arv. Kiilvaiade arvu ja kogu kandevõime leidmisel peab silmas pidama, et koormus ei tohi ületada 218,65 kN ühele kiilvaiale.

Ühele kiilvaiale leitakse koormus olenevalt kiilvaia sammule ja teljelt/telgedelt tulenevatest koormustest. Vaiade asukohad ja arv on leitud katsetamise teel. Vaiade asukohtade joonis on lisas 2.

Vai 1

$$V_{d.1} = N_{sd.1} \cdot 2,75 + N_{sd.C,1} \cdot 2,06 + V_{vsein} \cdot (2,75 + 2,06) = 212,48 \text{ kN}$$

Vai 2

$$V_{d.2} = N_{sd.1} \cdot 2,75 + V_{vsein} \cdot 2,75 = 114,57 \text{ kN}$$

Vai 3

$$V_{d.3} = N_{sd.1} \cdot 2,75 + N_{sd.B} \cdot 2,06 + V_{vsein} \cdot (2,75 + 2,06) = 201,58 \text{ kN}$$

Vai 4

$$V_{d.4} = N_{sd.B} \cdot 2,06 + N_{sd.2,1} \cdot 1,0 + N_{sd.2,2} \cdot 1,375 + V_{vsein} \cdot (2,06 + 1) + V_{ssein} \cdot 1,375 = 182,96 \text{ kN}$$

Vai 5

$$V_{d.5} = N_{sd.2,1} \cdot 1,0 + N_{sd.A} \cdot 1,06 + V_{vsein} \cdot (1,0 + 1,06) = 108,94 \text{ kN}$$

Vai 6

$$V_{d.7} = N_{sd.A} \cdot 2,125 + V_{vsein} \cdot 2,125 = 118,02 \text{ kN}$$

Vai 7

$$V_{d.7} = N_{sd.A} \cdot 1,84 + N_{sd,3} \cdot 1,25 + V_{vsein} \cdot 1,84 + V_{ssein} \cdot 1,25 = 157,51 \text{ kN}$$

Vai 8

$$V_{d.8} = N_{sd.A} \cdot 1,56 + V_{vsein} \cdot 1,56 = 86,64 \text{ kN}$$

Vai 9

$$V_{d.9} = N_{sd.A} \cdot 0,78 + N_{sd.4} \cdot 1,875 + V_{vsein} \cdot (0,78 + 1,875) = 112,17 \text{ kN}$$

Vai 10

$$V_{d.10} = N_{sd.4} \cdot 3,75 + V_{vsein} \cdot 3,75 = 137,70 \text{ kN}$$

Vai 11

$$V_{d.11} = N_{sd.A} \cdot 1,875 + N_{sd.C,2} \cdot 1,56 + V_{vsein} \cdot (1,875 + 1,56) = 190,78 \text{ kN}$$

Vai 12

$$V_{d.12} = N_{sd.c,2} \cdot 2,625 + N_{sd,3} \cdot 1,25 + V_{vsein} \cdot (2,625 + 1,25) = 202,06 \text{ kN}$$

Vai 13

$$V_{d.13} = N_{sd.c,2} \cdot 2,125 + V_{vsein} \cdot 2,125 = 118,02 \text{ kN}$$

Vai 14

$$V_{d.14} = N_{sd.c,2} \cdot 1,06 + N_{sd.c,1} \cdot 2,06 + N_{sd.2,2} \cdot 1,375 + V_{vsein} \cdot (1,06 + 2,06) + V_{ssein} \cdot 1,375 = 203,07 \text{ kN}$$

Vai 15

$$V_{d.15} = N_{sd.2,2} \cdot 2,75 + V_{ssein} \cdot 2,75 = 94,71 \text{ kN}$$

Vai 16

$$V_{d.16} = N_{sd.3} \cdot 2,50 + V_{ssein} \cdot 2,50 = 110,63 \text{ kN}$$

Vai 17

$$V_{d.16} = N_{sd.3} \cdot 2,50 + V_{ssein} \cdot 2,50 = 110,63 \text{ kN}$$

Vai 18

$$V_{d.18} = N_{sd.P1} + V_{ssein} = 19,39 \text{ kN}$$

Vai 19

$$V_{d.19} = N_{sd.P2} + V_{ssein} = 33,14 \text{ kN}$$

Kõikide vaiade kandevõime on suurem kui vaiadele mõjuvad koormused.

3. Madal- ja kiilvaivundamendi võrdlus

3.1 Üldist

Vundamendi arvutuses kasutatavad ühikhinnad on saadud AS Tartu Ehituses töösolevate objekti alltöövõtjate poolt pakutud tööde maksumusest.

3.2 Madalvundamendi mahud

3.2.1 Kaeve ja äravedu

Kaeve puhul tuleb arvestada, et kaevik peab olema 45° nurga all, et ei toimuks sisse varisemist. Kaeviku sügavust arvestatakse talla alumise pinnani 0,80 m ja kaevik peab talla laiuusest olema 0,2 m laiem, et oleks võimalik raketist ehitada.

Kogu kaeve maht on 75,40 m³. Kaeve mahu arvutamise abiks on AutoCADis valmistatud joonis „Kaeviku plaan“ (vaata lisast).

Kaeve ühikhinnaks on 4,51 €/m³.

Äravedu ühikhinnaks on 3,84 €/m³.

Seega kaeve ja äravedu maksumus on:

$$4,51 \cdot 75,40 = 340,05 \text{ €}$$

$$3,84 \cdot 75,40 = 289,55 \text{ €}$$

Kokku: 629,60 €

3.2.2 Killustik

Killustik pannakse taldmiku alla 200mm paksuse kihina.

Killustiku mahtu on 8,80 m³ ja killustiku ühikhind on 28,10 €/m³.

Killustiku maksumus on:

$$28,10 \cdot 8,80 = 247,28 \text{ €}$$

3.2.3 Madalvundamendi taldmik

Taldmiku kõrgus on 0,30 m. Laius on sõltuvalt taldmikule mõjuvatest koormustest.

Taldmiku maht on 13,20 m³. Betoontaldmiku ühikhinnaks on 13,20 €/m³.

Taldmiku rajamise maksumus on:

$$55,0 \cdot 13,20 = 726,00 \text{ €}$$

3.2.4 Vundamendi sein

Vundamendi sein kõrguseks taldmikul on 0,80 m. Kuid arvestatakse välja sokli osa, kuna kiilvaivundamendil on sokli sein projekteeritud samasugune. Seega vaja on leida 0,40 m kõrguse vundamendi sein hind, mis on laotud Fibo 5 plokkidest.

Vundamendi sein kogus on 21,60 m². Fibo 5 ladumise maksumus on 42 €/m².

Vundamendi sein ehitamise maksumus on:

$$42,0 \cdot 21,6 = 907,2 \text{ €}$$

3.2.5 Vundamendi sein soojustus

Vundamendi sein soojustamiseks pannakse EPS 80 horisontaalselt kogu välisperimeetri ulatuses.

EPS 80 plaadi paksus on 100mm, pikkus 1000mm.

Vajalik materjali kogus on 4,35 m³.

EPS materjali ja paigaldamise ühikhind on 45 €/m³.

Soojustamise maksumus on:

$$45,0 \cdot 4,35 = 195,75 \text{ €}$$

3.2.6 Pinnase täide

Peale vundamendi piisava tugevuse saavutamist täidetakse pinnas liivaga.

Täite materjali koguse saab kui kaeve mahust lahutada vundamendi kogus maha.

$$75,40 - 13,2 - 21,6 \cdot 0,5 = 51,4 \text{ m}^3$$

Pinnase täitematerjali maksumus on 10,80 €/m³.

Pinna täitmise maksumus on:

$$10,80 \cdot 51,4 = 555,12 \text{ €}$$

3.2.7 Kogu madalvundamendi maksumus

Kogu madalvundamendi rajamise maksumuse saamiseks liidetakse kõik eelnevalt saadud tulemused kokku. Lisaks liidetakse juurde geodeetiliste tööde maksumus 800 €

$$\begin{aligned} \text{Kokku} = & \text{kaeve} + \text{äravedu} + \text{killustik} + \text{taldmik} + \text{vundamendi sein} + \text{soojustus} \\ & + \text{pinnase täide} + \text{geodeetilised tööd} = 4060,95 \text{ €} \end{aligned}$$

3.3 Kiilvaivundamendi maksumus

3.3.1 Kaeve ja äravedu

Kaevata on vaja 0,35 m maapinnast. Kuna sügavus ei ole suur, siis ei pea kaldega arvestama. Rostvärgi rakestamise jaoks arvestan laiust mõlemalt pool 100 mm juurde.

Rostvärgi enda laius on 860 mm. Kaeviku laiuseks seega 1060 mm. Jooksvaid meetreid kokku on 54,0.

Kaeviku ja äraveo mahtu on 20,03 m³.

Kaeviku ja äraveo maksumus on:

$$4,51 \cdot 20,03 + 3,84 \cdot 20,03 = 167,25 \text{ €}$$

3.3.2 Kiilvaiad

Vajalik kiilvaiade arv on 19 tk. Kiilvaia tükki hind 160 €/tk.

Kiilvaiade rammimise ja transpordi hind on 1200 €. Kiilvaiade asukohtade märkimise maksumus on 800 €.

Kiilvaia paigaldamise maksumus kokku:

$$19 \cdot 160 + 800 + 1200 = 5040 \text{ €}$$

3.3.3 Soojustus

Rostvärgi alla paigaldatakse EPS 80.

Vajalik kogus EPS-i on 2,32 m³

Soojustuse maksumus on:

$$45,0 \cdot 2,32 = 104,40 \text{ €}$$

3.3.4 Rostvärk

Kiilvaiadele ja kandvate seinte alla ehitatakse rostvärk. Rostvärgi laius on sama, mis kiilvaial 0,86 m.

Rostvärki on kokku 54,0 jm.

Rostvärgi ühikhinna maksumus on 50 €/jm.

Rostvärgi maksumus on:

$$50,0 \cdot 54,0 = 2700 \text{ €}$$

3.3.5 Pinnase täide

Peale rostvärgi piisava tugevuse saavutamist täidetakse pinnas liivaga.

Täite materjali koguse saab kui kaeve mahust lahutada rostvärgi ja soojustuse kogus maha.

$$20,03 - 54,0 \cdot 0,2 \cdot 0,86 - 2,32 = 8,42 \text{ m}^3$$

Pinnase täitematerjali maksumus on 10,80 €/m³.

Pinna täitmise maksumus on:

$$10,80 \cdot 8,42 = 90,94 \text{ €}$$

3.3.6 Kogu kiilvaivundamendi maksumus

Kogu kiilvaivundamendi ehitamise maksumuse saamiseks liidetakse kõik eelnevalt saadud tulemused kokku.

$$\begin{aligned} \text{Kokku} &= \text{kaeve} + \text{äravedu} + \text{kiilvai} + \text{rostvärk} + \text{soojustus} + \text{pinnase täide} \\ &= 8102,60 \text{ €} \end{aligned}$$

3.4 Kiilvai- ja madalvundamendivõrdlus

Tabel 18. Kiilvai- ja madalvundamendi võrdlustabel

	Madalvundament	Kiilvaivundament
Mullatööd	1 184,72 €	258,19 €
Vundament	2 076,23 €	7 044,40 €
Geodeetilised tööd	800,00 €	800,00 €
Maksumus kokku:	4 060,95 €	8 102,59 €

Esmalt on näha, et kiilvaivundamendi hind on kaks korda suurem kui madalvundamendi hind. Lõputöös pole käsitletud juhtimiskulude hinda, kuid see ei muuda eramu ehitusel hinda oluliselt, sest ajavõit pole nii suur väikse hoone puhul. Tabelis 18 on näha, et kiilvaiade puhul võidetakse oluliselt mullatööde puhul seega võib mõista, et mida suurema ehituspindalaga hoone, seda suurem on võit. Käesoleva hoone eelprojekti põhjal tehtud arvutustel on näha, et kiilvaiade hind on oluliselt kallim. See tuleneb sellest, et kiilvai ja rostvärk on raudbetoonist ja madalvundamendil on vaid taldmik betoonist, aga vundamendi sein laotakse Fibo plokkidest, mis on oluliselt odavam materjal. Fibo plokkidest laotud vundamendi töö hind on ka odavam, sest see ei vaja suure kvalifikatsiooniga tööjõudu nagu rammimise puhul.

Kokkuvõttes kiilvaivundament tasub end ära kui hoone on pindala on suur ja korruseid vähe. Siis võidetakse suures mahus mullatöödega ja juhtimiskulude pealt, sest kiilvaiade rammimine võtab vähem aega. Lisaks tasub kiilvaia kasutamisele mõelda kui vajumid on pinnases erinevad, sest kiilvaia rammimisel saab teada pinnase omadused ja on võimalus veel vajadusel uusi kalkulatsioone teha.

Eramu puhul on otstarbekas valida madalvundament kuna hinna vahe on suur kiilvaivundamendi ees. Kui hinna vahe oleks väiksem, siis oleks otstarbekam rohkem kaaluda kiilvaia kasutamist, eriti juhul kui vajum on suur. Kiilvaial on küll palju eeliseid, kuid antud töö põhjal ei olnud ka madalvundamendi vajum suur, siis ei ole otstarbekas kasutada kiilvaia.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö raames koostati laiendatud arhitektuurne eelprojekt uuele eramu hoonele. Eramu on projekteeritud Tartumaal Tartu vallas Maramaa külas Väike-Vahtra kinnistule. Lisaks arhitektursele eelprojektile koostati lõputöö käigus koormuste arvutused vundamendile. Lõputöö käsitleb kiilvai- ja madalvundamendi arvutust ja võrdlust. Valitud vundamendi võrdlus on tingitud seetõttu, et kinnistu asub Emajõe lähedal. Sellest tulenevalt on ka pinnas pehme ja pinnaseveetase on kõrge. Kiilvaivundamenti soovitatakse kasutada pehmetes pinnastega aladel ja kus võib ka olla kõrge pinnaseveetase. Üldiselt kasutatakse siiski eramutel madalvundamenti.

Käesolev lõputöö eesmärk oli leida, kas kiilvaivundament õigustab end kasutama väike elamu hoonel või mitte. Arvutuste tulemusel tuli välja, et kiilvaivundamendi hind on palju suurem madalvundamendi omast. See on tingitud sellest, et kiilvaiade enda hind ja rammimine on kallid.

Lõputöös leitud tulemuste põhjal võib öelda, et üldjuhtudel kiilvaivundament ei tasu end ära väikeelamute puhul. Kiilvaia eelised maksumuse poole pealt tekivad kaevetööde pealt ja ka juhtimiskulude pealt, kuna vaiamine võtab vähem aega. Seega saab järeldada, et mida suurema ehituspindalaga hoone on, seda väiksemaks muutub madal- ja kiilvaivundamendi hinna vahe. Lisaks tuleb silmas pidada, et hoone ei tohiks kõrge olla, sest kui koormused on liiga suured, siis tuleb valida rohkem ja suuremaid kiilvaiu, mis teeb maksumuse ikkagi väga kalliks.

Magistritöö esimeses osas koostati projekteeritava hoone arhitektuurne lahendus. Arhitekturse lahenduse tegemise käigus arvestati tellija ruumilahenduslike soove. Koostati eelprojekti seletuskiri ja arhitektuursed joonised.

Teises osas teostati tugevusarvutused vundamendi kandevõimele lähtuvalt konstruktsiooniosadele mõjuvatest koormustest ja koormuskombinatsioonidest. Arvutati madalvundamendi talla laiuste väärtused, lähtuvalt pinnase omadustest. Kontrolliti talla kandevõimet pinnasel. Lisaks kontrolliti vajumit pinnasesse.

Teise vundamendi arvutusteks valiti kiilvaivundament. Kiilvaivundamendi valiku eesmärk oli tõestada selle otstarbekus kui seda kasutatakse väikeelamu hoone puhul. Esmalt leiti ühe kiilvaia kandevõime ja edasi saadi vajalik arv kiilvaiu, et see kannaks ära hoonet.

Kolmandas osas võrreldakse kiilvai- ja madalvundamendi maksumust. Selleks tuli leida vajalikud ühikhinnad, et saaks võrrelda vundamendi maksumust. Ühikhinnad on leitud Tartu Ehituse AS 2017 aasta valmivate hoonete hinnapakumiste põhjal. Arvutused näitavad, et väikse hoone puhul on mõistlik siiski kasutada madalvundamenti.

Käesolev magistritöö omab praktilist väärtust tellija jaoks, sest ta saab esialgse hinnangu kasutatavatest materjalidest ja kulust. Kuid tuleb silmas pidada, et enne ehitusloa taotlemist tuleb teha ehitusgeoloogiline uuring. Selle põhjal tuleb viia läbi uued arvutused, kui aluspinna mahukaal ja deformatsiooni moodul on erinevad.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ehitusprojekti kirjeldus. Osa 1: Eelprojekti seletuskiri: Eesti standardid EVS 865-1:2013. Tallinn Eesti Standardikeskus, 2013.
2. Ehitusseadustik. 11.02.2015. Riigikogu. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/125012017007> (17.05.2017)
3. Nõuded ehitusprojektile. Majandus- ja taristuministri 17.07.2015 määrus nr 97 – Riigi teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/118072015007> (17.05.2017)
4. Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded. Majandus- ja taristuministri 02.06.2015 määrus nr 54 – Riigi teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015004> (17.05.2017)
5. Eluruumile esitatavad nõuded. Majandus- ja taristuministri 02.07.2015 määrus nr 85 – Riigi teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/103072015034> (17.05.2017)
6. Hoone energiatõhususe miinimumnõuded. Majandus- ja taristuministri 05.06.2015 määrus nr 55 – Riigi teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/128022017002> (17.05.2017)
7. Ehitise tehniliste andmete loetelu ja arvestamise alused. Majandus- ja taristuministri 05.06.2015 määrus nr 57 – Riigi teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/110062015008> (17.05.2017)
8. Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika. Majandus- ja taristuministri 05.06.2015 määrus nr 58, 2015 – Riigi teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/109062015021> (17.05.2017)
9. Hoone ehitusprojekt: Eesti standard EVS 811:2012. Tallinn: Eesti standardikeskus, 2012.
10. Ehitise tuleohutus. Osa 7: Ehitisele esitatava põhinõude tagamine projekteerimise ja ehitamise käigus: Eesti standard EVS 812-7:2008. Tallinn: Eesti standardikeskus, 2008.
11. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused: Eesti standard EVS-EN 1990:2002+NA:2002 Tallinn: Eesti standardikeskus, 2002.
12. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused: Eesti standard EVS-NE 1990:2002+NA:2002. Tallinn: Eesti standardikeskus, 2002.
13. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-3: Üldkoormused. Lumekoormus: Eesti standard EVS-EN 1991-1-3:2006+NA:2006. Tallinn: Eesti standardikeskus, 2006.
14. Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus. Eesti standard EVS-EN 1991-1-4: 2010+NA:2010. Tallinn: Eesti standardikeskus, 2010.
15. Ehituskonstruktoriga käsiraamat / Toimetaja: T.Masso. Tallinn „Ehitame“ kirjastus, 2012, 577 lk.
16. Masso, T. (2012). Ehitusfüüsika ABC. Tallinn: „Ehitame“ kirjastus. 172 lk.
17. Jaanisoo, V. (2014). Madalvundamendi arvutus. Tallinn „Ehitame“ kirjastus. 120 lk.
18. Jaanisoo, V. TTÜ pinnasemehaanika kursuse konspekt, peatükk 5: Vaivundamendid.
19. Mets, M. Kiilvaiade normatiivse kandevõime graafik. 1983.

20. Kurmiku kiilvaiade valik. [WWW] http://www.kurmik.ee/in4_kiilvaivundamendid.html# (17.05.2017)
21. Needo R. Kiilvaivundamendid - Mis oli, on ja mis võiks olla. Doktorikursuse essee teadusfilosoofias. Tallinna Tehnikaülikool. 2008.
Vares, E. Kiilvaialuse kandevõime kujunemine ja käitumishinnang. Magistritöö tööstus- ja tsiviilehituse erialal. Tallinna Tehnikaülikool. 2015
22. Isover toodete valik. [WWW] <http://www.isover.ee/tooted/ehitusisolatsioon> (17.05.2017)
23. Ruukki tooted. [WWW] <http://www.ruukki.com/est/b2c/tooted/katuseprofiilid/katuse-detailid/teraskivi-eco-ts39-350-1100> (17.05.2017)
24. Estplast tooted. [WWW] <http://estplast.ee/> (17.05.2017)
25. Knauf kuivehitus. [WWW] <http://www.knauf.ee/et/allalaadimiseks/tootekataloogid/index.php> (17.05.2017)
26. Bauroc tooted. [WWW] <https://bauroc.ee/tooted/ulevaade/> (17.05.2017)
27. Weber tooted. [WWW] <https://www.weber.ee/fibo-plokitooted-ja-korsten/tooted/tapp-liitega-plokid/tapp-liitega-fibo-standardplok.html> (17.05.2017)
28. Columbia kivi tooted. [WWW] <http://www.columbia-kivi.ee/tooted/fassaadikivid/taisplokid> (17.05.2017)

LISAD

Lisa 1. Tugevusarvutuste lahenduskäigud

Arvutuslike koormuste leidmine telgedele.

Välissein teljel 4

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,4} = \frac{3,125}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 8,3 = 16,25 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 1,56 \cdot q_k \cdot 2 = 6,25 \text{ kN/m}$$

Lumekoormus:

$$q_{k,lumi} = 1,56 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 1,12 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,4} = 6,25 + 1,12 = 7,38 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 16,25 + 7,38 = 23,62 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 16,25 \cdot \gamma_G = 19,50 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 7,38 \cdot \gamma_Q = 11,06 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,4} = 19,50 + 11,06 = \mathbf{30,56 \text{ kN/m}}$$

Välissein teljel A

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,A} = \frac{8,0}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 6,36 + g_{k,KL1} = 16,94 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 4,0 \cdot q_k \cdot 2 = 16,00 \text{ kN/m}$$

Lumekoormus:

$$q_{k,lumi} = 4,0 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 2,88 \text{ kN/m}$$

Tuulekoormus:

$$q_{k,tuul} = 0,81 \cdot 0,6 = 0,49 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,A} = 16,00 + 2,88 + 0,49 = 19,37 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 19,37 + 16,94 = 36,31 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 16,94 \cdot \gamma_G = 20,33 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 19,37 \cdot \gamma_Q = 29,05 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,A} = 20,33 + 29,05 = \mathbf{49,38 \text{ kN/m}}$$

Välissein teljel B

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,B} = \frac{6,0}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 6,36 = 14,63 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 3,0 \cdot q_k \cdot 2 = 12,00 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,B} = 12,00 = 12,00 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 12,00 + 14,63 = 26,63 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 14,54 \cdot \gamma_G = 17,56 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 12,00 \cdot \gamma_Q = 18,00 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,B} = 17,56 + 18,00 = \mathbf{35,56 \text{ kN/m}}$$

Välissein teljel C, teljevahemikus 1-2

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,C,1-2} = \frac{6,0}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 6,36 + g_{k,KL1} = 15,73 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 3,0 \cdot q_k \cdot 2 = 12,00 \text{ kN/m}$$

Lumekoormus:

$$q_{k,lumi} = 3,0 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 2,16 \text{ kN/m}$$

Tuulekoormus:

$$q_{k,tuul} = 0,81 \cdot 0,6 = 0,49 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,C,1-2} = 12,00 + 2,16 + 0,49 = 14,65 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 14,65 + 15,73 = 30,38 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 15,73 \cdot \gamma_G = 18,88 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 14,65 \cdot \gamma_Q = 21,97 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,C,1-2} = 18,88 + 21,97 = \mathbf{40,85 \text{ kN/m}}$$

Välissein teljel C, teljevahemikus 2-4

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,C,2-4} = \frac{8,0}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 6,36 + g_{k,KL1} = 16,94 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 4,0 \cdot q_k \cdot 2 = 16,00 \text{ kN/m}$$

Lumekoormus:

$$q_{k,lumi} = 4,0 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 2,88 \text{ kN/m}$$

Tuulekoormus:

$$q_{k,tuul} = 0,81 \cdot 0,6 = 0,49 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,C,2-4} = 16,00 + 2,88 + 0,49 = 19,37 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 19,37 + 16,94 = 36,31 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 16,94 \cdot \gamma_G = 20,33 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 19,37 \cdot \gamma_Q = 29,05 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,C,2-4} = 20,33 + 29,05 = \mathbf{49,38 \text{ kN/m}}$$

Välissein teljel 2

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,2} = \frac{4,25}{2} \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,VS1} \cdot 6,36 = 13,57 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 2,125 \cdot q_k \cdot 2 = 8,50 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,2} = 8,50 = 8,50 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 8,50 + 13,57 = 23,19 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 13,51 \cdot \gamma_G = 16,29 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 8,50 \cdot \gamma_Q = 12,75 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,2} = 16,29 + 12,75 = \mathbf{29,04 \text{ kN/m}}$$

Sisesein teljel 2

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,2} = \left(\frac{4,375}{2} + \frac{4,25}{2} \right) \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,SS2} \cdot 6,36 = 14,69 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 4,31 \cdot q_k \cdot 2 = 17,25 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,2} = 17,25 = 17,25 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 17,25 + 14,69 = 31,94 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 14,69 \cdot \gamma_G = 17,63 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 17,25 \cdot \gamma_Q = 25,88 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,2} = 17,63 + 25,88 = \mathbf{43,51 \text{ kN/m}}$$

Sisesein teljel 3

Alaline koormus kokku:

$$g_{k,3} = \left(\frac{3,125}{2} + \frac{4,25}{2} \right) \cdot (g_{k,VL1} + g_{k,VL2}) + g_{k,SS2} \cdot 6,36 = 13,94 \text{ kN/m}$$

Kasuskoormus:

$$q_{k,kasus} = 3,69 \cdot q_k \cdot 2 = 14,75 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus kokku:

$$q_{k,3} = 14,75 = 14,75 \text{ kN/m}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$p_k = 14,75 + 13,94 = 28,69 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$g_d = 13,94 \cdot \gamma_G = 16,73 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$q_d = 14,75 \cdot \gamma_Q = 22,12 \text{ kN/m}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,3} = 16,73 + 22,12 = \mathbf{38,85 \text{ kN/m}}$$

Kandev post siseruumis diameetriga 30 cm

Post omakaalult:

$$G_{k,post1} = g_{k,p1} \cdot 2,6 = 1,09 \text{ kN}$$

Alaline koormus:

$$G_{k,p1} = \left(\frac{2,925}{2} \cdot 2,125 \right) \cdot (g_{k,VL1}) + G_{k,post1} = 3,89 \text{ kN}$$

Kasuskoormus:

$$Q_{k,kasus} = 1,46 \cdot 2,125 \cdot q_k = 6,22 \text{ kN}$$

Ajutine koormus:

$$Q_{k,3} = 6,22 = 6,22 \text{ kN}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$P_k = 6,22 + 3,89 = 10,1 \text{ kN}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$G_d = 3,89 \cdot \gamma_G = 4,67 \text{ kN}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$Q_d = 6,22 \cdot \gamma_Q = 9,32 \text{ kN}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,P1} = 4,67 + 9,32 = \mathbf{13,99 \text{ kN}}$$

Kandev post väljas 30x30 cm

Post omakaalult:

$$G_{k,post2} = g_{k,P2} \cdot 6,0 = 13,5 \text{ kN}$$

Alaline koormus:

$$G_{k,P2} = (0,95 \cdot 2,0) \cdot (g_{k,VL2}) + g_{k,KL1} \cdot 2,0 + G_{k,post2} = 16,29 \text{ kN}$$

Kasuskoormus:

$$Q_{k,kasus} = 0,95 \cdot 2,0 \cdot q_k = 3,80 \text{ kN}$$

Lumekoormus:

$$Q_{k,lumi} = 0,95 \cdot 2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 1,37 \text{ kN}$$

Tuulekoormus:

$$Q_{k,tuul} = 0,81 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 0,29 \text{ kN/m}$$

Ajutine koormus:

$$Q_{k,P2} = 3,80 + 1,37 + 0,29 = 5,46 \text{ kN}$$

Normatiivne koormus kokku:

$$P_k = 16,29 + 5,46 = 21,75 \text{ kN}$$

Arvutuslik alaline koormus:

$$G_d = 16,29 \cdot \gamma_G = 19,55 \text{ kN}$$

Arvutuslik ajutine koormus:

$$Q_d = 5,46 \cdot \gamma_Q = 8,19 \text{ kN}$$

Arvutuslik koormus kokku:

$$N_{sd,P2} = 19,55 + 8,19 = \mathbf{27,74 \text{ kN}}$$

Madalvundamendi taldmike laiuste leidmine

Madalvundamendi taldmike laiused leitakse valemiga 11:

Telg 2, teljevahemikus A-B

$$B = \frac{38,67}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,62 \text{ m}$$

Telg 2, teljevahemikus B-C

$$B = \frac{59,97}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,96 \text{ m}$$

Telg 3

$$B = \frac{53,26}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,85 \text{ m}$$

Telg 4

$$B = \frac{39,99}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,64 \text{ m}$$

Telg A

$$B = \frac{67,98}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 1,08 \text{ m}$$

Telg B

$$B = \frac{48,07}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,77 \text{ m}$$

Telg C, teljevahemikus 1-2

$$B = \frac{55,61}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,89 \text{ m}$$

Telg C, teljevahemikus 2-4

$$B = \frac{67,98}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 1,08 \text{ m}$$

Üksikvundamendi talla laiused leitakse valemiga 12:

Post 1

$$B = \frac{19,59}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 \cdot 1,2 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,50 \text{ m}$$


Post 2

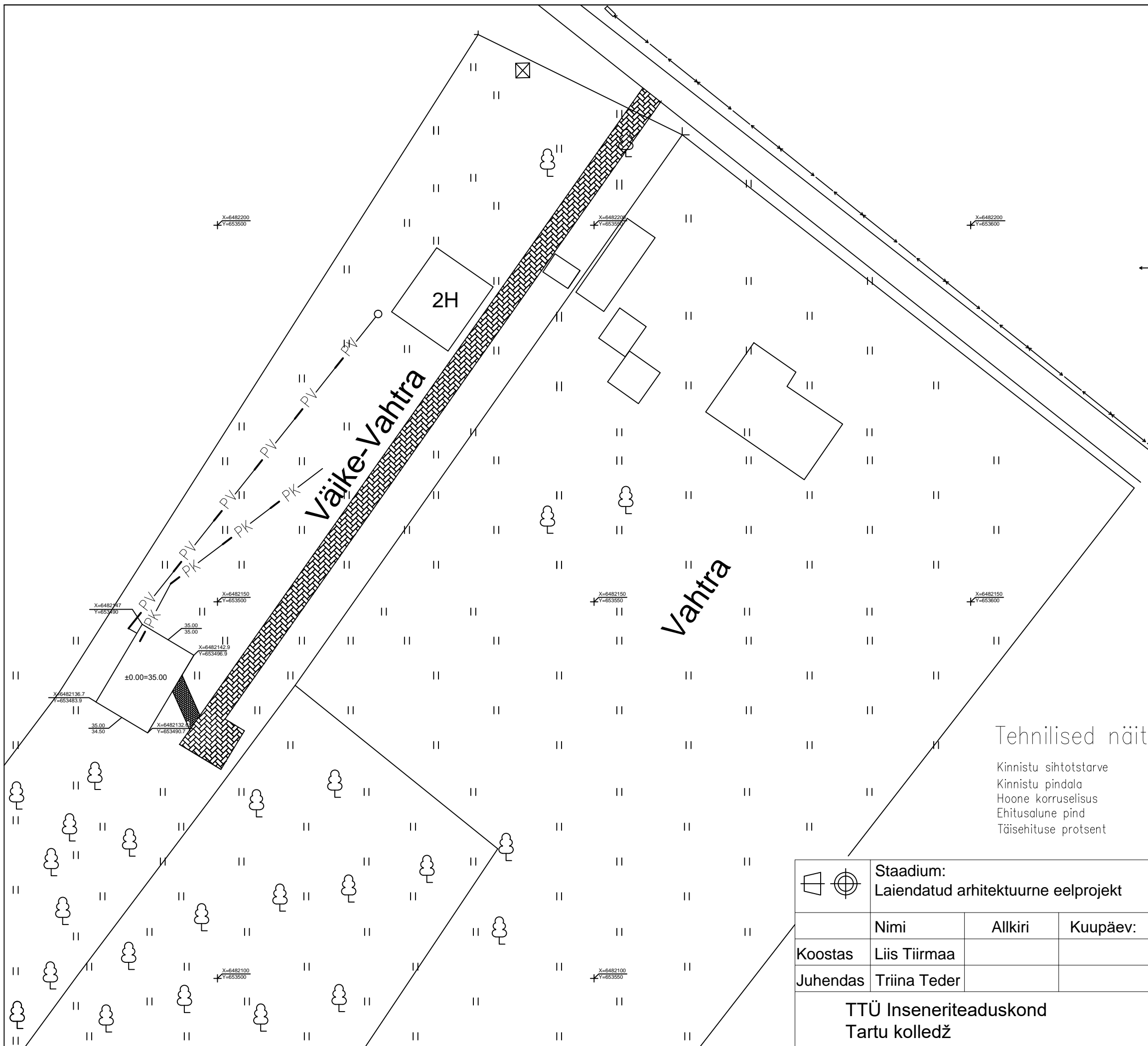
$$B = \frac{35,74}{\frac{[(2 + \pi) \cdot 25 \cdot 1,2 + 7,35]}{1,5} - 1,055 \cdot 22 \cdot 1,2} = 0,67 \text{ m}$$

Lisa 2. Graafiline osa

Joonise nimetus	Formaat	Mõõt
Asendiplaan	A3	1:500
1. korruse plaan	A3	1:100
2. korruse plaan	A3	1:100
Lõige 1-1	A3	1:50
Lõige 2-2	A3	1:50
Vaade A	A3	1:50
Vaade B	A3	1:50
Vaade C	A3	1:50
Vaade D	A3	1:50
Katuslae lõige	A4	1:10
2. korruse vahelae lõige	A4	1:10
1. korruse vahelaelõige	A4	1:10
Välisseina lõige	A4	1:10
Siseseinte lõiked	A4	1:10
Madalvundamendi plaan	A3	1:100
Kiilvaivundamendi plaan	A3	1:100
Madalvundamendi kaeviku plaan	A3	1:100

TINGMÄRGID

-  KRUNDIPIIR
-  PLAN. KANALISATSIOONI TORUSTIK
-  PLAN. VEESISESTUS JA PEAKRAAN
-  OL. OLEV MADALPINGE KAABELLIIN
- $\frac{34.00}{32.23}$ PLANEERITAV MAAPIND
OLEMASOLEV MAAPIND
-  OLEMASOLEV PUU
-  PRÜGIKONTEINER
-  MURU
-  PROJEKTEERITUD KIVIKATE
-  PROJEKTEERITAV HOONE
-  OLEMASOLEV HOONESTUS



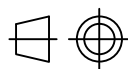
Tehnilised näitajad

Kinnistu sihtotstarve
Kinnistu pindala
Hoone korruselisus
Ehitusalune pind
Täisehituse protsent

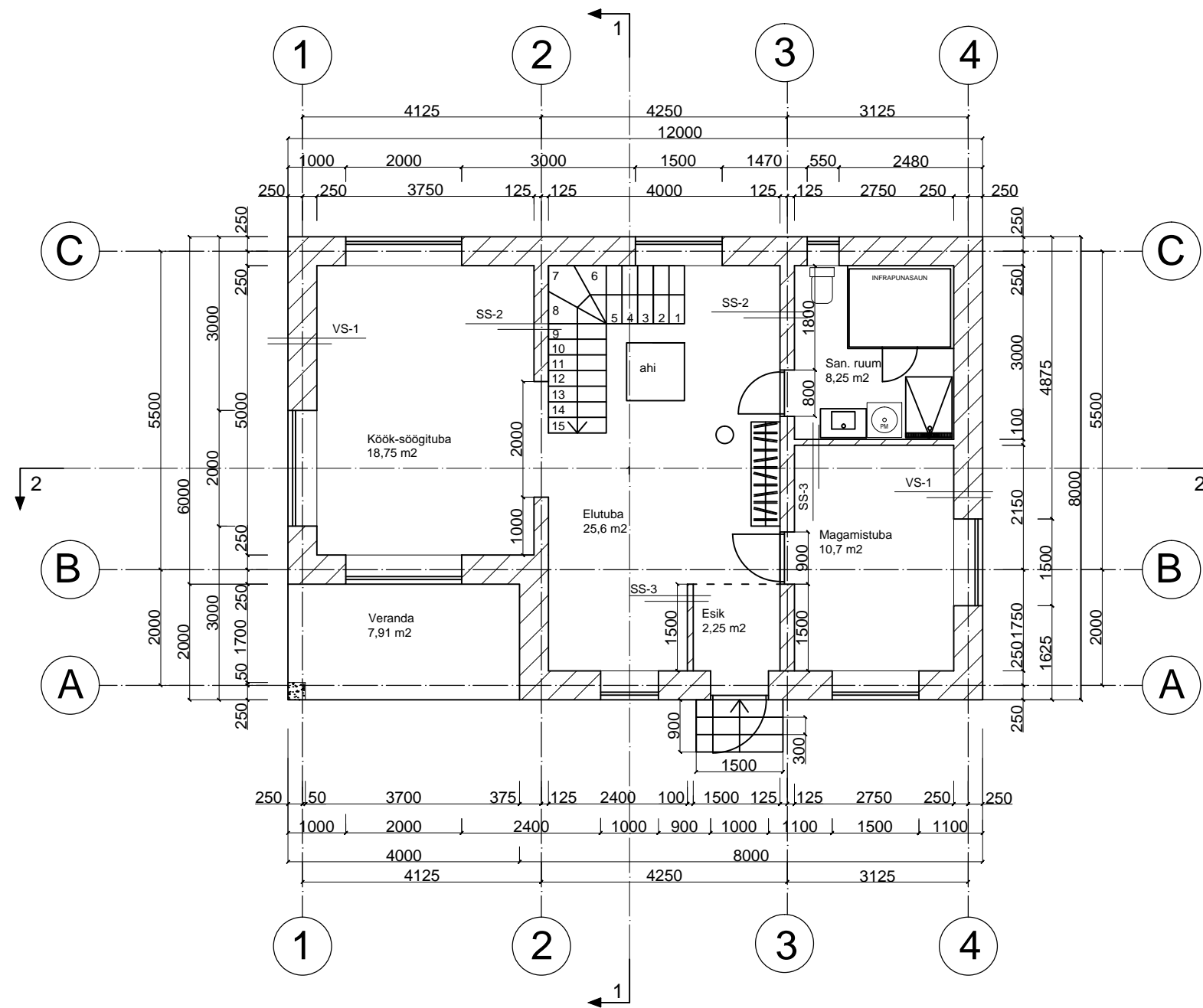
maatulundusmaa
9610 m²
2 korrust
125.17 m²
0,2%

Märkused

-hoone ±0.00=35.00
-hoone tulepüsisusklass on TP-3

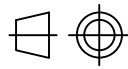
		Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt		Objekt:	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:	
Koostas	Liis Tiirmaa			Asendiplaan	
Juhendas	Triina Teder				
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht:	Mõõtkava:
				1	20 1:500

ESIMESE KORRUSE PLAAN

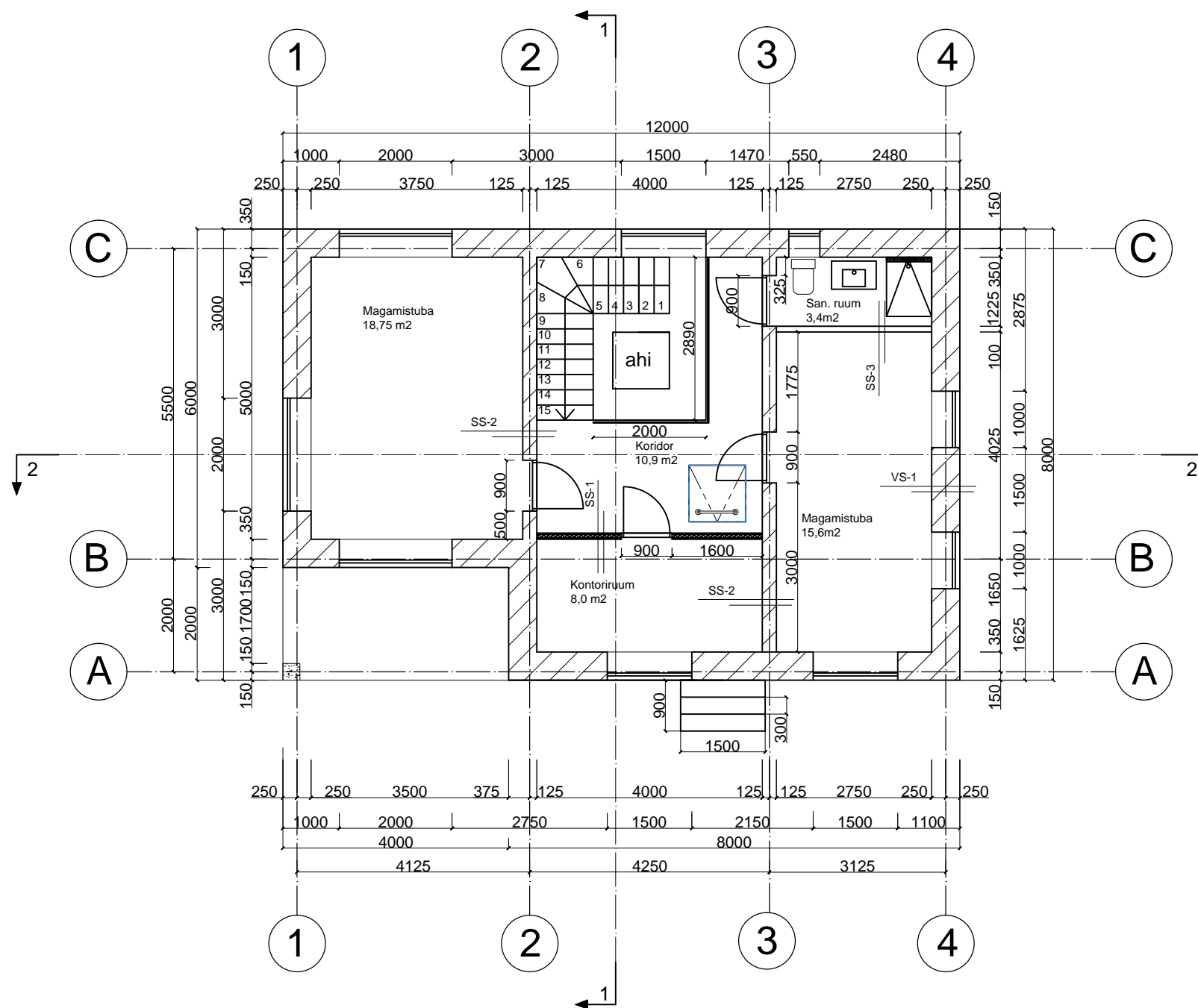


MÄRKUSED:

Piirde soojusjuhtivus $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

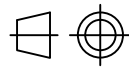
	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Koostas	Liis Tiirmaa			Esimese korruse plaan
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 2
				Lehti: 20
				Mõõtkava: 1:100

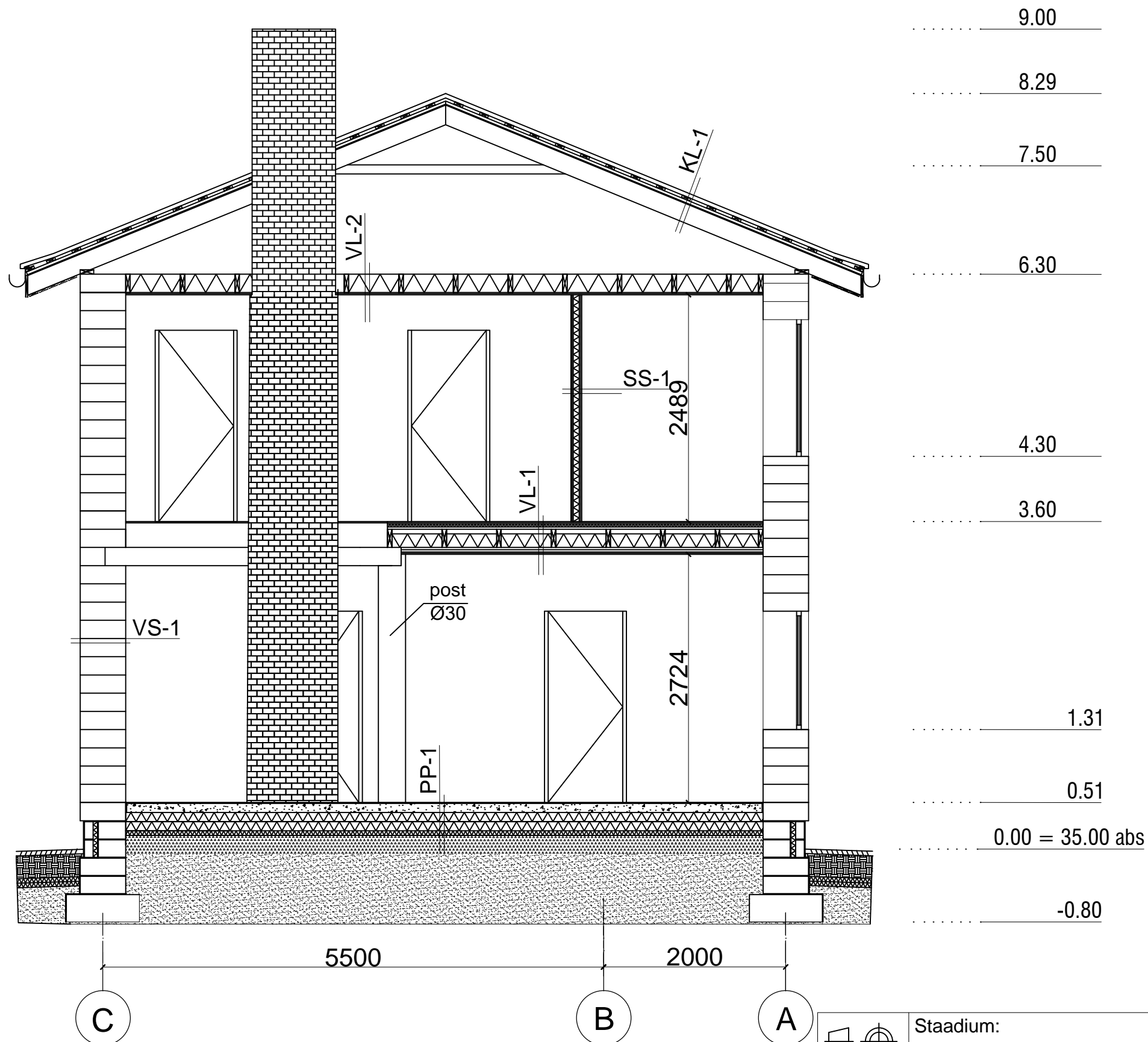
TEISE KORRUSE PLAAN

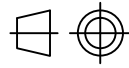


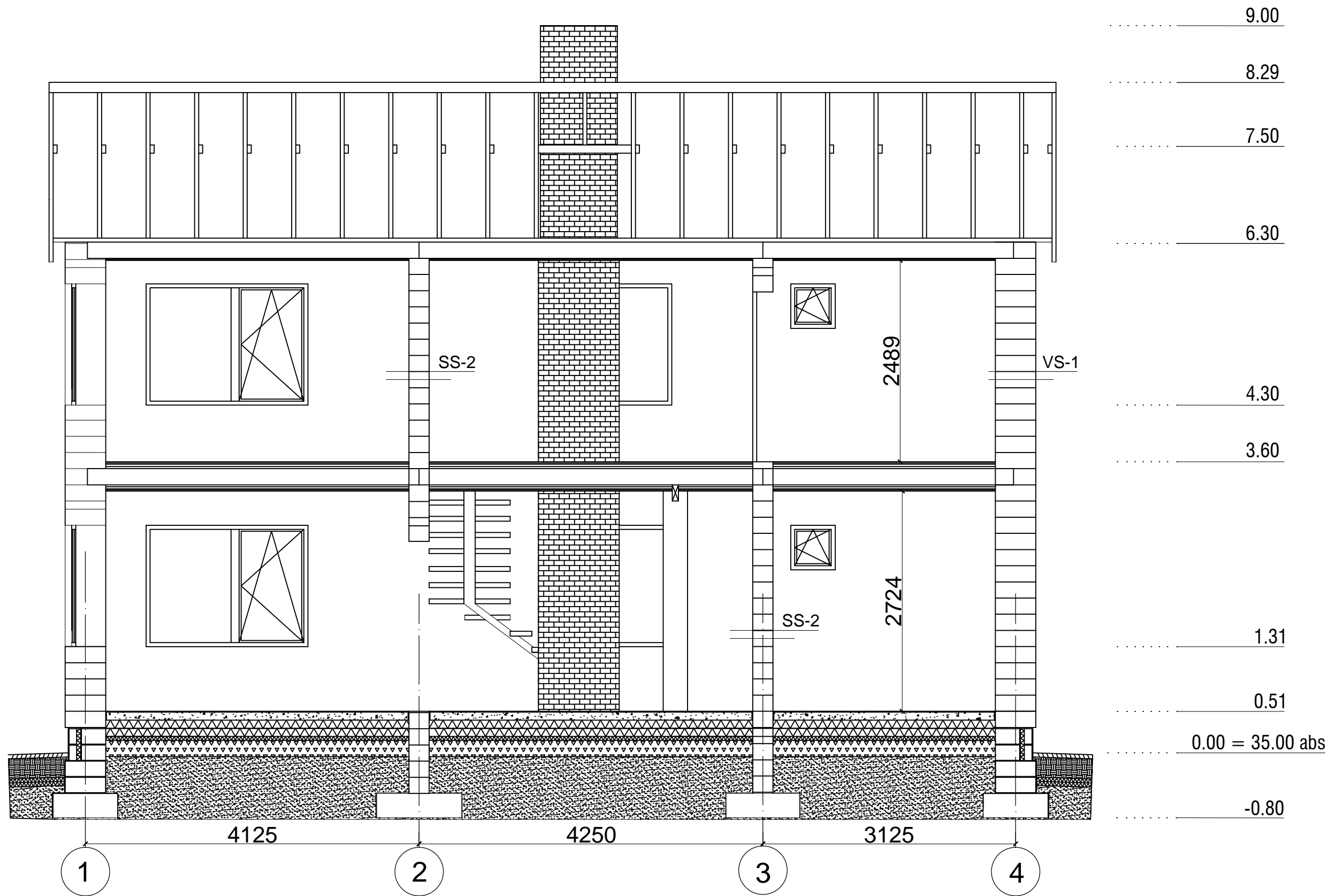
MÄRKUSED:

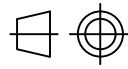
Piirde soojusjuhtivus $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

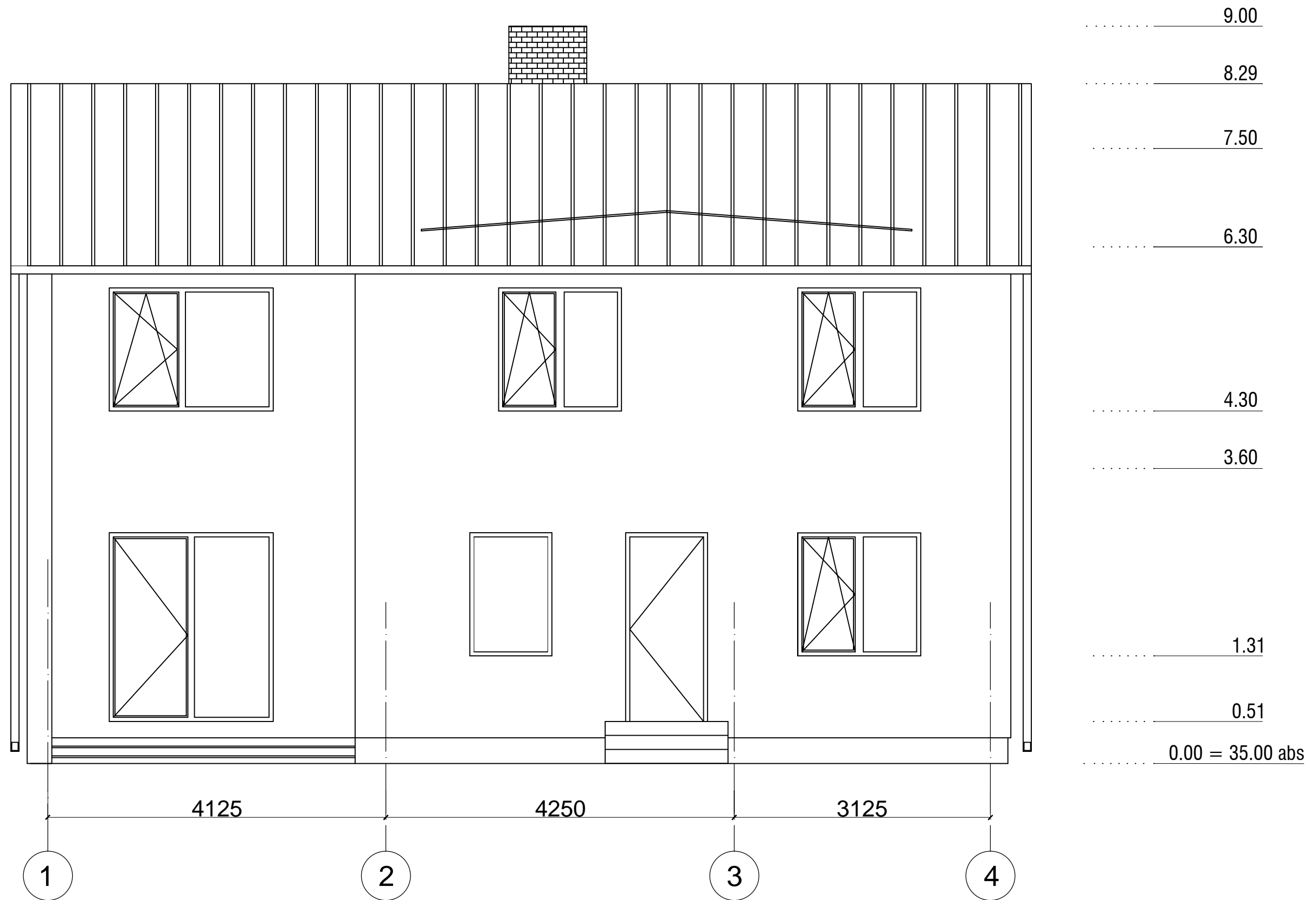
	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Koostas	Liis Tiirmaa			Teise korruse plaan
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 3
				Lehti: 20
				Möötkava: 1:100



		Staadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt		Objekt:	
		Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Koostas	Liis Tiirmaa				Lõige 1-1
Juhendas	Triina Teder				
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 4	Lehti: 20
				Mõõtkava: 1:50	



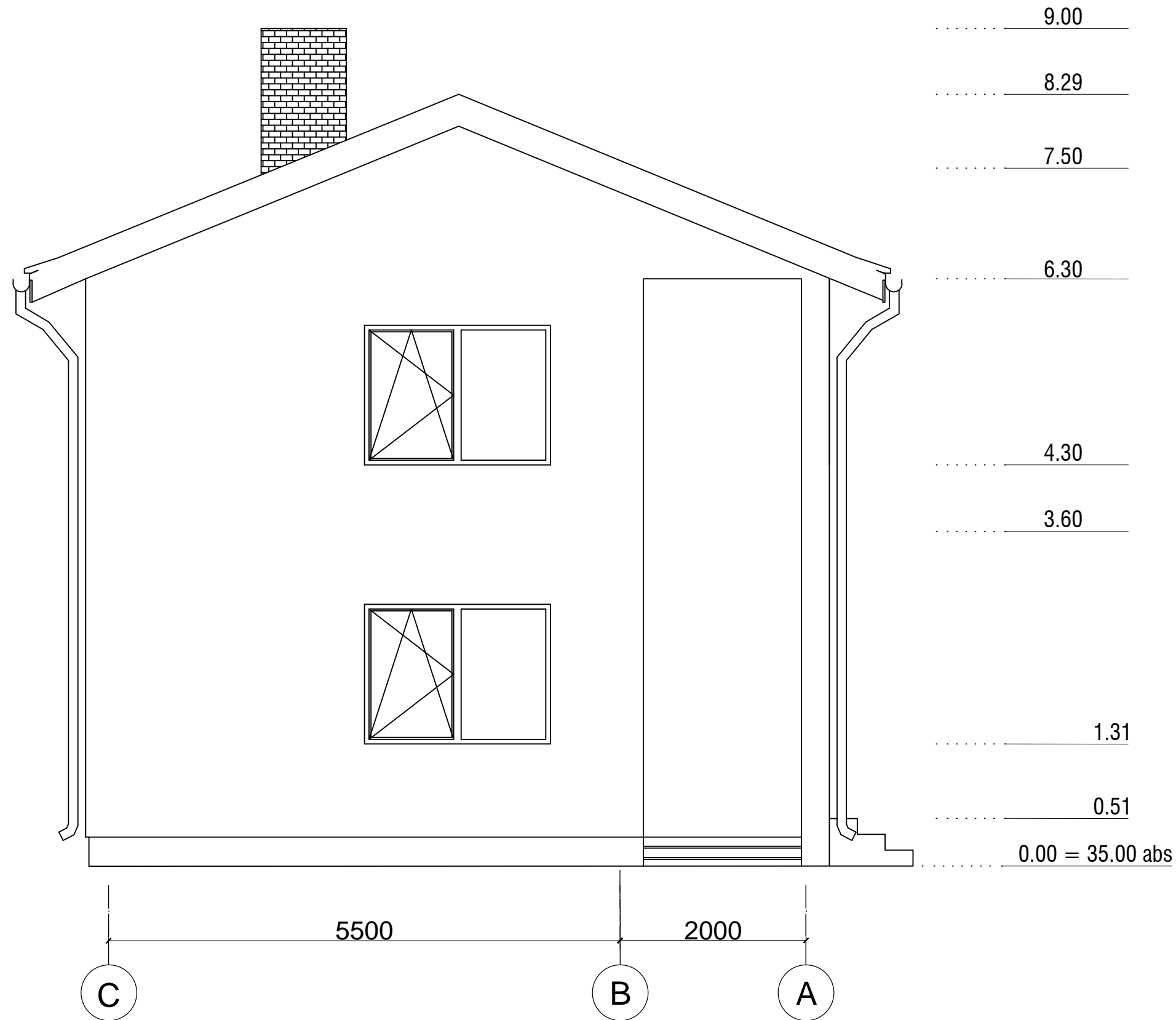
	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Koostas	Liis Tiirmaa			Lõige 2-2
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 5 Lehti: 20 Mõõtkava: 1:50



VÄLISVIIMISTLUSE SPETSIFIKATSIOON

1. FASSAAD - SOKLIKROHV - TOON HALL, JURA 45, CAPAROL
- FASSAADI KROHV - TOON ROHELINE, RAL 6038
2. AVATÄITED - PUITALUMIINIUMPROFIIL AKNAD - TOON PRUUN, RAL 8004
- VÄLISUKS - TOON PRUUN, RAL 8004
3. KATUS - KIVIPROFIIL - TOON PUNANE RR29
4. VIHMAPLEKID - HÕBEDANE, RAL 9006
5. VIHMAVEETORUD JA -RENNID, LUMETÕKE - TOON PRUUN RAL 8004

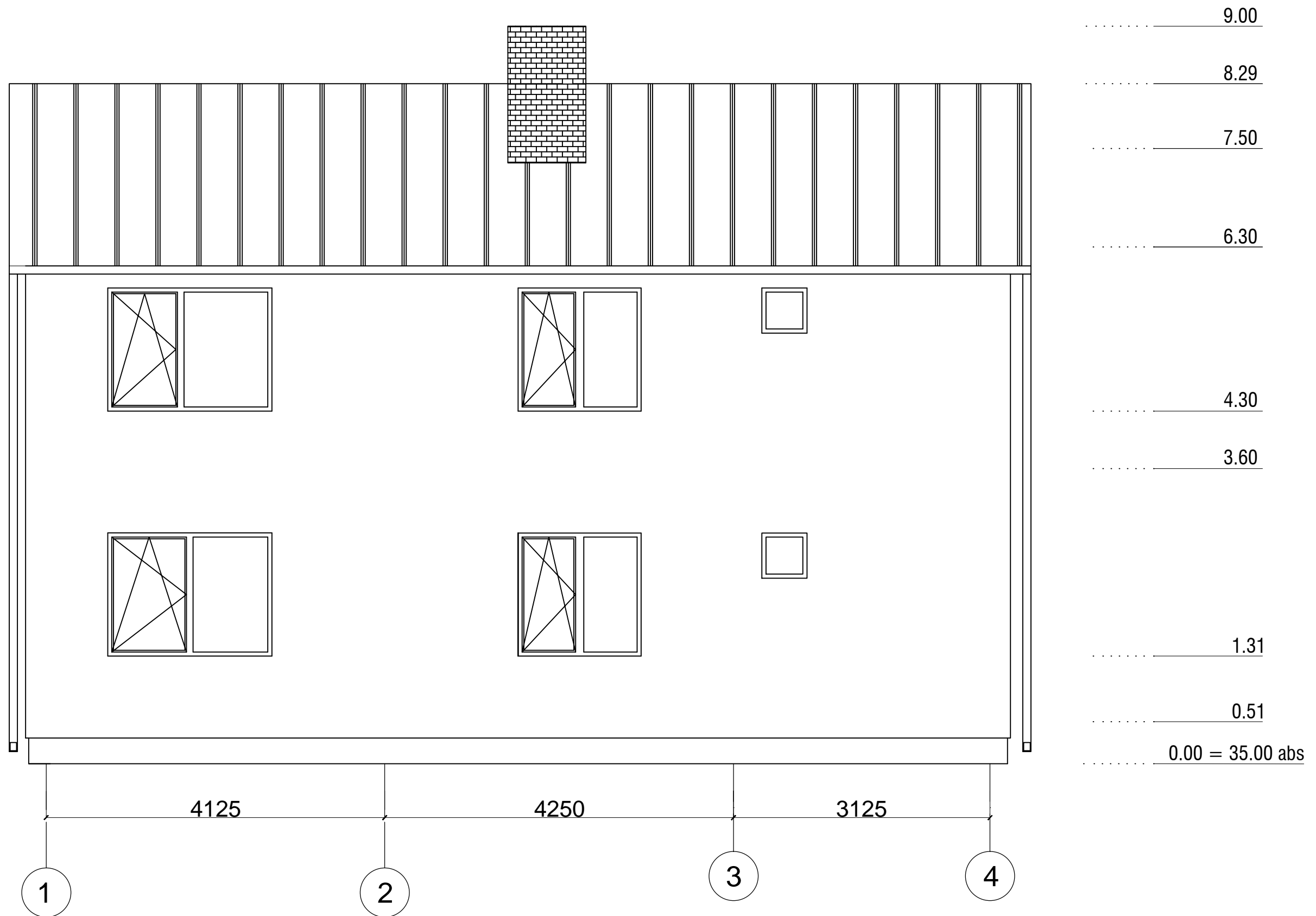
	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Koostas	Liis Tiirmaa			Vaade A
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 6 Lehti: 20 Mõõtkava: 1:50



VÄLISVIIMISTLUSE SPETSIFIKATSIOON

1. FASSAAD - SOKLIKROHV - TOON HALL, JURA 45, CAPAROL
- FASSAADI KROHV - TOON ROHELINE, RAL 6038
2. AVATÄITED - PUITALUMIINIUMPROFIIL AKNAD - TOON PRUUN, RAL 8004
- VÄLISUKS - TOON PRUUN, RAL 8004
3. KATUS - KIVIPROFIIL - TOON PUNANE RR29
4. VIHMAPLEKID - HÕBEDANE, RAL 9006
5. VIHMAVEETORUD JA -RENNID, LUMETÕKE - TOON PRUUN RAL 8004

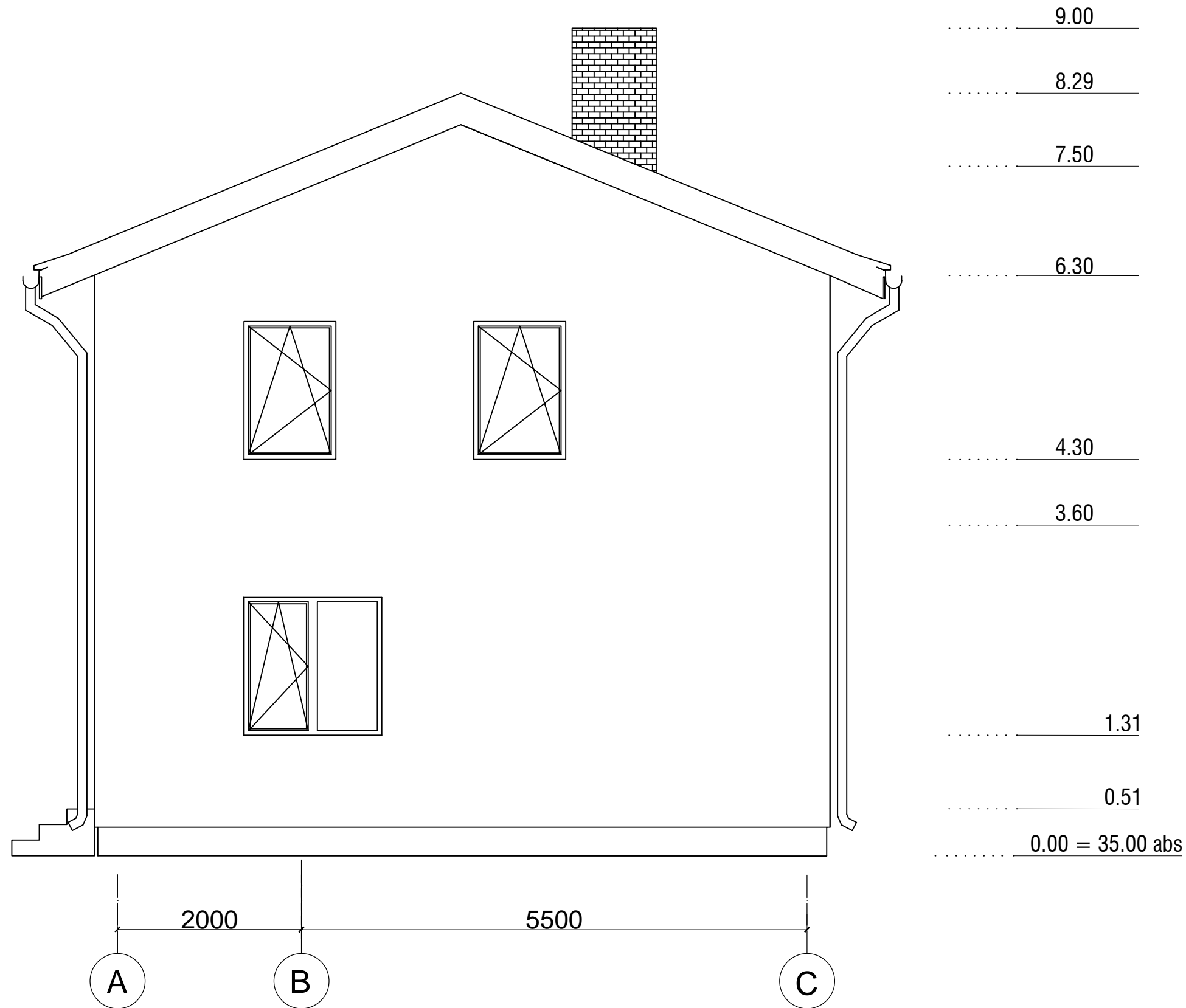
	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:		
Koostas	Liis Tiirmaa			Vaade B		
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 7	Lehti: 20	Möötkava: 1:50



VÄLISVIIMISTLUSE SPETSIFIKATSIOON

1. FASSAAD - SOKLIKROHV - TOON HALL, JURA 45, CAPAROL
- FASSAADI KROHV - TOON ROHELINE, RAL 6038
2. AVATÄITED - PUITALUMIINIUMPROFIIL AKNAD - TOON PRUUN, RAL 8004
- VÄLISUKS - TOON PRUUN, RAL 8004
3. KATUS - KIVIPROFIIL - TOON PUNANE RR29
4. VIHMAPLEKID - HÕBEDANE, RAL 9006
5. VIHMAVEETORUD JA -RENNID, LUMETÕKE - TOON PRUUN RAL 8004

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:	
	Koostas	Liis Tiirmaa	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Juhendas	Triina Teder			Vaade C	
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 8	Lehti: 20
				Mõõtkava: 1:50	

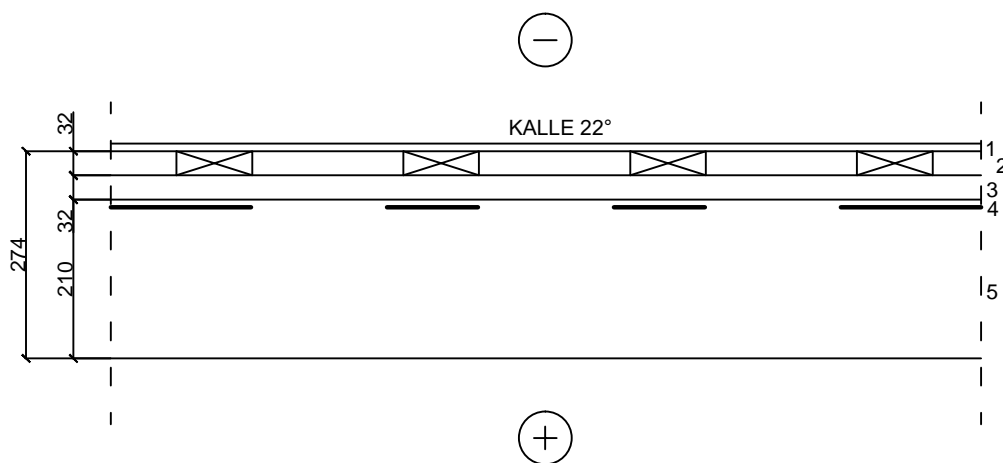


VÄLISVIIMISTLUSE SPETSIFIKATSIOON

1. FASSAAD - SOKLIKROHV - TOON HALL, JURA 45, CAPAROL
- FASSAADI KROHV - TOON ROHELINE, RAL 6038
2. AVATÄITED - PUITALUMIINIUMPROFIIL AKNAD - TOON PRUUN, RAL 8004
- VÄLISUKS - TOON PRUUN, RAL 8004
3. KATUS - KIVIPROFIIL - TOON PUNANE RR29
4. VIHMAPLEKID - HÕBEDANE, RAL 9006
5. VIHMAVEETORUD JA -RENNID, LUMETÕKE - TOON PRUUN RAL 8004

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:		
Koostas	Liis Tiirmaa			Vaade D		
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht:	Lehti:	Möötkava:
				9	20	1:50

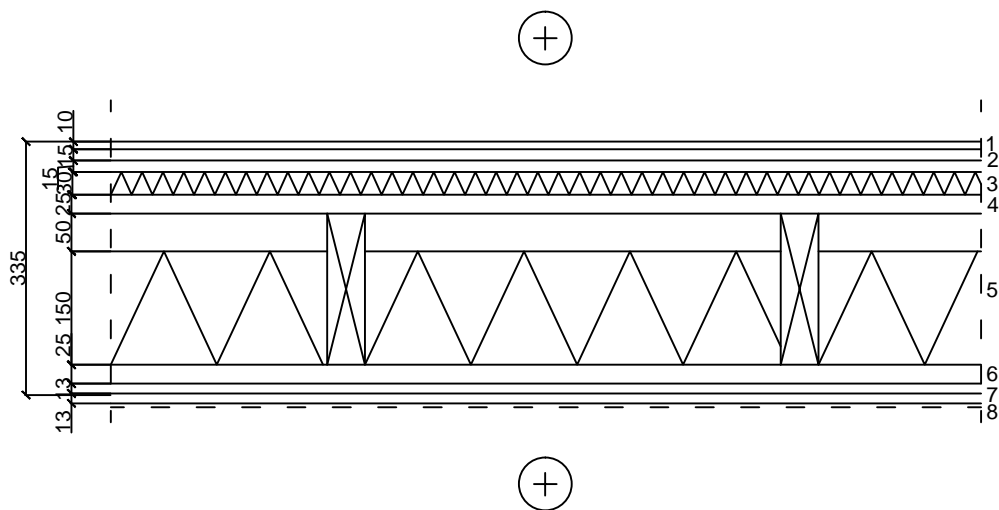
KL



- 1 KIVIPROFIIL
- 2 HÕRE LAUDIS 32x100mm, s.300mm
- 3 DISTANTSLIIST 32x50mm, s.600mm
- 4 HINGAV ALUSKATE
- 5 SARIKAD 50x200mm, s. 600mm

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Katuslae lõige		
Koostas	Liis Tiirmaa					
Juhendas	Triina Teder			Leht: 10 Lehti: 20 Mõõtkava: 1:10		
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž						

VL-1

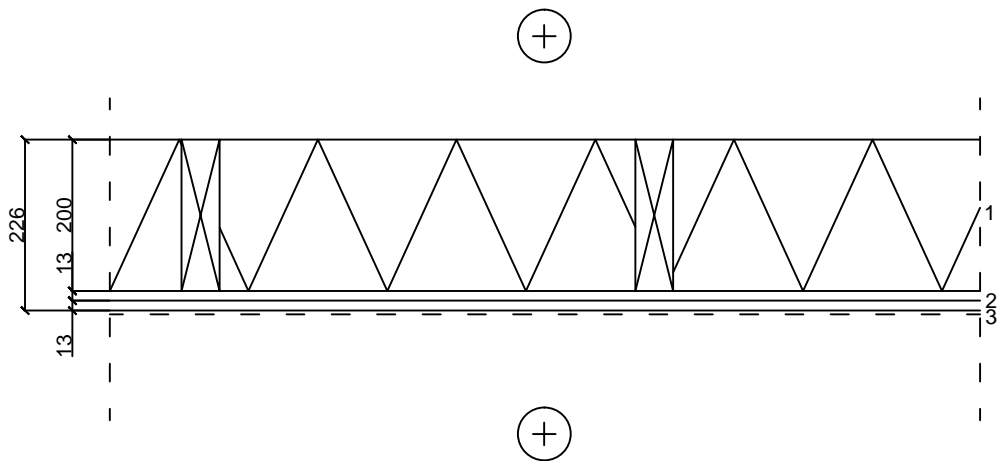


- 1 PARKETT
- 2 2x PÕRANDA KIPSPLAAT 15mm
- 3 SAMMUMÜRAPLAAT 30mm
- 4 PUITLAASTPLAAT 25mm
- 5 LAETALAD 50x200mm, s. 600mm + MIN. VILL 150mm
- 6 HÕRE LAUDIS 25x100mm, s.300
- 7 2x KIPSPLAAT 13mm
- 8 LAEVIIMISTLUS

ÕHUMÜRAPIIDAVUS: $R_w \geq 55$ dB

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Esimese korruse vahelae lõige
Koostas	Liis Tiirmaa			
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 11
				Lehti: 20
				Möötkava: 1:10

VL-2

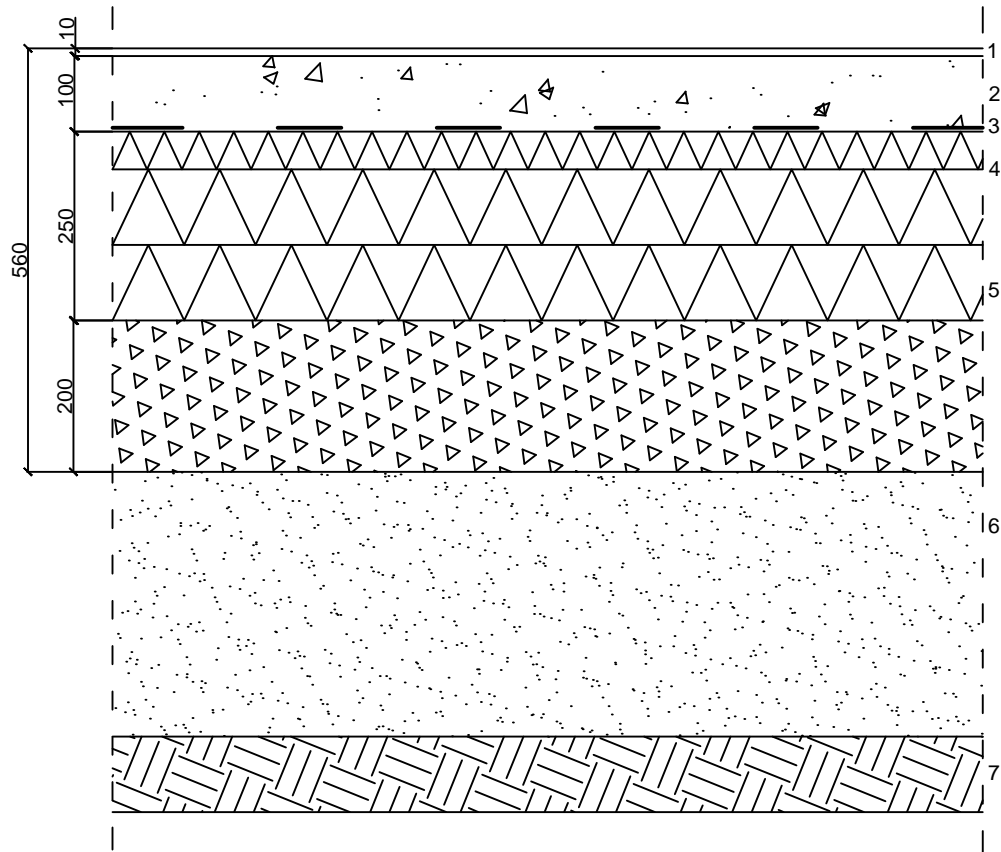


- 1 PUISTEVILL 200mm+ LAETALAD 50x200mm, s.600mm
- 2 2x KIPSPLAAT
- 3 LAEVIIMISTLUS

SOOJAJUHTIVUSTEGUR: $U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Teise korruse vahelae lõige		
Koostas	Liis Tiirmaa					
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 12	Lehti: 20	Möötkava: 1:10

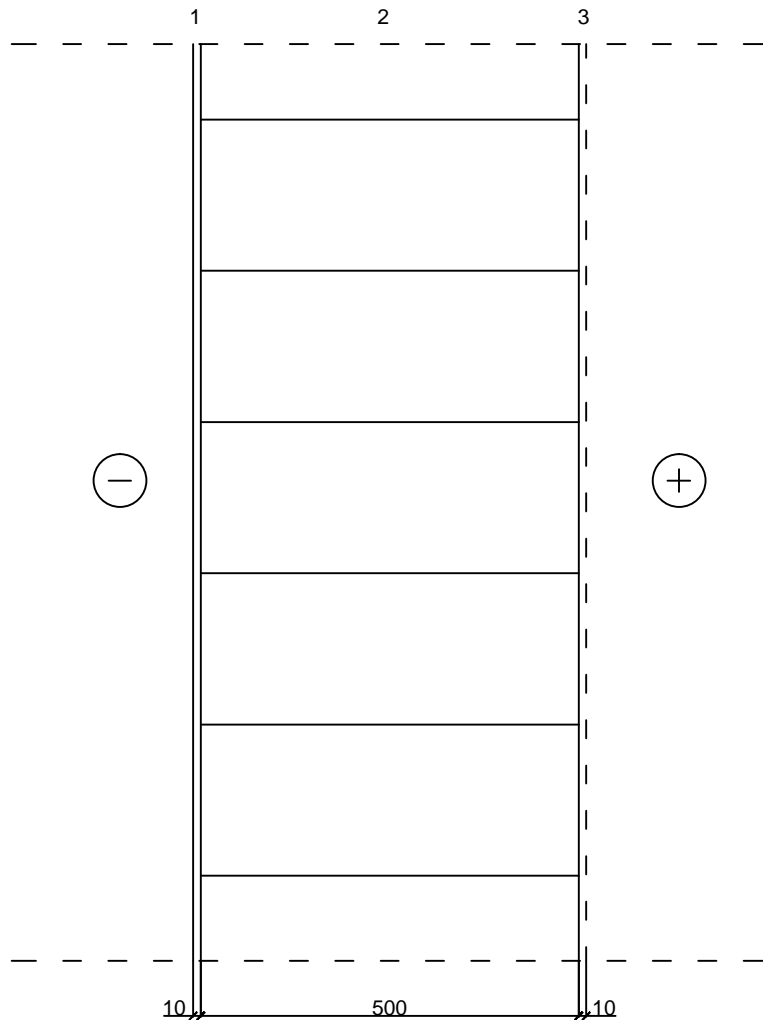
PP



- 1 PARKETT
- 2 RAUBBETONPLAAT 100mm
- 3 2x PE-KILE
- 4 Vahtpolüstüreer 250mm, survetugevus 80 kPa
- 5 TIHENDATUD KILLUSTIK
- 6 TÄITELIIV
- 7 LOODUSLIK PINNAS

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:		
Koostas	Liis Tiirmaa			<h2>Põrand pinnasel lõige</h2>		
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 13	Lehti: 20	Möötkava: 1:10

VS



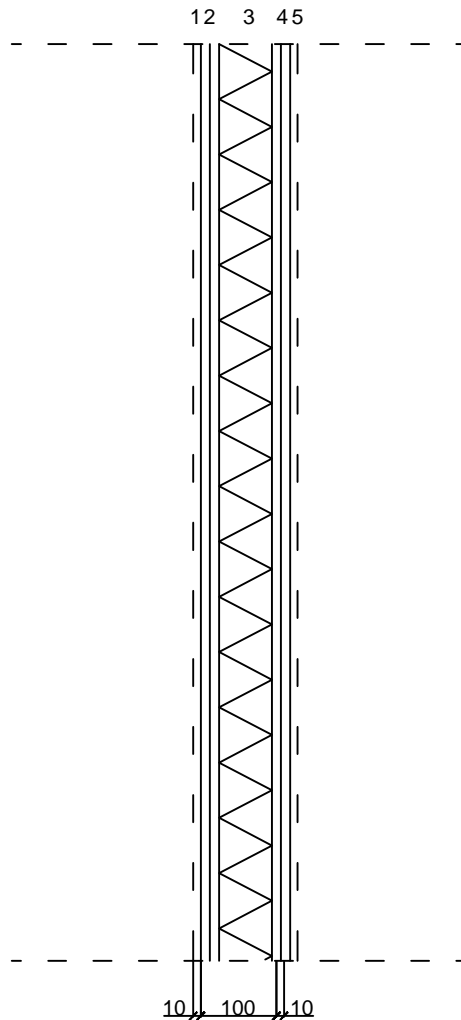
- 1 DEKORATIIVKROHV
- 2 bauroc ECOTERM +500
- 3 SISEVIIMISTLUS

SOOJAJUHTIVUSTEGUR: $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

ÕHUMÜRAPIDAVUS: $R_w \geq 49 \text{ dB}$

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Välisseina lõige		
Koostas	Liis Tiirmaa					
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht:	Lehti:	Möötkava:
				14	20	1:10

SS-1

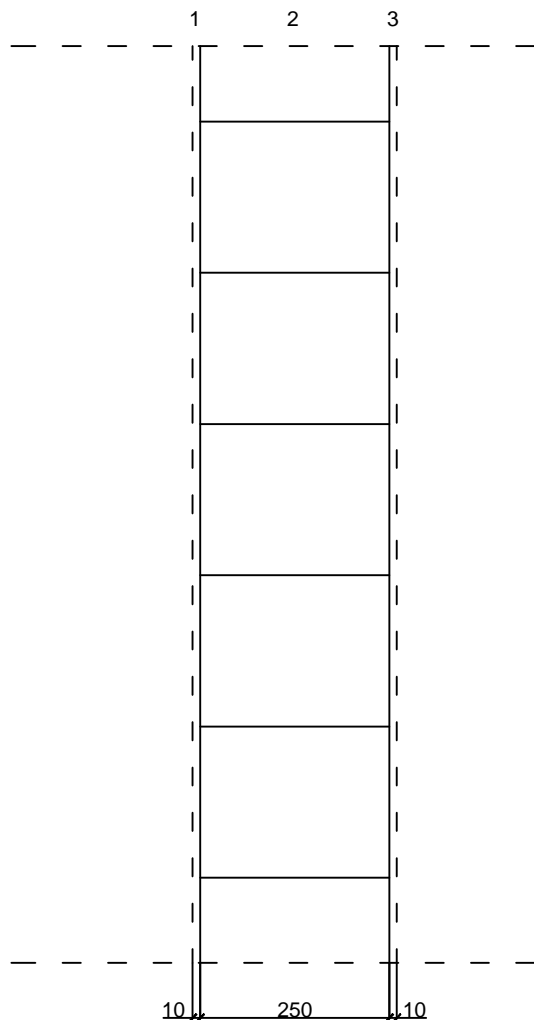


- 1 SISEVIIMISTLUS
- 2 2x KIPSPLAAT
- 3 MINERAALVILL PUITKARKASSIL
- 4 2x KIPSPLAAT
- 5 SISEVIIMISTUS

ÕHUMÜRAPIDAVUS: $R_w \geq 40$ dB

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Siseseina lõige		
Koostas	Liis Tiirmaa					
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht:	Lehti:	Möötkava:
				15	20	1:10

SS-2

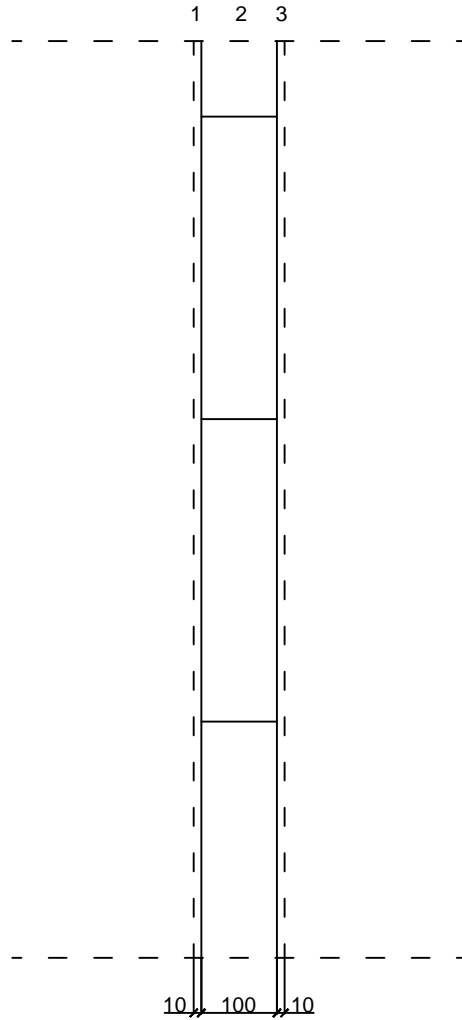


- 1 SISEVIIMISTLUS
- 2 bauroc HARD 250
- 3 SISEVIIMISTLUS

ÕHUMÜRAPIDAVUS: $R_w \geq 48$ dB

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Siseseina lõige
Koostas	Liis Tiirmaa			
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 16 Lehti: 20 Möötkava: 1:10

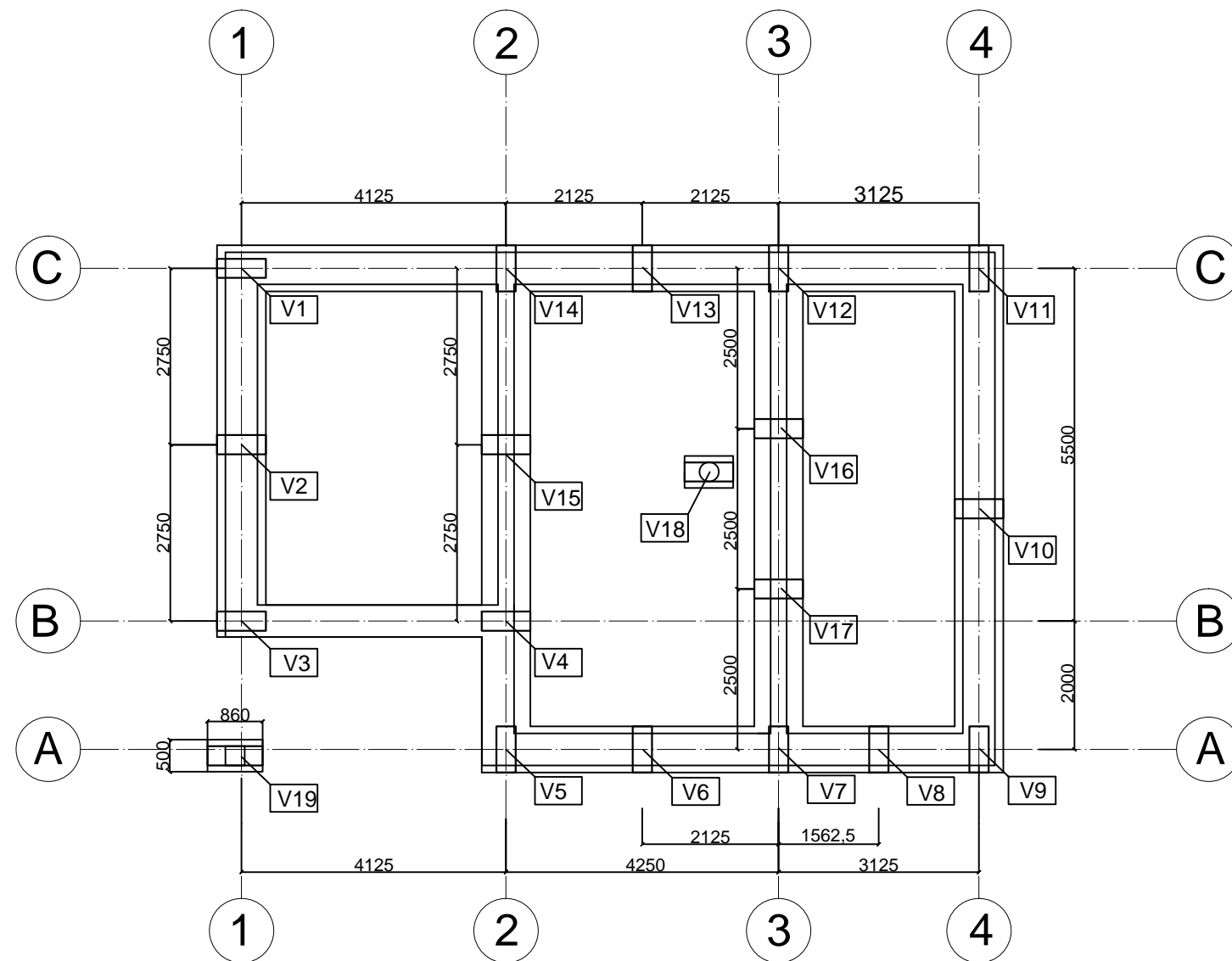
SS-3

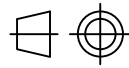


- 1 SISEVIIMISTLUS
- 2 bauroc ELEMENT 100
- 3 SISEVIIMISTLUS

ÕHUMÜRAPIDAVUS: $R_w \geq 35$ dB

	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus: Siseseina lõige		
Koostas	Liis Tiirmaa					
Juhendas	Triina Teder					
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 17	Lehti: 20	Möötkava: 1:10



	Stadium: Laiendatud arhitektuurne eelprojekt			Objekt:
	Nimi	Allkiri	Kuupäev:	Nimetus:
Koostas	Liis Tiirmaa			Kiilvaivundamendi plan
Juhendas	Triina Teder			
TTÜ Inseneriteaduskond Tartu kolledž				Leht: 19
				Lehti: 20
				Mõõtkava: 1:100

