



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TARTU KOLLEDŽ

Säästva tehnoloogia õppetool

VUNDAMENDI NIISKUSKAHJUSTUSTE PÕHJUSTE  
VÄLJASELGITAMINE VALGA MUUSIKAKOOLI NÄITEL  
A STUDY INVESTIGATING THE REASONS BEHIND MOISTURE DAMAGE IN THE  
FOUNDATION OF VALGA MUSIC SCHOOL

Magistritöö  
tööstus- ja tsiviilehituse erialal

Üliõpilane: **Sulev Lange**

Juhendaja: **Jiri Tintera**

Tartu, 2016

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

..... (töö autori allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood: EAEI105341

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud: ..... (kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: ..... (allkiri)

## **ABSTRACT**

Lange, S. A study investigating the reasons behind moisture damage in the foundation of Valga Music school. Master's thesis. 2 volumes. Tartu 2016. 86 pages. 19 tables. 30 figures. 17 drawings. Number and format of drawings: 12 x A3; 5 x A4. The thesis is written in Estonian.

Keywords: foundation moisture damage, ground investigation, hydroisolation, construction cost, thermal camera, temperature indexes.

The aim of this thesis is to establish through thorough investigation the causes of moisture damage in the foundation of Valga Music school's building and providing solutions with cost calculations. A short overview is given about the building, its history and the occurring damage. Investigations include soil analysis, condensation risk assessment inside the foundation wall and on the inside surface of the foundation. A conclusion is drawn based on the findings. The last part focuses on providing different kinds of hydroisolation solutions made with products provided by OÜ Langeproon Inseneriühitus with the respective preliminary costs to each solution based on a collection of the most common prices found in the market by EKE NORA.

The results of the investigation indicate the damages are caused by rainwater which is not guided away from the building. Excess moisture moves through the old fieldstone foundation and causes mortar and paint to fall off the wall. Detailed solutions to the problem have been provided with drawing made in AutoCAD Architecture 2016.

## SISUKORD

ABSTRACT .....	3
SISUKORD .....	4
SISSEJUHATUS .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Pinnaste identifitseerimine ja liigitamine .....	7
1.2 Pinnase terastikuline koostis ehk lõimimine .....	8
1.3 Pinnase liigitus terastikulise koostise alusel .....	8
1.4 Sõelanalüüs .....	10
1.5 Areomeeteranalüüs .....	11
1.6 Pinnase füüsikaliste omaduste määramine .....	12
1.6.1 Mahumass .....	12
1.6.2 Erimass .....	12
1.6.3 Kuivmahumass .....	13
1.6.4 Poorsus ja poorsustegur .....	14
1.6.5 Küllastusaste .....	15
1.6.6 Pinnase veesisaldus ehk niiskus $w$ .....	15
1.7 Vee mõju pinnasele.....	16
1.7.1 Kapillaarnähtused pinnases .....	16
1.7.2 Külmarkerked .....	17
1.7.3 Veejuhtivus .....	18
1.8 Termograafia.....	19
1.9 Niiskus ehituskonstruktsioonides .....	20
1.10 Hüdroisoleerimine .....	21
1.10.1 Hüdroisolatsioonisüsteemid .....	21
1.10.2 Hüdroisolatsioonimaterjalide tutvustus .....	23
1.10.3 Soojustusmaterjal .....	25
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	26
3. MATERJALID JA METOODIKA .....	27
3.1 Uuritava hoone kirjeldus.....	27
3.1.1 Asukoht.....	27
3.1.2 Hoone ajalugu ja arhitektuuriline lahendus .....	28
3.1.3 Hoone tehnilised näitajad .....	29
3.1.4 Hoone eksplikatsioon .....	29
3.1.5 Konstruktsioonid .....	30
3.1.6 Keldri niiskuskahjustused.....	30
3.2 Termograafia.....	30
3.2.1 Temperatuuriindeksite arvutus .....	31



3.3	Keldrikorruse õhuniiskuse mõõtmine .....	31
3.4	Vundamendi kondenseerumisrisiki arvutus .....	32
3.5	Geotehnilised uuringud.....	35
3.6	Keldri niiskuskahjustuste lahendused .....	35
4.	UURINGUD .....	36
4.1	Šurffimine krundil .....	36
4.2	Laborikatsete tulemused .....	36
4.2.1	Täitepinnase sõelanalüüs .....	36
4.2.2	Täitepinnase veesisaldus .....	39
4.2.3	Pinnase arvutuslikud näitarvud.....	39
4.2.4	Pinnase filtratsiooniomadused .....	40
4.2.5	Pinnase kapillaartõus .....	41
4.3	Pinnasevee tase .....	41
4.4	Õhuniiskuse mõõtmise tulemused .....	42
4.5	Vundamendi kondenseerumisrisiki arvutus Glaseri meetodiga.....	42
4.6	Keldriseinte termografeerimise tulemused .....	44
4.7	Vihmaveesüsteem .....	47
4.8	Uuringute järeldused.....	47
5.	VUNDAMENDI NIISKUSKAHJUSTUSTE LAHENDUSED .....	49
5.1	Vundamendi hüdroisoleerimine.....	49
5.1.1	Vundamendi vertikaalne hüdroisoleerimine.....	49
5.1.2	Vundamendi horisontaalne hüdroisoleerimine .....	50
5.1.3	Keldri põranda hüdroisoleerimine .....	50
5.2	Vihmavee äravoolusüsteem ja drenaaž.....	51
5.3	Tööde hinnanguline maksumus .....	51
	KOKKUVÕTE.....	55
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	56
	LISA1 Pildimaterjal.....	58
	LISA2 Graafiline osa.....	69

## SISSEJUHATUS

Valga Muusikakooli hoone on pea kaks ja pool sajandit vana. Selle aja sees on hoonet korduvalt laiendatud, renoveeritud ja muudetud. Hetkel on hoone kasutuses muusikakoolina, kus on esmatähtis, et muusikainstrumendid oleksid kuivas keskkonnas. 2005 aastal võeti õpperuumidena kasutusele ka renoveeritud keldrikorrus. Kuigi uus kelder näeb üldpildis korralik välja, on pragunevatest seintest selgelt näha, et töö on tehtud läbimõtlemata. Juba 5 aastat peale renoveerimist teatati niiskuskahjustustest, mis ajapikku on levinud ega pole tänaseni likvideeritud.

Antud lõputöö peamiseks eesmärgiks on luua selgem pilt, miks vundamendil niiskuskahjustused esinevad ning kuidas neid tõhusalt lahendada. Kuna kooli ja Valga Linnavalitsuse huvides on antud probleem lahendada, siis lõputöö aitaks probleemi paremini mõista ja olla tulevase remondiprojekti aluseks.

Lõputöö koosneb viiest peatükist ning kahest lisast. Esimeses peatükis seletatakse lahti töös vajaminevaid pinnasemehaanika ning ehitusfüüsika põhimõtteid ja tutvustatakse hüdroisoleerimismaterjale ja töös kasutatavaid tooteid. Teises peatükis püstitatakse diplomitöö eesmärk ja ülesanded. Kolmandas peatükis antakse uuritavast hoonest ülevaade ning seletatakse kasutatud meetodikat. Neljandas peatükis pühendatakse uuringute kirjeldamisele, tulemuste esitamisele ning järelduste tegemisele. Viiendas peatükis pakutakse välja lahendusi hoone niiskuskahjustuste likvideerimiseks ning nende hinnangulised maksumused.

Töö käigus kaardistatakse hoone niiskuskahjustused. Määratakse hooneümbruse pinnase liik ja selle omadused, et tunda paremini vundamendile mõjuvaid koormuseid. Mõõdetakse keldriruumide temperatuurid ning õhuniiskused, et kontrollida nende vastavust standardile. Leitakse termografeerimise teel külmasillad ja temperatuuriindeksite järgi nende kriitilisused, et teada, kas soojustuseta välissein on piisav, et siseruumis ei tekkiks kondenseerumist või hallitust. Sokliseinas kontrollitakse Glaseri meetodil kondenseerumisriski, et veenduda, et seinas ei tekkiks kondensvett. Pakutakse välja võimalikud hüdroisolatsioonilahendused ning nende ligikaudsed maksumused vastavalt EKE NORA ja OÜ Langeproon Inseneriehitus andmetele. Lisaks koostatakse hoonest programmis AutoCAD Architecture 2016 detailed joonised kohapeal mõõddistatud tulemuste alusel.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Pinnaste identifitseerimine ja liigitamine

Pinnast saab üldiselt iseloomustada piisava täpsusega järgnevate pinnaseomaduste järgi. Geoloogiline struktuur ehk koostise, sh kihilisuse ja katkevuse, varieerivus.

Katkestuspinnad ehk kihipinnad, lõhed, praod, murrangud ja nihkepinnad.

Orgaaniline aine ehk taimsetest või loomsetest orgaanilistest materjalidest koosnev aine ning nende materjalide lagunemissaadused, näiteks humus.

Lõimis ehk pinnaseosakeste suurus ja suurusjaotumus.

Fraktsioon ehk kindla terasuuruse järgi eristatav pinnaseosa.

Plastsus ehk niduspinnase mehaanilise käitumise muutumine veesisalduse muutumisel.

Vulkaanilised pinnased ehk vulkaani plahvatuspurskel tekkinud ning moodustunud püroklastilised materjalid; näiteks pimss, vulkaaniline räbu, vulkaaniline tuhk. (EVS-EN ISO 14688-1:2003+A1:2013)

Pinnase liigitamine ehk talle nimetuse andmine viis ühesuguste omadustega pinnaste rühmitamiseks. Geotehnikas ja ehitusgeoloogias on pinnasteks kõik looduslikud kivimid ja setted, mida liigitatakse koostise, tekke ja omaduste järgi, kas vaatluse teel või analüüsitulemuste põhjal. Lisaks on vaja ka tunda pinnase geotehnilisi omadusi nagu tugevus, kokkusurutavus, filtratsiooniomadused jne. (Lemberg, 2012)

„Eestis on käesoleval ajal pinnase liigituse aluseks ehitusnorm EPN 7.1. Enne selle avaldamist kasutati NSV Liidu standardil (GOST) põhinevat juhendit „Ajutised juhised ehitusgeoloogilisteks uurimisteks Eesti NSV-s“. Pinnaste nimetused nendes dokumentides ei ole täpselt kattuvad. Rohke olemasoleva arhiivmaterjali kasutamiseks on käesolevalt esitatud liigitus nii EPN kui ka „Ajutiste juhiste...“ alusel ja ühtlasi nende võrdlus, et hõlbustada olemasolevate andmete kasutamist koos uute normidega.“ (Ehituskonstruktori käsiraamat, 2012, lk 212)

## 1.2 Pinnase terastikuline koostis ehk lõimis

Looduslikud pinnas koosnev väga erineva suurusega pinnaseosakestest, mille alusel jaotatakse pinnas rühma ning antakse pinnasele vastav nimetus. Olenevalt osakeste suurusest muutuvad ka pinnase omadused. Jämeteralised ning peeneteralised pinnased käituvad teineteisest väga erinevalt. Pinnaste erinevused on toodud alljärgnevas tabelis 1.1. (Jaaniso, 2012, lk 14)

**Tabel 1.1** Jäme- ja peeneteralise pinnase põhilised erinevused (Jaaniso, 2012)

Omadus	Jämeteraline pinnas	Peeneteraline pinnas
Tugevus	Sõltub normaalpingest purunemispinnal	Ei sõltu normaalpingest
Kokkusurutavus	Suhteliselt vähene	Erinev väga laiades piirides. Võib olla väga suur.
Veejuhtivus	Hästi juhtiv	Halvasti juhtiv või praktiliselt mittejuhtiv.
Tihendatavus staatilise koormusega	Halb. Praktiliselt ei tihene	Tihendamine võimalik
Tihendatavus dünaamilise koormusega	Hea	Halb. Ei Tihene.
Tihenemise kiirus staatilise koormuse puhul	Suur, enamasti toimub koos koormuse rakendamise	Väike, võib kesta aastaid pärast koormuse rakendamist

## 1.3 Pinnase liigitus terastikulise koostise alusel

Terasuurus on põhiline tegur mineraalpinnase mehaaniliste omaduste hindamisel lõimise järgi. Terminid, mida peab kasutama igale pinnasefraksioonile ja selle alamfraksioonile nime andmisel, ning vastavad terasuuruste vahemikud on näidatud tabelis 1.2. Põhipinnased on need, mille lõimis on ühtlane ehk koosneb peamiselt ühest osafraktsioonist (nagu nt kruus, liiv, möll). (EVS-EN ISO 14688-1:2003+A1:2013)

**Tabel 1.2** Terasuuruse fraktsioonid (EVS-EN ISO 14688-1:2003+A1:2013)

<b>Pinnasefraktsioon</b>	<b>Alamfraktsioon</b>	<b>Tähis</b>	<b>Terasuurus (mm)</b>
Väga jämedateraline	Suurrahn	LBo	> 630
	Rahn	Bo	> 200 kuni 630
	Veeris	Co	> 63 kuni 200
Jämedateraline	Kruus	Gr	> 2,0 kuni 63
	Jämekruus	CGr	> 20 kuni 63
	Keskkruus	MGr	> 6,3 kuni 20
	Peenkruus	FGr	> 2,0 kuni 6,3
	Liiv	Sa	> 0,063 kuni 2,0
	Jämeliiv	CSa	> 0,63 kuni 2,0
	Keskliiv	MSa	> 0,2 kuni 0,63
	Peenliiv	FSa	> 0,063 kuni 0,2
Peeneteraline	Möll	Si	> 0,002 kuni 0,063
	Jämemöll	CSi	> 0,02 kuni 0,063
	Keskmöll	MSi	> 0,0063 kuni 0,02
	Peenmöll	FSi	> 0,002 kuni 0,0063
	Sau	CI	$\geq$ 0,002

Purdpinnased jaotatakse kahte rühma: jämeda- ja peeneteralisteks. Jämedateralise rühma kuulub kruus ja liiv, peeneteralise möll ja savi. Peenosise ( $d < 0,06$  mm) ja saue ( $d < 0,002$  mm) sisalduse jagatakse pinnased alaliikideks. (EVS 1997-1:2005)

**Tabel 1.3** Pinnaseliigitus EVS 1997-1:2005 järgi

Rühm	Liik	Alamliik	Peenosise (d < 0,06 mm) sisaldus %	Sauesisaldus peenosises %
Jämedateraline pinnas (jämepepinnas) < 0,06 mm ≤ 40%	Kruuspinnas: teri suurusega 2-60 mm > 50%	Kruus	< 5	
		Möllikas kruus	5...15	< 20
		Savikas kruus		≥ 20
		Mölline kruus	> 15...40	< 20
		Savine kruus		≥ 20
	Liivpinnas 2...60 mm < 50%	Liiv	< 5	
		Möllikas liiv	5...15	< 20
		Savikas liiv		≥ 20
		Mölline liiv	> 15...40	< 20
		Savine liiv		≥ 20
Peeneteraline pinnas (peenpinnas) < 0,06 mm < 40%	Mölpinnas sauesisaldus peenosises ≤ 20%	Möll	> 40	< 10
		Savimöll		10...20
	Savipinnas sauesisaldus peenosises > 20%	Möllsavi		> 20...40
		Savi		> 40

\*Alaliigi nimetus „kruus“, „liiv“ või „möll“ ette võib lisada enamesineva terasuuruse nimetuse - jäme, kesk, peen.

\*Kui  $C_u = d_{60}/d_{10} < 6$ , siis on pinnas ühtlane, kui  $C_u ≥ 6$ , siis ebahütlane.  $d_{60}$  ja  $d_{10}$  määratakse lõimiskõveralts kui pinnaseosakeste läbimõõdud, millest väiksemaid osakesi on pinnases vastavalt 60 ja 10 protsenti pinnase kogukaalust.

#### 1.4 Sõelanalüüs

Lõimise määramiseks sõelutakse 200 kuni 2000 grammi õhkkuiva pinnast läbi sõeltekomplekti. Pinnas tuleb enne sõelumist kaaluda. Olenevalt pinnaseterade jämedusest tuleb valida, kas suurema hulga või väiksema kasuks, mida sõeluda. Mida jämedamad on terad, seda suuremat proovi on vaja. Eesti kasutatakse tavaliselt sõelu läbimõõtudega 10, 5, 2, 1, 0,5, 0,25 ja 0,1 mm. (Jaaniso, 2012, lk 16)

Peale sõelumist tuleb igal sõelal olev pinnas kaaluda ning jagades saadud terade massi kogu pinnase massiga saadakse nende suhe. Need tulemused kantakse graafikule, mille horisontaalteljel on tera läbimõõdu logaritm ja vertikaalteljel antud läbimõõdust väiksemate

(vastava avasuurusega sõela läbinud) terade massi ja kogumassi suhe protsentides. Graafikule kantud punktide ühendamisel saadakse nn lõimiskõver. (Jaaniso, 2012, lk 17)

Lõimiskõver iseloomustab uuritava pinnase terade suurust ja fraktsiooni, mida saab üldjoontes visuaalselt hinnata. Graafiku horisontaalne osa viitab vastava läbimõõduga fraktsiooni puudumisele pinnases. Vertikaalne osa viitab vastupidist: vastava fraktsiooni suurele hulgale pinnases. Mida pikem on lõimiskõver, seda rohkem on pinnases erinevaid fraktsioone ehk seda ebaühtlasem on pinnas. Ebaühtluse iseloomustamiseks kasutatakse kahte diameetrit:  $d_{60}$  ja  $d_{10}$ . Antud diameetrite suhet nimetatakse lõimisteguriks ning arvutatakse:

(Jaaniso, 2012, lk 17)

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (1.1)$$

kus  $d_{60}$  – 60%-le fraktsioonide summast vastav tera mõõt,

$d_{10}$  – 10%-le fraktsioonide summast vastav tera mõõt.

Kui lõimistegur  $C_u < 1$ , siis on tegu ühtlase pinnasega. Kui  $C_u \geq 6$ , siis on tegu ebaühtlase pinnasega. (EVS 1997-1:2005)

## 1.5 Areomeeteranalüüs

Areomeeteranalüüsiga on võimalik mõõta pinnase peenosiseid ( $d < 0,06$  mm). Tegemist on põhimõtteliselt sõelanalüüsi jätkuga. Selle tööpõhimõtte lõimise leidmiseks baseerub füüsikast tuntud Stokes'i valemile, mis annab sfäärilise keha langemiskiiruse (cm/s) seisvas vedelikus olenevalt terade läbimõõdust ja tihedusest ning vedeliku viskoossusest ja tihedusest. (Jaaniso, 2012, lk 17)

Stokes'i valem:

$$v = g \frac{\rho_s - \rho_w}{180\eta} d^2, \quad (1.2)$$

kus  $\rho_s$  - pinnaseosakeste mahumass (tihedus)  $\text{g/cm}^3$ ,

$\rho_w$  - vee tihedus  $\text{g/cm}^3$ ,

$\eta$  - vee viskoossus  $\text{Pa}\cdot\text{s}$  ( $\text{Pa}\cdot\text{s} = 0,1 \text{ P}$ ),

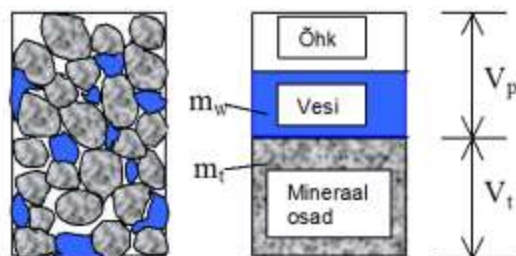
$d$  - tera läbimõõt  $\text{cm}$ ,

$g$  - raskuskiirendus  $\text{cm/s}^2$ .

## 1.6 Pinnase füüsikaliste omaduste määramine

Pinnas koosneb osakestevahelistest pooridest, veest ja tahketest osadest. Et iseloomustada pinnast tema kaalulis-mahuliste suhete järgi, kasutatakse mõisteid nagu mahumass ehk tihedus, poorus, poorsustegur, veesisaldus, küllastusaste jne. Neid omadusi defineeritakse joonisel toodud suuruste kaudu, milleks on  $V_p$  ehk pooride maht,  $V_t$  ehk terade maht,  $m_w$  ehk vee mass ning  $m_t$  ehk terade mass. (Jaaniso, 2012, lk 20)

**Pilt 1.1** Pinnase koostisosad. (Jaaniso, 2012)



### 1.6.1 Mahumass

Mahumass on pinnase mass mahuühiku kohta ning väljendub valemiga:

$$\rho = \frac{m_t + m_w}{V_t + V_p} \quad (1.3)$$

Ühikuks  $\text{kg/m}^3$  ( $\text{t/m}^3$ ).

Mahumass leitakse võimalikult täpselt. Looduslike pinnaste puhul kasutatakse selleks lõikerõnga meetodi. Selleks surutakse lühike lahtiste otstega silinder pinnasesse. Vältimaks pinnase tihendamist, eriti liiva puhul, ei tohi kasutada lööke ega vibreerimist. Silinder tõstetakse plaadiga pinnasest välja. Silindri ülemine pind tasandatakse sirge noaga ning niiskusekao vältimiseks kaetakse silindri ülemine ots plaadiga. Katsekeha kaalutakse ning lahutades selles silindri ja plaatide massi, saame pinnase massi. Silindri mõõtude järgi saab arvutada pinnase mahu ning jagades massi mahuga saame mahumassi. (Jaaniso, 2012, lk 21)

### 1.6.2 Erimass

Erimass on pinnaseosakeste mahumass mahuühikus, mis väljendub valemiga (Jaaniso, 2012, lk 20):



$$\rho_s = \frac{m_t \text{ kg}}{V_t \text{ m}^3} \quad (1.4)$$

Kuna pinnased koosnevad vähestest mineraalidest, milleks on põhiliselt kvarts ja nn savimineraalid, siis nende mahumassid on küllalt ligilähedased. Keskmised terade mahumassid on näidatud tabelis 1.4. (*Ibid.*)

**Tabel 1.4.** Pinnase terade mahumassi keskmised suurused (Jaaniso, 2012)

Pinnase liik	Mahumass kg/m <sup>3</sup>
Liiv	2670
Savimöll	2700
Möllsavi	2720
Savi	2750

Juhul, kui pinnases esineb ka teisi mineraale või orgaanilisi aineid, tuleb osakeste mahumass määrata katseliselt. (Jaaniso, 2012, lk 22)

### 1.6.3 Kuivmahumass

Kuivmahumassi all ehk kuivtihedus või skeleti mahumass  $\rho_d$  all mõistetakse kuiva pinnase massi kogumahus. Kuivmahumassi leiame valemist (Jaaniso, 2012, lk 23):

$$\rho_d = \frac{m_t}{V_t + V_p} \quad (1.5)$$

Kuna

$$V_t + V_p = \frac{m_t + m_w}{\rho} \quad \text{ja} \quad m_w = w * m_t \quad (1.6)$$

siis saab kuivmahumassi leida valemist (*Ibid.*):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w} \quad (1.7)$$

Suure pinnaseproovi loodusliku veesisalduse raskendatud säilitamise korral on võimalik mahumass tuletada kuivmahumassist. Sel juhul määratakse kuivmahumass teimisega, kuivatades lõikerõngas olevat pinnast. Mahumass leitakse sel juhul samas valemist seosega (*Ibid.*):

$$\rho = \rho_d(1 + w) \quad (1.8)$$

#### 1.6.4 Poorsus ja poorsustegur

Poorsuse tähiseks on  $n$  ning selle leidmiseks tuleb jagada pooride maht pinnase kogumahuga. Valemina väljendub see järgmiselt (Jaanis, 2012, lk 23):

$$n = \frac{V_p}{V_t + V_p} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad (1.9)$$

Poorsusteguri tähiseks on  $e$ , milleks on pooride ja terade mahu suhe. Poorsustegurit kasutatakse geotehnikas tihedamini, sest pooride mahu muutus on võrdeline poorsusteguriga. Koos pooride mahuga muutub ka kogumaht, kuid terade maht jääb alati muutumatuks. Poorsustegurit saab avaldada kujul (*Ibid.*):

$$e = \frac{V_p}{V_t} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \quad (1.10)$$

$n$  ja  $e$  on omavahel seotud ja arvutatavad juhul kui ühe suurus on teada, järgmiste seostega (*Ibid.*):

$$e = \frac{n}{1-n} ; n = \frac{e}{1+e} \quad (1.11)$$

Arvestades, et poorsus tähendab sisuliselt pooride mahtu ühikulises pinnase mahus, võib terade mahu ühikmahus väljendada seosega  $1/(1+e)$ . Terade ja pooride mahu summa peab olema järelikult üks (*Ibid.*):

$$n + \frac{1}{1+e} = \frac{e}{1+e} + \frac{1}{1+e} = 1 \quad (1.12)$$

Viimasel ajal on pinnase pooride suhtelist hulka hakatud väljendada nn. erimahuga  $v$  (*Ibid.*):

$$v = 1 + e = \frac{V_t + V_p}{V_t} = \frac{\rho_s}{\rho_d} \quad (1.13)$$

Pinnase tihenemisel on  $v$  muutus võrdeline pinnase mahumuutusega ja ühikulise pinnaga pinnasesamba kõrguse muutusega, see tähendab vajumiga. Paljudel juhtudel võimaldab  $v$  kasutamine  $e$  asemel kirjutada lihtsamalt matemaatilisi avaldusi. (*Ibid.*)

### 1.6.5 Küllastusaste

Küllastusastega  $S_r$  iseloomustatakse pinnase pooride veega täitumise astet, mis näitab kui suur osa pooride mahust on täidetud veega ehk tegu on vee ja pooride suhtega. Kuna vee maht on  $g_w/\rho_w$ , siis (Budhu, 2007, lk36):

$$S_r = \frac{m_w}{\rho_w V_p} = \frac{m_w}{\rho_w V_t e} = \frac{m_w \rho_s}{\rho_w m_t e} = \frac{w \rho_s}{e \rho_w} \quad (1.14)$$

Küllastusaste väärtus on vahemikus nullist üheni. Absoluutselt kuival pinnal on  $S_r$  0 ja täielikult veega küllastunud pinnasel on  $S_r$  1. Liiva võib pidada küllastunuks, kui  $S_r > 0,8$ . Siis on poorides olev vesi hüdrauliliselt seotud ja kehtib Arhimedese seadus terade kaalukaotuse kohta. Täielikult küllastunud pinnase ( $S_r=1$ ) kohta kehtib seos (*Ibid.*):

$$e = w \frac{\rho_s}{\rho_w} \quad (1.15)$$

Seega täielikult veeküllastunud pinnase poorsusteguri leidmiseks piisab, kui on määratud selle veesisaldus ja liik (liiv või savi). (Jaaniso, 2012, lk 24)

### 1.6.6 Pinnase veesisaldus ehk niiskus $w$

Savipinnase mehaanilised omadused sõltuvad otseselt veesisaldusest, mis on üks kõige lihtsamalt määratavam pinnase omadus, mida tehakse geotehnilistel uurimustel pea igal võimalusel.

Veesisaldus on mitmetel erialadel kasutusel (vahest ka niiskuse nimetuse all tulenevalt vene keele terminoloogia suurest mõjust), kuid selle tähendus võib valdkonniti paljuski erineda. Geotehnikas tähendab veesisalduse mõiste pinnases oleva vee ja pinnaosakeste massi suhet ja leitakse valemiga (Oll, 1977, lk. 19):

$$w = \frac{m_w}{m_t} \quad (1.16)$$

Et leida pinnaseproovi veesisaldus, kaalutakse proov ning seejärel kuivatatakse ja kaalutakse kordamööda kuni kaal enam ei muutu. Kuivatamine toimub 105 kraadi Celsiuse juures, kus proovist väljub kogu vaba vesi ning suurem osa seotud vett. Ülejäänud vesi eralduks küll kõrgema temperatuuri abil, kuid sellega hävitatakse ka pinnaseproovi orgaaniline osa ning

teatud mineraalid. Valitud temperatuur on kokkuleppeline ja tulemuste võrdlemisel tuleb sellest kinni pidada. (Jaaniso, 2012, lk. 21)

Looduslike pinnaste veesisaldus erineb palju laiemas ulatuses kui mahumass. Tihedate savipinnaste täieliku veeküllastuse puhul võib veesisaldus olla ligi 10%. Nõrgal lääne-eesti viirsavil aga võib veesisaldus ulatuda 80% ning turbal isegi mõnesaja protsendini. (*Ibid.*)

## 1.7 Vee mõju pinnasele

Eesti oludes on vee mõju pinnase käitumisele väga oluline, sest sageli on pinnasevesi maapinnale väga lähedal. Pinnase poorides olev vesi mõjutab pinnase mahukaalu, tugevust ja vundamendi vajumise ajalist kulgu. Vundamendi rajamine allapoole pinnasevee taset suurendab veetõrje kulutusi. Vee külmumine põhjustab külmakerkeid. (Jaaniso, 2012, lk. 28)

### 1.7.1 Kapillaarnähtused pinnases

Kapillaarsus tuleb füüsikast. See iseloomustab nähtust, kus vedelik tõuseb peenetes torudes või piludes pindpinevuse toimel üle vaba veepinna taseme, kui vesi märgab anuma seinu. Vee tõusu kõrgus sõltub toru raadiusest, vedeliku pindpinevusest ja tihedusest ning märgamisnurgast. (Jaaniso, 2012, lk. 28)

$$h_k = \frac{2T_s}{\rho_w r g} \cos \alpha, \quad (1.17)$$

kus	$T_s$	-	pindpinevus N/m,
	$r$	-	toru raadius m,
	$\rho_w$	-	vee tihedus $\text{kg/m}^3$ ,
	$g$	-	raskuskiirendus $9,81 \text{ m/s}^2$ ,
	$\alpha$	-	märgamisnurk.

Vee pindpinevus on 0,073 N/m ja puhta klaasi märgamisnurk  $0^\circ$ . Sel juhul on kapillaartõusu kõrgus  $0,03/d$  olenevalt toru läbimõõdust. Kuna pinnase poorid on samas suurusjärgus kui pinnase terad, siis saab tõusu kõrguse leida terastikulise koostise abil. Kapillaartõusu umbkaudseks määramiseks kasutatakse valemit(*Ibid.*):

$$h = \frac{c}{ed_{10}}, \quad (1.18)$$

kus  $h$  - kapillaartõusu kõrgus mm,  
 $e$  - poorsustegur,  
 $d_{10}$  - efektiivdiameeter,  
 $C$  - empiirilisel määratav tegur, mille suurus jääb vahemikku 10 kuni 50  $\text{mm}^2$ .

Kuna pinnasepoorid pole ühtlase läbimõõduga, pole kindlat piiri, milleni kapillaartõus ulatub. Teatud piirini on pinnas veega küllastunud ning selle peal asub tsoon, kus poorid on osaliselt täidetud. Praktilistest kogemustest on teada, et olenevalt pinnaseliigist on kapillaartõus järgmine (*Ibid.*):

**Tabel 1.4.** Kapillaartõusu kõrgus vastavalt pinnaseliigile.

<b>Pinnaseliik</b>	<b>Kõrgus (m)</b>
kruus	0,04 kuni 0,06
jämeliiv	0,12 kuni 0,18
keskliiv	0,15 kuni 0,35
peen- ja tolmliid	0,30 kuni 1,20
saviliiv	1,00 kuni 1,50
liivsavi	1,50 kuni 3,00
savi	kuni 8,00

### 1.7.2 Külmakerked

On teada, et külmudes suureneb vesi mahus 9%, mis põhjustab niinimetatud külmakerkeid, mis väljenduvad ilmekalt muhkudena teedel ja vundamentide kerkimisega. Kuna pinnases on vett suhteliselt vähe, siis mahu suurenemine jääb tavaliselt 3-4% sisse. See tähendab, et meetrine külmunud pinnas suureneb 3-4 sendimeetrit. Praktikas on aga teada, et külmudes võib pind tõusta kuni 10 cm. (Jaaniso, 2012, lk. 36)

Külumumisega samaaegselt toimub ka vee migratsioon külumistsooni, mis tekitab nn jääläätseid. Üheks põhjuseks on osmootiline rõhk. Külmudes liigub vesi jääkristallide juurde, ning alles jäävas vees on kõrge lisandite kontsentratsioon. Kui see vesi on ühenduses sügavamal asuva veega, siis hakkab toimuma vee molekulide liikumine, kuni püsib kontsentratsioonide vahe. (*Ibid.*)

Kui kapillaartõus ei küündi külumistsooni, siis vee lisandumist ei toimu. Järelikult on suure veejuhtivusega pinnastest (kruus, jämeliiv) on külmakergete oht väiksem. (Jaaniso, 2012, lk 37)

### 1.7.3 Veejuhtivus

Veejuhtivus on pinnase omadus lasta endast pooride kaudu vett läbi. Vee liikumine läbi pinnase võib toimuda mitmel põhjusel nagu näiteks gravitatsioonijõu toime, kapillaarjõust, temperatuuride vahedest, osmootilisest rõhust või mõnest muust tegurist. Vesi võib liikuda ühtlaselt ehk laminaarselt või ebaühtlaselt ehk turbulentselt. Laminaarne liikumine toimub rohkem juhtudel, kus pooride läbimõõt on väike, voolukiirus väike ning viskoossus suur. Turbulentne vool tekitab jämedateralistes pinnastes või kalju lõhedes. (Cernica, 1995, lk 31) Laminaarse voolu juhul saab ajaühikus filtreeruva vee hulga leida Darcy valemiga (Gonzales de Valejo *et al*, 2011, lk 31):

$$q = kI = k * \frac{H_1 - H_2}{L}, \quad (1.19)$$

kus	k	-	filtratsioonimoodul cm/s,
	I	-	hüdrauliline gradient,
	$H_1 - H_2$	-	vee surve langus,
	L	-	filtratsioonitee pikkus m.

#### 1.7.3.1 Empiirilised seosed filtratsioonimooduli määramiseks

Ligikaudselt on võimalik filtratsioonikoefitsiendi suurust määrata ilma otsete katseteta empiiriliste seoste abil, mis lähtuvad pinnase lihtsamalt määratavate omaduste näitarvudest. Üks lihtsamaid viise on kasutada Hazeni valemit, mis sobib kasutamiseks ühtlase, koheva või kesktiheda puhta, ilma tolmu ja savilisanditeta liiva puhul. Hazeni valem seob filtratsioonimooduli suurused pinnase efektiivdiameetriga. (Jaaniso, 2012, lk 31)

$$k = Cd_{10}^2, \quad (1.20)$$

kus C - tegur, mille suurus sõltub k ja  $d_{10}$  väärtustest. Ligikaudu 100 cm/s. Liivpinnase puhul on Casagrande andnud seose, mis arvestab pinnase tihedust. (*Ibid.*)

$$k = 1,4e^2 k_{0,85}, \quad (1.21)$$

kus  $k_{0,85}$  - filtratsioonimoodul, kui poorsustegur  $e = 0,85$  ,  
 $e$  - uuritava pinnase poorsustegur.

### 1.7.3.2 Veejuhtivuse tüüpilised väärtused

Filtratsioonimoodul  $k$  kõigub kõigis pinnastes väga laias ulatuses. Filtratsioonimooduli väärtus esitatakse mingi kiiruse ühikuga nagu näiteks cm/s, m/s, m/ööpäevas, m/aastas. Tabelis 1.5 on märgitud pinnaste liigitus veejuhtivuse järgi,  $k$  väärtused enamlevinud pinnaste kohta ning võimalikud määramismeetodid. (Jaaniso, 2012, lk 32)

**Tabel 1.5.** Pinnase liigitus ja määramismeetodid veejuhtivuse järgi. (Jaaniso, 2012, lk 32)

10	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	mm/sec
Hästi vettjuhtiv				Halvasti vettjuhtiv			Praktiliselt veetõke			
Kruus	Liiv			Möll, möllsavi			Savi			
Püsiva rõhuga permeameeter										
		Langeva rõhuga permeameeter								
Välikatse proovipumpamisega										
					Kaudne määrang tihenemiskiiruse järgi					

## 1.8 Termograafia

Tavaline kaamera töötab nähtava valguse lainepikkustel. Infrapuna kaamera ehk soojuskaamera, projekteeritakse töötama infrapuna kiirguse (soojuskiirguse) lainepikkustel.

Keha, mille temperatuur on kõrgem kui absoluutne null ehk  $273^{\circ}\text{C}$ , kiirgab soojusenergiat.

Termovisiooni abil mõõdetakse kehalt või esemelt kiirgunud või peegeldunud soojusenergiat ja teades keskkonnatingimusi ja kiirgava pinna omadusi, saab arvutada selle pinna temperatuuri. (Ehitusuuringud. Termograferimine.)

Termograafia abil saab ehitustehnikas teha mitmeid uuringuid, ilma piirdetarindeid avamata.

Termograafia abil on võimalik (*Ibid.*):

1. hinnata erinevate pinnatemperatuuride alusel, kui palju erineb hoone piirete soojajuhtivus
2. leida õhulekkekohti ja hinnata nende suurust, kui teha termograafilised mõõtmised normaalingimustes ja ala- või ülerõhu tingimuses;
3. leida sein- ja põrandasiseseid veetorusid ning ülekuumenenud elektrijuhtmeid.
4. määrata hoonepiirete pinnatemperatuuride ebaühtlust, mis viitab soojajuhtivuse ja niiskussisalduse ebaühtlusele;

5. hinnata ehituskvaliteeti: külmasillad, õhulekkekohad ja puudulik soojustus, mis eelkõige tingitud halvast ehituskvaliteedist.

Termografeerimisel on oluline, et sise- ja välistemperatuuride vahe oleks minimaalselt 15°C ning samuti ei ole soovitatav viseerimisi teostada vihmastel või päikesepaistelisel ilmal. Kõige parema ülevaate maja sooja- ja õhupidavusest saab, kui kasutada termograafiat koos hoonepiirete õhupidavuse mõõtmisega. Siis leitakse nii külmasillad kui ka õhulekkekohad. (*Ibid.*)

## **1.9 Niiskus ehituskonstruktsioonides**

Piiretes olevast niiskusest saame tihtipeale aimu alles kahjustuste ilmunisel. Niiskus tarindites kahjustab nii viimistlust kui konstruktsioone. Alates 80% niiskusest on mikroorganismidel nagu hallitusseentel head kasvutingimused. Niiskuskahjustustega ruumides võib hallitusseente eoste osakaal õhus tõusta kuni sajakordseks, mis on inimestele kahjulik. (Hüdroisolatsioon. Niiskus ehituskonstruktsioonides.)

Kondenseerumine tekib hoone piiretes, kui temperatuur on liiga madal. Niiskus liigub alati kõrgema auruisaldusega õhust madalama suunas ehk niiskest kuiva suunas. Kui niiskus liigub ruumist välja ning välispiire on liialt tihe, siis niiskus kondenseerub piirdesse. (*Ibid.*)

### **Niiskuse mõju kivikonstruktsioonidele**

„Niiskuse mõjul ja soodsatel tingimustel võivad kivikonstruktsioonidel kasvama hakata vetikad, samblad ja samblikud. Nende juured tungivad kivi pooridesse hoides selle koha niiskena ja seetõttu võivad tekkida külmakahjustused. Külmakahjustused tekivad, sest vee maht külmumisel suureneb umbes 9%, mahumuutusega kaasneb suur jõud, mis võib purustada igasuguse kivi. Kõige levinumad külmakahjustused on põhjustatud katkistest vihmaveerennidest, -torudest, veetorudest tekkinud leketest.“ (*Ibid.*)

### **Niiskuse mõju krohvile**

„Krohvikiht peab olema elastne ja mahutma piisavalt vett ja ei tohi takistada niiskusel müürist välja pääseda. Krohv peab olema piisavalt paksu kihina, õhuke krohvikiht ei mahuta vett piisavalt ning see külmub puruks. Krohvid, mis sisaldavad liiga palju liiva pole ka eriti



vastupidavad, sest liivaterad on tihedalt üksteise kõrval ja takistavad niiskusel vabalt liikuda. Temperatuuri muutustest ja konstruktsioonide deformeerumisest tulenevate pingete tõttu tekivad krohvi pinnale praod.“ (*Ibid.*)

## **1.10 Hüdroisoleerimine**

Hüdroisolatsiooni alla käivad kõik abinõud, mis aitavad vee sattumist ehituskonstruktsiooni takistada. Hüdroisolatsioon koosneb ühest või mitmest kihist, mis moodustavad uue konstruktsioonielemendi - vee eest kaitsva pinnakihi. Hüdroisolatsioonile võib mõjuda kolm veekoormust: pinnaseniiskus, mittesurveline vesi ja surveline vesi. (Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. lk 1)

Pinnaseniiskus on pinnases esniev kapillaarselt seotud vesi. Pinnaseniiskusest saab ainult sel juhul rääkida, kui hoonealune ning ümberringi on vett mittesiduva materjaliga (liiv, kruus) täidetud. Eelduseks on, et vett mittesiduva materjaliga täidetud pinnas laseb vett hästi kiiresti läbi kuni põhjaveeni välja. Tähtis on, et sellises pinnases ei jääks vesi suuremate sademete puhul seisma. (*Ibid.*)

Mittesurveline vesi on tilk- või vedelala kujul olev vesi, mis ei tekita pinnale hüdrostaatilist rõhku. Reeglina on vettsiduva pinnase puhul alati tegemist mittesurvelise veega. Mittesurvelise vee eelduseks on ka toimiv drenaaž. Kui ümber hoone aga puudub drenaaž, siis tänu pinnase veesiduvusele tekib vundamendi allosas vee hüdrostaatiline surve ning tegemist on juba survelise veega. (*Ibid.*)

Survelise veega on tegemist siis, kui vesi jääb osaliselt või ajutiselt vundamendi küljele seisma või asub hoone alaosa põhjavees. Vesi tekitab hüdrostaatilist survet. Vee surve sõltub veesamba kõrgusest. (*Ibid.*)

### **1.10.1 Hüdroisolatsioonisüsteemid**

#### **Tihendusprohv**

Isolatsiooni- ehk tihendusprohvid on tsemendi baasil valmistatud veetihedad prohvid. Neid kasutatakse pinnaseniiskuse ja mittesurvelise veekoormuse puhul nii sees kui väljas. Tihendusprohv töötab tänu minimaalsele poorsusele ja väiksele tühimikkude ruumalale, mis

saavutatakse kindla tera koosseisule ja lisanditele, kuid peeneteralisuse tõttu on tihenduskiht kerge pealispinnal pragunema. Kasutatakse tihti tihedamate hüdroisolatsioonide aluskihina. (Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. lk 3)

### **Veetihe betoon**

Veetihedast betoonist on võimalik luua kandekonstruktsioone, mis samaaegselt tõkestavad vee liikumist. Raskuseks kujuneb tavaliselt pragudest puhta pinna saavutamine ja vuukide tihendamine. Veeaur võib siiski läbi veetiheda betooni tungida, mistõttu on soovitatav kaitsta veetihedat betooni väljas teiste hüdroisolatsioonikatetega. (Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. lk 3)

### **Mineraalsed isolatsioonivõõbad**

Tegu on ühe- või kahekomponentse kuivseguga, millele segatakse tööplatsil vesi juurde. See koosneb peenest kvartslüüvast, tsemendist ja lisanditest. Mineraalne isolatsioonivõõp vajab kuivades niiskust, mille tõttu tuleb aluspind enne 24 tundi järjest niisutada. Head võõbad hoiavad endas 75-80% niiskust, millega on tagatud täielik kuivamine ja kivinemine. Võõpa saab kasutada pinnaseniiskuse vastu, mitterurvelise vee vastu, kuni 3m survelise vee vastu, niiskete ruumide hüdroisolatsiooniks, veeanumate siseisolatsiooniks või soklipiirkonnas. (Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. lk 4)

### **Bituumenkatted**

On ühe- ja kahekomponentseid bituumenemulsioone, vee baasil ja polümeerbituumen. Üldiselt on bituumen kerge töödeldavusega ka külmal ja keerulistel pindadel, nakkub täispinnaliselt mineraalsete pindadega, elastsed, kasutatav kõikide veekoormuste puhul, ületab kuni 5mm suurusi pragusid, moodustab vuukideta pinnakatte. Bituumen on tundlik mehaaniliste kahjustuste ja UV kiirguse suhtes. Bituument saab kanda pinnale kas võõbana või pritsides. (Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. lk 5)

## **Rullmaterjalist isolatsioonipaanid**

Rullmaterjalist isolatsioonimaterjale on mitmesuguseid: bituumenpaanid klaaskiudkangal, klaaskiudvõrgul, metallvõrgul või kunstkiust kangal; polümeer-bituumenpaanid klaaskiudvõrgul; külmlüümumise bituumenpaanid; termoplastilisest rullmaterjalist paanid. Bituumenpaanid on membraanisarnased tugevalt anisotroopsete omadustega liitmarjalid. Nad koosnevad kandekihist, mis on bituumeniga immutatud ning seejärel kaetud kaitsekihiga. Kantakse seinale eriviisidel, kas kuumutades, keevitades, kleepides. (Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. lk 9)

### **1.10.2 Hüdroisolatsioonimaterjalide tutvustus**

#### **GRACE Bithuthene 4000**

Bithuthene 4000 on tumehall-must elastne veekindel membraan, milles ristlamineeritud HDPE (high density polyethylene) membraan on ühendatud külmal kleepuva kummibituumeniga. See tagab hea rebimis-, torke- ja löögikindluse. Membraani paigaldustemperatuur ulatub -100 °C kuni +350 °C. Võib kasutada nii horisontaalseks kui ka vertikaalseks vundamentide hüdroisolatsiooniks. Läbiviikude ja membraani lõppude tihendamiseks on saadaval lisatooted nagu LiquidMembrane, Mastic ja spetsiaalsed teibid. Enne membraani paigaldust tuleb aluspind tasandada ning kruntida lisamaterjaliga Primer 2. Primer 2 kannatab hästi niiskust. Seda võib kanda niisketele aluspindadele. (Infoleht: Bituthene 4000)

#### **EPASIT BDK/2K**

Epasit bdk/2k on kahekomponentne polümeerbituumenkate, mida kasutatakse hüdroisolatsioonina ehitiste kaitseks pinnase niiskuse ja kergelt immitseva vee, koguneva vee ja survevee eest sise- ja välitingimustes. Võib kasutada horisontaal- ja vertikaalpindadel ning sobib ka horisontaalisolatsiooniks plaatide või tasandussegude alla. Võib kasutada ka soojusisolatsiooniplaatide kleepimiseks soklil ja vundamendil. Tegemist on lahustivaba, elastse, kiududega armeeritud, pragusid sildava pastöösse bituumen-emulsiooniga. See on kergelt töödeldav, omab head vananemiskindlust, kõvastub kiirelt ning on vastupidav kõikidele looduslikult maapinnas leiduvatele aktiivsetele ainetele. Ei ohusta põhjavett.

Aluspind peab olema kuiv, tugev, tasane, kandev ning ei tohi olla naket takistavaid osakesi. Aluspinna parandust on soovitatav teha EPASIT MineralDicht sperr mördiga. (Infoleht: Paks Bituumenkate Epasit bdk/2k.)

### **EPASIT MineralDicht mineraalsed hüdroisolatsioonimaterjalid**

Koostiselt on mineraalsed hüdroisolatsioonimastiksid keskkonnasõbralikud. Hüdroisolatsioonimastikseid, veetihedaid krohvisegusid ja tsementkrohvi kasutatakse peamiselt betoonpindadel, müüritisel või olemasolevatel tsementkrohvist aluspindadel. Materjale saab kasutada nii vertikaalsetel kui horisonataalsetel pindadel. Paigaldusprotsessid on märg-märjale, millega võidab ehitusobjektidel ajas. Hüdroisolatsioonimastikseid võib krohvida või katta keraamiliste plaatidega. Mineraalsete hüdroisolatsioonimaterjalide oluliseks eeliseks on veel veeauru läbilaskvus, samas peatavad survele vee ja pinnaseniiskuse. (Infoleht: MineralDicht)

### **Xypex Admix**

„Admix on unikaalne keemiline lisand betooni veepidavuse ja vastupidavuse tõstmiseks. Xypex Admix C-1000 lisatakse betoonisegule segamise käigus. Xypex Admix C-1000 koosneb portlandtsemendist, peenest räniliivast ja patenteeritud kemikaalide kompleksist. Aktiivsed kemikaalid reageerivad värskes betoonis oleva niiskusega ja tsemendi hüdratatsiooni kõrvalproduktidega, tekitades katalüütilise reaktsiooni. Reaktsiooni käigus tekib betooni poorides ja kapillaarteedes lahustumatu kristallstruktuur, mis peatab vee ja muude vedelike igasuunalise liikumise.“(Infoleht: XYPEX Admix)

### **Xypex Concentrate**

Xypex on ainulaadne töötlusvahend betooni hüdroisolatsiooniks ja kaitseks. Xypex Concentrate on keemiliselt kõige enam võimalusi pakkuv toode Xypex süsteemis. Kuivpulber segatakse veega ning kantakse betoonpinnale ühekordse lobrikattena, mis imendub betooni, tekitades seal veekindla kristallstruktuuri, mis peab vastu kuni 125m veesamba survele. Enne pinna töötlemist tuleb pind puhastada betoonipiimast, värvist, mustusest jmt kihtidest. Vajadusel kasutada survepesu või liivapritsi. Xypex Concentrate kantakse pinnale pooljäiga pintsliga, harjaga või spetsiaalse pintsliga. Kihipaksus maksimaalselt 1,25mm. Vajadusel võib lisada teise kihi peale esimese tardumist. Peale tardumist tuleks pinda piserdada puhta veega kolm korda päevas kahe-kolme päeva jooksul. (Infoleht: XYPEX Concentrate)

## **MC-Injekt GL-95**

Tegemist on madala viskoossusega akrüülbaasil geeliga vee sissetungi tõkestamiseks, mida kasutatakse maa-alustel töödel konstruktsioonide täielikuks isoleerimiseks survega injektioonimeetodil. Sobib müüritise, betooni ja pinnase pragude ja tühimike isoleerimiseks vee sissetungi vastu. GL-95 suudab tungida pragudesse lausega  $< 0,1$  mm, on kõrge keemikalikindlusega, paigaldatav ka madalatel temperatuuridel, muudetava reaktsioonijaga vastavalt segule ning omab suurt deformatsioonivõimet ja paindlikkust. GL-95 ei ohusta põhjavett, on keskkonnasõbralik. (Infoleht: MC-Injekt)

### **1.10.3 Soojustusmaterjal**

#### **ESTplast EPS**

Vahtpolüstüreen ehk standardkohase nimetusega EPS on kerge jäik plastvahul põhinev soojustusmaterjal. EPS on hinna ja kvaliteedi suhte poolest üks efektiivsemaid soojustusmaterjale. Soojustusplaadid on kerged, lihtsalt käsitletavad, ei kaota aja jooksul soojust isoleerivaid omadusi ega deformeeru ning on samas tugeva konstruktsiooniga. EPS-isolatsioonimaterjale kasutatakse nii uusehitistes kui ka vanemate ehitiste renoveerimisel. EPS-plaatidega võib hoone soojustada keldrist katuseni. EPS on väikese tihedusega poorne soojusisolatsioonimaterjal, mis koosneb 98% ulatuses õhust. EPS-soojusisolatsiooniplaadid koosnevad paisutatud polüstüreeni graanulitest, mis on veeauru toimel omavahel tihedalt kokku ühendatud. EPSi graanulitel on osaliselt avatud mikropoorid, kuhu vesi ei tungi, kuid veeauru liikumine neis toimub. Taoline mikropoorne homogeenne materjal tagab soojustatavale konstruktsioonile suurepäraseid ehitusfüüsikalised ja mehaanilised omadused. (Infoleht: ESTplast )

## 2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Töö eesmärgiks on leida Valga muusikakooli vundamendi niiskuskahjustuste põhjused, pakkuda neile vastavad lahendused koos maksumuse hinnanguga ning koostada hoonest detailsed joonised.

Töös lahendatavad ülesanded:

- tutvuda pinnaseuringute põhimõtete ja ning laboratoorsete katsetega;
- tutvuda vundamendi niiskuskahjustuste lahenduste meetoditega ning materjalidega;
- saada ülevaade uuritavast hoonest ning niiskuskahjustuste ulatusest;
- liigitada hooneümbruse pinnas ja leida pinnase omadused;
- määrata põhjavee tase;
- kontrollida välispiirete kondenseerumisriski Glaseri meetodil;
- määrata keldri sisekliima ja leida termografeerimise abiga temperatuurindeksid;
- pakkuda uuringute tulemusel hoone niiskuskahjustustele lahendused ja esmased maksumuse hinnangud;
- koostada uuritavast hoonest joonised kohapeal mõõdistamise järgi.

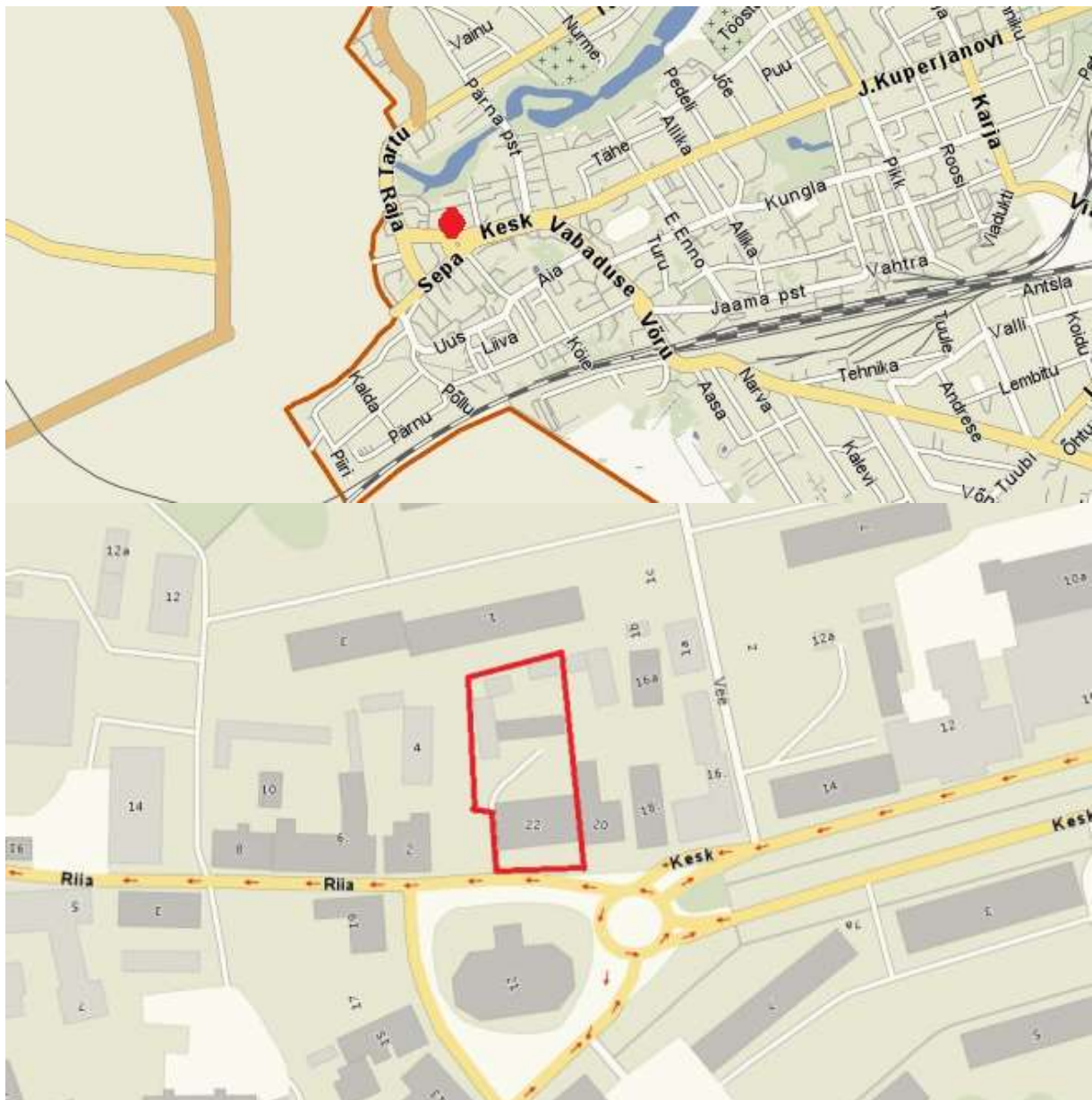
### 3. MATERJALID JA METOODIKA

#### 3.1 Uuritava hoone kirjeldus

##### 3.1.1 Asukoht

Antud töös uuritav hoone asub Valga linnas aadressil Kesk 22, 0,21ha suurusel krundil (Kinnistu nr: 18703; katastri nr: 85401:003:0550) Pedeli paisjärve lähistel nõlva peal. Üle tee asuva kiriku kõrval on see olulisim ehitis Valga 18.s. IV v. keskväljaku ansambelis. Hoone on kuulutatud kultuurimälestiseks ning asub Valga linnatuumiku muinsuskaitsealas. (Kultuurimälestiste riiklik register)

Joonis 3.1 Valga Muusikakooli, Kesk 22, asukoht. (Kaart: Delfi)



### 3.1.2 Hoone ajalugu ja arhitektuuriline lahendus

Tegemist on kahekorruselise väljaehitatud katusekorrusega krohvitud kivihoonega, mis on ühtlasi üks silmapaistvamaid varaklassitsistlikke hooneid Lõuna-Eesti väikelinnades.

Hoone poolkelpkatust ehtisid algselt kolm mantelkorstnatippu ning esifassaadi keskosa rõhutas lai kolmnurkfrontooniga risaliit. Keskset peaust rõhutasid pilasterraamistus ja etikulaadne vabatrepp. Hoone üldpilti rikastasid mitmed detailid nagu lamedad liseenid, nurgarustika ja väikesed voluutja frontooniga katusaknad. Ümberehituste käigus on palju detaile kadunud, kuid algne ilme on hoonel veel säilinud. (Kultuurimälestiste riiklik register)

**Foto 3.1** Valga Muusikakooli esifassaad.



Siseruumides on säilinud mõned klassitsistlikud uksed, kahhelahjud ja mantelkorsten.

Ruumide jaotus on hoonel küllaltki sümmeetriline. Hoone keldris asub laoruum, tehniline ruum ning klassiruumid. Kaks ruumi mõlemas hoone nurgas on kinni müüritud ning kasutuseta. Esimene korrus on jaotatud ühe massiivse kandva seinaga põiki ning kuue väiksema seinaga risti, kahe nurgas asuva suure klassiruumi laes asub massiivne palk, mis kannab ülemise korruse koormust. Seintest on kohakuti süvendid, mis näitavad vana ruumilahendust ja uste asetust. Õhukeste vaheseintega on muudetud koridor suuremaks ning loodud uued ruumid. Koridoris asub trepp, mis ühendab kõik korrused. Teise korruse tänavapoolsel küljel on suur saal, mille taga on üks klassiruum. Korruse teisel küljel on kuus klassiruumi. Keskel asub pikk koridor ühest otsast teise. Saali laes on näha kahte massiivset



laetala. Katusekorrusel on kolm vintskappi, millest hoone tänavapoolne vintskapp mahutab endasse kolme klassiruumi. Korrusel keskel on omaette ruum, mis mahutab endasse korstnašahte, mis ühinevad üheks korstnaks, ning väikset treppi, mis viib katuse alla. (*Ibid.*)

Hoone rajati 18. sajandi viimasel kümnendil ning oma esialgse funktsiooni õppehoonena on see säilitanud tänapäevani. (*Ibid.*)

### 3.1.3 Hoone tehnilised näitajad

Hoone funktsioon:	õppehoone	Hoonealune pind:	389,7 m <sup>2</sup>
Hoone pikkus:	25,7 m	Hoone suletud netopind:	928,2 m <sup>2</sup>
Hoone laius:	15,11 m	Hoone kasulik pind:	913,7 m <sup>2</sup>
Hoone kõrgus:	15,45 m	Hoone suletud brutopind:	1545,7 m <sup>2</sup>

### 3.1.4 Hoone eksplikatsioon

Hoone ruumide mõõtmed on saadud koha peal teostatud mõõtmiste teel saadud jooniste alusel, mis on lisas 1. Hoone eksplikatsioon on alljärgnevas tabelis.

**Tabel 3.1** Valga Muusikakooli eksplikatsioon.

KELDER			I KORRUS			II KORRUS			KATUSEKORRUS		
Nr	Nimetus	Pindala	Nr	Nimetus	Pindala	Nr	Nimetus	Pindala	Nr	Nimetus	Pindala
001	Klassiruum	32,3 m <sup>2</sup>	101	WC	6,2 m <sup>2</sup>	201	Klassiruum	13,5 m <sup>2</sup>	301	Hoiuruum	5,0 m <sup>2</sup>
002	Lõoruum	14,2 m <sup>2</sup>	102	Abiruum	3,0 m <sup>2</sup>	202	Klassiruum	13,3 m <sup>2</sup>	302	Klassiruum	21,5 m <sup>2</sup>
004	Klassiruum	30,7 m <sup>2</sup>	103	WC	4,9 m <sup>2</sup>	203	Klassiruum	12,8 m <sup>2</sup>	303	Klassiruum	25,1 m <sup>2</sup>
005	Tehniline ruum	3,8 m <sup>2</sup>	104	WC	4,9 m <sup>2</sup>	204	Klassiruum	13,6 m <sup>2</sup>	304	Koridor	27,1 m <sup>2</sup>
006	Koridor	39,3 m <sup>2</sup>	105	Riidehoid	19,7 m <sup>2</sup>	205	Klassiruum	12,4 m <sup>2</sup>	305	–	3,7 m <sup>2</sup>
007	Abiruum	5,0 m <sup>2</sup>	106	Klassiruum	10,4 m <sup>2</sup>	206	Klassiruum	13,0 m <sup>2</sup>	306	Klassiruum	20,9 m <sup>2</sup>
009	Klassiruum	14,7 m <sup>2</sup>	107	Klassiruum	44,2 m <sup>2</sup>	207	Koridor	16,8 m <sup>2</sup>	307	Klassiruum	23,3 m <sup>2</sup>
010	Klassiruum	21,3 m <sup>2</sup>	108	Klassiruum	13,1 m <sup>2</sup>	208	Trepikoda	22,3 m <sup>2</sup>	308	Klassiruum	19,6 m <sup>2</sup>
KELDER KOKKU		161,3 m <sup>2</sup>	109	Kantselei	16,1 m <sup>2</sup>	209	Koridor	17,7 m <sup>2</sup>	309	Koridor	13,7 m <sup>2</sup>
			110	Õpetajate tuba	19,0 m <sup>2</sup>	210	Klassiruum	21,2 m <sup>2</sup>	310	Klassiruum	14,9 m <sup>2</sup>
			111	Kaminaruum	16,0 m <sup>2</sup>	211	Lava	36,6 m <sup>2</sup>	311	Klassiruum	15,2 m <sup>2</sup>
			112	Klassiruum	45,1 m <sup>2</sup>	212	Saal	105,8 m <sup>2</sup>	III KORRUS KOKKU 190,0 m <sup>2</sup>		
			113	Direktori kabinet	13,3 m <sup>2</sup>	II KORRUS KOKKU		299,0 m <sup>2</sup>			
			114	Koridor	56,3 m <sup>2</sup>						
			115	Esik	5,7 m <sup>2</sup>						
			I KORRUS KOKKU		277,9 m <sup>2</sup>						

### **3.1.5 Konstruktsioonid**

Hoone vundament on rajatud meetri paksusest maakivi ja lubimördi segust. Keldri siseseinad ja võlvlaed on laotud punastest telliskividest, mis on viimistletud krohvi ja lubivärviga. Hoone kandvad seinad on laotud punasest tellisest. Mittekandvad vaheseinad on tehtud puitkarkassist, kipsplaatidest ja kivivillast. Hoonel on puitpõrandad. Trepp on tehtud monoliitbetoonist. Katuse all on puistevill. Katusekandjate konstruktsioon on puidust. Katusekatteks on vana plekk, mille peale on laotud uued punased savist katusekivid.

Teise korruse saalis on kandvad seinad soojustatud ning kaetud kipsplaatidega. Kõik seinad on viimistletud ja värvitud.

### **3.1.6 Keldri niiskuskahjustused**

Aastal 2005 renoveeriti keldrikorrus ning võeti õppekorrusena kasutusele. Peale hoone kõrval asuva platsi ja hooneesise kinnikatmist kõnniteekividega on keldrikorrusel täheldatud aeglast niiskuskahjustuste teket ja levikut.

Kahjustused on põhiliselt välisseintes, mis ilmnevad krohvi maha koorumises nii seina sise- kui ka välispinnal. Hoone hoovipoolisel küljel on maapind kaldu hoonest eemale.

Hoone vundamendi kahjustuste pildimaterjal on lisas 2.

## **3.2 Termograafia**

Termograafia jaoks kasutati termokaamerat Flir E6, mis ühendab infrapuna ja nähtava valguse spektri üheks kergesti loetavaks pildiks. Töötemperatuur:  $-15^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$ . Mõõdab temperatuur vahemikus  $-20^{\circ}\text{C} \dots +250^{\circ}\text{C}$ . Mõõtmistäpsus:  $\pm 2\%$ . (Flir.)

Termografeerimisel on oluline, et sise- ja välistemperatuuride vahe oleks minimaalselt  $15^{\circ}\text{C}$  ning samuti ei ole soovitatav tööd teostada vihmaste või päikesepaistelistel ilmadega, sest need mõjutavad tulemust. (Flir.)

### 3.2.1 Temperatuuriindeksite arvutus

Temperatuuriindeks määrab külmasillast põhjustatud madalama temperatuuri mõju.

Temperatuuriindeks  $fR_{si}$  leitakse järgmise valemiga (Kalamees, 2001, lk 91):

$$fR_{si} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T} \quad , \quad (3.1)$$

- kus  $fR_{si}$  - temperatuuriindeks  
 $t_{si}$  - sisepinnatemperatuur °C,  
 $t_i$  - siseõhu temperatuur °C,  
 $t_e$  - välisõhu temperatuur °C,  
 $R_T$  - piirde kogusoojustakistus m<sup>2</sup>K/W,  
 $R_{si}$  - piirde sisepinna soojustakistus m<sup>2</sup>K/W.

Vajaminevad temperatuurid saab leida termograafilise mõõtmise teel või arvutada ning nende kaudu hinnata külmasilla kriitilisust. (Kalamees, 2001, lk 91)

**Tabel 3.2** Niiskustehniliselt turvalised temperatuuriindeksi piirväärtused Eestis. (Kalamees, 2001, lk 92)

Niiskuskogumus	Temperatuuriindeksi piirsuurus $fR_{si}$ (mõõdetud või arvatud tulemus peab olema piirsuurusest suurem)	
	Hallituse vältimine	Kondenseerumise vältimine
Niiskuselise talvel +4g/m <sup>3</sup> ja suvel +1,5g/m <sup>3</sup> . Need on madala asustusega ja hea ventiaalsiooniga elamud.	0,65	0,55
Niiskuselise talvel +6g/m <sup>3</sup> ja suvel +2,5g/m <sup>3</sup> . Need on suure asustusega ja halva ventiaalsiooniga elamud.	0,8	0,7

### 3.3 Keldrikorruse õhuniiskuse mõõtmine

Keldri õhuniiskust mõõdeti aparaadiga EXTECH RHT20, millega on võimalik mõõta temperatuuri -40°C...+158°C, suhtelist õhuniiskust 0%...100%. Mõõtmistäpsus on ±1°C temperatuuril 10°C...+40°C ja ±2°C teistel temperatuuridel.(Infoleht: Exttech.)

### 3.4 Vundamendi kondenseerumisriski arvutus

Hoone välispiirded on üldiselt ehitatud nii, et piirdesse ei tekiks kondensvett. Vähene kondensvesi on siiski lubatud, kui see saab välja kuivada. (Tarmatrade. Seinakondenseerumisriski arvutus.)

Difusioonitakistuskonstant  $\mu$  iseloomustab difusiooni intensiivsust läbi kindla seinamaterjali. See näitab, mitu korda on materjali difusioonitakistus suurem õhu omast. (*Ibid.*)

Seinakihi aurutakistuse  $S_d$  leidmiseks on vaja korrutada difusioonitakistuskonstant materjalikihi paksusega  $s$  meetrites. Valemina(*Ibid.*):

$$S_d = \mu * s \quad (3.2)$$

Seinakihtide aurutakistused peavad seest väljapoole vähenema. Seinakogu aurutakistus on üksikute seinakihtide aurutakistuste summa. Valemina(*Ibid.*):

$$S_d = S_{d1} + S_{d2} + S_{d3} + \dots + S_{dN} \quad (3.3)$$

Veeauru osarõhk ehk partsiaalrõhk arvutatakse järgnevalt(*Ibid.*):

$$P = P_s * \phi \quad (3.4)$$

,kus  $P_s$  - küllastunud aururõhk, Pa,  
 $\phi$  - suhteline õhuniiskus %.

Küllastunud aururõhk on maksimaalne võimalik õhus sisalduva veeauru rõhk antud temperatuuril. Suhteline niiskus on õhus sisalduva veeauru suhe küllastuskogusesse või veeauru osarõhu suhe küllastusrõhuga. (*Ibid.*)

Materjalikihi veeauru difusiooni takistus(*Ibid.*):

$$\frac{1}{\Delta} = \mu * s * \frac{1}{\delta_L}, \quad (3.5)$$

kus  $\mu$  - difusioonitakistuskonstant,  
 $s$  - ehitusmaterjali kihipaksus m,  
 $\delta_L$  - õhu aurujuhtivusväärtus kg/mhPa.

$\delta_L$  on seotud ümbritseva õhu temperatuuriga, aga antud arvutustes võib võtta kui konstanti:

$$\delta_L \approx 0,68 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mhPa}$$

Mitmekihilise seinakorral(*Ibid.*):

$$\frac{1}{\Delta} = \sum((\mu_n * s_n) * 1,5 * 10^{-6} , \quad (3.5)$$

kus  $\mu_n * s_n$  - difusioonitakistuskonstandi ja seinakihi aurutakistuse summa

Veeauru difusioonivoog  $i$  tuleb osarõhkudest ja arvutatakse järgnevalt(*Ibid.*):

$$i = \frac{p_i - p_a}{1/\Delta} , \quad (3.6)$$

kus  $p_i$  - sisemine osarõhk Pa,  
 $p_a$  - välimine osarõhk Pa,  
 $1/\Delta$  - seinavaurude difusioonitakistus mitmekihilise seinavaurude puhul  $m^2hPa/kg$ .

Kondensvee kogus  $W_T$  (*Ibid.*):

$$W_T = t_T * (i_i - i_a), \quad (3.7)$$

kus  $t_T$  - kondenseerumisperiood h,  
 $i_i$  - difusioonivoog tihedus seest kondenseerumiskiirkonda  $kg/(m^2h)$ ,  
 $i_a$  - difusioonivoog tihedus kondenseerumiskiirkonnast välja  $kg/(m^2h)$ .

Difusioonivoog tihedus seest kondenseerumiskiirkonda(*Ibid.*):

$$i_i = \frac{p_i - p_{sw}}{1/\Delta} , \quad (3.8)$$

kus  $p_i$  - sisemine osarõhk Pa,  
 $p_{sw}$  - kondenseerumisele vastav rõhk Pa,  
 $1/\Delta$  - seinavaurude difusioonitakistus mitmekihilise seinavaurude puhul  $m^2hPa/kg$ .

Difusioonivoog tihedus kondenseerumiskiirkonnast välja(*Ibid.*):

$$i_a = \frac{p_{sw} - p_a}{1/\Delta_a} , \quad (3.10)$$

kus  $p_a$  - väline osarõhk Pa,  
 $p_{sw}$  - kondenseerumisele vastav rõhk Pa,  
 $1/\Delta_a$  - seinavaurude difusioonitakistus mitmekihilise seinavaurude puhul  $m^2hPa/kg$ .

Kuivava vee kogus(*Ibid.*):

$$W_w = t_v(i_i + i_a), \quad (3.11)$$

kus  $t_v$  - kuivamisperiood  $h$ ,  
 $i_i$  - difusioonivoo tihedus seest kondenseerumiskiirkonda  $kg/(m^2h)$ ,  
 $i_a$  - difusioonivoo tihedus kondenseerumiskiirkonnast välja  $kg/(m^2h)$ .

Difusioonivoo tihedus kondenseerumiskiirkonnast ruumi sisse(*Ibid.*):

$$i_i = \frac{p_{sw} - p_i}{1/\Delta_i}, \quad (3.12)$$

kus  $p_{sw}$  - kondenseerumisele vastav rõhk  $Pa$ ,  
 $p_i$  - sisemine osarõhk  $Pa$ ,  
 $1/\Delta_i$  - seinä veeauru difusioonitakistus mitmekihilise seinä puhul  $m^2hPa/kg$ .

Difusioonivoo tihedus kondenseerumiskiirkonnast välja(*Ibid.*):

$$i_a = \frac{p_{sw} - p_a}{1/\Delta_a}, \quad (3.13)$$

kus  $p_{sw}$  - kondenseerumisele vastav rõhk  $Pa$ ,  
 $p_a$  - sisemine osarõhk  $Pa$ ,  
 $1/\Delta_a$  - seinä veeauru difusioonitakistus mitmekihilise seinä puhul  $m^2hPa/kg$ .

Difusiooniarvutuse ülesanne on selgitada, kas piirdes tekkib difusiooni tulemusena kondensvett. Selle tekkimisel ei tohi vesi kahjustada konstruktsioone. Selleks tuleb jälgida, et (*Ibid.*):

- kondensvesi kuivamisperioodil välja kuivab
- konstruktsioonid ei saaks vee tõttu kahjustada
- kondensvett ei tohi tekkida rohkem kui  $1,0 kg/m^2$ 
  - kapillaarselt mitteimavate ehitusainete puhul on piirang  $0,5 kg/m^2$
  - puidu puhul on piiranguks niiskusesisaldus 5%, puidust ehitusmaterjalide puhul 3%

Raamtingimused arvutuste tegemiseks on järgmised (DIN 4108-3 järgi) (*Ibid.*):

- kondenseerumisperioodil ( $t_T$ ):
  1. väliskliima  $-10^\circ C$ , 80% relatiivne niiskus

2. sisekliima +20°C, 50% relatiivne niiskus
  3. perioodi pikkus 1440 h (60 päeva). Eesti tingimustes võiks periood olla pikem ehk 2160 h (90 päeva)
- aurumisperioodil ( $t_V$ ):
    1. seinad ja mitte vastu katust olevate lagede puhul:
      - väliskliima +12°C, 70% relatiivne niiskus
      - sisekliima +12°C, 70% relatiivne niiskus
      - kliima kondenseerumiskohas +12°C, 100% relatiivne niiskus
      - perioodi pikkus 2160 h (90 päeva)

Kondenseerunud vee kogus on aktsepteeritav juhul kui  $W_T < 1,0 \text{ kg/m}^2$  (või  $0,5 \text{ kg/m}^2$  kapillaarselt mitteimavate ehitusmaterjalide puhul) ja  $W_V > W_T$ . (*Ibid.*)

### 3.5 Geotehnilised uuringud

Geotehnilised uuringud annavad vajalikud lähteandmed pinnase omaduste ja põhjavee taseme kohta. Pinnase identifitseerimine, liigitamine ja füüsikaliste omaduste määramine toimub vastavalt standardile EVS 1997- 1:2005 ja EVS-EN ISO 14688-1:2003+A1:2013.

### 3.6 Keldri niiskuskahjustuste lahendused

Keldri niiskuskahjustuste lahendused pakuti vastavalt uuringute tulemustele ja maksimaalsele efektiivsusele. Hüdroisolatsioonilahendused põhinevad OÜ Langeproon Inseneriehituse poolt pakutavate toodetel. Soojustuseks on valitud Estplast pakutavaid tooteid.

## **4. UURINGUD**

### **4.1 Šurffimine krundil**

Olukorra paremaks mõistmiseks oli vajalik uurida hoonet ümbritsevat pinnast. Varasemate uuringute puudumise tõttu sai töö autori poolt tehtud esimesed uuringud pinnase šurffimise teel. Hoone hoovipoolsel küljel kaevati lahti 4 m<sup>2</sup> ava 2,4 m sügavuseni, mis on vundamendi sügavaimast punktist 60 cm sügavamal. Kõrgused mõõdeti mõõdulindiga ja võeti suhteliselt hoone kõrgusega.

Vundament osutus olevat laotud maakividest. Hoone vundamendi äärest võeti kaks pinnaseproovi. Proov 1 võeti 2,4 m sügavuselt ja proov 2 võeti 1,4 m sügavuselt. Esimesed 80 cm koosnes pinnas mullast, ehitusprahist ja savist. Alla 80 cm kuni uuritava ulatuse lõpuni koosnes pind liivast, mis muutis 1,4 m sügavuselt värvust heledamaks ning näitas selgeid savi/mõlli uhtumisjooni kaeviku seinal. Põhjaveeni ei jõutud.

### **4.2 Laborikatsete tulemused**

#### **4.2.1 Täitepinnase sõelanalüüs**

Visuaalse hinnangu järgi oli täitepinnaks liivpinnas, mille tõttu teostati täpsema liigituse määramiseks sõelanalüüs. Mõlemad proovid kuivatati enne sõelumist õhkkuivaks ning kokkukleepunud osakesed nühti kummist nuiaga lahku. Sõelanalüüs tehti Eesti Maaülikooli pinnaselaboris mehaaniliste sõeladega, mille avade suuruseks olid 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 ja 0,063 mm. Kumbagi proovi sõeluti 7 minutit. Tulemused on tabelis 4.1 ja 4.2.



**Tabel 4.1** Sõelanalüüsi tulemused; proov 1.

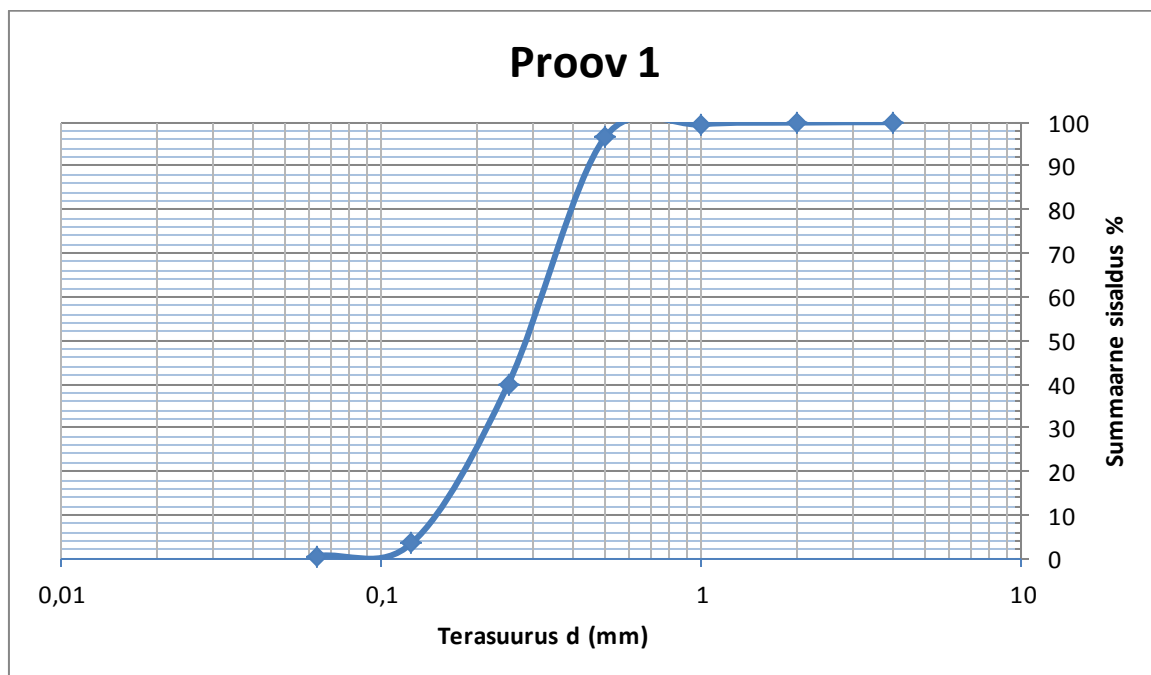
Proov nr 1								
Pinnase mass:					748,8 g			
Sõelumiskadu:					8,8 g			
Sõela suurus mm	Jääk sõelal g	Parand g	Parandatud jääk g	Fraktsioonid		Frk. summa %		
				d, mm	%	jääk sõelal	läbi sõela	
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	0,0	100,0	
2	0,6	0,0	0,6	2	0,1	0,1	99,9	
1	2,9	0,0	2,9	1	0,4	0,5	99,5	
0,5	23,5	0,3	23,8	0,5	3,2	3,6	96,4	
0,25	417,3	4,9	422,2	0,25	56,4	60,0	40,0	
0,125	269,5	3,2	272,7	0,125	36,4	96,4	3,6	
0,063	22,1	0,3	22,4	0,063	3,0	99,4	0,6	
< 0,063	4,1	0,0	4,1	< 0,063	0,6	100,0	0,0	
summa:	740,0							

**Tabel 4.2** Sõelanalüüsi tulemused; proov 2.

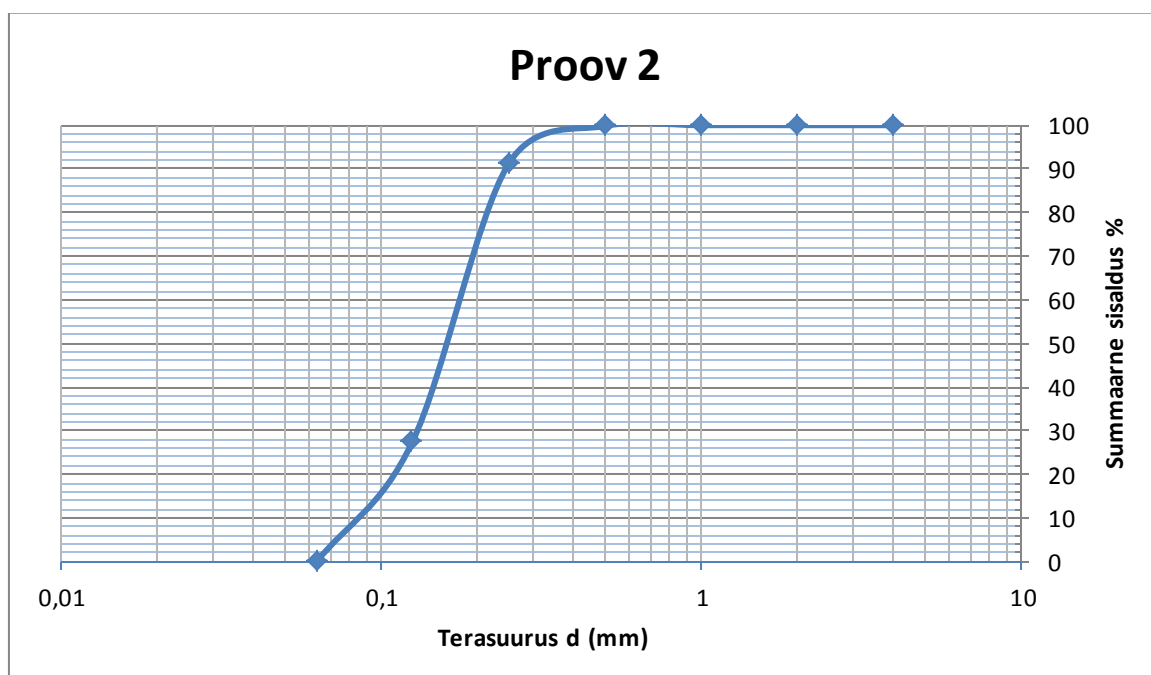
Proov nr 2								
Pinnase mass:					325,9 g			
Sõelumiskadu:					4,6 g			
Sõela suurus mm	Jääk sõelal g	Parand g	Parandatud jääk g	Fraktsioonid		Frk. summa %		
				d, mm	%	jääk sõelal	läbi sõela	
4	0,0	0,0	0,0	4	0,0	0,0	100,0	
2	0	0,0	0,0	2	0,0	0,0	100,0	
1	0,1	0,0	0,1	1	0,0	0,0	100,0	
0,5	0,6	0,0	0,6	0,5	0,2	0,2	99,8	
0,25	28,2	0,4	28,6	0,25	8,8	9,0	91,0	
0,125	205	2,9	207,9	0,125	63,8	72,8	27,2	
0,063	83,8	1,2	85,0	0,063	26,1	98,9	1,1	
< 0,063	3,6	0,1	3,7	< 0,063	1,1	100,0	0,0	
summa:	321,3							

Vastavalt EVS 1997:1-2005 määratlusele on tegu liivaga, sest mõlemal puhul oli teri suurusega 2...60 mm all 50% kogumahust ning peenosise sisaldus ( $d < 0,063$  mm) oli alla 5% kogumahust. Kuna esimese proovi puhul on suurim alamfraktsioon terad suurusega 0,5 - 0,25, siis on tegu keskliivaga. Teise proovi puhul on enamesinevaks fraktsiooniks 0,25 - 0,125, ehk tegu on peenliivaga. Sõelanalüüsi põhjal saadud tulemuste järgi koostati lõimiskõverad: joonised 4.1 ja 4.2. Jooniste pealt saab määrata  $d_{10}$  ja  $d_{60}$  väärtused.

Joonis 4.1 Proovi 1 lõimiskõvera graafik.



Joonis 4.2 Proov 2 lõimiskõvera graafik.



Esimese pinnaseproovi 60% fraktsioonide summast vastav tera mõõt on 0,32 mm ning 10% fraktsioonide summast vastav tera mõõt on 0,16 mm. Lõimisteguri  $C_u$  väärtus on seega 2 (valem 1.1).

Teise pinnaseproovi 60% fraktsioonide summast vastav tera mõõt on 0,18 mm ning 10% fraktsioonide summast vastav tera mõõt on 0,09 mm. Lõimisteguri  $C_u$  väärtus on seega samuti 2. Mõlemal puhul on tegu ühtlase keskliivaga vastavalt standardile EVS 1997-1:2005.

#### 4.2.2 Täitepinnase veesisaldus

Täitepinnase veesisaldus saamiseks kuivatati niiskuseproovid kuivatuskapis  $105^{\circ}\text{C}$  juures. Proovid kaaluti enne ja pärast kuivatamist, kuni proovi mass enam ei muutunud. Niiske ja kuiva pinnase masside vahest saadi pinnase veesisaldus protsentides (valem 1.16). Tulemused on tabelis 4.3.

**Tabel 4.3** Täitepinnase veesisaldus.

katse-keha nr.	katse-keha sügavus (m)	Aluse mass (g)	Aluse mass koos pinnasega (g)	mass 24h möödu-des (g)	mass 96h möödu-des (g)	mass 120h möödu-des (g)	Pinnase kuivmass (g)	Pinnase-vee mass (g)	Pinnase niiskus %-des
1.	2,4	131,171	250,747	243,757	243,750	243,750	112,579	6,997	6,215
2.	2,4	117,862	263,634	254,706	254,688	254,687	136,825	8,947	6,539
3.	2,4	121,442	256,437	248,552	248,548	248,548	127,106	7,889	6,207
4.	1,2	111,715	238,497	231,723	231,714	231,714	119,999	6,783	5,653
5.	1,2	122,549	231,699	225,825	225,814	225,815	103,266	5,884	5,698
6.	1,2	132,033	237,477	231,962	231,954	231,954	99,921	5,523	5,527

#### 4.2.3 Pinnase arvutuslikud näitarvud

##### Mahumass

Mahumassi leidmine tehti lõikerõnga meetodi abil sügavusel 2,2 m.

Pinnase mahumassiks saadi vastavalt valemile 1.3.

$$\rho = \frac{m_t + m_w}{V_t + V_p} = \frac{87,69}{49,26} = 1,78 \text{ g/cm}^3$$

Kuna tegu on liivaga, siis võeti erimassiks  $2670 \text{ kg/m}^3$  vastavalt tabelile 1.3.

## Kuivmahumass

Kuivmahumass tuletati valemist 1.7. Pinnase niiskuseks võeti 2,4 m sügavuselt võetud proovide keskmine niiskus.

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} = \frac{1,78}{1 + 0,0632} = 1,67 \text{ g/cm}^3$$

## Poorsus, poorsustegur ja küllastusaste

Poorsus arvutati valemiga 1.9.

$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} = 1 - \frac{1,67}{2,67} = 0,37$$

Poorsustegur leiti valemiga 1.11.

$$e = \frac{n}{1 - n} = \frac{0,37}{1 - 0,37} = 0,59$$

Küllastusaste arvutati valemiga 1.14.

$$S_r = \frac{w\rho_s}{\rho_w e} = \frac{0,0632 * 2,67}{1,78 * 0,59} = 0,16 \rightarrow 16\%$$

## 4.2.4 Pinnase filtratsioonimadused

Liivpinnase filtratsioonimooduli leidmiseks saab kasutada Hazeni'i valemit 1.20.

Esimese proovi puhul:

$$k_1 = C d_{10}^2 = 100 * 0,016^2 = 0,0256 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \approx 3 * 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Teise proovi puhul:

$$k_2 = C d_{10}^2 = 100 * 0,009^2 = 0,0081 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \approx 1 * 10^{-2} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Mõlemad täitepinnase proovid näitavad, et täitepinnas on heade filtratsioonimadustega (Tabel 1.5).

#### 4.2.5 Pinnase kapillaartõus

Täitepinnase umbkaudne kapillaartõusu kõrgus võetakse tabelist 1.4, mis näitab läbi praktika leitud pinnaste kapillaartõusu kõrgusi. Kuna tegemist on keskliivaga, siis jääb kapillaartõus vahemikku 0,15 - 0,35 m.

#### 4.3 Pinnasevee tase

Kuna antud hoone krundil asub kasutuseta kaev, sai selle järgi lasermõõtjaga määrata pinnasevee tase hoone suhtes.

**Joonis 4.3** Kaev hoone krundil.



Antud aastaajal, aprilli alguses, on pinnasevesi kõige kõrgem. Selgus, et pinnasevesi asetseb hoone taldmikust 1,5 m sügavamal. See selgitab ka, miks lahtikaevamisel 2,4 meetrini pinnaseveeni ei jõutud.

#### 4.4 Õhuniiskuse mõõtmise tulemused

Õhuniiskust ja temperatuuri mõõdeti igas ligipääsetavas ruumis. Tulemused on toodud järgnevas tabelis 4.4.

**Tabel 4.4** Keldrikorruse ruumide õhuniiskused.

Ruumi nr.	001	002	004	005	006	007	010
Suhteline õhuniiskus RH	49,1%	32,9%	36,4%	33,5%	34,9%	35,3%	36,8%
Õhu-temperatuur °C	20,5	20,2	19,4	22,6	21,4	19,5	22,7

Vastavalt standardile EVS-EN-15251:2007 peab sisekliima täitmiseks olema õhutemperatuur vahemikus +18°C...+25°C ning õhuniiskus vahemikus 20%...70%. Need tingimused on täidetud.

#### 4.5 Vundamendi kondenseerumisriski arvutus Glaseri meetodiga

Keldriseina materjalikihtide difusioonitakistuskonstandid ja aurutakistused on võetud tabelist. Ehitusmaterjalide paksused on saadud kohapeal teostatud mõõtmiste käigus. Arvutus on tehtud minimaalse paksusega seinaga kohta.

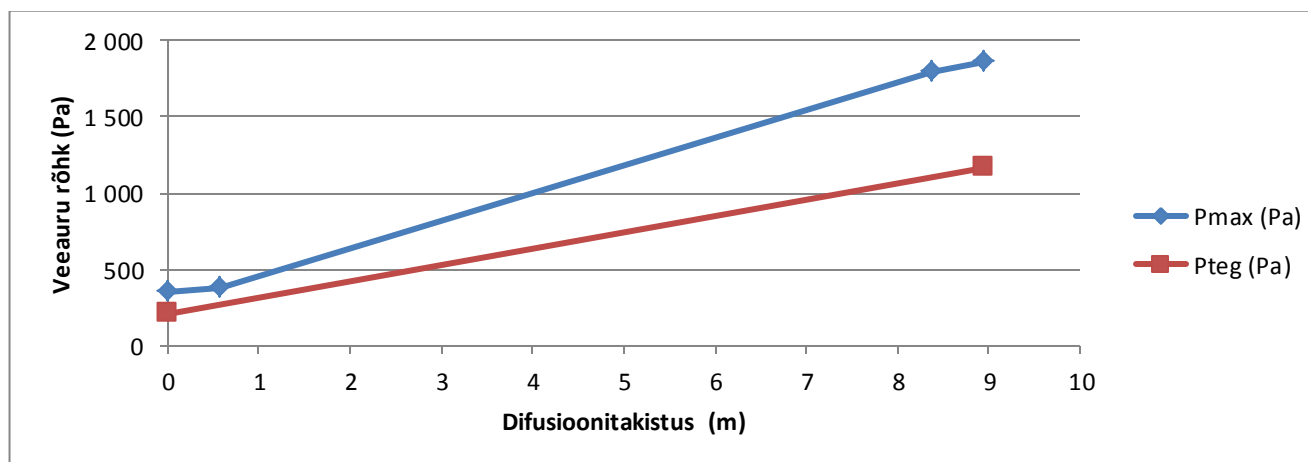
Kliimatingimused: sees 20°C ja RH = 50% →  $p_i = 1169 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ,  
väljas -10°C ja RH = 80% →  $p_a = 208 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ ,  
kondenseerumisperiood 90 päeva = 2160 h.

Vastavalt joonisele 4.4 seinaga kondenseerumist ei toimu.

**Tabel 4.5** Vundamendi välisseina kondenseerumisriski arvutustabel

Keldri välissein		Välis- ja sisetemperatuur:					-10	20					$P_{max}$ (Pa)	$S_d$ summa
Tarindi osa :	d (m)	$\lambda$	R	%R	$\Delta t$	-10	välisõhk	$\mu$	$S_d$	$P_{teg}$ (Pa)	260			
Välispind			0,04	4,03	1,21	-8,79	välispind			208	289	0		
Tsementkrohv	0,03	1,4	0,02	2,16	0,65	-8,14	vahekihid	19	0,57		306	0,57		
Punane tellismüüritis	0,78	1	0,78	78,56	23,57	15,42		10	7,80		1 753	8,37		
Tsementkrohv	0,03	1,4	0,02	2,16	0,65	16,07	siseõhk	19	0,57		1 827	8,94		
Sisepind			0,13	13,09	3,93	20,00				1169	2 338			
$\Sigma R$ (m <sup>2</sup> K/W):			0,99	100,00	kontroll			$\Sigma S_d$ :		8,94				
$U$ (W/m <sup>2</sup> K):			1,01					sees	väljas					
								$P_{max}$ (Pa):	2 338	260				
								RH (%):	50	80				
								$P_{teg}$ (Pa):	1169	208	$P_{teg}$ vahe:	961		

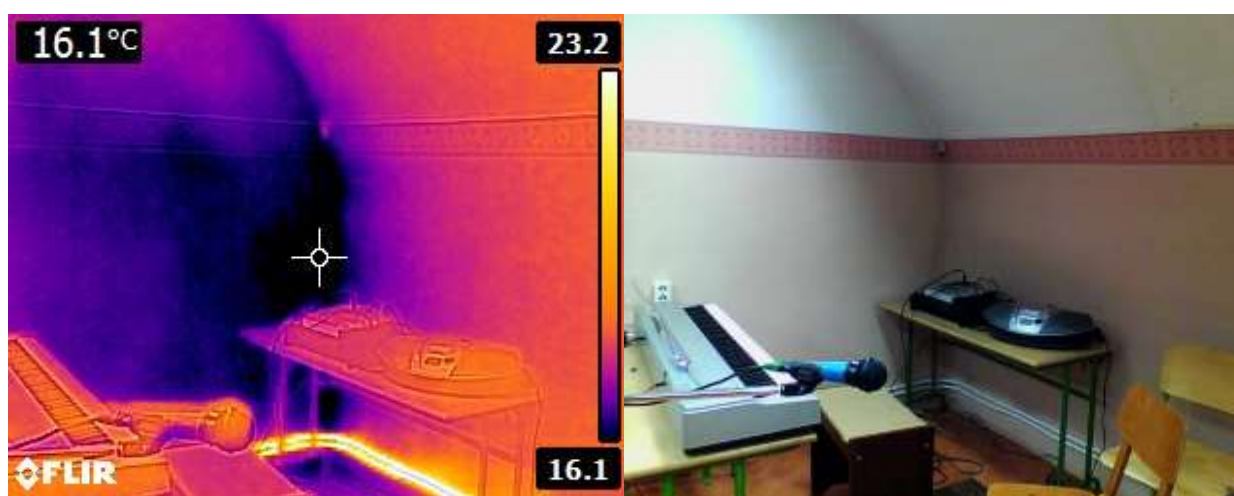
**Joonis 4.4** Vundamendi välisseina kondenseerumisriski graafik.



#### 4.6 Keldriseinte termografeerimise tulemused

Keldriseinte termopildid on tehtud 2016. aasta märtsikuu lõpus päevasel ajal, mil koolis toimus õppetöö. Pildid on tehtud ruumide 001, 004, 007 ja 010 kõige külmematest kohtadest. Külmemad kohad on termopiltidelt lihtsalt eristatavad tumedate laikudena. Sise- ja välisõhu temperatuurid on mõõdetud EXTECH RHT20 mõõteaparaadiga. Kuna igas ruumis töötasid radiaatorid, siis olid siseõhu temperatuurid ühtlased, jäädes +19...+23 °C kraadi vahele. Välistemperatuur oli mõõtmise ajal +4,7 °C.

Joonis 4.5. Ruumi 001 välis- ja siseseina nurk.



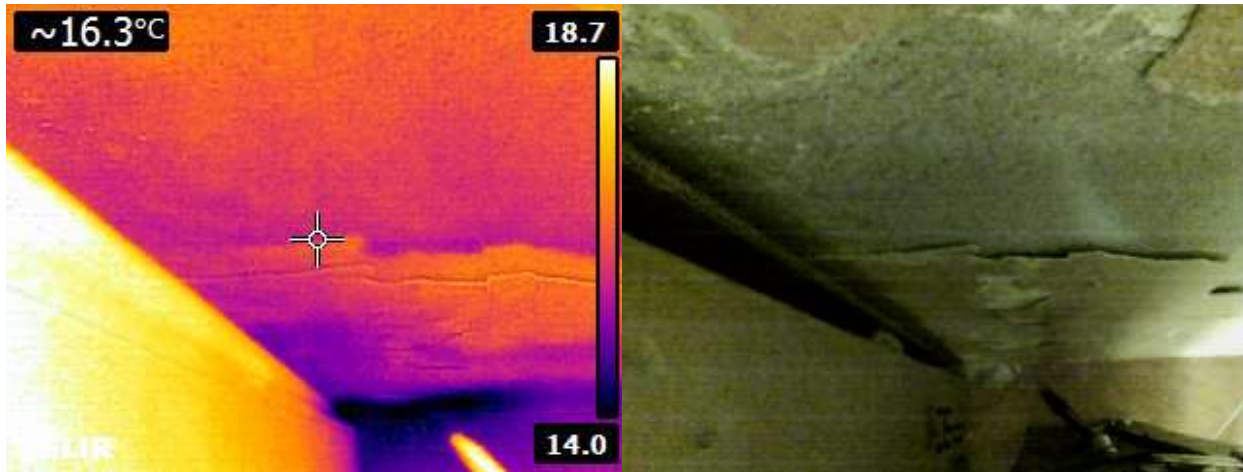
Tabel 4.6. Ruumi 001 välis- ja siseseina liitumiskoha temperatuurindeks.

Välistemperatuur	4,7 °C	Temperatuurindeks
Sisetemperatuur	20,5 °C	
Külmim punkt	16,1 °C	0,72

Ruumis 001 oli kõige külmem pind välisseina ja siseseina liitumiskohal, kus temperatuur langes 16,1 °C kraadini. Antud piirkonnas on oht hallituse tekkeks.



**Joonis 4.6.** Ruumi 004 välisseina ja põranda liitumine. Seinääärsse kapi taga.

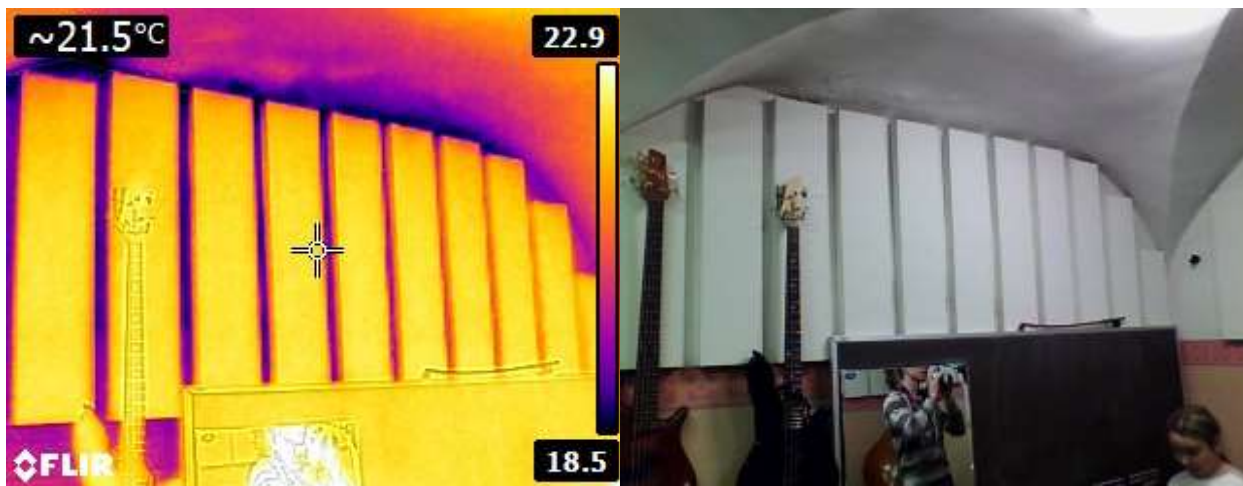


**Tabel 4.7.** Ruumi 004 välisseina ja põranda liitumiskoha temperatuuriindeks.

Välisõhu temperatuur	4,7 °C	Temperatuuriindeks
Siseõhu temperatuur	19,4 °C	
Külmim punkt sisepinnal	14,0 °C	0,63

Ruumi 004 külmim punkt leiti välisseina ja põranda liitumiskohal. Temperatuuri hoiab kindlasti madalana asjaolu, et piirkond asub kapi taga, kus ei toimu piisavat õhu liikumist. Liitumiskohas on risk nii kondenseerumiseks kui hallituseks.

**Joonis 4.7.** Ruumi 010 siseseina ja võlvlae liitekoht.

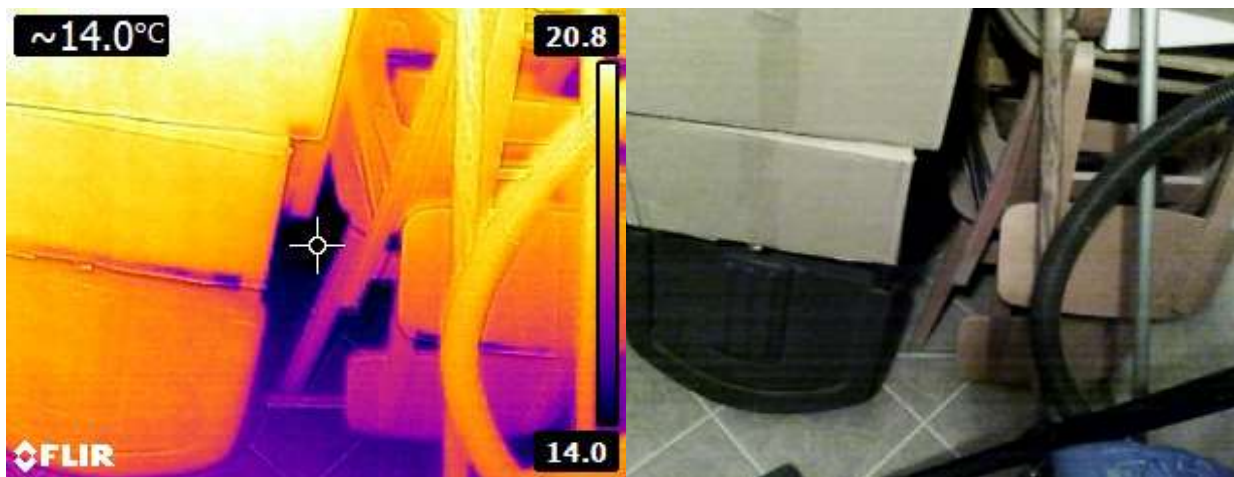


**Tabel 4.8.** Ruumi 010 siseseina ja võlvlae liitumiskoha temperatuuriindeks.

Väliõhu temperatuur	4,7 °C	Temperatuuriindeks
Siseõhu temperatuur	22,7 °C	
Külmim punkt sisepinnal	18,5 °C	0,77

Klassiruumi 010 oli mõõtehetkel kasutuses ning hästi köetud. Külmmimaks pinnaks osutus sisešina liitekoht võlvlaega. Siseseina taga on kinnimüüritud avaga kasutuseta ruum. Vastavalt temperatuurindeksite piirväärtustele võib sellel pinnal tekkida hallitus, eriti puidust seinapaneelide taga.

**Joonis 4.8.** Abiruumi 007 välisseina ja põranda liitekoht.



**Tabel 4.9.** Abiruumi 007 põranda ja välisseina liitekohta temperatuurindeks.

Välisõhu temperatuur	4,7 °C	Temperatuurindeks
Siseõhu temperatuur	19,5 °C	
Külmim punkt sisepinnal	14,0 °C	0,63

Abiruumi 007 kõige külmem pind asub põranda ja välisseina liitekohas. Temperatuuri langust soodustab halb tuulutus hoiustatud asjade tõttu. Liitekohas on nii kondenseerumiskui ka hallitusrisk.

#### 4.7 Vihmaveesüsteem

Valga Muusikakoolil on vihmaveerennid, mis koguvad küll suurema osa katusele langevast veest kokku, kuid vett ei suunata hoonest kuigi kaugemale, mis tähendab, et vesi vajub läbi pinnase ja jõuab siiski vundamendini. Hoonel puuduvad sadeveekanalid ning drenaaž.

**Joonis 4.9** Vihmavee kogunemine hoone hoovipoolsel küljel.



Nagu näha hoone hoovipoolsel küljel olevast olukorrast (Joonis 4.9), siis vesi voolab enne pinda imendumist otse sokli suunas suurema saju korral. Arvestades, et vundament on laotud maakividest, siis on vihmaveel üpris kerge liikuda seinakonstruktsioonide vahele.

#### 4.8 Uuringute järeldused

Valga Muusikakooli vundament on laotud maakividest, mida ümbritseb vähemalt 2 meetri jagu heade filtratsiooniomadustega keskliiv. Talvel on külmarkerked välistatud. Arvestades, et pinnase niiskussisaldus on 60cm taldmikust allpool kõigest 6,5%, küllastusaste 16%, kapillaartõusu kõrgus vahemikus 0,15 kuni 0,35 meetrit ning põhjavee pind veel ligi meeter sügavamal, siis võib niiskuskahjustuste põhjuseks põhjaveest tingitud kapillaartõusu välistada.

Liiva filtratsioonikiirus näitab, et sügavuse kasvades aeglustub pinnase veeläbilaskvus. Kaevetööde käigus täheldati liiva vertikaalpinnal vundamendi alaosas uhtejooni. Sellest võib järeldada, et tugeva saju korral tekib vundamendi allosas tõenäoliselt lühiajaline surveaine vesi.

Sisekliima uurimisel selgus, et üldiselt on talveperioodil õhuniiskus suhteliselt kuiv, sest keldrisse tõmmatakse soojendatud välisõhk, mille niiskussisaldus on talvel väike. Olenemata sellest võib talveperioodil tekkida ruumide kasutuse ajal külmasildade pinnal lühiajaliselt hallitus ja kondenseerumisoht inimeste poolt tekitatud niiskusliku tõttu. Soojemate ilmade saabudes võib oht olla suuremgi, kuna maapind soojeneb aeglaselt, mille tõttu on kelder üpris külm võrreldes tavalise õhutemperatuuriga. Kondenseerumiskahjustust ruumi alumises välisseinte nurgas on näha pildil 15 (LISA 1).

Keldriseina kondenseerumisrisiki arvutus Glaseri meetodiga näitas, et piirdes ei tekki kondensvett.

Hoone ümbrus on kolmelt poolt kinni: hoone idakülg on kinni betoneeritud, hooneesiseks olev kõnnitee ning hoone kõrval olev parkla on laotud tänavakividest. Betoon on pragunenud ega juhi enam vett hoone idaküljelt minema. Tulemuseks on see, et vesi valgub igal hoone küljel otse pinnasesse ning kolmel küljel on vee väljaauramine takistatud, mis avaldab suuremat survet vundamendile.

Sadevesi nõrgub läbi täitepinnase küll põhjaveeni, kuid seejuures märgub ka vundament, kuna vett ei juhita piisavalt hoonest eemale ja vundamendil puudub hüdroisolatsioon. Sademevee imbumine vundamenti ja sokklisse on tõenäoliselt keldri kapillaarniiskuskahjustuste põhjuseks.

## **5. VUNDAMENDI NIISKUSKAHJUSTUSTE LAHENDUSED**

### **5.1 Vundamendi hüdroisoleerimine**

Selleks, et vältida kõiki vundamendile mõjuvaid veekoormuseid, tuleks vundamendiseinad ja põrand ümbritseda pideva hüdroisolatsioonimaterjaliga.

#### **5.1.1 Vundamendi vertikaalne hüdroisoleerimine**

Pinnaseniiskuse ja lühiajalise survealise vee poolt põhjustatud veekoormuse tõrjeks ning ka keldri sisepindade temperatuuri tõstmiseks tuleb vundamendi ümber rajada hüdroisolatsioon koos soojustuskihiga.

Hoone küljed tuleb lahti kaevata. Lahtikaevatud maakivivundamendi pind tuleb pesta surveveega ning tasandada. Tasanduseks kasutada tsementmörti. Maakivivundamendi suurte konaruste tõttu on parem kasutada tsementmörti esmaseks tasanduskihiks, mis peaks suuremad õõnsused täitma. (Tuleb meeles pidada tsementmörti aegajalt niisutada vältimaks pinna kiiret kuivamist.)

Hüdroisolatsiooniks kasutada toodet Epasit MineralDicht sperr, mis kantakse pinnale kuni 1,5 cm kihina. Aluspind eeltöödelda Epasit hb-ga. Vundament soojustatakse EPS 200 plaatidega.

Sokliosas tuleks tellismüüritis samuti pesta survepesuriga, vuugid, konarused jmt tasandada MineralDicht Sperr mördiga, mille peale lisada EPS 200 plaat ning üks 2 kuni 5 mm paksune kiht MineralDicht sockel isolatsioonimaterjali, mis kaitseb soklit eelkõige veepritsmete eest. See on hea aluspind viimaseks välisviimistlevaks krohvikihtiks.

Tõhusamaks hüdroisolatsiooniks tuleks kasutada materjali Epasit BDK/2K isolatsioonimördi asemel. Enne võõpamist tuleb veenduda, et aluspind oleks kuiv, tugev, tasane, kandev ega oma naket takistavaid omadusi. Kõiksugused avad (poorid, vuugid, tühikud ja parod) peavad olema täidetud, teravad servad ümaraks lihvitud ning konarused tasandatud. Epasit BDK/2K kantakse pinnale vähemalt kahes kihis silumiskellu või terassiluriga. Pragunemisohtlikesse kohtadesse tuleb lisada õhuke klaaskiudvõrk armeeringuks.

Alternatiivina võib kasutada hüdroisolatsiooniks GRACE Bithuthene 4000 hüdroisolatsioonimembraani. Selleks tuleb katta aluskiht ühekihilise GRACE Primer 2 krundiga. Bithuthene 4000 paigaldamisel tuleb veenduda, et krunt on vaba jääst, härmatisest ja veest. Membraanilt tuleb eemaldada paberkiht ning suruda ja hõõruda kleepuv pool

tugevalt vastu ettevalmistatud aluspinda, et tagada tugev nakkus ja eemaldada membraanialused õhumullid. Edasised rullid tuleb paigaldada vähemalt 50 mm ülekattega tugevalt rullides, et tagada täielik kinnitumine. Nurkades kasutada GRACE Liquid Membrane vedelmembraani. Vigased kohad saab lappida üle vigase koha äärte ulatuva tükiga tugevalt rullides. Vundament soojustatakse EPS 200 plaatidega.

Sokliosas katta membraan EPS 200 plaadiga ning krohvida MineralDicht socket isolatsioonimaterjaliga, mis kaitseb soklit eelkõige veepritsmete eest.

Kolmanda alternatiivina võib maakivivundamendi ümber valada betoonist 5 cm läbimõõduga särgi. Enne valu tuleb betoonisegule segamise käigus lisada Xypex Admix C-1000 keemilist lisandit, mille aktiivsed koostisosad tekitavad reageerides betooni poorides ja kapillaarteedes lahustumatu kristallstruktuuri, mis tõkestab vee ja muude vedelikkude igasuunalise liikumise. Betoonipinnale panna EPS 200 plaadid soojustuseks ning katta geomatiga.

Sokliosas tuleks käituda nagu esimeses variandis: kasutada EPASIT MineralDicht Sperr mörti tasanduseks, lisada EPS 200 plaat soojustuseks ning katta MineralDicht socket isolatsioonimaterjali ja välisviimistluskrohviga.

### **5.1.2 Vundamendi horisontaalne hüdroisoleerimine**

Horisontaalne hüdroisolatsioon teha seestpoolt injektsiooni meetodiga. Selleks tuleb kasutada MC-Injekt GL-95 TX injektsioonimaterjali. Injektsiooniks kasutatakse 18 mm diameetriga puurauktüübleid. Augud paigutatakse 30° nurga all 10 kuni 20 cm sammudega kogu seina alumise osa ulatuses kolmes reas. Injektsioonimaterjal surutakse injektsioonipumbaga MC-I 200 seina pragudesse, kus ta kiirelt tardub, tekitades veekindla kihi, mis ei lase kapillaarniiskusel tõusta.

### **5.1.3 Keldri põranda hüdroisoleerimine**

Põranda seestpoolt hüdroisolatsiooniks kasutada Xypex Concentrate betooni töötlusvahendit, mis muudab põranda veekindlaks. Selleks tuleb eemaldada vana põrandakate, puhastada pind, et kapillaarsüsteem oleks avatud ja see järel töödelda Xypex Concentrate seguga. Peale kristaliseerumist tuleb keldri põrand ka soojustada. Selleks tuleb ehitada põrandalaakidest karkass, kuhu vahele saab panna EPS 50 plaadid. Karkassi peale tuleb lüüa puitlaastplaat ning uus põrandakate vastavalt soovile.

## **5.2 Vihmavee äravoolusüsteem ja drenaaž**

Kuna saju korral lasevad veerennid kohati vett läbi ja ei püüa kogu vett kinni, mis katuselt tuleb, siis tuleks veerennid ülevaadata. Probleemsed kohad parandada või veerenni asendit parandada.

Drenaaži ülesandeks on koguda pinnase- ja sajuvett. Selleks tuleb hoone vundamendist 20cm allapoole rajada kraav kuhu asetada drenaažitoru ja seda ümbritsev kergkruus. Drenaaži kaldeks peab olema minimaalselt 5mm/m. Hoone põhja- ja läänepoolsele nurgale rajatakse drenaažikaev, mis võimaldab drenaaži vahel hooldada. Drenaažitoru suubub tagasivooluklapiga õuekaevu.

Vihmavesi pole üldiselt hoonest eemale suunatud. Vihmavee jaoks tuleb ehitada kanalid, mis viiksid vihmavee hoonest eemale. Vanad katkised betoonist vihmavee suunajad eemaldada ja asendada sajuveelehtritega, mis ei lase prahil torustikku pääseda. Sajuveetorustik rajatakse veetiheda konstruktsioonina gofreeritud välispinna ja sileda sisepinnaga 110mm läbimõõduga muhvitorust, mis paigaldatakse drenaažiga samasse kraavi vundamendi tallast allapoole. Torustikule antakse minimaalne kalle 5mm/m. Suunamuutused ja hargnemised tehakse painduvate ühendusdetailide abil. Vihmaveetorustik suubub samasse õuekaevu. Sealt edasi juhatatakse vesi Valga sadevee kanalisatsiooni. Selle puudumisel lastakse veel kinnistul imenduda.

Vihmavee ärajuhtimiseks sokli juurest tuleb hoone põhja- ja idaküljele rajada betoonpandus kaldega hoonest eemale. Idaküljel olev pandus peaks vee suunama hoovi poole, mitte kõrvalhoone suunas.

## **5.3 Tööde hinnanguline maksumus**

Tööde maksumus on arvatud OÜ EKE NORA poolt välja töötatud ehituslike üksushinnete loetelu järgi. On arvestatud nii materjali kui ka töötajate töötasudega. Vertikaalse ja horisontaalse hüdroisolatsiooni maksumus on arvatud tabelites 5.1 ja 5.2.

**Tabel 5.1** Vertikaalse hüdroisolatsiooni maksumus

Töö kirjeldus	Töö maht	Ühik	Töö ühikmaksumused					Töö maksumus				
			Tööaeg	Materjal	Masinad	Töötasu	Summa	Tööaeg	Materjal	Masinad	Töötasu	Summa
			in t	€	€	€	€	in t	€	€	€	€
Pinnase kaevamine masinaga Caterpilli	262,86	m <sup>3</sup>	0,10		3,60	2,35	5,85	26,29		946,30	617,72	1564,02
Vundamendi ja sokli survepesu	306,07	m <sup>2</sup>	0,80			11,20	11,20	244,86			3427,98	3427,98
Vana krohvi eemaldus sokliilt	106,66	m <sup>2</sup>	2,00			10,00	10,00	213,32			1066,60	1066,60
Vundamendi tasandamine tsementmördiga Silikaat 100/300	199,47	m <sup>2</sup>	0,70	4,73		10,50	15,23	139,63	943,49		2094,44	3037,93
Sokli tasandamine tsementmördiga Silikaat 100/300	106,6	m <sup>2</sup>	0,70	4,73		10,50	15,23	74,62	504,22		1119,30	1623,52
Hüdroisolatsioon Epasit BDK/2K	306,07	m <sup>2</sup>	0,30	8,40		4,50	12,90	91,82	2570,99		1377,32	3948,30
Vundamendi katmine MineralDicht sperrmördiga	199,47	m <sup>2</sup>	0,30	4,80		4,20	9,00	59,84	957,46		837,77	1795,23
Sokliosa tasandus MineralDicht sperrmördiga	106,6	m <sup>2</sup>	0,30	4,80		4,20	9,00	31,98	511,68		447,72	959,40
Sokliosa soojustus 50mm EPS 200	106,6	m <sup>2</sup>	0,10	4,88		1,65	6,53	10,66	520,21		175,89	696,10
Vundamendi soojustus 150mm EPS 200	199,47	m <sup>2</sup>	0,20	13,04		3,00	16,04	39,89	2601,09		598,41	3199,50
Sokli krohvimine MineralDicht sokkel isolatsioonimaterjaliga	106,6	m <sup>2</sup>	0,30	5,25		4,50	9,75	31,98	559,65		479,70	1039,35
Hüdroisolatsiooni krunt Primer 2	306,07	m <sup>2</sup>		0,52		0,90	1,42		159,16		275,46	434,62
Hüdroisolatsioon Bithuthene 4000	306,07	m <sup>2</sup>	0,60	0,59		9,00	9,59	183,64	180,58		2754,63	2935,21
Betoonisärgi valu Silikaat C20 + Xypex Admix	4,9	m <sup>3</sup>	3,00	80,58		45,00	125,58	14,70	394,84		220,50	615,34
Xypex Admix	19,6	kg		4,69			4,69		91,92			91,92
			<b>Maksumus Epasit MineralDicht hüdroisolatsiooniga:</b>					798,45	6093,58	946,30	9746,23	<b>16786,11</b>
			<b>Maksumus GRACE hüdroisolatsiooniga:</b>					964,89	5468,40	946,30	12610,13	<b>19024,82</b>
			<b>Maksumus Epasit hüdroisolatsiooniga:</b>					830,43	7707,11	946,30	10285,78	<b>18939,18</b>
			<b>Maksumus Xypex hüdroisolatsiooniga:</b>					613,68	4679,39	946,30	7034,53	<b>12660,21</b>



**Tabel 5.2** Horisontaalse hüdroisolatsiooni maksumus

Töö kirjeldus	Töö maht	Ühik	Töö ühikmaksumused					Töö maksumus				
			Tööaeg	Materjal	Masinad	Töötasu	Summa	Tööaeg	Materjal	Masinad	Töötasu	Summa
			in t	€	€	€	€	in t	€	€	€	€
Põranda puhastamine ja survepesu	161,3	m <sup>2</sup>	0,80			11,20	11,20	129,04			1806,56	1935,60
Injekteerimistööd, MC-Injekt GL-95 TX, MC-I 200	152,3	m <sup>2</sup>	3,00	45,00		50,00	95,00	456,90	6853,50		7615,00	14925,40
Põranda hüdrosoleerimine Xypex Concentrate	161,3	m <sup>2</sup>	0,30	5,62		4,20	9,82	48,39	906,51		677,46	1632,36
EPS 80 50mm/aurutöke/ puitkarkass/ puitlaastplaat	161,3	m <sup>2</sup>	0,70	10,67		7,70	18,37	112,91	1721,07		1242,01	3075,99
							<b>kokku:</b>	747,24	9481,08		11341,03	<b>21569,35</b>

**Tabel 5.3** Drenaazi- ja sadeveesüsteemi maksumus

Töö kirjeldus	Töö maht	Ühik	Töö ühikmaksumused					Töö maksumus				
			Tööaeg	Materjal	Masinad	Töötasu	Summa	Tööaeg	Materjal	Masinad	Töötasu	Summa
			in t	€	€	€	€	in t	€	€	€	€
Pinnase kaevamine Catepillar	243,07	m <sup>3</sup>	0,10		3,60	2,35	5,85	24,31		875,06	571,22	1470,59
Õuekaev DN160 H<2,4m	1,00	kaev	3,00	98,85		4,40	103,25	3,00	98,85		4,40	106,25
Drenaazitorustik VETO-K	101,30	m	0,20	2,42		3,54	5,96	20,26	245,15		358,60	624,01
Drenaazi hoolduskaev	1,00	kaev	5,00	121,51		75,00	196,51	5,00	121,51		75,00	201,51
Sadeveetorustik	96,30	m	0,30	2,50		4,50	7,00	28,89	240,75		433,35	702,99
Sadeveelehtrite paigaldus	5,00	tk	0,90	23,10		13,50	36,60	4,50	115,50		67,50	187,50
Betoonpandus	1,24	m <sup>3</sup>	5,30	122,46		79,50	201,96	6,57	151,85		98,58	257,00
							<b>kokku:</b>	92,53	973,61	875,06	1608,65	<b>3549,85</b>

Tabel 5.1 näitab, et kõige odavam on kasutada Xypex hüdroisolatsiooni varianti, mille maksumuseks tuleb 12 660 €. Selle meetodi puhul on eeliseks, et vana vundament saab betoonsärgiga kindlustatud, mis peaks vundamendi võimalikke liikumisi vähendama ning betoonsärk on oma täies mahus veekindel, kuid samas hingav.

Epasit MineralDicht sperriga vundamendi tihendus peaks vundamenti kaitsma nii pinnaseniiskuse kui survevee eest. Välispinnale paigaldatud EPS plaadid peaks mörti vihmaveega otsese kokkupuute eest kaitsma. Maksumuseks on 16 786 €.

Kõige kallimad variandid kindlustavad ühtlasi ka kõigi veekoormuste eest kaitse. Selleks on pakutud Epasit BDK/2K bituumenisolatsioonivõõpa või GRACE Bithuthene rullmembraane, mille maksumuseks on vastavalt 18 939€ ja 19 024€.

Keldrikorruse täielikuks hüdroisolatsiooniks on tabelis 5.2 välja pakutud ka horisontaalne hüdroisolatsioon injektsioonimeetodil, mis takistab võimaliku niiskuse kapillaartõusu, põranda soojustus, et vähendada kondensvee tekke ohtu põrandal ning betoonpõranda töötlemine Xypex Concentrate tootega, mis muudab betoonpõranda veekindlaks. Selle maksumuseks kujuneb kokku 21 569€.

Drenaaži- ja vihmaveesüsteemi rajamise kogumaksumuseks kujuneb koos betoon pandusega 3550€. Tehes töid hüdrosoleerimisega samaaegselt on võimalik kaevetöödelt oluliselt kokku hoida.

## KOKKUVÕTE

Käesolev töö on tehtud Valga Muusikakooli hoone põhjal. Töö eesmärgiks oli välja selgitada hoone niiskuskahjustuste põhjused, pakkuda neile võimalikud lahendused koos maksumuse hinnanguga ning luua hoonest detailsed joonised.

Joonised joonestati programmis AutoCAD Architecture 2016 kohapeal mõõdetud mõõtmistulemuste alusel ning on nähtavad lisas 1.

Kaevu abil määratud põhjavee tasemest ja hoonealuse pinnase liigist, välistati põhjaveest tingitud niiskuse kapillaartõus niiskuskahjustuste põhjustest. Uuringute käigus tehti selgeks, et hoonealuseks pinnaseks on keskliiv, mille veeläbilaskvus kahaneb sügavuse kasvades ning kaeviku seina alaosas leidub saviosakeste uhtejooi vertikaalsel liivpinnasel. Sellest järeldati lühiajalise survealise vee tekkimist vundamendi alaosas.

Siseruumides tehtud uuringud näitasid, et keldriruumide külmasildade ümbruses on kohati võimalik kondenseerumine ja hallitus. Välispiirde kondenseerumisriski arvutus näitas, et välispiirde kõige õhemas kohas puudub kondenseerumisrisk, millest järeldati, et ka mujal välispiirdes risk puudub.

Hoonet uurides leiti, et puudub vundamendi hüdroisolatsioon ning dreanaaži- ja vihmavee äravoolusüsteem. Hoone hoovipoolsel küljel esines vihmajärgu ajal seisvat vett, mis voolas sokli suunas. Sellest järeldati, et hoone niiskuskahjustuste peamiseks põhjuseks on vihmaveest tingitud pinnaseniiskuse ja lühiajalise survealise vee levik välispiirde konstruktsioonidesse.

Niiskuskahjustuste tekke vastu pakuti välja hoone vundamendi hüdroisoleerimine, vundamendi ja põranda soojustamine ning dreanaaži ja vihmavee äravoolusüsteemi rajamine. Hoone hüdroisoleerimiseks pakuti OÜ Langeproon Inseneriehituse poolt pakutavate toodete alusel neli võimalikku vertikaalset ja üks horisontaalne hüdroisolatsioonilahendus. Selleks kasutati järgmiste tootjate tooteid: EPASIT, GRACE, Xypex ja MC-Bauchemie. Soojustuseks pakuti EPS ehk vahtpolüstereen plaate ettevõttelt ESTplast, mis integreeriti juba hüdroisolatsiooni tegemise variantidesse. Lisaks kasutati AS Silikaat betoonisegu ja tsementkrohvi tasandus või valutöödeks. Dreanaaži ja vihmavee äravoolusüsteemi rajamiseks anti esmased juhised ning määrati dreanaažitoru, sadeveetoru ja õuekaev ligikaudne paiknemine krundil.

Kõikide pakutud tööde jaoks koostati esmane maksumuse hinnang EKE NORA poolt välja töötatud ühikhindade ning tootjapoolse info järgi.

Töö eesmärgid said täidetud.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Budhu, M. (2007). Soil mechanics and foundations. USA: John Wiley & Sons.
- Cernica, J.N. (1995). Geotechnical Engineering: Foundation Design. New York: John Wiley & Sons.
- Ehituskonstruktori käsiraamat. (2012). Toimetaja Tiit Masso. Tallinn: "Ehitame" kirjastus.
- Ehitusuuringud. Teenused. Termografeerimine. [WWW] <http://www.ehitusuuringud.ee/teenused/termografeerimine/> (18.05.2016)
- EVS 1997-1:2005. Geotehniline projekteerimine. Osa 1: Üldeeskirjad. 2003. Eesti Standardikeskus.
- EVS-EN ISO 14688-1:2003+A1:2013. Geotehniline uurimine ja katsetamine. Pinnase identifitseerimine ja liigitamine. Osa 1: Identifitseerimine ja kirjeldamine. 2013. Eesti Standardikeskus.
- Flir. Flir Ex-Series Technical specifications. [WWW] <http://www.flir.com/cs/emea/en/view/?id=61456> (16.05.2016)
- Gonzales de Vallejo, L.I., Ferrer, M. (2011). Geotechnical engineering. London: Taylor & Francis Group.
- Infoleht: Bituthene 4000. (2015). Tallinn: OÜ Langeproon Inseneriehitus [WWW] [http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Bituthene\\_4000\\_EST.pdf](http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Bituthene_4000_EST.pdf) (18.05.2016)
- Infoleht: Paks bituumenkate epasit bdk/2k. (2015). Tallinn: OÜ Langeproon Inseneriehitus [WWW] <http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/epasit-bdk-2k-2014.pdf> (18.05.2016)
- Infoleht: MineralDicht. (2015). Tallinn: OÜ Langeproon Inseneriehitus [WWW] <http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/MineralDicht.pdf> (18.05.2016)
- Infoleht: XYPEX Admix. (2015). Tallinn: OÜ Langeproon Inseneriehitus [WWW] [http://www.xypex.com/docs/default-source/product-data-\(a4\)/\(a4\)-admix-c-1000-nf.pdf?sfvrsn=10](http://www.xypex.com/docs/default-source/product-data-(a4)/(a4)-admix-c-1000-nf.pdf?sfvrsn=10) (18.05.2016)
- Infoleht: XYPEX Concentrate. (2015). Tallinn: OÜ Langeproon Inseneriehitus [WWW] [http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Xypex\\_Concentrate1.pdf](http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Xypex_Concentrate1.pdf) (18.05.2016)
- Infoleht: MC-Injekt GL-95. (2015). Tallinn: OÜ Langeproon Inseneriehitus [WWW] [http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/MC-Injekt\\_GL-95.pdf](http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/MC-Injekt_GL-95.pdf) (18.05.2016)

Infoleht: ESTplast EPS (2015). Maardu: Estplast Tootmine OÜ  
[WWW][http://www.estplast.ee/booklets/Perimeeter\\_Pluss\\_EST.pdf](http://www.estplast.ee/booklets/Perimeeter_Pluss_EST.pdf) (18.05.2016)

Infoleht: Extech. Extech RHT20 [WWW]  
[http://www.extech.com/instruments/resources/datasheets/RHT20\\_DS-en.pdf](http://www.extech.com/instruments/resources/datasheets/RHT20_DS-en.pdf)  
(18.05.2016)

Jaaniso, V. (2012). Pinnasemehaanika. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.

Kaart: Delfi [WWW]<http://kaart.delfi.ee/> (18.05.2016)

Kalamees, T. Eesti eluasemefondi puitkorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. 2011. Tallinna Tehnikaülikooli Ehitusteaduskond. [WWW]  
[http://www.kredex.ee/public/Uuringud/TTY\\_Puitelamute\\_uuring.pdf](http://www.kredex.ee/public/Uuringud/TTY_Puitelamute_uuring.pdf) (30.05.2016)

Kultuurimälestiste riiklik register. Valga Muusikakooli hoone.  
[WWW]<http://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=4503> (30.05.2016)

Lemberg, U. (2012). „Pinnase liigitamine geotehnikas. - Keskkonnatehnika, 2/12, lk. 16-19.

Pohl, R. (1999). „Ehitiste hüdroisolatsioon: Mida võimaldavad kaasaegsed hüdroisolatsioonimaterjalid“ Tallinn: Schomburg.

Tarmatrade. Hoonete hüdroisolatsioon. [WWW]  
<http://www.tarmatrade.ee/File/hoonetehydro.pdf> (15.05.2016)

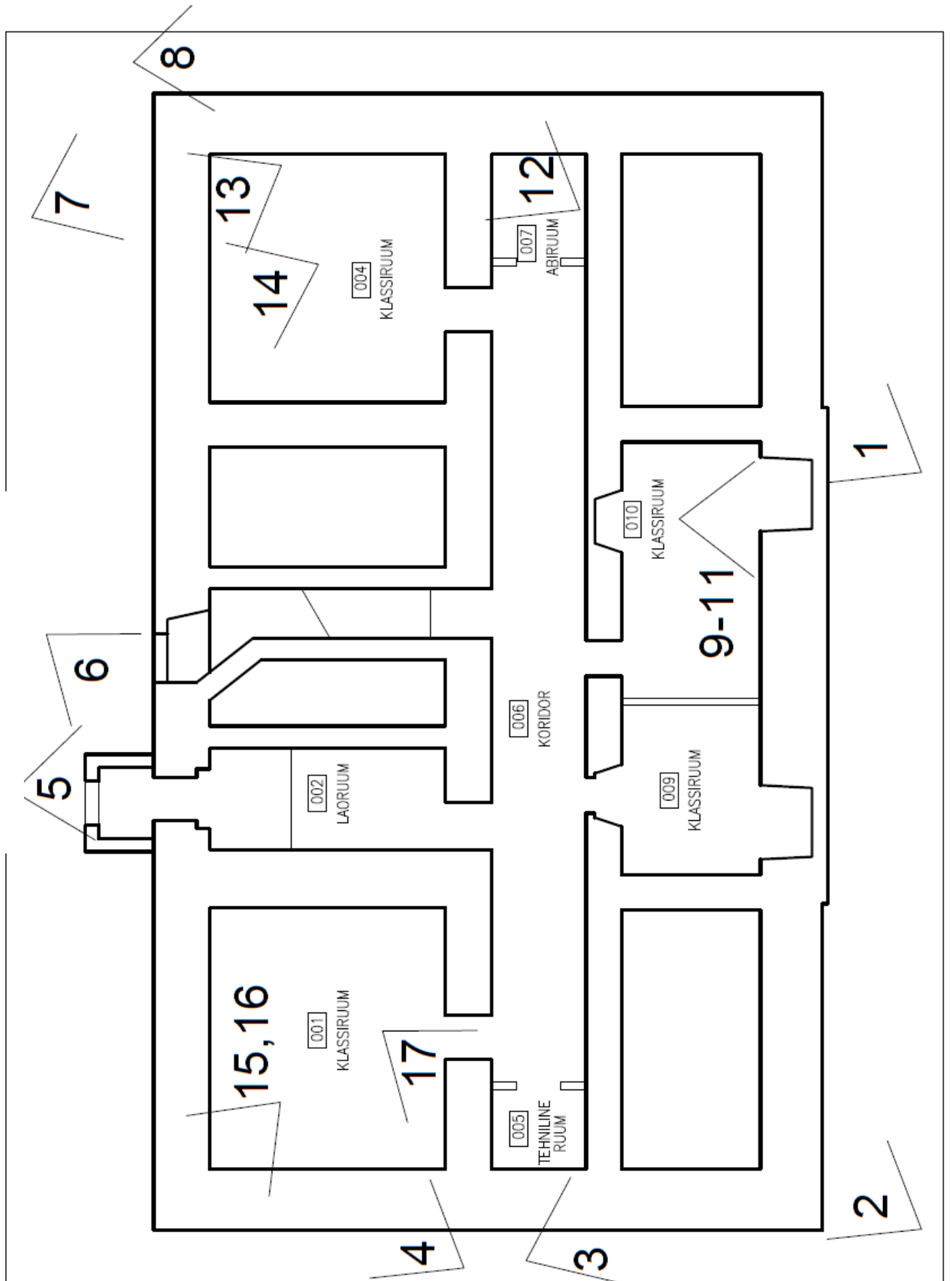
Tarmatrade. Seinä kondenseerumisriski arvutus. [WWW]  
<http://www.tarmatrade.ee/File/FASSAADIDE%20HINGAMISE%20ARVUTUS.pdf>  
(30.05.2016)

LISA 1:

Valga Muusikakooli vundamendi niiskuskahjustused

Pildimaterjal

# Piltide asukoha kaart





**Pilt 1: Sokli tänavapoolne külg.** Pragunenud ja murenenud krohv. Kooruv värv.



**Pilt 2: Sokli tänavapoolne külg.** Pragunenud, murenenud ja lahtine krohv. Kooruv värv. Vanad parandused. Mõranenud ja lagununud tellised.





**Pilt 3: Sokli parklapoolne külg suunaga täna poole.** Pragunenud ja murenenud krohv. Kooruv värv. Vanad parandused nähtaval. Välisõhu sissetõmbeava kütteelementi.



**Pilt 4: Sokli parklapoolne külg suunaga hoovi poole.** Pragunenud ja murenenud krohv. Vana parandus. Suur pragu jookseb mööda seinä üles. Roostes ventilatsiooniava.



**Pilt 5: Hoovipoolse külje väike eeskoda.** Lagunenud betoon. Iseloomuliku horisontaalse prao sees on näha niiskustakistust kapillaartõusu tõkkeks.



**Pilt 6: Hoovipoolne külg. Sissekäik harjaruumi.** Lagunenud betoonist vihmavee suunaja. Vetikad veerenni juures. Hoone välispind on krohvitud ja värvitud kuni maapinnani.





**Pilt 7: Hoovipoolne nurk teise maja vastas.** Betoonpandus on mõranenud ja laseb vett läbi. Mõlemal hoonel on näha pritsmeveest tulenevaid kahjustusi seinal.



**Pilt 8: Külgnemine kõrvalmajaga.** Betoonpandust kahe maja vahel läbib üks pikk mõra, mis laseb kogu vee läbi. Hoone küljel on nähe vetikaid. Eelnevad parandused.



**Pilt 9:** Klassiruum 10 radiaatori kohal olev niiskuskahjustus. Kondensvee teke peale kütmist.



**Pilt 10:** Klassiruumi 10 välisseina süvendi nurk. Mahakooruv pragunenud krohv. Kapillaarniiskusest laevõlvi küljest lahti oleb krohv.



**Pilt 11: Klassiruum 10 välisseina süvendi nurk.** Krohv on uelt tasanduskihilt maha tulnud. Värv koorub krohvilt maha.



**Pilt 12: Abiruum 7.** Krohvikahjustused. Krohv on värvunud tumedamaks ning osaliselt puudu.



**Pilt 13: Klassiruum 4 välissein.** Krohv koorub seinalt maha. Vanad krohvi ja värvi kihid on jäetud uute alla. Pudenev värv.



**Pilt 14: Klassiruum 4 võlvlae välisseinapoolne külg.** Krohv ei püsi laes. Seinal on näha pragusid.





**Pilt 15: Klassiruum 1 välisseina nurk. Kondensvee kahjustused.**



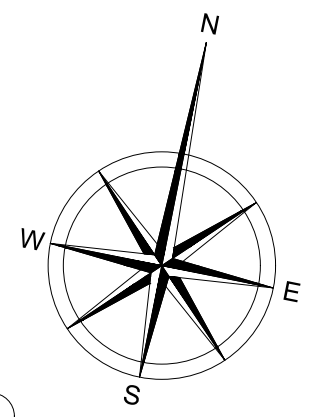
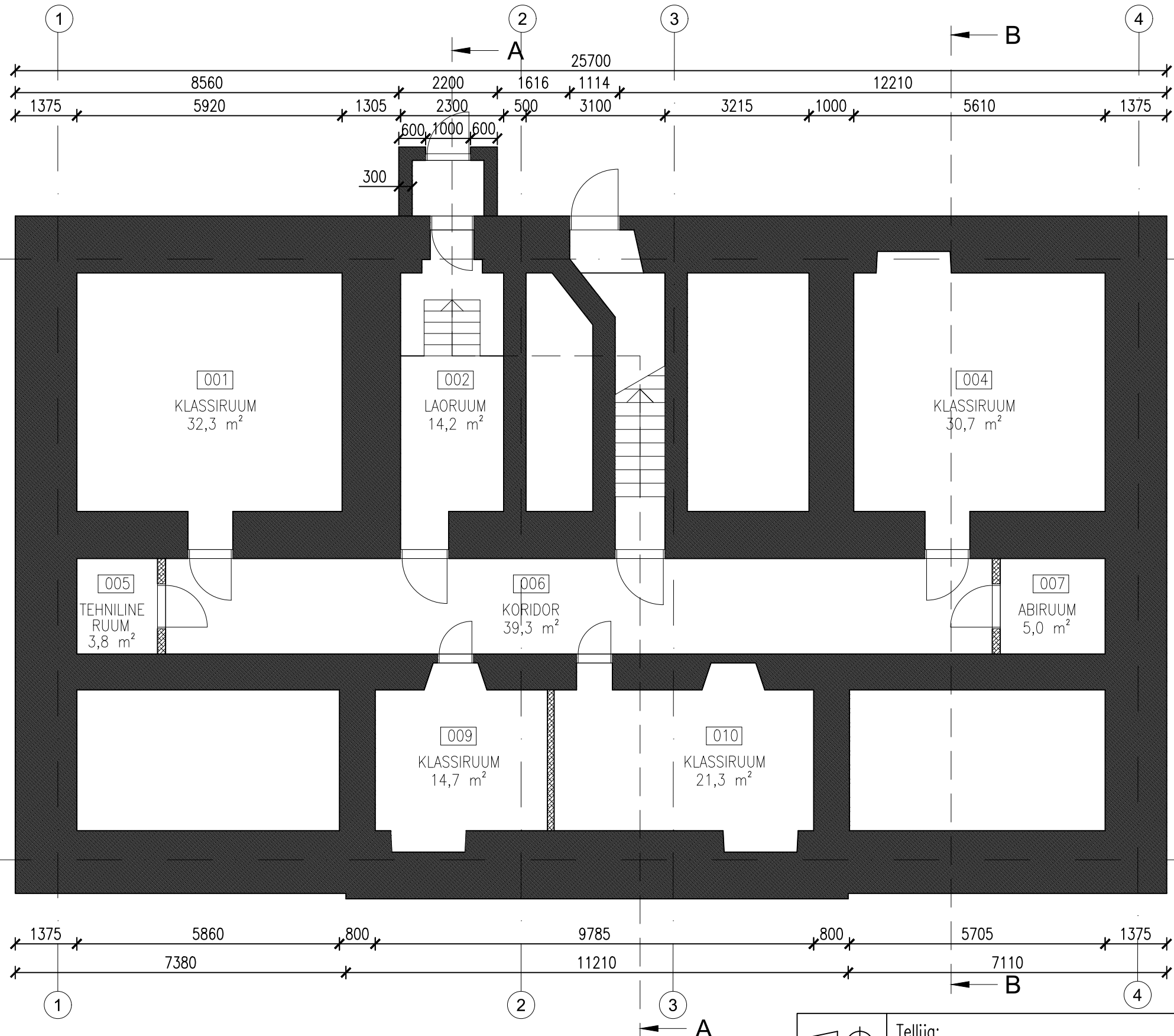
**Pilt 16: Klassiruum 1 välisseina ja võlvlae nurk. Krohv on seinä küljest lahti.**



**Pilt 17: Klassiruum 1 ukseava.** Lagunenud krohv. Krohv on seina küljest lahti. Pudenev värv.

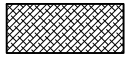



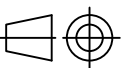
LISA 2  
Graafline osa

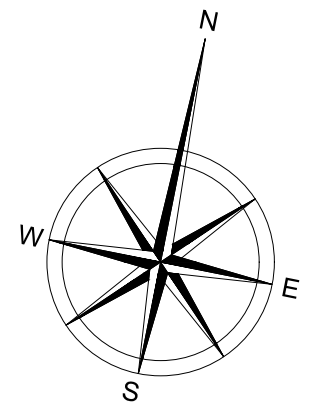
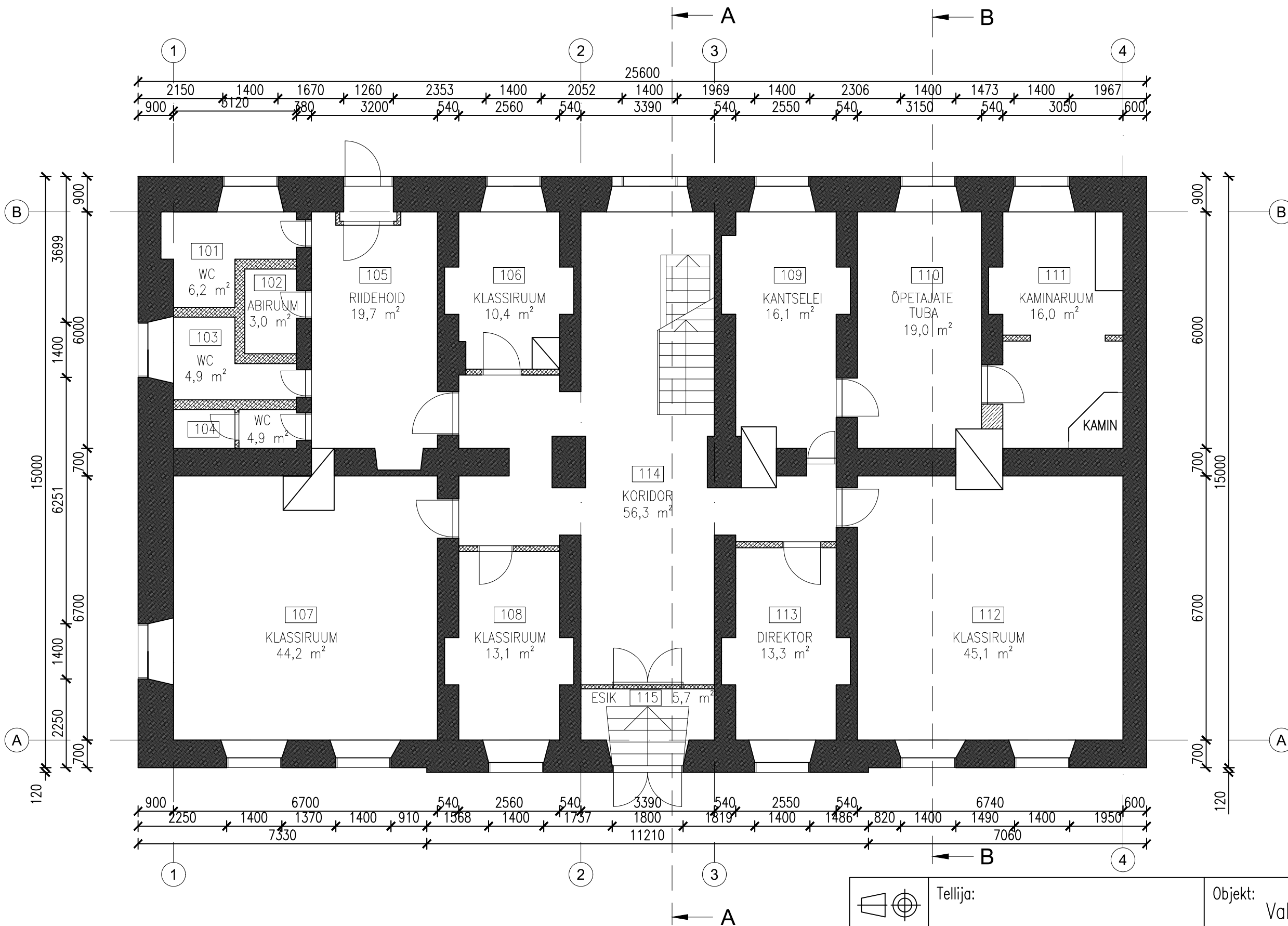


RUUMIDE EKSPLIKATSIOON

Nr	Nimetus	Pindala
001	Klassiruum	32,3 m <sup>2</sup>
002	Laoruum	14,2 m <sup>2</sup>
004	Klassiruum	30,7 m <sup>2</sup>
005	Tehniline ruum	3,8 m <sup>2</sup>
006	Koridor	39,3 m <sup>2</sup>
007	Abiruum	5,0 m <sup>2</sup>
009	Klassiruum	14,7 m <sup>2</sup>
010	Klassiruum	21,3 m <sup>2</sup>
KELDER KOKKU		161,3 m <sup>2</sup>

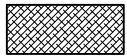

 - puitkarkass-vahesein  
 - tellissein

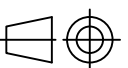
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	S. Lange		30.05.16	KELDRIKORRUSE PLaAN		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht:	Lehti:	Möötkava:
				1	17	1:100

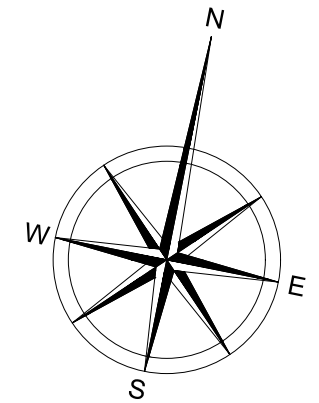


RUUMIDE EKSPLIKATSIION

Nr	Nimetus	Pindala
101	WC	6,2 m <sup>2</sup>
102	Abiruum	3,0 m <sup>2</sup>
103	WC	4,9 m <sup>2</sup>
104	WC	4,9 m <sup>2</sup>
105	Riidehoid	19,7 m <sup>2</sup>
106	Klassiruum	10,4 m <sup>2</sup>
107	Klassiruum	44,2 m <sup>2</sup>
108	Klassiruum	13,1 m <sup>2</sup>
109	Kantselei	16,1 m <sup>2</sup>
110	Õpetajate tuba	19,0 m <sup>2</sup>
111	Kaminaruum	16,0 m <sup>2</sup>
112	Klassiruum	45,1 m <sup>2</sup>
113	Direktori kabinet	13,3 m <sup>2</sup>
114	Koridor	56,3 m <sup>2</sup>
115	Esik	5,7 m <sup>2</sup>
I KORRUS KOKKU		277,9 m <sup>2</sup>

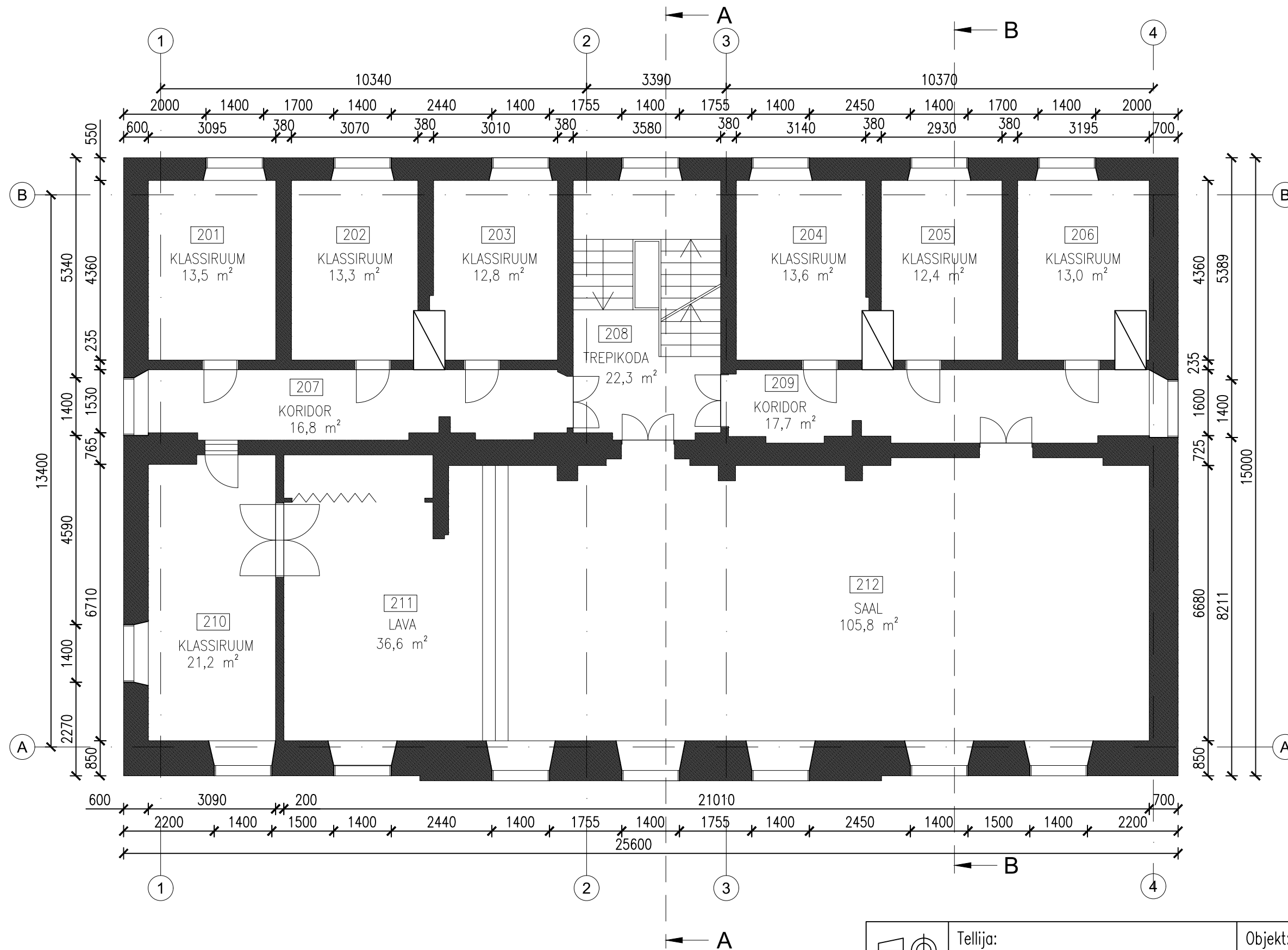
 - puitkarkass-vahesein  
 - tellissein

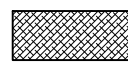

	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	S. Lange		30.05.16	ESIMESE KORRUSE PLAAN		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 2	Lehti: 17	Mõõtkava: 1:100

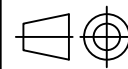


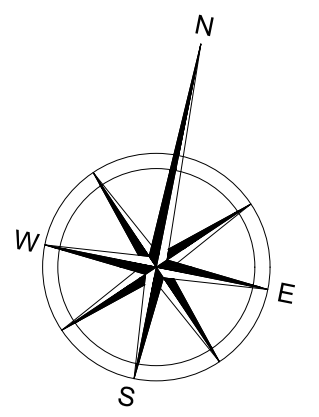
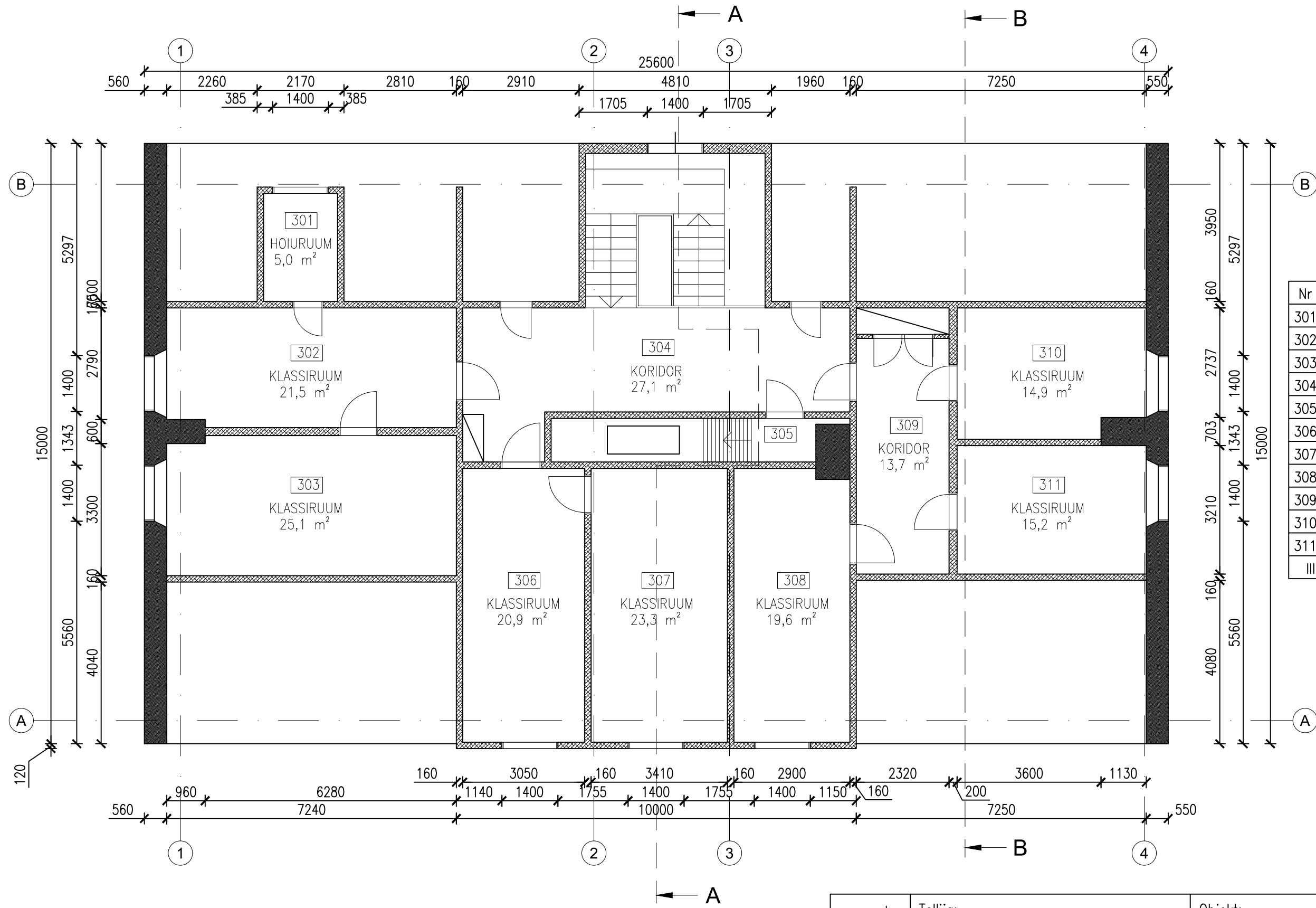
RUUMIDE EKSPLIKATSIOON

Nr	Nimetus	Pindala
201	Klassiruum	13,5 m <sup>2</sup>
202	Klassiruum	13,3 m <sup>2</sup>
203	Klassiruum	12,8 m <sup>2</sup>
204	Klassiruum	13,6 m <sup>2</sup>
205	Klassiruum	12,4 m <sup>2</sup>
206	Klassiruum	13,0 m <sup>2</sup>
207	Koridor	16,8 m <sup>2</sup>
208	Trepikoda	22,3 m <sup>2</sup>
209	Koridor	17,7 m <sup>2</sup>
210	Klassiruum	21,2 m <sup>2</sup>
211	Lava	36,6 m <sup>2</sup>
212	Saal	105,8 m <sup>2</sup>
II KORRUS KOKKU		299,0 m <sup>2</sup>



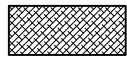

-  - puitkarkass-vahesein
-  - tellissein

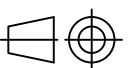
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	L. Veiderpass		30.05.16	TEISE KORRUSE PLAAN		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht:	Lehti:	Möötkava:
				3	17	1:100

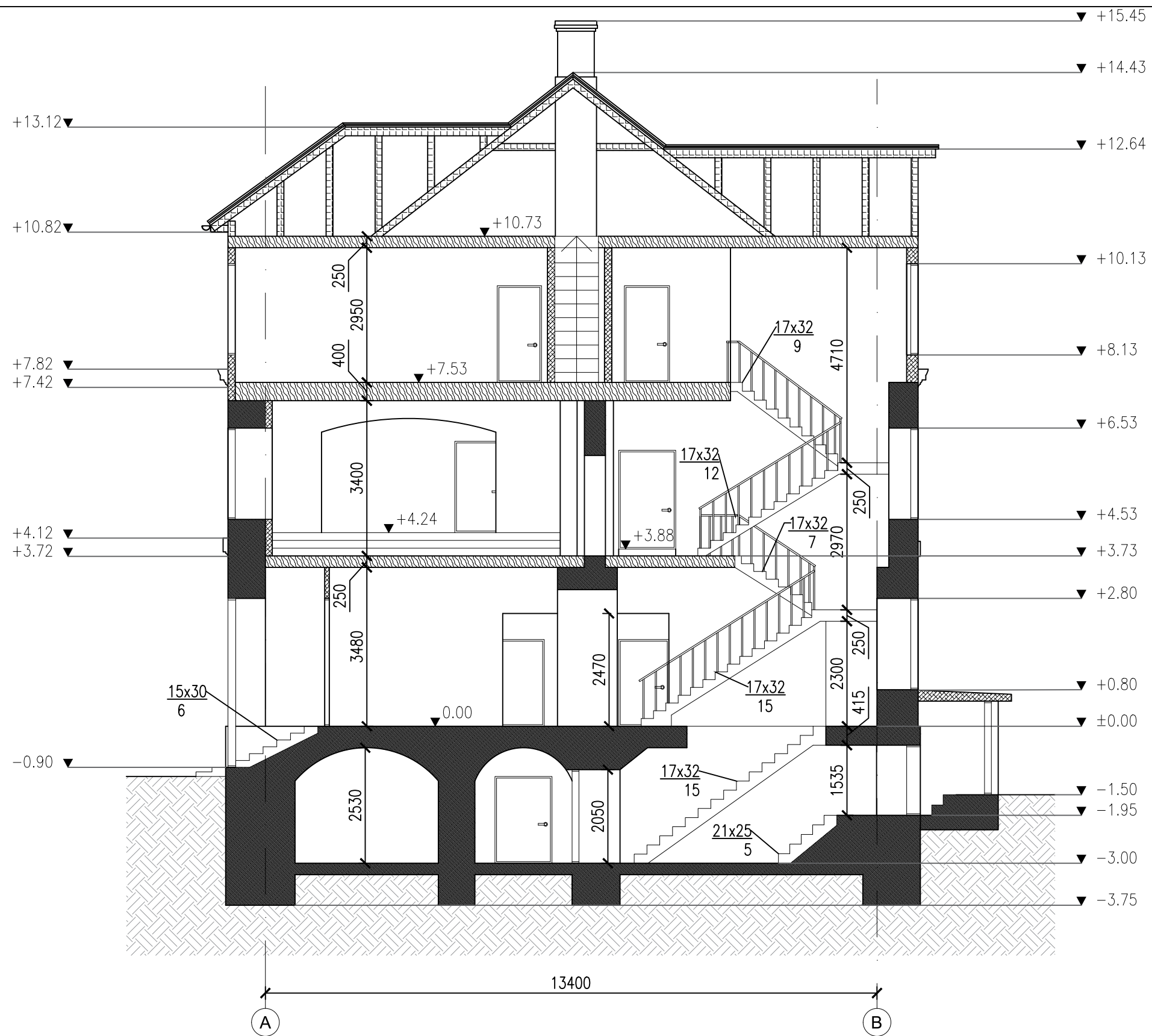


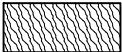



RUUMIDE EKSPLIKATSIOON


Nr	Nimetus	Pindala
301	Hoiuruum	5,0 m <sup>2</sup>
302	Klassiruum	21,5 m <sup>2</sup>
303	Klassiruum	25,1 m <sup>2</sup>
304	Koridor	27,1 m <sup>2</sup>
305	-	3,7 m <sup>2</sup>
306	Klassiruum	20,9 m <sup>2</sup>
307	Klassiruum	23,3 m <sup>2</sup>
308	Klassiruum	19,6 m <sup>2</sup>
309	Koridor	13,7 m <sup>2</sup>
310	Klassiruum	14,9 m <sup>2</sup>
311	Klassiruum	15,2 m <sup>2</sup>
III KORRUS KOKKU		190,0 m <sup>2</sup>

 - puitkarkass-vahesein  
 - tellissein

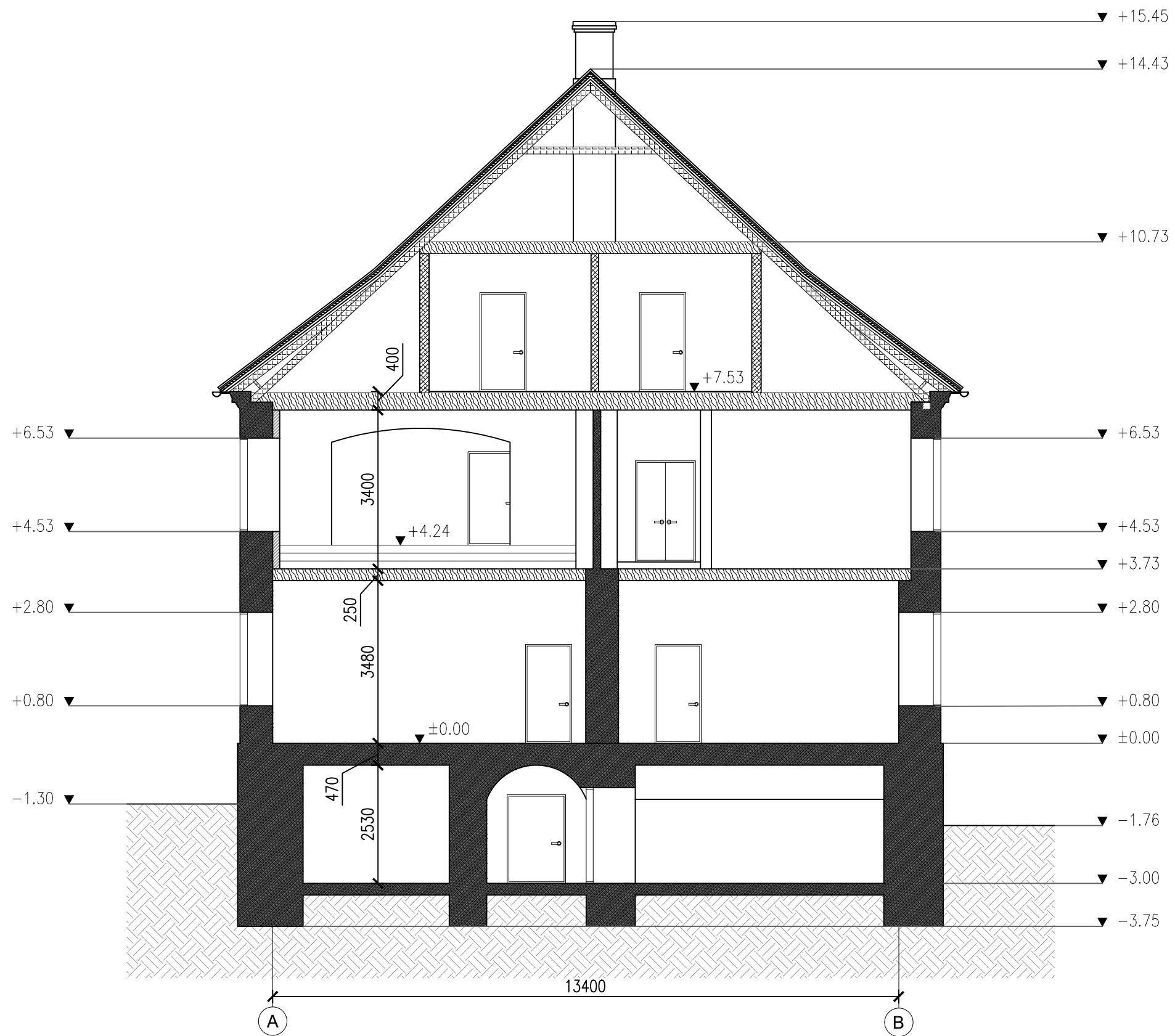
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	S. Lange		30.05.16	KATUSEKORRUSE PLAAN		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 4	Lehti: 17	Mõõtkava: 1:100



-  - vahelagi
-  - rõhtpalksein
-  - kivikonstruktsioon
-  - puidust katusekonstruktsioon

 Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
Koostas	S. Lange	Allkiri		Kuupäev	30.05.16
Juhendas	J. Tintera			Nimetus: LÕIGE A-A	
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 5	Lehti: 17
				Möötkava: 1:100	





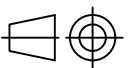
- vahelagi
- rõhtpalksein
- kivikonstruktsioon
- puidust katusekonstruktsioon

	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
	L. Veiderpass		30.05.16	LÕIGE B-B		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht:	Lehti:	Mõõtkava:
				6	17	1:100

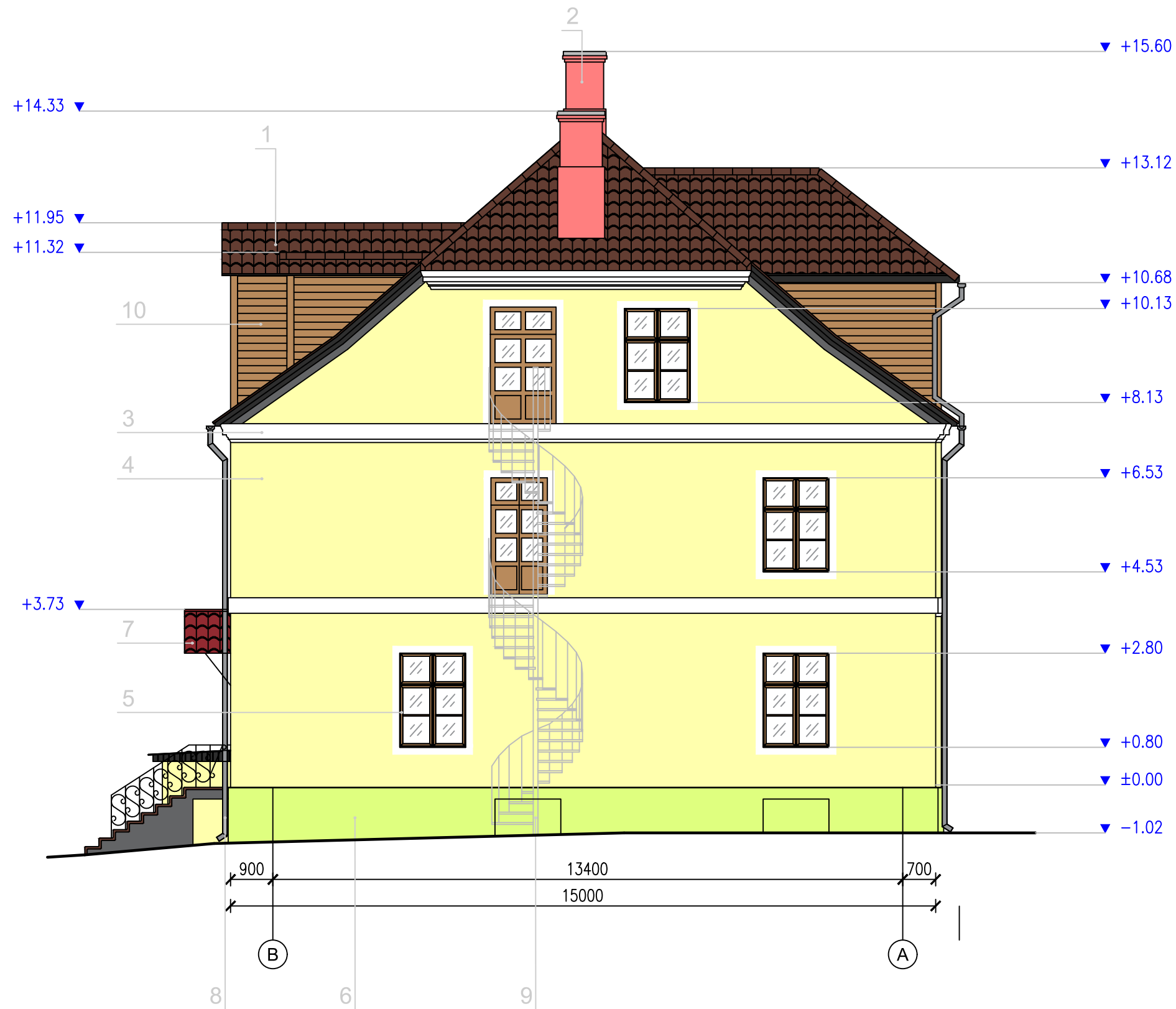


**Materjalide viimistlus:**

1. Katusekate – keraamiline kivi; toon: savipunane
2. Korstnad – krohv; toon: roosa
3. Karniis – krohv; toon: valge
4. Seinad – krohv; toon: helekollane
5. Aknad – puit; toon: helepruun
6. Sokkel – krohv; toon: heleroheline
7. Peauks – puit; toon: pruun
8. Vihmaveesüsteem – ümar vihmaveetoru ja –renn; toon: helehall
9. Keerdtrepp – teras; toon: hall

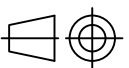
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	L. Veiderpass		30.05.16	VAADE LÕUNAST		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 7	Lehti: 17	Möötkava: 1:100





Materjalide viimistlus:

1. Katusekate – keraamiline kivi; toon: savipunane
2. Korstnad – krohv; toon: roosa
3. Karniis – krohv; toon: valge
4. Seinad – krohv; toon: helekollane
5. Aknad – puit; toon: helepruun
6. Sokkel – krohv; toon: heleroheline
7. Varikatus – katuseplekk; toon: tumepunane
8. Vihmaveesüsteem – ümar vihmaveetoru ja -renn; toon: helehall
9. Keerdtrepp – teras; toon: hall
10. Vintskapi seinad – puitlaudis; toon: helepruun

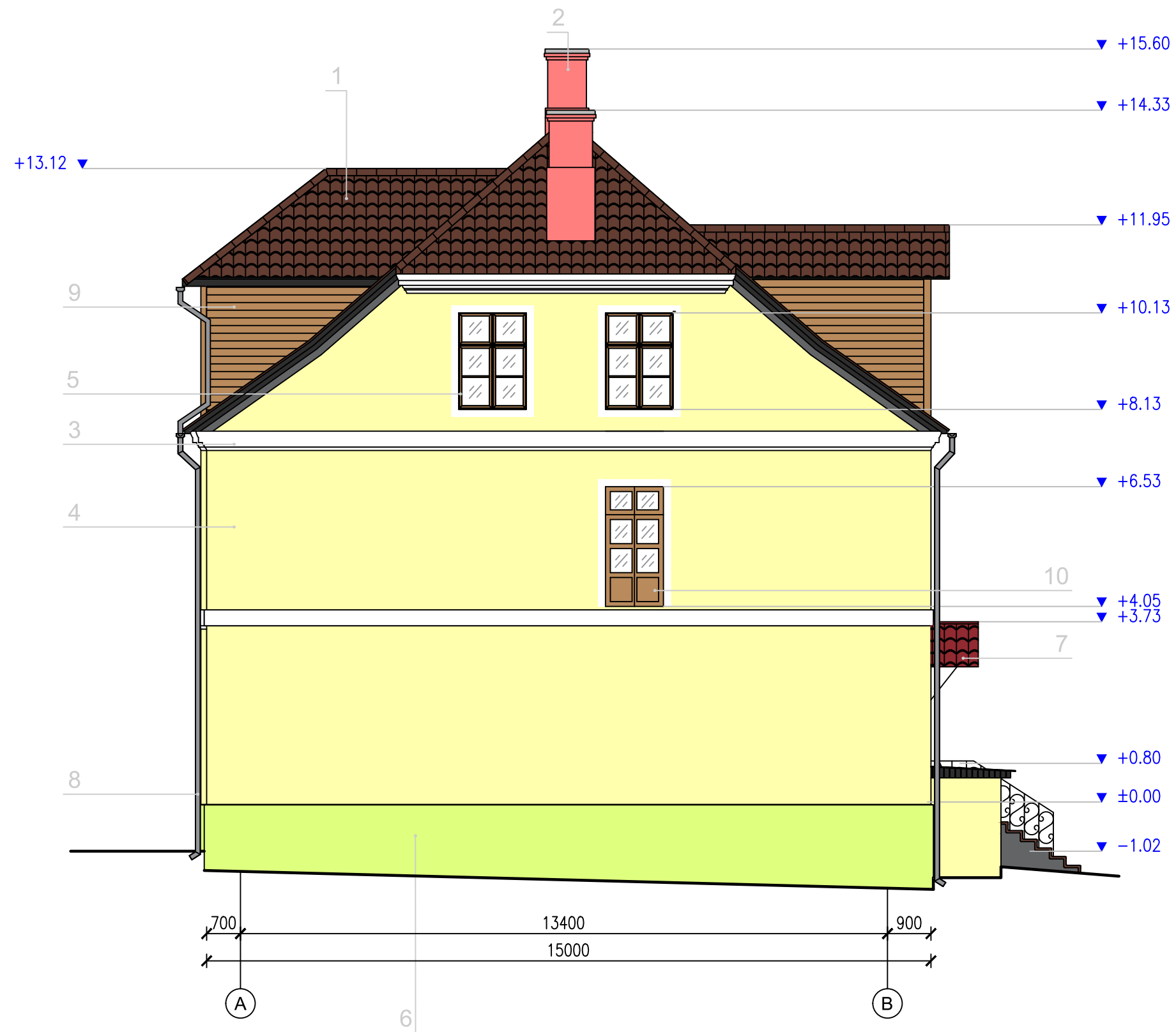
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
Koostas	L. Veiderpass		30.05.16	VAADE LÄÄNEST		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 8	Lehti: 17	Möötkava: 1:100



Materjalide viimistlus:

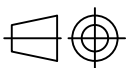
1. Katusekate – keraamiline kivi; toon: savipunane
2. Korstnad – krohv; toon: roosa
3. Karniis – krohv; toon: valge
4. Seinad – krohv; toon: helekollane
5. Aknad – puit; toon: helepruun
6. Sokkel – krohv; toon: heleroheline
7. Varikatus – katuseplekk; toon: tumepunane
8. Vihmaveesüsteem – ümar vihmaveetoru ja –renn; toon: helehall
9. Keerdtrepp – teras; toon: hall
10. Vintskapi seinad – puitlaudis; toon: helepruun
11. Uks (varuväljapääs) – puit; toon: helepruun
12. Keldriuks – puit; toon: helepruun
13. Kuuriuks – puit; toon: oranž

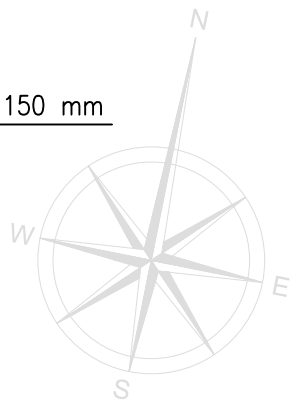
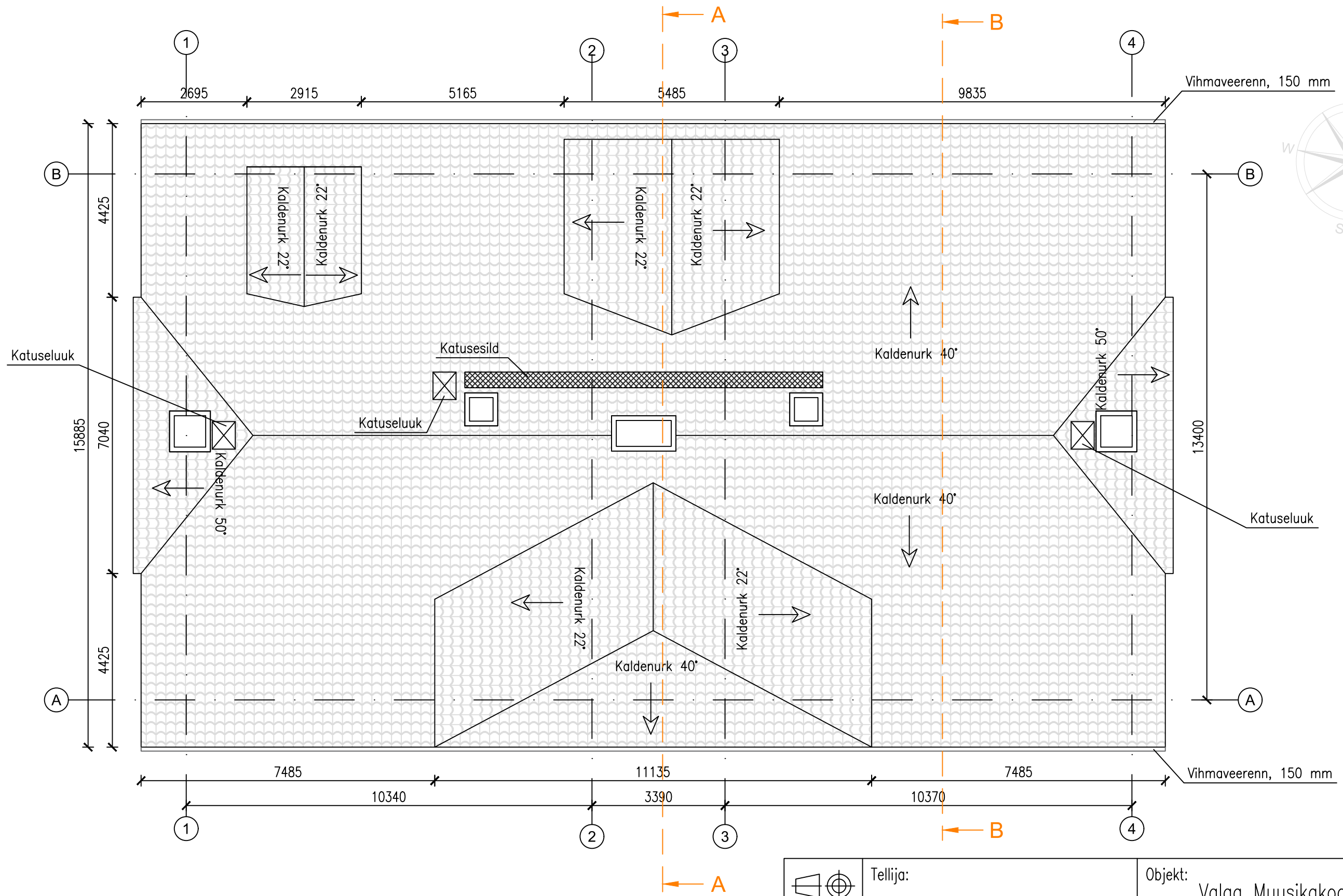
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
	L. Veiderpass		30.05.16	VAADE PÕHJAST		
Juhendas	J. Tintera			Leht:	Lehti:	Mõõtkava:
TTÜ Tartu Kolledž				9	17	1:100

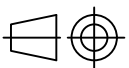


Materjalide viimistlus:

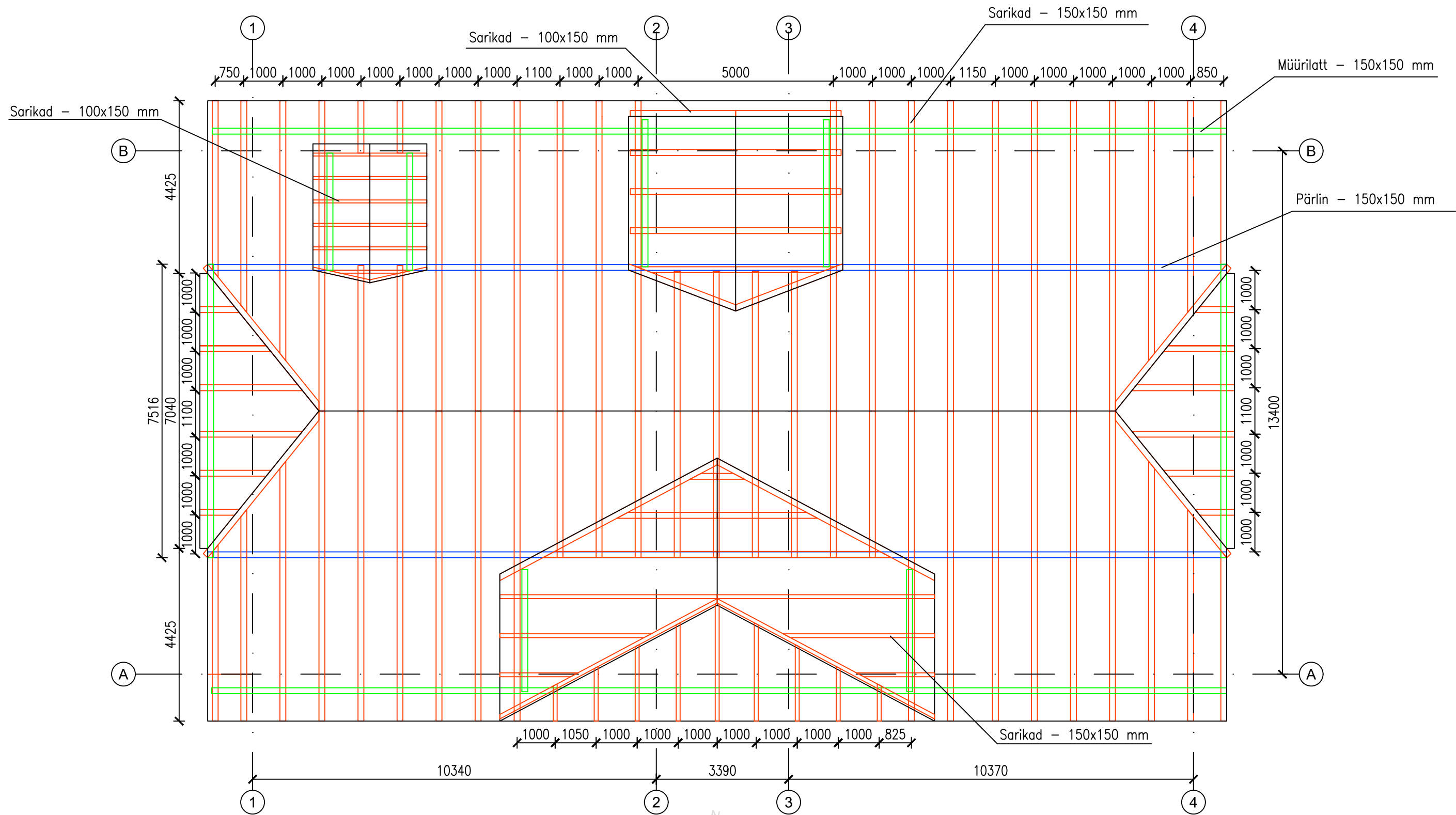
1. Katusekate – keraamiline kivi; toon: savipunane
2. Korstnad – krohv; toon: roosa
3. Karniis – krohv; toon: valge
4. Seinad – krohv; toon: helekollane
5. Aknad – puit; toon: helepruun
6. Sokkel – krohv; toon: heleroheline
7. Varikatus – katuseplekk; toon: tumepunane
8. Vihmaveesüsteem – ümar vihmaveetoru ja –renn; toon: helehall
9. Vintskapi seinad – puitlaudis; toon: helepruun
10. Uks – puit; toon: helepruun

	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
	L. Veiderpass		30.05.16	VAADE IDAST		
Juhendas	J. Tintera			Leht:	Lehti:	Mõõtkava:
TTÜ Tartu Kolledž				10	17	1:100

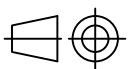


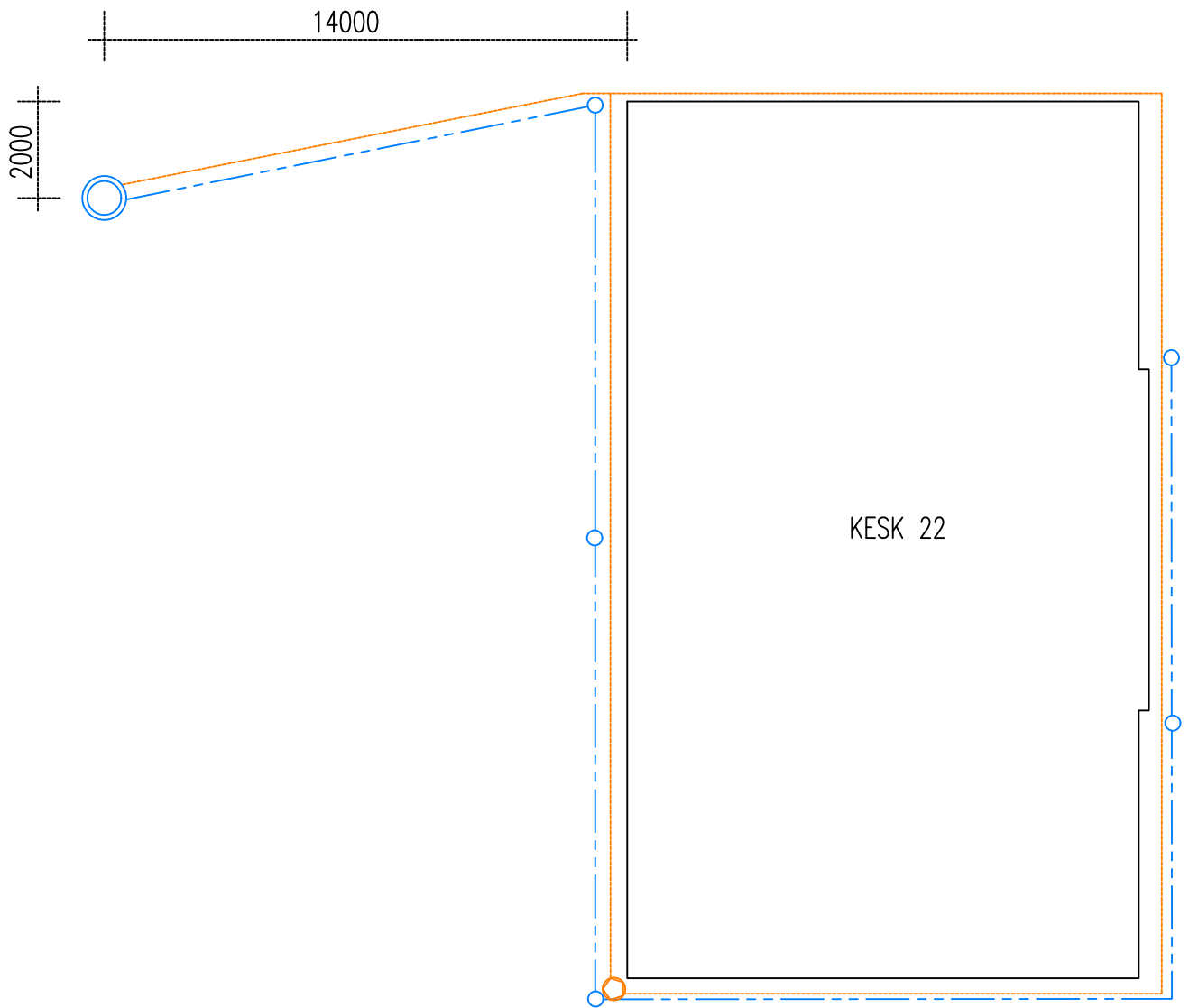
 Tellija:		Objekt: Valga Muusikakooli hoone	
Koostas	L. Veiderpass	Allkiri	Kuupäev
Juhendas	J. Tintera		30.05.16
TTÜ Tartu Kolledž		Leht: 11	Lehti: 17
		Möötkava: 1:100	

Nimetus:  
**KATUSEPLAAN**

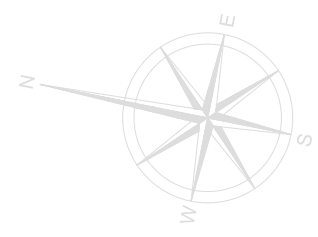


Sarikad - 150x150 mm/100x150 mm  
 Müürilatt - 150x150 mm  
 Penn - 50x150 mm  
 Pärlin - 150x150 mm

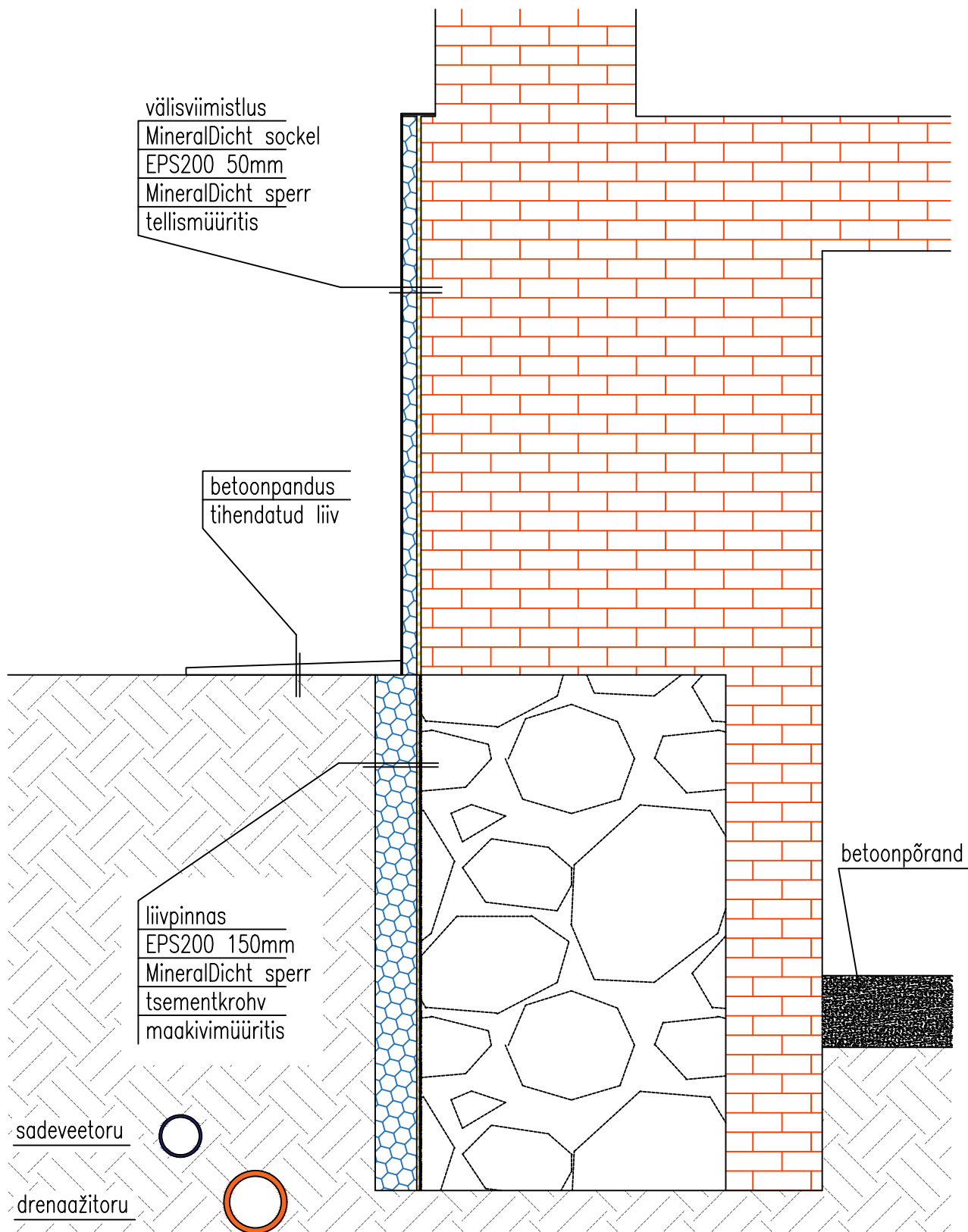
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus:		
	L. Veiderpass		30.05.16	KATUSEKANDJATE PLAAN		
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht:	Lehti:	Möötkava:
				12	17	1:100



- Šuekaev
- Drenaažikaev
- Sadeveelehtrid
- Drenaažitoru
- Sadeveetoru

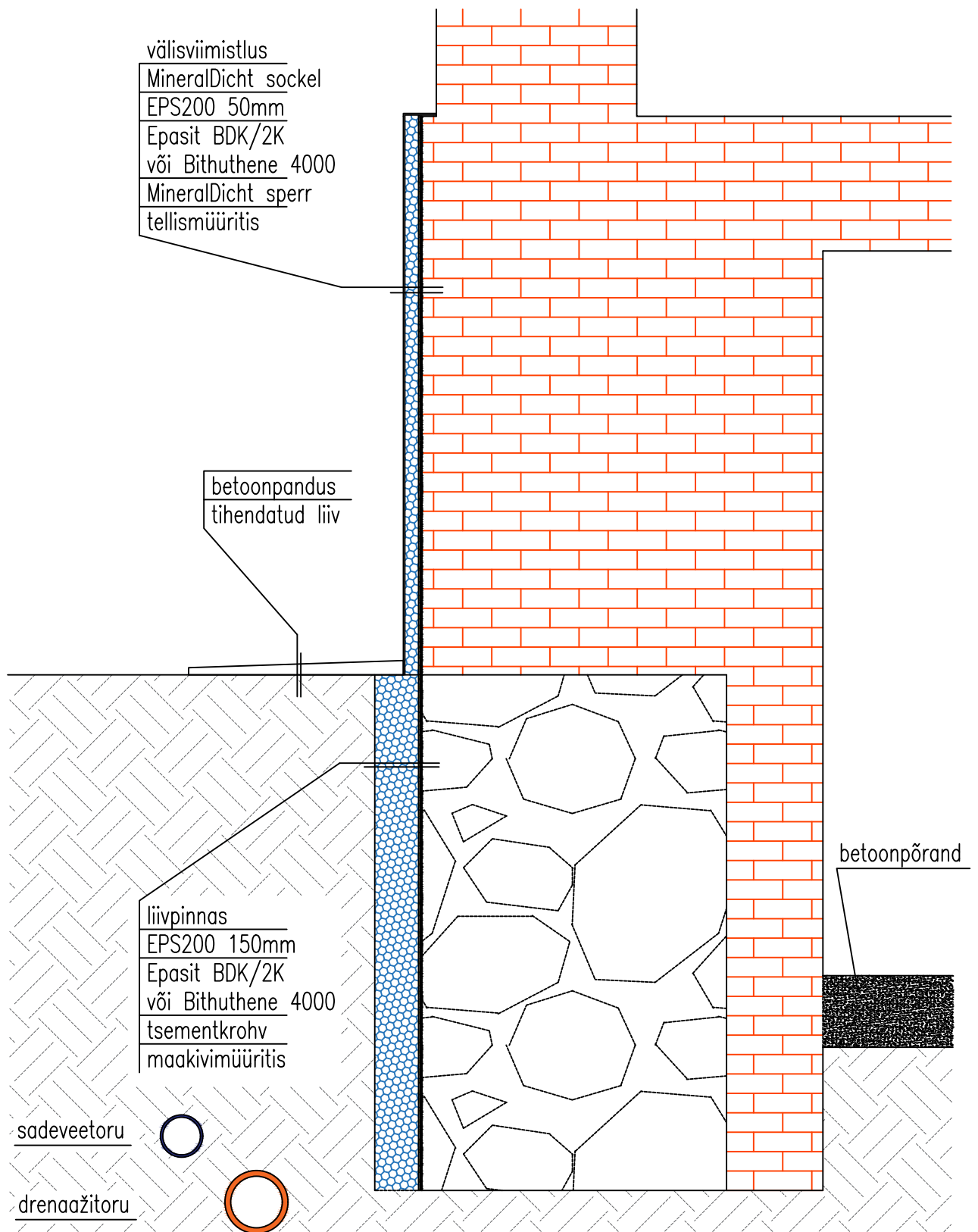


	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: <b>DRENAAŽI- JA SADEVEESÜSTEEM</b>		
Koostas	S. Lange		30.05.16			
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 13	Lehti: 17	Mõõtkava: 1:10



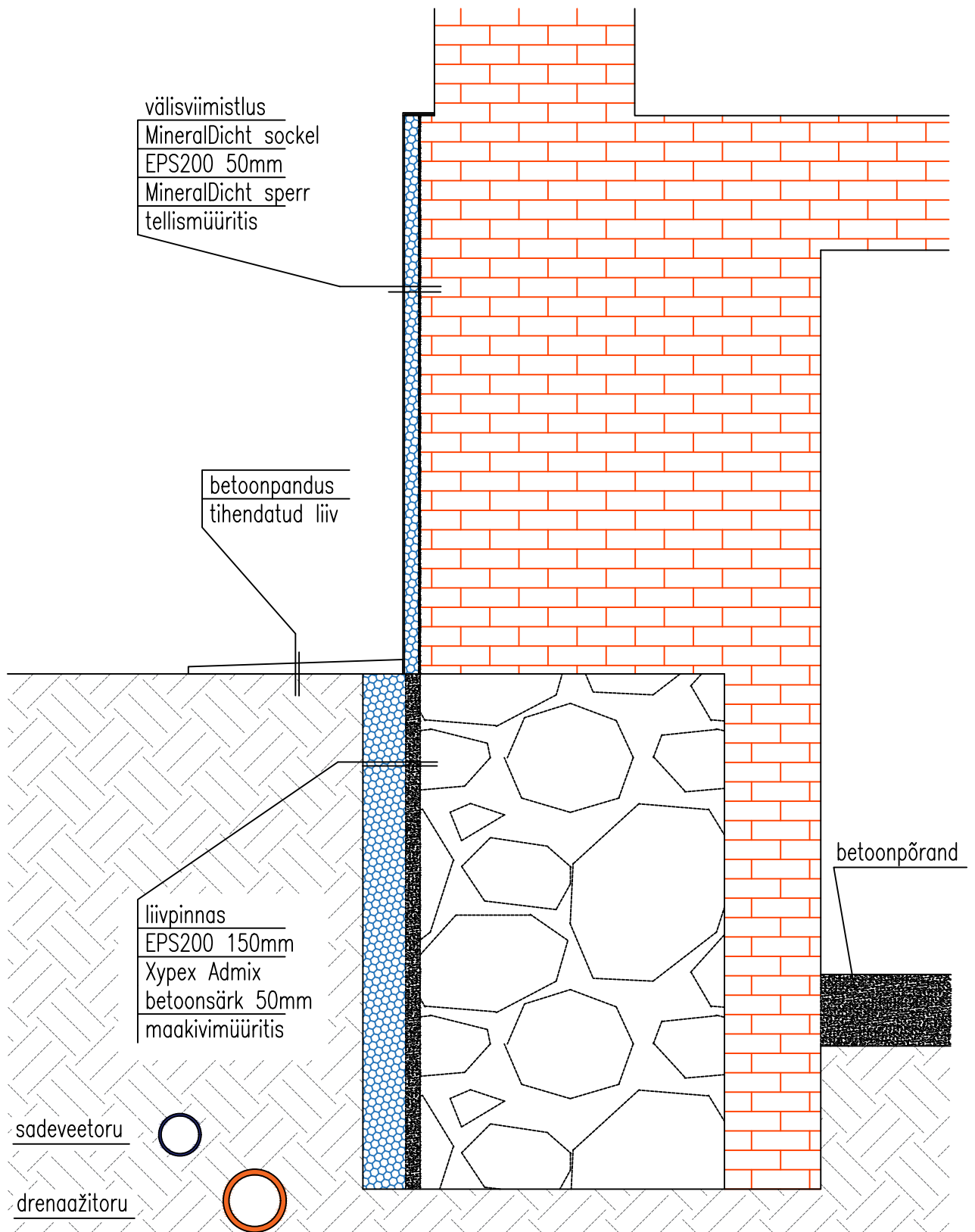
	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Hüdroisolatsioon tootega Epasit MineralDicht		
Koostas	S. Lange		30.05.16			
Juhendas	J. Tintera			Leht: 14    Lehti: 17    Mõõtkava: 1:10		
TTÜ Tartu Kolledž						



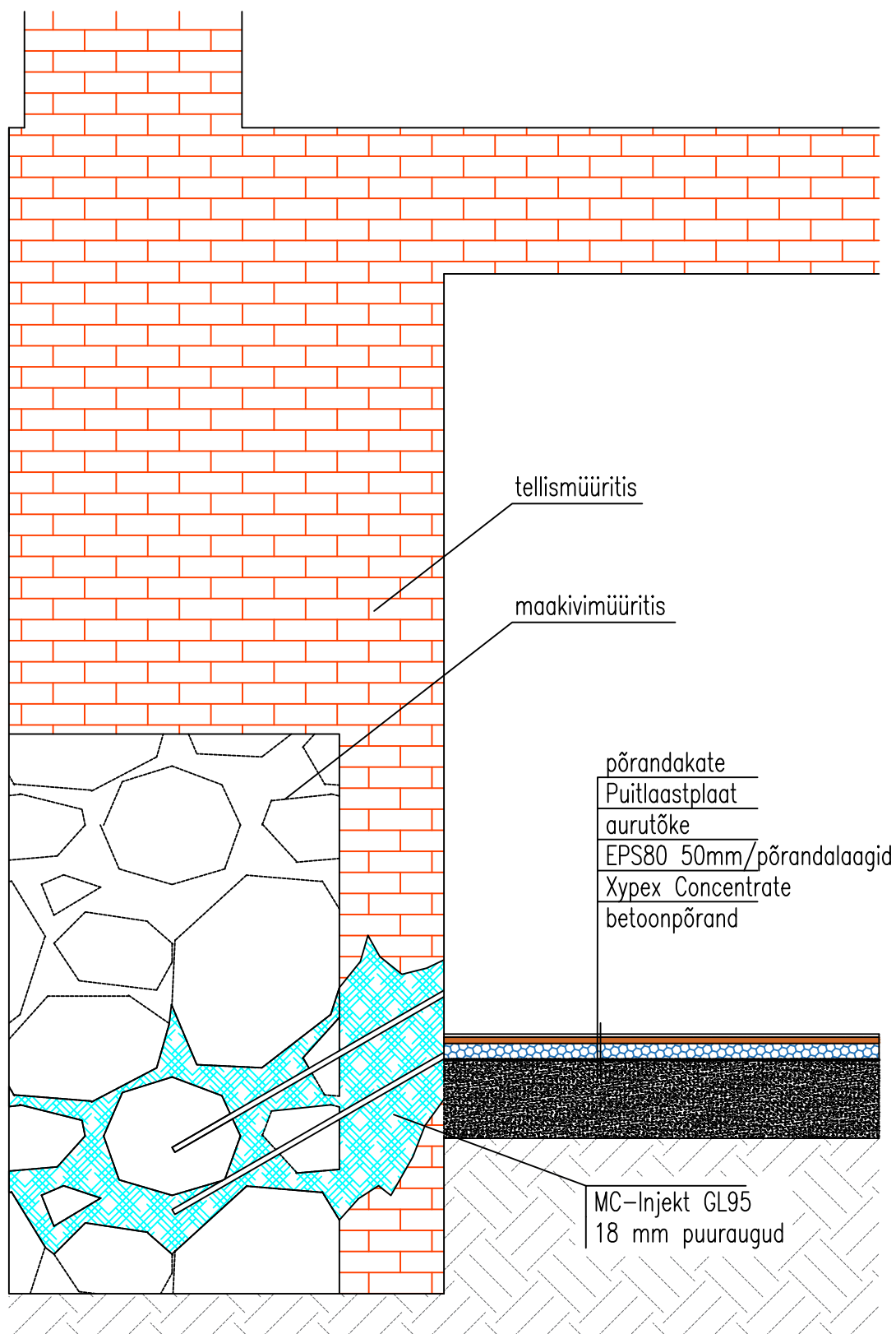


	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Hüdroisolatsioon tootega Epasit BDK/2K või GRACE Bithuthene 4000		
Koostas	S. Lange	30.05.16				
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht:	Lehti:	Mõõtkava:
				15	17	1:10





	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: Hüdroisolatsioon tootega Xypex Admix		
	Koostas	S. Lange	30.05.16			
Juhendas	J. Tintera					
TTÜ Tartu Kolledž				Leht: 16	Lehti: 17	Mõõtkava: 1:10



	Tellija:			Objekt: Valga Muusikakooli hoone		
	Koostas	Allkiri	Kuupäev	Nimetus: HORISONTAALNE HÜDROISOLATSIOON		
Koostas	L. Veiderpass		30.05.16			
Juhendas	J. Tintera			Leht: 17    Lehti: 17    Mõõtkava: 1:10		
TTÜ Tartu Kolledž						