



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Säästva tehnoloogia õppetool

ENDISE A. M. LUTHERI MÖÖBLIVABRIKU
MASINASAALI RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONIDE
SEISUKORRA HINDAMINE

*CONDITION ASSESSMENT OF THE FORMER A. M. LUTHER'S FURNITURE FACTORY
MACHINE ROOM'S REINFORCED CONCRETE STRUCTURES*

Magistritöö

Tööstus- ja tsiviilehitus spetsialiseerumisega ehitiste restaureerimisele

Üliõpilane: Merith Auksmann

Juhendaja: Maari Idnurm

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: 110651EAEI

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

..... (juhendaja allkiri ja kuupäev)

Kaitmisele lubatud: (kuupäev)

Kaitsemiskomisjoni esimees: (allkiri)

EESSÕNA

Käesolev lõputöö käsitleb A. M. Lutheri mööblivabriku ajalugu, vabriku masinasaali ehitamist ja kujunemislugu. Töös on fokuseeritud peamiselt masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide seisukorra hindamisele ja lisaks on lühidalt välja pakutud restaureerimiskontseptsioon.

Lõputöö teema pakkus mulle juhendaja Maari Idnurm ajendatult tööst ettevõttes Ekspertiis ja Projekt OÜ, mis tol hetkel hakkas tegelema A. M. Lutheri masinasaali ekspertiisi ning eelprojekti koostamisega. Ekspertiisi eesmärgiks oli selgeks teha masinasaali funktsioonita osa kahjustuste ulatus, mis hilisemalt aitaks hinnata ehitustööde täpsemat maksumust. Lõputöö teostamise käigus omandasin täpsema ülevaate meetoditest, kuidas selgitada välja raudbetooni omadused ja hoone valmimisaegsetest töömeetoditest.

Sooviksin tänada Maari Idnurme põhjaliku juhendamise eest ja teisi Ekspertiis ja Projekt OÜ kollektiivi liikmeid, kes abistasid objektil andmete kogumisega. Samuti sooviksin tänada oma vanemaid ja Ragnar Nõmmelat, kes olid töö valmimise kestel moraalseks toeks.

ABSTRACT

Author: Auksmann, M; Title: „Condition assessment of the former A. M. Luther’s furniture factory machine room’s reinforced concrete structures“, Master of Science thesis; Number of volumes: 1; Place and year of assembly: Tartu, 2016; Total number of pages: 99 ; Number of illustrations: 19; Number of photos: 41 , Number of tables: 10; Format of drawings: A3; Number of drawings: 5; Language: Estonian.

The aim of this master’s thesis is to give a condition assessment for the former A. M. Luther’s furniture factory machine room’s reinforced concrete structures. The first part gives a brief overview of the history of reinforced concrete and the second part of the history of A. M. Luther’s furniture factory, also about building the new factory building and previous construction work in the machine room. The third part includes experiments made with the structures and condition assessment of the reinforced structures. The fourth part includes control calculations for the reinforced concrete massive slab ceiling and its pier foundations. The last and fifth part gives recommendations for restoration concepts. For its age, the reinforced concrete structures of the machine room are well preserved. 56% of the structures need small-scale repair work, but at the same time 23% of the structures need serious repair work and it is recommended that 21% of the structures should be demolished. With these results it is easier to predict the more accurate cost for the building restoration.

Drawings were designed with AutoCad 2016. STAAD.Pro V8i was used to calculate internal forces for different structures. All calculations were made according to valid standards in Estonia.

Keywords: condition assessment, reinforced concrete, A. M. Luther’s furniture factory, machine room, restoration.

SISUKORD

EESSÕNA	2
ABSTRACT	3
SISUKORD	4
TÄHISED JA LÜHENDID	7
SISSEJUHATUS	9
1. VARAJANE RAUDBETOON	10
2. LUTHERI VABRIKU AJALOO LINE ÜLEVA ADE	13
2.1. Uus vabrikuhoone	15
2.2. Masinasaali restaureerimine	18
3. MASINASAALI RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONID	21
3.1. Metoodika	21
3.2. Betooni keemilise koostise ja karboniseerumise määramine	23
3.2.1. Betooni keemiline koostis röntgenanalüüsi põhjal	25
3.2.2. Betooni karboniseerumise määramine röntgenanalüüsiga	26
3.2.3. Betooni karboniseerumise määramine fenoolftaleiiniga	26
3.3. Betooni survetugevus	30
3.3.1. Masinasaali vundamendikonstruktsioonid	31
3.3.2. Esimese korruse raamipostid	33
3.3.3. Vahelagi	36
3.4. Vundamendid	38
3.4.1. Vundamentide kirjeldus	38
3.4.2. Ehitusgeoloogilised tingimused	39
3.4.3. Vundamentide seisunditasemed	40
3.5. Vahelae postvundamendid	42
3.5.1. Vahelae postvundamentide kirjeldus	42
3.5.2. Postvundamentide seisunditasemed	43
3.6. Vahelagi	45
3.6.1. Vahelae kirjeldus	45
3.6.2. Vahelae seisunditasemed	46

3.7.	Esimese korruse raamipostid	48
3.7.1.	Raamkarkassi kirjeldus	48
3.7.2.	Raamipostide seisunditasemed	49
3.8.	Masinasaali katuslagi	51
3.8.1.	Katuslae kirjeldus	51
3.8.2.	Katuslae seisunditasemed	52
4.	KONTROLLARVUTUSED	55
4.1.	Arvutusmetoodika	55
4.2.	Vahelae paindekandevõime kontroll	56
4.3.	Vahelae postvundamendi kandevõime	58
5.	MASINASAALI RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONIDE RESTAUREERIMINE	61
5.1.	Eritingimused	61
5.2.	Esimene seisunditase	62
5.3.	Teine seisunditase	64
5.4.	Kolmas seisunditase	66
	KOKKUVÕTE	68
	KASUTATUD KIRJANDUS	70
	JOONISED	74
1.	Lutheri masinasaali funktsioonita osa vundamendid	75
2.	Lutheri masinasaali funktsioonita osa vahelae postvundamendid	76
3.	Lutheri masinasaali funktsioonita osa vahelagi	77
4.	Lutheri masinasaali funktsioonita osa raamipostid	78
5.	Lutheri masinasaali funktsioonita osa katuslagi	79
	LISAD	80
LISA 1.	Uurimistöödeks väljastatud Tallinna Kultuuriväärtuste Ameti luba nr. 14662	81
LISA 2.	Lutheri masinasaali betooniproovi analüüsi protokoll nr. RT-24.04.2016	83
LISA 3.	Schmidti vasara graafik lugemite korrigeerimiseks	87
LISA 4.	A. M. Lutheri mööblivabriku masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide kahjustused	88
	Lisa 4.1. Vundamendid	88
	Lisa 4.2. Vahelae postvundamendid	89

Lisa 4.3. Vahelagi	94
Lisa 4.4. Raamipostid	97
Lisa 4.5. Katuslagi	99

TÄHISED JA LÜHENDID

Ladina tähed

abs.km – absoluutkõrgusmärk, m

A-I – armatuurterase klass

A_{sI} – armatuuri pindala, mm²

b – ristlõike laius, mm

B – vundamendi talla laius, m

c' – pinnase efektiivnidusus, kPa

C(35/40) – betooni tugevusklass, MPa

d – pinnasesse jääva osa sügavus, m

d_I – ristlõike kasuskõrgus, mm

E – deformatsioonimoodul

EC – Euroopa ühendus

EN – Euroopa standard

EPN – Projekteerimismid

EVS – Eesti standard

f_{c,cube} – kuubiline survetugevus, Mpa

f_{cd} – betooni survetugevuse arvutusväärtus,
Mpa

f_{ck} – 28 päeva vanuse betooni silindrilise
normsurvetugevus, Mpa

f_{cm} – betooni silindrilise survetugevuse
keskmise suurus, Mpa

f_{yd} – armatuurterase
arvutusvoolavustugevus, Mpa

f_{yk} – armatuurterase normvoolavustugevus,
Mpa

G – alaliskoormus

h – ristlõike kõrgus, mm

ISO – Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon

k – karboniseerumistegur, mm/aasta^{1/2}

k' – filtratsioonimoodul, m/d

L – talla pikkus, m

l – katsekeha kõrgus, mm

M_{Ed} – arvutuslik paindemoment, kNm

M_{Rd} – arvutuslik paindekandevõime, kNm

M_y – paindemomendi y-telje suhtes arvutusväärtus, kNm

N_γ, N_q, N_c - kandevõime tegur

P - eelpingestusjõud

pH – vesinikekspONENT

q' – pinnasurve talla tasandis, kN/m²

q_k – kasuskoormus, kN/m²

Q_{k,1} – domineeriv muutuvkoormus

Q_{k,i} – muu muutuvkoormus

R₀ – arvutuslik tingtugevus, kPa

R_d – kandevõime, kN

RTL – Riigi Teataja Lisa

s – armatuuri samm, mm

SNiP – Nõukogude Liidus sätestatud ehituslikud normid ja eeskirjad

s_γ, s_q, s_c - talla kujutegur

t – betooni vanus, aasta

V_d – arvutiskoormus, kN

x – karboniseerumise sügavus, mm

Kreeka väiketähed

γ' – efektiivmahukaal, kN/m³

γ_1' – tallest ülalpool asuva pinnase mahukaal, kN/m³

γ_G – alaliskoormuse osavarutegur

γ_Q – muutuvkoormuse osavarutegur

γ_R – kandevõime osavarutegur

μ - suhteline moment

ω - survetsooni suhteline arvutuskõrgus

ω_c – tegur

ψ_0 – koormuse kombinatsioonitegur

φ' – efektiiv-sisehõõrdenurk, °

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö objektiks on osa endisest A. M. Lutheri mööblivabrikust, mis alates aastast 1999 on ehitismälestis. Käsitletav hoone on projekteeritud 1912. aastal arhitekt A. Bubõr poolt. Hoone puhul on tegemist suurejoonelise kahekorruselise raudbetoonkarkassil tehasehoonega, mis on poolenisti restaureeritud.

Lõputöös on mõnevõrra tuginetud Heiki Ontoni lõputööle „Investigation of the causes of deterioration of old reinforced concrete constructions and possibilities of their restoration“, kus on uuritud Tallinna ja Papissaare vesilennukite angaaride raudbetoonkonstruktsioone.

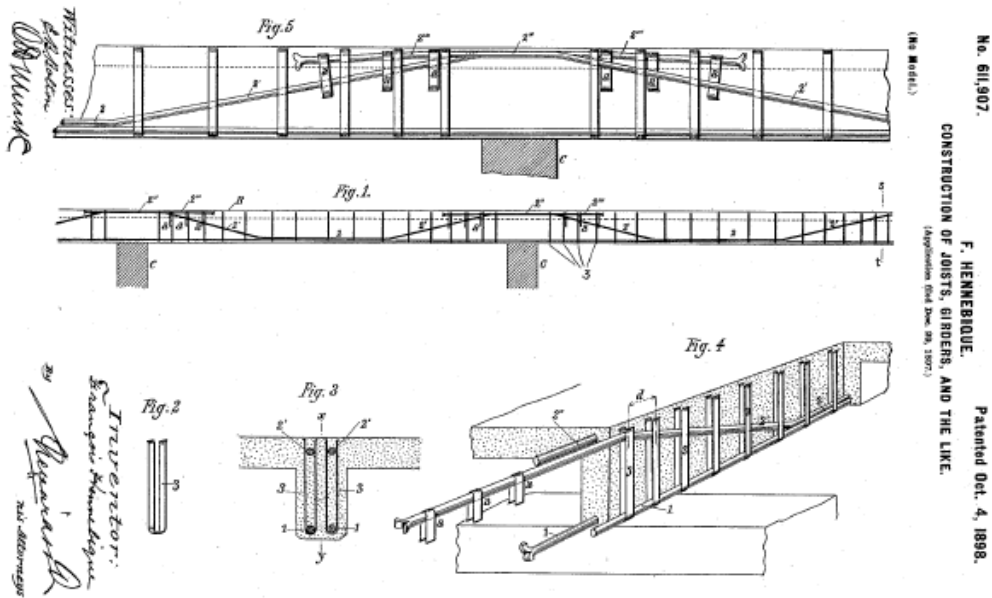
Töö on jaotatud viieks osaks: raudbetooni ja vabriku ajalooline ülevaade, masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide seisukord, kontrollarvutused ning restaureerimiskontseptsiooni väljapakumine. Lõputöö esimese peatükis võetakse lühidalt kokku raudbetooni arengu olulisemad hetked ja materjali kasutuselevõtt Tsaari-Venemaal. Teise osa kirjeldab Lutheri vabriku kujunemist üheks suurimaks ettevõtteks Eestis ja kuidas jõuti uue vabrikahoone ehituseni, mille alla kuulub ka töös käsitletav masinasaal. Samuti on kirjeldatud masinasaali varasemat restaureerimist ja tulevikuvisioni, mis ajendas käesoleva lõputöö temaatikat. Kolmas peatükk kirjeldab masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide seisukorra kindlaks tegemise meetodikat ja katsetusi, mis objektil läbi viidi. Betooni keemiline koostis määrati Tallinna Tehnikaülikooli Materjaliuuringute teaduskeskuse laboris ning konstruktsioonide betooni tugevusklass määrati Schmidt'i vasaraga ja karboniseerumine fenoolftaleiiniga objektil. Et saada parem ülevaade kahjustuste ulatusest ja piirkondadest, hinnati kõiki konstruktsioone 100% skaalal ja registreeriti tabelitesse. Kuna masinasaali soovitakse võtta kasutusele kui bürooruume ja muinsuskaitse eritingimused näevad ette, et raudbetoonkonstruktsioonid peavad säilima, kontrolliti neljandas peatükis masinasaali vahelae paindekandevõimet ning vahelae postvundamendi kandevõimet. Viiendas peatükis esitletakse masinasaalile koostatud muinsuskaitse eritingimused ning pakutakse välja restaureerimiskontseptsioonid vastavalt konstruktsiooni määratud seisunditasemele. Lisaks on koostatud iga konstruktsioonitüübi kohta kokkuvõtlik joonis, kuhu on märgitud konstruktsiooni kirjeldus, teostatud katsetuste tulemused, kahjustuste ulatus ja vaated ning lõiked.

Lisades on esitatud Tallinna Kultuuriväärtuste Ameti poolt väljastatud luba uurimistöodeks, betooniproovi analüüsi protokoll ning objektil koostatud seisunditaseme kirjelduste tabelid.

1. VARAJANE RAUDBETOON

Raudbetooni kasutuselevõtt on valdkond, millesse Venemaa suhtus ettevaatlikumalt võrreldes teiste riikidega. Raudbetooni hilisema kasutuselevõtu tõttu, kui näiteks Ameerikas või Lääne-Euroopas, kaotas Venemaa mingil määral majanduslikult, kuid võttis kasu kogunenud praktilistest kogemustest ja erinevatest uuringutest. See võimaldas vene inseneridel vältida õnnetusjuhtumeid, mis kaasnesid esimeste aastakümnetega raudbetooni ehitustegevusega välismaal. [1]

Raudbetoon sai avalikkusele tuntuks 1855. aastal Pariisis toimuval maailmanäitusel, kus Joseph Louis Lambot esitles esmakordselt portlandtsemendist ja raudvitstest koosnevast paati. Samal ajaperioodil tutvustas oma arusaamu raudbetoonist ka François Coignet, kes oli rajanud Pariisi linna raudbetoonist kanalisatsioonisüsteeme ja linna lähistele püstitanud metallvõrguga tugevdatud betoonist elamuid. Järgmine oluline patent raudbetooni valdkonnas kuulus Joseph Monier'le ja oli seotud raudbetooni kasutamisega lillepottide valmistamisel. Kuna J. Monier oli oma erialalt aednik, ei mõistnud ta täielikult raudbetooni tööpõhimõtet – konstruktsioonis esinevad survepinged võetakse vastu betooniga ja tõmbepinged terasega. Selle tulemusena oli terasvõrk J. Monier' konstruktsioonides paigaldatud tõmbetsooni asemel pigem juhuslikult. Raudbetooni intensiivseim arenguperiood jäi aastatesse 1870-1900, kui olulisi avastusi tehti nii Saksamaal, Ameerikas, Inglismaal kui ka Prantsusmaal. Ameeriklane William E. Ward oli esimene insener, kes kasutas täielikult ära terase tõmbetugevust, asetades vardad tala neutraalteljest allapoole. Ward' süsteemi konstruktiivsete eelistega eksperimendid publitseeriti Inglismaal 1877. aastal. J. Monier' tõmbe- ja survepingega seotud puudused kõrvaldas sakslane Gustav Adolf Wayss, kes 1880. aastal J. Monier' patendi ostis ja selle alusel eduka ehitusettevõtete võrgustiku rajas. Wayss-Monier' süsteem (tuntud ka kui Monier' meetod) sai mandri-Euroopas raudbetooni sünonüümiks [2]. Raudbetoonkonstruktsioonide suurima probleemi - monoliitsete ühenduste puudumise lahendas prantsuse ehitusinsener François Hennebique, patenteerides oma süsteemi monoliitsete ehitiste püstitamiseks 1892. aastal. Hennebique lahendus nägi ette silindrilisi vardaid, mida on võimalik painutada ja kokku siduda ning selle abil fikseerida erinevate tarindite sarruseid [2] (vt. joonis 1). Üksnes Hennebique süsteem kasutas sarrusvarraste võrguks ühendamist ja rangidega seotud ühendusi lokaalpingete vastuvõtmiseks, millega sai võimalikuks monoliitne raudbetoonkarkass. [3] [4]



Joonis 1. Hennebique' süsteem raudbetootala ja -vahelae ühendamiseks [5]

Tsaari-Venemaal jääd raudbetooni osas esialgu passiivseks, mida mõjutas kohalik teraskonstruktsioonide kõrge tase ja ehitusorganisatsioonide üldine umbusk uue süsteemi vastu. Esimesed märged eksperimentidest varajase raudbetooniga J. L. Lambot' ja F. Coignet' poolt ilmusid Venemaal 1859. aastal. Artikkel ennustas innovatiivsele materjalile tulevikku hoonete ehituses, kuid teoreetilise osa praktikasse viimine võttis rohkem aega kui mujal maailmas. Hoolimata F. Coignet' ja J. Moner' raudbetoonkatsetustest Venemaal 1864. ja 1880. aastatel, hakati raudbetooni kui ehitusmaterjali vastu suuremat huvi tundma alles 1890. aastatel. Raudbetooni propageerimise edu kuulub hoopis Moskva ettevõttele *July Hook and Co.* 1886. aasta augustis viis ettevõtte läbi avalikke katseid raudbetoonielementidega. Testitavad näidiskesemlarid olid 1,0 m sildega paneelid (paralleelselt sarnaste paneelidega tavalisest betoonist) ja kaks võlvi – 4,2 ja 7,6 m pikad. Järgnevatel aastatel ehitas ettevõtte mitmeid erinevaid raudbetoonkonstruktsioone – avalike- ja tööstushoonete seinu ja põrandaid, maa-aluseid reservuaare ja torustike elemente. Katsetuste edu meelitas insenere, teadlasi ja ametnikke ning andis tõe raudbetooni kasutusele nii ehituses kui ka edasistele praktilisele ja teoreetilistele uuringutele. [1] [3]

1898. aasta detsembris seadustati Tsaari-Venemaal teede ministeeriumi inseneride nõukogus raudbetooni kasutamine teede ja raudteede ehituses. Resolutsioon avardas raudbetoonile silmapaistvaid võimalusi Venemaa infrastruktuuri arendamisel valdkonnas, mis oli ehituses enim riiklikult korraldatud ja edendatud. Eestis oli esimeseks raudbetoonsillaks Kasari sild, mis ehitati

1904. aastal. 308 m pikkune konstruktsioon oli valmimisjärgselt Venemaa ja Euroopa pikim raudbetoonsild. [1] [3]

1903. aasta aprillis esitasid arhitektid ja insenerid avalduse, milles avaldati soovi laiendada raudbetooni kasutusvõimalusi. Materjali üldisema kasutuselevõtu takistuseks sai standardite puudumine, mis puudutasid raudbetooni kasutamist ehituses. Uurides erinevaid raudbetoonkonstruktsioonide kokkuvarisemise põhjuseid, loodi komisjon, mille eesmärgiks oli välja töötada raudbetoonkonstruktsioonide jaoks standardid. 1908. aasta mais kinnitati ministeeriumi poolt esimesed tehnilised nõuded vene raudbetoonkonstruktsioonidele, mis kujutasid endast konstruktsioonide lühituvvustusi. Nõuded tugevusarvutusteks ilmusid alles 1911. aastal, millega koos aktsepteeriti raudbetooni laialdasemat kasutust hoonete ehituses. [1]

20. sajandi esimesel poolel ehitati Eestis mitmeid maailmatasemel raudbetoonkonstruktsioone. Kõige laialdasemalt leidis raudbetoon kasutust tööstus- ja militaarhoonetes. Kuna 20. sajandi algul rajatud hoonete tellijateks oli Tsaari-Venemaa või kohalikud baltisaksa töösturid, siis eestlastel hoonete ehitamisega kokkupuudet ei olnud. Hoonete projekteerijateks ja ehitajateks olid vene või muude riikide ettevõtted, nt A. M. Lutheri uue mööblivabriku projekteeris Peterburi ettevõtte *Virš & Gerzberg*, Tallinna Miinisadama projekteeris Taani ettevõtte *Christiani & Nielsen* ning Kasari silla projekteeris ja ehitas Hennebique'i ettevõtte Venemaa filiaal *Monicourt & Egger*. [2]

2. LUTHERI VABRIKU AJALOOLINE ÜLEVAADE

Aleksander Martin Lutheri vabriku rajamist ja ettevõtte tegevusprofiili kujunemist seostatakse vineeri arenguga. Saevineer oli maailmas juba tuntud materjal, mida algselt lõigati käsisaega, mis võimaldas toota vaid minimaalselt 3 mm paksuseid vineerilehti. Käsitsi tootmisega kaasnesid suured tööjõukulud ja tootmispraak, mis piiras vineeri kasutamist ja laiemat levikut. 19. sajandi teisel veerandil võeti kasutusele koorimismasinad, tuntud ka kui „vene masinad“, mis arvatakse pärinevat Tallinnast ja seostatakse firma *Luther, Buller Mickwitz and Ko* pliiaatsi- ja kriidivabriku tootmisega. Kui pliiaatsivabrik likvideeriti, lõi vabriku üks mõjusamaid omanikke, Christian Wilhelm Luther uue kaubandusettevõtte. [6]

1841. aastal läks kaubandusfirma üle C. W. Lutheri pojale Aleksander Martin Lutherile, kelle käe all arenes välja tööstuslik suurfirma A. M. Lutheri vabrik, mis tegeles esialgu kaubandusliku tegevusega. Firma tegevusajaga samaaegselt toimus suur murrang ka Tallinna majanduselus – 1870. aastal ühendati Tallinn Moskva raudteega, tänu millele tekkis Tallinna kaubanduses kõrgperiood. 1871-1876 ehitas A. M. Luther vanadele kaubaaitadele lisaks mitmes järgus juurde uusi kivist kahekordseid suuraitu. Samal ajal lõi Luther ka äriühingu firmaga Markel Makarov, kellega koos hakati müüma ehitusmaterjale, seal hulgas ka Soomes toodetavaid katusesindleid. Kuna sindlite järgi oli suur nõudlus, otsustati ehitada saeveski, kus alustada ise sindlite toodangut. 1877. aastal rajati Tallinnas uus aurujõul töötav ettevõtte – A.M. Lutheri vabrik, millest sai Tallinna Vineeri- ja Mööblivabriku eelkäija. [6]

1882. aastal asus firmat juhtima A. M. Lutheri poeg Christian Luther, kelle esimeseks ettevõtteks oli Narva maanteel asuva saeveski tegevusprofiili laiendamine – saeveski kõrvale kavandati uue osakonnana mehhaniseeritud tiseritöököda, mille põhieesmärk oli mööbli valmistamine. Mehhaniseeritud töötoa jaoks valiti esimeseks masstoodanguks puusärgid, kuid kuna ettevõtmine ei toonud loodetud edu, leiti päästev lahendus liitvineerist toolipõhjade kaudu, mida ei valmistatud kuskil mujal Venemaal ja mis eeldas mehhaanilise jõu ning masinate kasutamise eelist. 1886. aastaks moodustasid toolipõhjad 92% ettevõtte toodangust ja nõudlus nende järjest kasvas. Ettevõtte arenedes otsustas Chr. Luther senisest Makarovi-Lutheri kompleksist Narva maanteel eralduda ja hakata iseseisvalt vineeri- ja mööblitööstust arendama. [6]

Seoses tööstusettevõtte lõhenemisega ja omakapitali puudumisega, oli A. M. Lutheri vabrik sunnitud kolima Pärnu maantee ja Tatari tänava nurgal asuva endise Girardi tapeedivabriku tühjaksjäänud üüritud ruumidesse. Vaatamata piiratud vahenditele, ettevõtte edu kasvas. 1888. aastal otsustati katsetada nn. ameerika mööbli valmistamisega, mis tänu oma lihtsale konstruktsioonile ja valmistamisele kindlustas mööbliosakonna arenguvõimalused. [6]

1889. aastal ostis A. M. Lutheri vabrik üüritud hooned koos tervet kvartalit haarava krundiga. 1891. aastal laiendati krunti selle lõunaserva arvelt veelgi. Kivi (tänapäeval Vineeri) tänavale projekteeriti uus kahekorruseline kivist tööstushoone, mis ületas oma suuruselt vana vabrikuhoonet üle kahe korra. 1895. aastal omandati linnalt vabriku põhikrundile veelgi maad juurde. See maatükk hõlmas varem vabriku krundiga piirnenud Uus-Tatari tänavat. [6]

19. sajandi viimastel aastatel toimus Venemaa kaubanduses ja tööstuses üleminek monopolistliku kapitalismi staadiumile, mida iseloomustas väliskapitali sissetung Venemaa majandusellu tagamaks võimalikult suured kasumid. Venemaa suurim vineeri- ja mööblivabrik, A. M. Lutheri vabrik, allutati Inglise mõjusfääri, tänu millele sai ettevõtte laiendada oma tegevusvõimalusi. 1897. aastal laienes ettevõtte üle Lõuna tänava joone, kus linnalt omandati krunt, mis ületas neljakordselt vabriku senise territooriumi. Krunt hõlmas maa-ala Lõuna tänavast Veerenni tänavani ja edasi raudteevööndini. Vabriku uue territooriumi suuruseks hinnati ligikaudu 170 000 m². [6]

1899. aastal ootas ettevõtte tegevust ees järjekordne laiendamine ja sama aasta kevadel algas A. M. Lutheri vabriku territooriumil ehitustöö. Tähtsaimaks hooneks peeti Tatari tänavast Lõuna tänavale ulatuvat avarat korpust. Selle kõrvale rajati uusi laohooneid ja katlamaja. Samuti alustati ehitamist kahekorruselise hoonekorpuse ehitamist Pärnu maantee äärde. Laiendada tuli ka vabriku jõujaama ja aktuaalseks muutus vabriku elektrifitseerimine. Elektrotehnika oli 19. sajandi lõpul maailmas tööstuses laialt leviv, kuid Eestis puudus selle tööstusala esindaja. Lutheri vabriku elektrifitseerimise vajaduse tõttu otsustas Chr. Luther rajada koos oma vennaga elektrotehnikatehase – AS Volta, mille esimeste tellimuste hulka kuulus AS A. M. Lutheri vabriku elektrifitseerimine. [6]

1905. aastal olid Venemaa majanduskriisi mõjudest olenemata jätkusid A. M. Lutheri vabrikus laialdased ehitustööd. Sellel ehitusperioodil ehitati lisaks tootmishoonetele üks omalaadsemaid

ehitisi - Lutheri tööliste sööгимaja ehk Carlous Lutheri maja. Arhitektuuriliselt on Lutheri vabriku töölistemaja nimetatud üheks huvitavamaks juugendstiili näiteks Tallinnas. [6]

1912. aastal alustati A. M. Lutheri vabriku juhatuses uute ehitusplaanidega. Lutheri töölistemajast kagus asuvale hooneteta maa-alale otsustati rajada suur mööblivabrik, mille vajaduse põhjustas soov panna suuremat rõhku mööblitoodangule. [7]

2.1. Uus vabrikahoone

13. jaanuaril 1912 otsustati alustada ettevalmistustega uue mööblivabriku ehitamisega Lõuna tänavale. Hoone projekt telliti vene arhitektilt Aleksei Bubõrilt, kes sellel ajaperioodil oli mõjutatud Soome rahvusromantismist. Rahvusromantism on 20. sajandi juugendstiili haru, mis on seotud Peterburi ja Karjalaga ning lähtub eelkõige Skandinaaviamaade rahvusromantilisest arhitektuurist. Eestisse jõudis põhjamaine juugend tänu A. Bubõrile ja Nikolai Vassiljevile, kes tegid Tallinnas tihedat koostööd. Nende loominguks on iseloomulik raskepärased, skulptuursed hoonemahud, rikkalik liigendus ärklite, erikujuliste akende ja fassaadide kivist rusteeritud kaadritega. [7] [8]

Ehitustöödega alustati 1912. aasta kevadel ja sügiseks viidi uus mööblivabrik katuse alla. Uue mööblivabriku ehitus ja sisseseade läks maksma ligikaudu 1,5 mln rubla (praeguses vääringus ligikaudu 4,7 mln € [9] [10]). [6]



Foto 1. A. M. Lutheri vabrikuhoonete ehitus 1912. aastal [11]

Uus mööblivabrik on U-kujulise põhiplaaniga, mille põhjapoolse tiiva moodustab kolmelööviline masinasaal. Hoone keskosa ning lõunatiiva moodustab kolme ja poolekorruselise mööblivabrik, mis on esimene mitmekorruseline raudbetoonkarkassehitus Eestis [12]. Masinasaali algne projekt nägi ette metallfermidega katusekonstruktsiooni, mida toestavad metallsambad kuid teostus-

se läks raudbetoonist raamkarkassiga katusekonstruktsioon, mis telliti Peterburist. 191x38 m mõõtmetega ristkülikukujulise põhiplaaniga masinasaali tarind on teostatud monoliitses raudbetoonvalus. Hoone vundament koosneb erineva suurusega postvundamentidest, mis paiknevad nii hoone välisseintes kui ka keldriruumis sees. Vundamentidele toetuv raamkarkass, mis koosneb pea- ja abiraamidest, moodustab masinasaali siseruumi kolm löövi: kõrge kesklöövi ja kaks äärmist madalamat külglöövi. Kesklöövi katust sildavad ribidena raudbetoonist talad, moodustades hoone kesklöövile valguslaterna. Masinasaalil on monoliitne raudbetoonist vahelagi, mis toetub raudbetoonist taladele ja püramiidsetele vundamendipostidele. Masinasaali välisseinad koosnevad raamkarkassi vahele laotud tellistest ja paekivist müüriosadest. Arhitektuurselt on vabriku välisfassaad lahendatud klombitud paekivist seinalõikudega, mis jooksevad vertikaalselt aknagruppide vahel. Sarnaselt vabrikuhoonele, on taolise fassaadilahendusega ka teised arhitekt Bubõri hooned Tallinnas, näiteks Tallinna Draamateater (end. Tallinna Saksa teater, 1910) ja Perekonnaseisuaktide Büroo (end. Lutheri villa, 1910) [8]. [7]



Foto 2. Lutheri masinasaali esimese korruse vaade



Foto 3. Lutheri masinasaali keldrikorruse vaade

Valminud ruumides toodetud tootlipõhjade nõudmine järjest kasvas. Samuti kasutati Lutheri vabrikus valmistatud vineeri välismaal lennukite ehitamisel. Vabrik eksportis oma toodangut mitmetesse riikidesse sh. Inglismaale, Saksamaale, Prantsusmaale, Itaaliasse ja Rootsi. 1914. aastal alanud Esimene maailmasõda kasvatas vineerplaatide eksporti Inglismaale ja Briti impeeriumi,

kuid kuna vabrikus kasvas naistöoliste ja sõjaväeteenistusse mittekuuluvate noorukite osatähtsus, vähenes ka tootlikkus ja ettevõtte sattus kahjumisse. Sõjaajal oli ettevõtte tegevus suurtes raskustes ja vabrik pidi oma tootmistegevuse korduvalt peatama, kuid kõigest hoolimata jätkas vabrik kindlalt vineeri ja mööbli tootmist. [6]

Lisaks vineeri tootmisele alustas Lutheri mööblivabriku keldriruumides oma tegevust ka Eesti esimene insenerikool ja Tallinna Tehnikaülikooli eelkäija. 1918. aastal sai Eesti tehnika selts Saksa okupatsioonivõimudelt loa viia läbi eestikeelset õppetööd tehniliste erikursuste nime all, kus alustas 17. septembril õpinguid 115 õppijat. Erikursus käivitas tehnikakõrghariduse andmise Eestis ja eestikeelse tehnikakeele sihipärasema ja koordineerituma arendamise. [13]

1920ndatel aastatel jäi Lutheri vabriku tootmine Esimese maailmasõja eel saavutatud tehnilisele tasemele. Mööblivabrikus olid olemas kõige uuemad ja modernsemad seadmed ning masinad, kuid turu piiratuse tõttu ei peetud otstarbekaks neid rakendada. Vabriku investeeringud hoiti minimaalsed ja kulutusi seadmetele püüti vältida. [6]



Foto 4. Masinasaali sisevaade 1930. aastal [6]

26. juulil 1940 kuulutati A. M. Lutheri vabrik natsionaliseerituks ja nimetati ümber Tallinna Vineeri- ja Mööblikombinaadiks, tänu millele tuli vabrikule suurtellimusi Nõukogude Liidust ja millele järgnes ka vabriku põhjalik rekonstrueerimine. [6] [7]

1945. aasta Nõukogude armee Tallinna pommitamisel tekitati kahju ka Tallinna Vineeri- ja Mööblikombinaadi tootmishoonetele. Sõjakahjustused, mis hinnanguliselt olid vabriku tootmis-

baasist 75%, likvideeriti 1950. aastaks. Hiliseimaid olulisi ümberehitus vabriku hoonetega ei toimunud ja eesmärgiks oli pigem endise olukorra säilitamine. [14]

2.2. Masinasaali restaureerimine

1990. aastatel lõpetati mööblivabrikus tööstuslik tegevus ja hoone jäi tühjalt seisma. Kultuuriministri 18. august 1997 a. määrusega nr. 45 (RTL 1997, 165166, 925) tunnistati mööblivabriku hooned arhitektuurimälestisteks [15]. 2005 aastal algas endisesse vabrikusse Lutheri elukvartali kujundamine. Sellel perioodil restaureeriti uus mööblivabrik ja muudeti kortermajaks. Kuna uutele korteritele oli vaja autode parkimisruumi, restaureeriti osa masinasaalist parkimismajaks. 2008. aastal järgnes katlamaja ja mööblilao korterelamuks restaureerimine. [7]

Parkimismaja ehitati välja masinasaali idaossa 2007-2009. aastal ja on projekteeritud kergetele sõidukitele s.t. sõiduki brutokaal ei ületa 30 kN. [16]

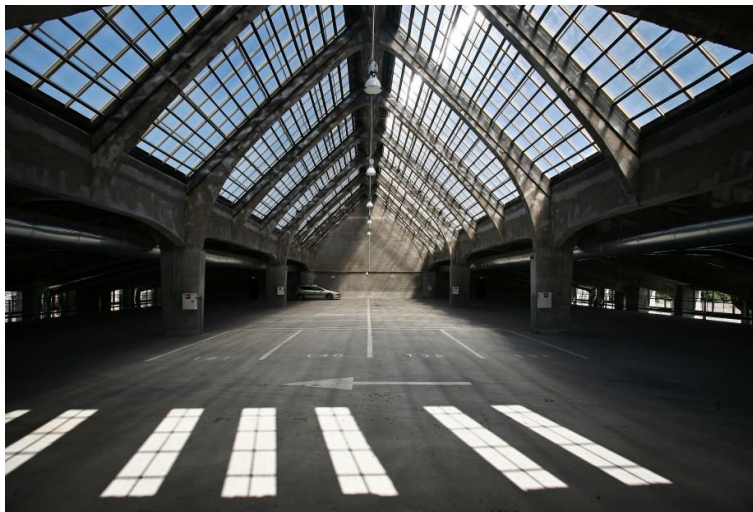
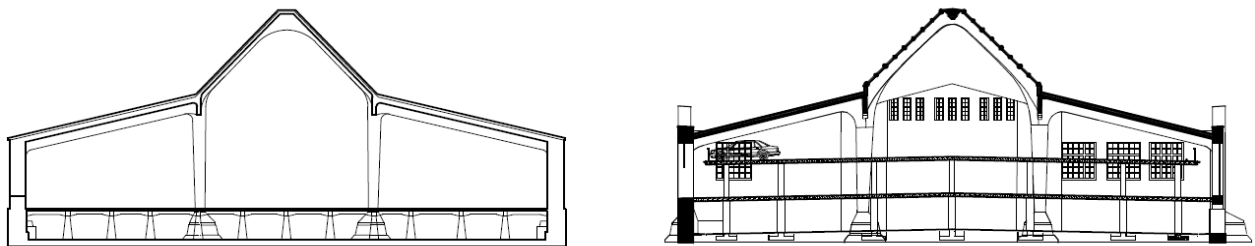


Foto 5. Masinasaali restaureeritud parklapoolne osa [17]

Masinasaali ehitustööde käigus eemaldati pinnasel olev põrand ja olemasolevad monoliitsetest raudbetoonist vundamendid kaevati välja taldmiku alumise pinnani. Parklahoone kandekonstruktsiooni uued projekteeritud vundamendid rajati olemasolevatest kõrgemale ning uus pinnasel põrand valati paksusega 120 mm betooni tugevusklassiga C35/45. Samuti lammutati pool algsest vahelaekonstruktsioonist, vundamendipostid, millele vahelagi toetus, ja laoruumi algne vahesein. Vahelagi valati algsest ligikaudu 1 m kõrgemale paksusega 280 mm betooni tugevusklassiga

C35/45. Samuti valati parklale juurde ka kolmas korrus, kõik korrused on rajatud kerge kaldega tagamaks vee korraliku äravoolu. Uus tehiskiviplokkidest vahesein ehitati mitu meetrit lääne poole, läbi mille ulatub uus vahelagi hoone funktsioonita ossa. Hoone monoliitset raudbetoonist raamkarkassi postid tugevdati raudbetoonsärgiga, tagamaks nõutav armatuuri kaitsekiht. Käesolev lahendus on masinasaali funktsioonita osas konstruktsioonide remondil keelatud (vt. masinasaali muinsuskaitse eritingimused ptk 5.1.). Lisaks rajati vahelagede kandmiseks monoliitset raudbetoonist postid ristlõikega 400x400 mm, postide betooni tugevusklass on C35/45. Parkla ulatuses parandati betoonkahjustused, puhastati ja parandati välismüürid ja kesklöövi katuselatern kaeti pleksiklaasiga. Välisfassaad restaureeriti ja taastati klombitud pae ja krohvipindade algne rütm. [7] [16]

Joonisel 2 on näidatud võrdluseks masinasaali funktsioonita osa ja restaureeritud parkla osa hoonelõiked, kus on näha tõstetud vahelae osa ning juurdeehitused.

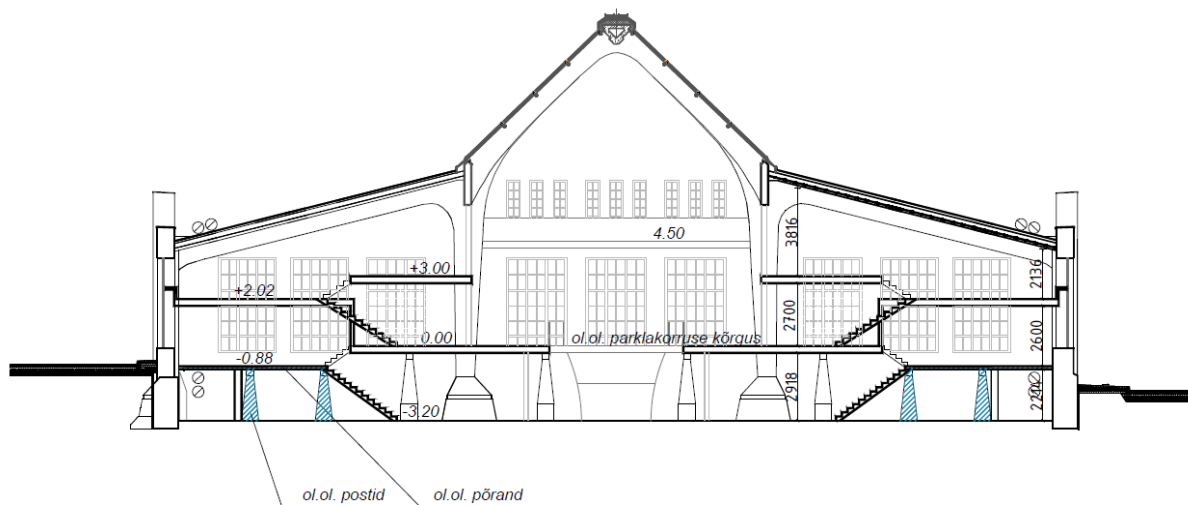


Joonis 2. Masinasaali funktsioonita ja parkla osa lõiked [16]

Masinasaali funktsioonita osa plaanitakse restaureerida ja sinna rajada 2017. aastaks AS Äripäeva bürooruumid. Masinasaal sai valituks tänu oma ruumikusele, kuhu loodetakse luua pind, mis on arhitektuurselt lahenduselt avatud ning mis aitab luua tegevuspõhise kontori [18]. Kokkuleppel Tallinna Kultuuriväärtuste ametiga saadi luba lammutada osa olemasolevast vahelaest ja vahelae vundamendipostidest tingimisel, et säilitatavad raudbetoonkonstruktsioonid jäävad eksponeeritavaks. Hoone esifassaadile plaanitakse lisada peasissekäik, mis hetkel hoone funktsioonita osas puudub, ning uued korrused. Samuti on projekti kohaselt ruumiprogrammi keskele ette nähtud kõiki korruseid läbiv atrium, tänu millele suunatakse katuslaternast tulev valgus hoonesse. Masinasaali restaureeritava osa keldrikorrusele on ette nähtud abi- ja bürooruumid ning kohvik, kus eksponeeritakse säilitatavad vahelae postvundamendid. Teise ja kolmanda korruse hõlmavad

enda alla täielikult bürooruumid. Kolmandale korrusele plaanitakse jätta ka 250 m² suurune pind perspektiivseks Äripäeva laienduseks. [19]

Joonisel 3 on toodud masinasaali funktsioonita osa planeeritav lõige, kus on näha ka säilitatavad vahelae postvundamendid ja vahelae osad. Jooniselt on näha, et restaureeritava osa nulltasand tõstetakse parklaosaga samale kõrgusele, säilitades samal ajal osaliselt esialgset vahelage. Nulltasandi vahelagi planeeritakse samuti toetada postvundamentidele, mis on olemasolevatega võrreldes ligikaudu 0,7 m tõstetud.



Joonis 3. Masinasaali funktsioonita osa planeeritav lõige [19]

3. MASINASAALI RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONID

Raudbetoon tõi 20. sajandi ehitusse suuri muudatusi. Kunagised innovaatilised ja suursugused konstruktsioonid on praeguseks vananenud ja vajavad säilimiseks hooldust. Ehitismälestiste konstruktsioonide seisukorra hindamine eeldab teistsuguseid baasteadmiseid võrreldes tänapäevaste hoonetega. Arvestama peab teguritega, mis eristavad ehitismälestiste konstruktsioone nende praegustest vastetest – konstruktsioonide ehitamisel kasutati standardeid ja mooduseid, mis ei vasta nüüdisajal kehtivatele. Raudbetoonkonstruktsioonide lagunemise ja korrosiooniga tegelemine nõuab mitmekülgset ja terviklikku lähenemist. Konstruktsioonide olukorra hindamise puhul on võtmeteguriteks konstruktsioonide mõõtmed ja kuju, betooni koostis ning armatuuri valik. [20]

Hoonete vanusest tuleneb tihti olukord, mil algupärased projektid ei ole säilinud ning selle tõttu ei ole hoone ehitusmeetodite ja kasutatud materjalide kohta piisavat infot, mis on aktuaalne olukord ka Lutheri masinasaali puhul. Projektide puudumine tähendab aga täpsemaid uuringuid objektil kohapeal ja eeldab ajaloo tundmist ning seoste loomist teiste hoonetega samast perioodist.

3.1. Metoodika

Lutheri masinasaali konstruktsioonid on teostatud monoliitses raudbetoonvalus. Saamaks paremat ülevaadet konstruktsioonide seisukorrast ja võrdlemaks neid omavahel, on konstruktsioonid jaotatud seisunditaseme põhjal nelja klassi (vt. tabel 1, analoogne jaotussüsteem allikas [21]). Kuna hoone on seisnud pikalt kasutuseta ja hoone seisukord on võrdlemisi halb, on järgnevas seisunditasemete hindamises jäetud välja esimene variant (seisund 0), kus konstruktsioonid kahjustused puuduvad täielikult ja konstruktsioon remonttööd ei vaja. Seisunditaseme 0 alla kuuluvad 2007. aastal ehitatud parkla osa, mida käesolev lõputöö ei käsitle.

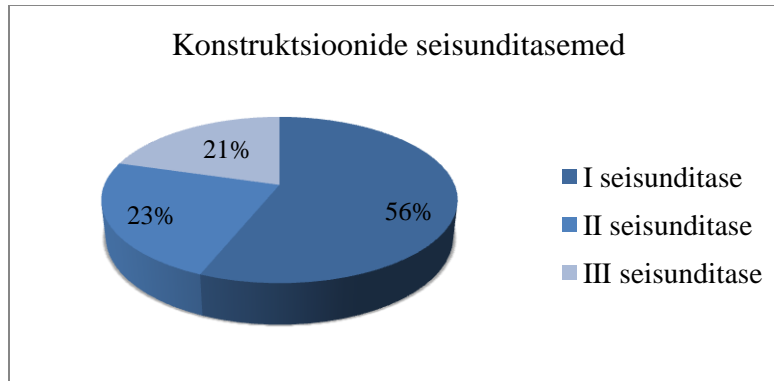
Raudbetoonkonstruktsioonide seisunditaseme määramiseks vaadeldi ja fotografeeriti kõik konstruktsioonid eraldi ja hinnati kahjustuste ulatust 100% skaalal. Tulemused registreeriti parema ülevaate saamiseks kokkuvõtvasse tabelitesse, mis asuvad lisas 4.

Tabel 1. Raudbetoonkonstruktsioonide seisunditasemete kirjeldused

Seisund	Seisunditaseme kirjeldus	Võimalik tegevus
0	Defektid puuduvad	Remonttöid ei teostata.
1	Raudbetoonkonstruktsioon on suuremate vigastusteta, esinevad väiksemad praod ja vigastused, mis konstruktsiooni kandevõimet ei mõjuta. Sarruse seisukord on hea.	Konstruktsioonilt lahtise ja kahjustunud betooni eemaldamine ja armatuuri puhastamine. Pindade katmine korrosioonitõkkehendiga. Renoveeritavate pindade katmine parandussegudega.
2	Betoonis esinevad suuremad praod ja vigastused, mis viitavad armatuuri roostetamisele. Sarrus on paljandunud ja korrodeerunud	Lahtise ja kahjustunud betooni eemaldamine ja armatuuri puhastamine. Vajadusel lisaarmatuuri paigaldamine ja pindade katmine korrosioonitõkkehendiga. Renoveeritavate pindade katmine parandusseguga.
3	Konstruktsioonis esinevad suuremahulised deformeerumised nii betoonis kui ka sarruses, mille tulemusena on konstruktsiooni kandevõime oluliselt vähenenud või esineb õlikahjustus	Osa või terve raudbetoonkonstruktsiooni asendamine.

Lisaks hinnati kohapeal aluselise määramisega konstruktsioonide karboniseerumist, võttes konstruktsioonidest proovikehad ja kasutades fenoolftaleiini. Samuti määrati Tallinna Tehnikaülikooli Materjaliuuringute teaduskeskuse laboris röntgenanalüüsi tulemusena betooni keemiline koostis ja karboniseerumisel moodustunud kaltsiidi sisaldus. Kohapeal viidi läbi ka katsetused Schmidti vasaraga, määramaks konstruktsioonide betooni tugevusklassid.

Joonisel 4 on toodud välja masinasaali praeguseks juba sajandi vanuste konstruktsioonide seisunditasemete osakaalud: valdav osa konstruktsioone kuulub esimese seisunditaseme alla – 56% konstruktsioonidest, teise ja kolmanda seisunditasemete osakaalud on suhteliselt võrdsed – vastavalt 23% ja 21%. Seisunditasemete osakaalust lähtudes võib väita, et Lutheri masinasaali raudbetoonkonstruktsioonid on oma vanuse kohta võrdlemisi hästi säilinud, kuid samas on märkimisväärne ka lammutamisele ettenähtud konstruktsioonide osakaal. Hoones on varasemalt paiknenud erinevad seadmed, mistõttu esineb konstruktsioonide mehhaanilisi vigastusi ja sokliosas suuremahuline õlireostus. Õlireostuse puhul on eeldatavasti tegu trafo- või hüdraulikaõlidega, mis on aja jooksul konstruktsioonidest läbi imunud. Reostuse osas teostatakse täiendavaid uuringuid, mida käesolevas lõputöös täpsemalt ei käsitleta. Konstruktsioonide seisunditasemete täpsemad jaotused on toodud välja konstruktsioone kirjeldavates peatükkides.



Joonis 4. Lutheri masinasaali konstruktsioonide seisunditasemed

Ehitustehnilise ekspertiisi uuringute aluseks on Tallinna Kultuuriväärtuste Ameti poolt väljastatud luba nr. 14662, mis on toodud lisas 1.

3.2. Betooni keemilise koostise ja karboniseerumise määramine

Konstruksiooni kasutusiga sõltub osaliselt kahest omavahel seotud olevast staadiumist – karboniseerumise ja korrodeerumise perioodist. Peab arvesse võtma, et erinevad tegurid, eriti betooni niiskussisaldus ja poorsus, mõjutavad karboniseerumise kiirust ja armatuuri korrodeerumist erinevalt. [22]

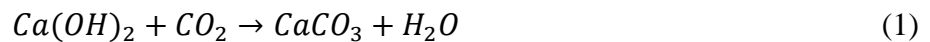
Karboniseerumine võib mõjuda betoonkonstruktsioonidele ka positiivselt. Nimelt kuna kaltsiit (CaCO_3) hõlmab suurema mahu kui kaltsiumhüdroksiid (Ca(OH)_2), mille ta asendab karboniseerides, väheneb betoonkonstruktsiooni poorsus. Tänu konstruktsiooni poorsuse vähenemisele suureneb betoonpinna tugevus, väheneb pinna läbilaskvus ja niiskuse liikumine, mis omakorda vähendab potentsiaalseid soolakahjustusi. [23]

Karboniseerumine ei põhjusta otseselt küll betooni seisukorra halvenemist, kuid mõjutab raudbetoonkonstruktsioonide vastupidavust just armatuuriga seoses. Betooni karboniseerumine viitab leeliseliste reaktsioonidele, mis toimuvad õhus oleva süsihappegaasi (CO_2) ja kivistunud tsemendi hüdroksiidide ja hüdraatide vahel. Leeliline betoon, mis ümbritseb terast, moodustab raudoksiidist tiheda kihi, mis takistab korrosiooni tekkimist. Karboniseerumise tagajärjel langeb betooni pH-tase, millele omakorda järgneb armatuuri kaitsekihi nõrgenemine. Sõltuvalt tsemendi põhikoostisosadest, nt. kaaliumoksiid (K_2O), naatriumoksiid (Na_2O), on normaaltingimustes betooni pH-tase ligikaudu 12,6...13,8. $\text{pH} \geq 11,5$ juures säilib armatuuri pind puutumatusena juhul,

kui puuduvad agressiivsed koostisosad, mis hävitaksid passiivset kaitsekihti ehk raua oksüdeerimine on tõkestatud. Hüdraatunud raua passiivne kaitsekiht on ligikaudu 2-20 mm paks. Armatuuri betoonist kaitsekiht kaob, kui pH langeb alla eelmainitud taseme ja armatuuri korrosioon algab, kui betooni pH-tase langeb alla 9,0. [24] [22] [25]

Terase korrodeerumisel tekkivate saaduste tulemusena armatuuri läbimõõt suureneb 3-4 korda ja see põhjustab sarrusvardaid ümbritsevas betoonis tugeva sisesurve, mille tagajärjel puruneb betoonist kaitsekiht, tekitades algses kaitsekihis praod ja lõpuks eemaldudes elemendist. Kaitsekihi eemaldumisel terase korrosioon intensiivistub veelgi, mille tagajärjel sarrusvarraste reaalne läbimõõt väheneb ja armatuuri tõmbetugevus väheneb. Samuti nõrgeneb sarrusvarda ning betooni vaheline seotistugevus, mille tulemusena väheneb konstruktsiooni kandevõime. [26] [22]

CO₂-st tingitud karboniseerumise süvenemise kiirus betoonis on sõltuv tsemendi kui betooni sideaine leeliseliste reaktsioonide saaduste kogustega – Ca(OH)₂-ga. Karboniseerumine süveneb betooni sisemusse veelgi, kui Ca(OH)₂ lahustub leeliselisse poorivette ja sellega reageerides tootes CaCO₃. Kaltsiidi tekkimine on kirjeldatud avaldistega 1-3 [27].



Betooni leeliseliste reaktsioonide saaduste kogus sõltub eelkõige tsemendi tüübist, kogusest ning hüdratatsiooniastmest. Kuna karboniseerumise reaktsioonid toimuvad poorivees, siis ekstreemselt niiskes tingimustes poorstruktuur täitub veega, mis aeglustab CO₂ difusiooni betooni ja järelikult tõkestab karboniseerumise reaktsiooni. Samuti ei toimu karboniseerumist kuivas keskkonnas. Kõrgeim karboniseerumise määr esineb 50-70% suhtelise õhuniiskuse juures [23]. [27]

Korrosiooni algus konstruktsioonis on vastavuses ajaga, mis kulub karboniseerumisel jõudmiseks armatuurini. Karboniseerumiskihi sügavus x suureneb paraboliselt ajaga ja saab teoreetiliselt arvutada valemiga [25]:

$$x = k * \sqrt{t} \quad (4)$$

kus:

x – karboniseerumise sügavus, mm;

t – betooni vanus, aasta;

k – karboniseerumistegur, mis sõltub betooni poorsusest ja keskkonnateguritest, mm/aasta^{1/2}.

Raudbetoonkonstruktsioonide karboniseerumisteguri võib leida hinnanguliselt betooni keskmise survetugevus põhjal kasutades valemit [28]:

$$k = 847 f_{cm}^{-1,435} \quad (5)$$

kus:

f_{cm} – betooni silindrilise survetugevuse keskmine suurus.

3.2.1. Betooni keemiline koostis röntgenanalüüsi põhjal

Lutheri masinasaali raudbetoonkonstruktsioonides kasutatud betooni keemilise koostise määramiseks viidi läbi röntgenanalüüs. Röntgenanalüüs võimaldab betoonis kindlaks määrata erinevate ainete olemasolu ja kogust, mis võimaldab hinnata korrosiooni tekke põhjuseid ja ulatust [23].

Katsekeha eemaldati vundamendiposti nr. 146 pealispinnalt ligikaudu 75 mm sügavuselt.

Antud proovide puhul tunti huvi järgmiste faaside olemasolu kohta: kaltsiit (CaCO_3), etringiit [$\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$], sulfaadid ja kloriidid.

Katsekeha keskelt eemaldati laboris 70 g betooni, peenestati uurimiseks vajaliku suuruseni ja teostati pulberröntgendifraktomeetiline (XRD) analüüs. Uurimismeetod on lähemalt kirjeldatud Lisas 2 - analüüsi protokollis nr. RT 18.04.2016.

Tulemus

Proovis olid esindatud järgmised faasid:

- Kvarts (SiO_2) – liiva põhikomponent
- Kaltsiit (CaCO_3) – karboniseerumise produkt
- Aragoniit (CaCO_3) – lubjakivis esinev looduslik mineraal
- Vateriit (CaCO_3) – lubjakivis esinev looduslik mineraal
- Anortiit ($(\text{Ca};\text{Na})(\text{Si};\text{Al})_4\text{O}_8$) – liiv-savi komponent, päevakivi mineraal

- Albiit ((Na;Ca)Al(Si;Al)₃O₈) – killustiku komponent, päevakivi mineraal
- Kaalium-Alumiiniumsilikaat (KAlSi₂O₆) – päevakivi mineraal
- Mikrokliin (KAlSi₃O₈) – killustiku komponent, päevakivi mineraal
- Albiit (Na_{0.98}Ca_{0.02}Al_{1.02}Si_{2.98}O₈) – savimineraal, päevakivi mineraal
- Naatrium-Alumiiniumsilikaat (NaAl₃Si₃O₁₁) – lubjakivis esinev looduslik mineraal

Otsitavatest faasidest ei leitud etringiiti, mis on üks korrosiooni produktidest. Samuti ei leitud sulfaate ega kloriide, mis põhjustaks sarruse kiiret korrodeerumist.

Analüüsi proovidest selgus, et Lutheri masinasaali konstruktsioonides olev betoonis on kasutatud täitematerjalina peamiselt liiva ja killustikku. Kuna betoonkonstruktsiooni mahust ligikaudu 60...75% on täitematerjal, siis sõltub betooni struktuur sellest suuresti. Masinasaali täitematerjali hulka kuulub suurel hulgal päevakivimineraale (nt. mikrokliin, albiit, anortiin), mille murenemisel tekivad savimineraalid. Savimineraalide olemasolu betoonis võib põhjustada konstruktsiooni vee imendumisel või jäätumisel betooni pundumist ja irdumist. Savi olemasolu nõrgestab tsemendi ja täitematerjali vahel olevat sidet, mis mõjutavad betooni vastupidavust ja kulumiskindlust. Betoonisegu valmistamisel on savimineraalide omaduseks murduda ning sellega seoses suurendada segus kasutatava see hulka. Liigne vesi ei suuda siduda betooni koostisosi ning lisaks tekitab konstruktsiooni liigseid poore. [29]

3.2.2. Betooni karboniseerumise määramine röntgenanalüüsiga

Kuna Lutheri masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide puhul on kasutatud betoonis paekivi, ei ole võimalik CaCO₃ sisalduse põhjal kindlaks määrata karboniseerumise ulatust. Kaltsiit, Vateriit ja Aragoniit on kõik keemilise valemiga CaCO₃, kuid neil on erinev tekkepõhjus ja kristallstruktuur. Kaltsiit on otseselt karboniseerumise produkt, aragoniit ja vateriit on aga looduses levinud mineraalid.

3.2.3. Betooni karboniseerumise määramine fenoolftaleiiniga

Ehitustehnilise ekspertiisi käigus mõõdeti karboniseerumise sügavust leeliselisuse määramisega, milleks kasutati fenoolftaleiini. Konstruktsioonid avati viies erinevas katsekohas, kus konstruktsioonidest puuriti ja eemaldati katsekeha. Kolm katsepiirkonda asusid keldrikorrusel vahelae postvundamentidel, üks vahelae talal ja üks vahelae. Lisaks teostati kuues katse

fenoolftaleiiniga esimesel korrusel raampostil, kuhu oli varasemalt teiste ettevõtete poolt teostatud ekspertiiside käigus piigatud armatuurini. Katsetuste asukohad on välja toodud konstruktsioonide kokkuvõtvates joonisel.

Betooni karboniseerumise mõõtmise eesmärgiks oli välja selgitada, kui sügavale pinnast on betoon neutraliseerunud ehk armatuur on kaotanud betooni poolt tagatava korrosioonikaitse. Fenoolftaleiini lahusega on võimalik eristada karboniseerunud ja karboniseerimata betoon. Fenoolftaleiini lahusega kaetud katsekeha pind muutub punakaslillaks kui betooni $\text{pH} > 9$, mis tähendab $\text{Ca}(\text{OH})_2$ olemasolu betoonis ja betooni poolt tagatava armatuuri kaitsekihi olemasolu. [30]

Vahelae postvundamentide karboniseerumise määramiseks puuriti kolmes katsepiirkonnas vastavalt 35, 75 ja 60 mm sügavusele ning eemaldati betoonist katsekeha ja kaeti fenoolftaleiiniga. Esimene katsekeha võeti postilt nr. 136 sügavusega $l = 35$ mm. Karboniseerumise sügavust ei õnnestunud katsekehal määrata, kuna antud piirkonnas esineb tugev õlireostus ja katsekeha oli õliga tugevalt läbi imunud (vt. foto 6).



Foto 6. Karboniseerumise määramine postilt nr. 136, PR-01

Teine katsekeha võeti postilt nr. 146 sügavusega $l = 75$ mm ja kolmas katsekeha postilt nr. 147 sügavusega $l = 60$ mm (vt. fotod 7 ja 8). Katsepiirkondade esines kergem õlikahjustus ja kolmanda katsekeha pind oli kergelt õline. Karboniseerumise sügavust ei õnnestunud täpselt kindlaks määrata, kuna katsekehad ei muutunud fenoolftaleiiniga katsetamisel punakaslillas. Tulemu-

seks võib täheldada, et posti nr. 146 betoon on eeldavalt karboniseerunud vähemalt 75 mm ja post nr. 147 betoon vähemalt 60 mm sügavuseni.



Foto 7. Karboniseerumise määramine postilt nr. 146, PR-02

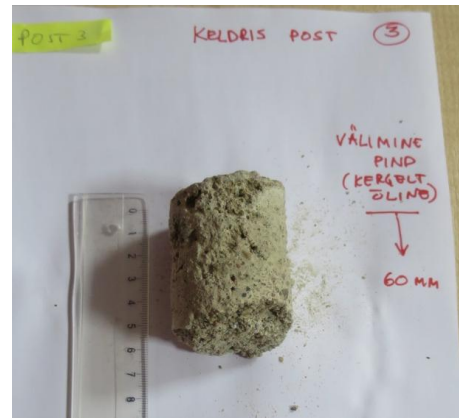


Foto 8. Karboniseerumise määramine postilt nr. 147, PR-03

Neljas katsekeha võeti vahelae talalt, mille jaoks puuriti katsepiirkonnas 50 mm sügavusele ja eemaldati katsekeha (vt. foto 9). Karboniseerumise sügavuseks mõõdeti välimise pinna poolt \approx 20 mm ja võib eeldada, et sellest sügavamal ei ole tala sees korrosiooniprotsess veel alanud.

Viies katsekeha võeti vahelaeast, mille jaoks puuriti konstruktsioonist täies mahus läbi ja eemaldati katsekeha (vt. foto 10). Katsekehal mõõdeti karboniseerumise sügavuseks keldri poolt mõõdetuna \approx 15...20 mm. Esimese korruse poolt vaadatuna ei ole karboniseerumist veel alanud, kuna vahelagi on antud katsepiirkonnas kaetud \sim 10 mm asfaldikihiga.

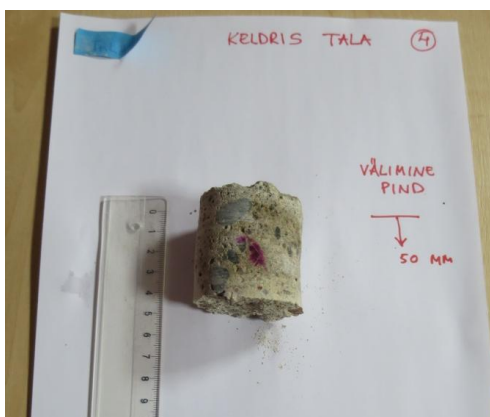


Foto 9. Karboniseerumise määramine vahelae talal, PR-04



Foto 10. Karboniseerumise määramine vahelael, PR-05

Kuues katse fenoolftaleiiniga teostati esimesel korrusel raampostil G. Raampostil oli eelnevalt varasemate teiste ettevõtete poolt teostatud ekspertiiside käigus betoonist kuni sarruseni piigatud ja eemaldatud tükk. Fenoolftaleiiniga katmisel muutus piirkond roosakaslillaks (vt. foto11), mis näitas et betoon on karboniseerunud töötava sarruseni ehk ~ 20 mm.



Foto 11. Karboniseerumise määramine raamipostil G, PR-06

Arvestades, et Lutheri masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide betooni klass keskmiselt on C16/20 (vt. ptk. 3.3.3) on betooni keskmiseks survetugevuseks $f_{cm} = 28$ MPa. Kasutades valemit 5 saab leida masinasaali karboniseerumisteguri:

$$k = 847 * 28^{-1,435} = 7,1 \text{ mm}/\sqrt{\text{aasta}}$$

Raudbetoonkonstruktsioonide vanus on $t = 104$ aastat. Valemit 4 kasutades, võib leida betooni teoreetiliseks karboniseerumise sügavuseks:

$$x = 7,1 * \sqrt{104} \approx 72 \text{ mm}$$

Teoreetiliselt leitud tulemus, et karboniseerumise sügavus $x = 72$ mm, on ligilähedane vahelae postvundamentide karboniseerumise katsetulemustega, mis leiti fenoolftaleiiniga katsetamisel, olgugi et vahelae postvundamentide tugevusklass on katsetulemuste põhjal madalam (C8/10), kui arvutuses kasutatud C16/20. Tulemuste varieeruvus erinevatel konstruktsioonidel tuleneb asjaolust, et konstruktsioonid on olnud avatud erinevatele keskkonnatingimustele ja hoones, eriti keldris, on kõrge õhuniiskus. Lisaks on konstruktsioonide puhul kasutatud erineva survetugevuse ja täitematerjali suurusega betooni. Samuti varieerub konstruktsioonide poorsus, mis muudab,

koostöös püsiva kõrge õhuniiskusega, betooni karboniseerumise reaktsioonidele vastuvõtlikumaks.

3.3. Betooni survetugevus

Lutheri masinasaali raudbetoonkonstruktsioonide betooni survetugevus määrati mittepurustataval meetodil Schmidti vasara abil ja mõõtmised teostati vastavalt standardile EVS-EN 12504-2:2003 Konstruktsiooni betooni katsetamine Osa 2: Mittepurustav katsetamine. Põrkearvu määramine.

Betooni survetugevuse määramisel mittepurustataval meetodil kasutatava põrkevasara põhikomponendiks on terasest vedruvasar, mis vabastamisel lööb vastu betooni pinnaga kontaktis olevat otsikut. Vasara tagasipõrge mõõdeti seadme raami külge kinnitatud linearskaalal ja registreeriti vahetult pärast katsetamist katseprotokollis. Enne katsetamist lihviti katsepiirkond lihvluisuga siledaks. Katse käigus hoiti vasarat kindlas asendis risti katsetatava betoonipinnaga. Kuna katse väljendab ühe pinna survetugevust, viidi katsed läbi ühe konstruktsiooni erinevates piirkondades. Katsetatava piirkonna põrkearvu usaldusväärse hinnangu saamiseks sooritati üheksa lugemist, mille puhul vasara suund ja asend registreeriti iga lugemiteseria puhul. Katsetulemused korrigeeriti vastavalt vasara valmistaja juhiste, et võtta arvesse vasara suunda (graafik lisas 3). [31]

Betooni survetugevusklass on betooni normtugevusele lähim väiksem suurus normidega ette antud klasside reas. Betooni survetugevusklassi väljendatakse betooni 95% tõenäosusega garanteeritud silindrilise või kuubilise survetugevuse kaudu. Betooni 95% tõenäosusega tagatud tugevust nimetatakse normtugevuseks. Betooni klass C on vastav Eesti raudbetoonkonstruktsioonide projekteerimismisnormi eelnõule EPN 2 ja euronormile EC 2. Tavabetoonile on kehtestatud klassid C8/10, C12/15, C16/20, C20/25, C30/37, C35/45, C45/55, C50/60. Klassitähisele C järgnevad arvud vastavad betooni normsurvetugevusele MPa-tes. Lugejas paiknev arv tähistab silindrilist survetugevust f_{ck} (katsekehaks on silinder diameetriga 150 mm ja kõrgusega 300 mm), nimetajas paiknev arv tähistab kuubilist survetugevust $f_{c,cube}$ (katsekehaks on kuup küljepikkusega 150 mm). [32]

Lutheri masinasaal on ehitatud vastavalt Tsaari-Venemaa raudbetoonkonstruktsioonide projekteerimismisnormidele, kuid antud lõputöös on betooni tugevusklassid määratud vastavalt Eestis keh-

tivatele standarditele. Betooni survetugevuse katsed viidi läbi keldris vundamendikonstruktsioonidel, esimesel korrusel hoone karkassi moodustavatel raamipostidel ja vahelael. Kokku sooritati konstruktsioonidel kaheksa katsetamist.

Kontrollmõõtmised teostati pörkevasaraga SilverSchmidt N (seeria nr. SH01-007-0515).

3.3.1. Masinasaali vundamendikonstruktsioonid

1. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: Š-01 posti vundament
- b) Katsepiirkonna -(kondade) asukoht: küljed
- c) Katsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: kuiv, alt õline
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 12:00
- f) Katsetulemused vasara suund: küljelt

Tabel 2. Vundamendi betooni survetugevus Scmidti vasaraga Š-01 postil keldris

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	39	24	25	25	32	42	26	26	32	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	41	46	17	17	28	46	29	29	28	27,0

Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C12/15** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 15 MPa).

2. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: Š-02 post keldris
- b) Katsepiirkonna -(kondade) asukoht: küljed
- c) Katsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: kuiv, alt õline
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 12:20
- f) Katsetulemused vasara suund: küljelt

Tabel 3. Vundamendi betooni survetugevus Schmidti vasaraga Š-02 postil keldris

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	23	25	25	28	23	22	21	22	22	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	14	17	17	22	14	13	11	13	13	14,43

Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C8/10** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 10 MPa).

3. katseprotokoll:

- Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: Š-03 posti vundament
- Katsepiirkonna (-kondade) asukoht: küljed
- Katsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus: pind kiviga puhastatud
- Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: kuiv
- Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 12:30
- Katsetulemused vasara suund: küljelt

Tabel 4. Vundamendi betooni survetugevus Schmidti vasaraga Š-03 posti vundamendil

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	36	24	27	33	30	30	32	22	27	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	35	16	20	30	25	25	28	13	20	23,43

Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C16/20** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 20 MPa).

Järeldus vundamendikonstruktsioonide tugevusklasside kohta:

Š-01 ja Š-03 ehk raamkarkassi vundamentide tugevusklassideks määrati vastavalt C12/15 ja C16/20. Š-02 ehk vahelae postvundamendi tugevusklassiks määrati C8/10. Edaspidises määratluses võib võtta vundamentide tugevusklassiks C16/20 ja vahelae postvundamendil C8/10. Standardi EVS-EN 206-1:2007. Betoon. Osa-1: Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus

kohaselt on armatuurita konstruktsioonide soovitatav minimaalne tugevusklass C12/15 ja seega on konstruktsioonide tugevusklass standardiga vastavuses, kuna eeldatavasti on konstruktsioonide armatuur kõigest konstruktsiooni ülaosas ja valdav osa on armatuurita.

3.3.2. Esimese korruse raamipostid

4. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: I korruse post A
- b) Katsepiirkonna (-kondade) asukoht: küljed
- c) Katsepiirkonna ettevalmistamiskirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: värvitud ja krohvitud
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 12:57
- f) Katsetulemused vasara suund: küljelt

Tabel 5. Esimese korruse raamiposti A betooni survetugevus Schmidti vasaraga

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	48	41	41	38	35	33	28	38	35	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	58	44	44	39	34	30	22	39	34	37,71

Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C25/30** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 30 MPa).

5. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: I korruse post D
- b) Katsepiirkonna (-kondade) asukoht: küljed
- c) Katsepiirkonna ettevalmistamiskirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: värvitud ja krohvitud
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 13:09
- f) Katsetulemused vasara suund: küljelt

Tabel 6. Esimese korruse raamiposti D survetugevus Schmidt'i vasaraga

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	38	42	30	39	34	40	34	40	44	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	39	46	25	41	32	42	32	42	50	39,14

Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C25/30** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 30 MPa).

6. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: I korruse post E
- b) Katsepiirkonna (-kondade) asukoht: küljed
- c) Katsepiirkonna ettevalmistamiskirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: värvitud ja krohvitud
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 13:15
- f) Katsetulemused vasara suund: küljelt

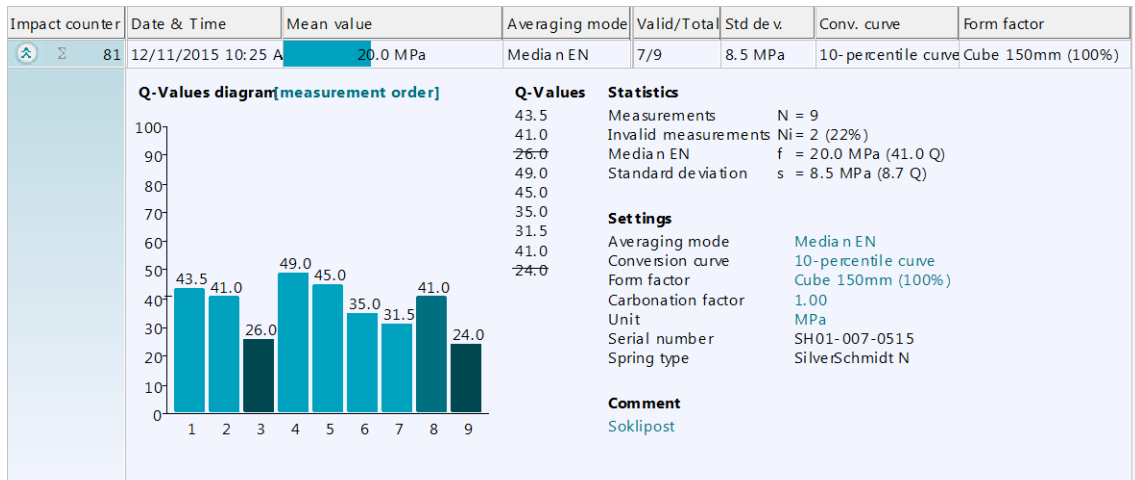
Tabel 7. Esimese korruse raamiposti E survetugevus Schmidt'i vasaraga

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	40	40	34	40	36	39	34	40	50	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	42	42	32	42	35	41	32	42	62	39,43

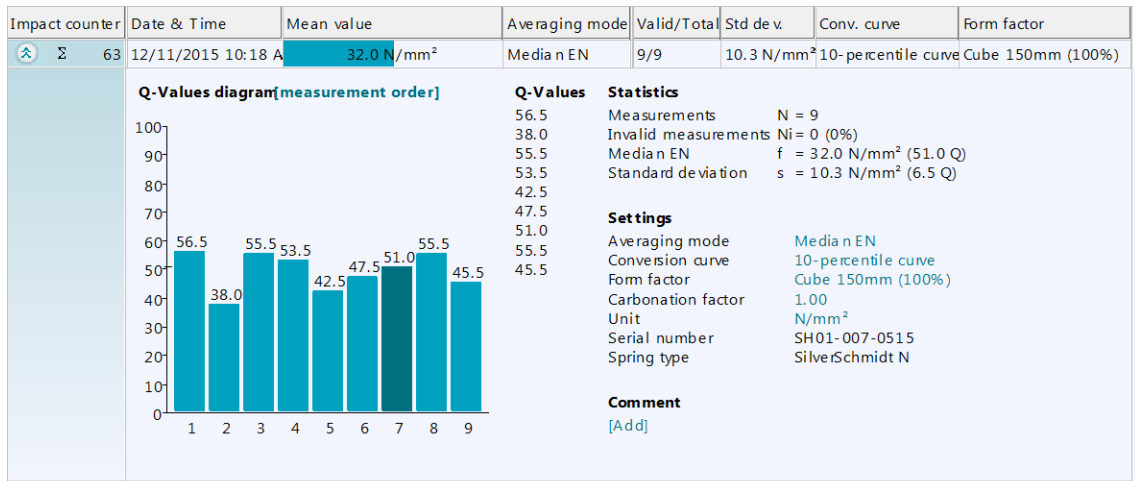
Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C30/37** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 37 MPa).

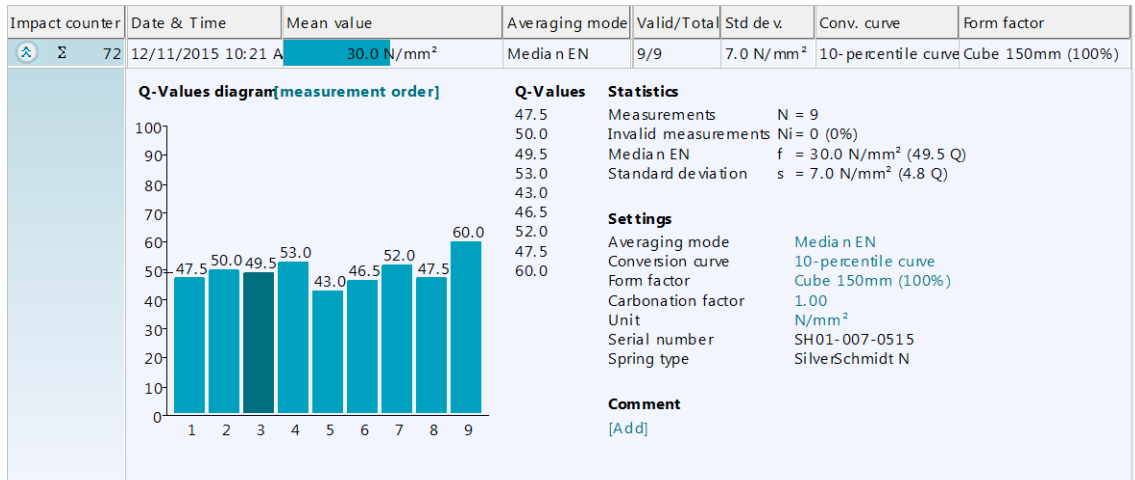
Kontrolltulemused pörkevasaraga SilverSchmidt N:



Joonis 5. Esimese korruse raamiposti A survetugevus SilverSchmidt N vasaraga



Joonis 6. Esimese korruse raamiposti D survetugevus SilverSchmidt N vasaraga



Joonis 7. Esimese korruse raamiposti E survetugevus SilverSchmidt N vasaraga

Järeldus raamkarkassi esimese korruse postide tugevusklassi kohta:

Esimese korruse raamipostide tugevusklassiks määrati esmakordsel katsetamisel postidel A ja D C25/30 ning postil E C30/37. Kordusmõõtmisel SilverSchmidt N vasaraga saadi mõnevõrra madalamad tulemused, nimelt post A tugevusklassiks määrati C16/20 ning postide D ja E tugevusklassiks C25/30. Edaspidises määratlustes võib võtta esimese korruse raamipostide betooni tugevusklassiks C25/30. Standardi EVS-EN 206-1:2007. Betoon. Osa-1: Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus kohaselt on kuiva õhuniiskusega ruumides kasutatava betooni soovitatav minimaalne tugevusklass C20/25, millega on masinasaali raamipostide tugevusklass vastavuses.

3.3.3. Vahelagi

7. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: vahelagi
- b) Katsepiirkonna (-kondade) asukoht: postide 197, 198, 187, 188 vahel
- c) Katsepiirkonna ettevalmistamiskirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: kuiv
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 13:30
- f) Katsetulemused vasara suund: alt üles

Tabel 8. Vahelae betooni survetugevus Schmidti vasaraga postide 197, 198, 187, 188 vahel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	32	22	42	43	45	43	30	35	40	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	20	-	38	40	44	40	47	25	34	32,83

Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C16/20** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 20 MPa).

8. katseprotokoll:

- a) Betoonkonstruktsiooni/elemendi tunnus: vahelagi
- b) Katsepiirkonna (-kondade) asukoht: postide 130, 121, 122 vahel

- c) Katsepiirkonna ettevalmistamiskirjeldus: pind kiviga puhastatud
- d) Üksikasjad betooni ja betooni seisundi kohta: kuiv
- e) Katsetamise kuupäev ja kellaaeg: 20.11.2015 13:50
- f) Katsetulemused vasara suund: alt üles

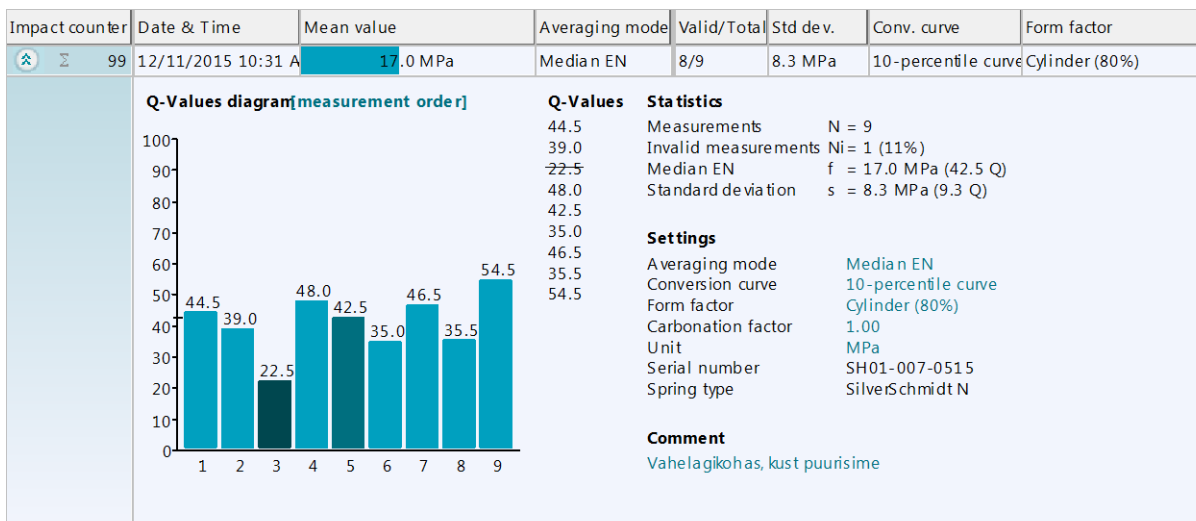
Tabel 9. Vahelae betooni survetugevus Schmidti vasaraga postide 130, 121, 122 vahel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Keskmine
Katsetulemus, MPa	40	39	38	42	30	38	36	32	34	
Vasara suunda arvestav parandatud katsetulemus, MPa	34	32	30	38	17	30	27	20	24	28,14

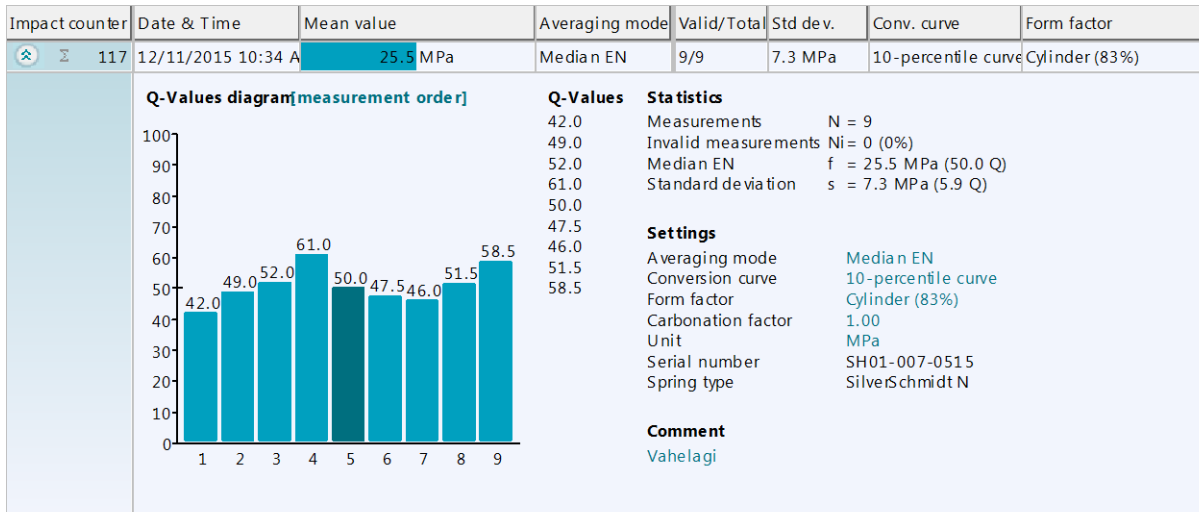
Katsetulemuste arvestamisel ei võetud arvesse vähimat ja suurimat väärtust.

Järeldus: Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on: **C16/20** (s.t. 95% katsetulemustest ei või olla väiksema survetugevusega kui 20 MPa).

Kontrolltulemused pörkevasaraga SilverSchmidt N:



Joonis 8. Vahelae survetugevus karboniseerumise katsekeha nr. 5 piirkonnas SilverSchmidt N vasaraga



Joonis 9. Vahelae survetugevus SilverSchmidt N vasaraga

Järeldus vahelae tugevusklassi kohta:

Vahelae betooni tugevusklassiks mõõdeti esmakordsel katsetamisel C16/20. Kordusmõõtmisel SilverSchmidt N vasaraga saadi tugevusklassideks C16/20 ja C12/15. Tugevusklasside erinevus tuleneb katsepiirkonna erinevusest. Edaspidises määratlustes võib võtta vahelae betooni tugevusklassiks C16/20. Standardi EVS-EN 206-1:2007. Betoon. Osa-1: Spetsifitseerimine, tootmine ja vastavus kohaselt on kuiva õhuniiskusega ruumides kasutatava betooni soovitatav minimaalne tugevusklass C20/25, millega masinasaali vahelae betooni tugevusklass ei ole vastavuses.

3.4. Vundamendid

3.4.1. Vundamentide kirjeldus

Lutheri masinasaali kandekarkass on toetatud raudbetoonist maapinnast ~2,1 m kõrgustele postvundamentidele, välisseinte osas on postide ümber ja vahele laotud paekivist keldriseinad. Hoone sees paiknevate konstruktsioonide maht on $6,65 \text{ m}^3$ ja pealmise pinna pindala $14,4 \text{ m}^2$. Kuna seinakonstruktsioone ülevaatus käigus ei avatud, ei olnud võimalik määrata seinasiseste vundamendikonstruktsioonide mahtu ja mõõtmeid. Konstruktsioonid paiknevad hoones korrapäraselt. Seinasisesed vundamendid paiknevad sammuga ~4 m ja hoone sisesed konstruktsioonid paiknevad piki hoonet sammuga ~13 m. Masinasaali funktsioonita osas on kokku 42 vundamen-

dikonstruktsiooni – seinasiseseid 32 tk ja hoone siseseid 10 tk. Vundamentide betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on C16/20. Ülevaatus käigus eelmainitud vundamentide karboniseerumist ei määratud.

3.4.2. Ehitusgeoloogilised tingimused

Masinasaali renoveeritud parkla osas mõõdeti taldmike aluseks +19,57...19,61 abs. km ning konstruktsioonid toetuvad liivpinnasele. Vastavalt AS Maves-i poolt 2005. aastal koostatud pinnaseuuringutele on vaadeldava ala geoloogiline lõige järgmine:

Maapind ja masinasaali põrand on kaetud ligikaudu 0,1 m paksuse asfaldi kihiga. Asfaldi all paikneb 0,1...0,2 m paksune betoonist keldri põrand. Järgneb 1,0...2,25 m paksune täitepinnase kiht, mis koosneb ehitusprahist ja killustikku sisaldavast tihenend mullasegusest liivast. Looduslik pinnakate algab mereliste liivadega, kus vahelduvad peen- ja keskliiva kihid. Keskliiva kiht on paksusega 2,7...4,2 m ja on kesktihe kuni tihe ja niiske kuni veeküllastunud. Keskliiva all asub peenliiv, mis on enamasti kesktihe ja niiske kuni veeküllastunud. Alates 7,2 m sügavuselt on peenliiv kohev. [33]

Pinnase orienteeruvad normnäitajad on toodud tabelis 10 ja tuginevad AS Maves-i poolt tehtud teimimistulemustele, piirkonnas varem tehtud töödele ning Nõukogude Liidus sätestatud ehituslikele normide ja eeskirjade (SNiP) tabelitele.

Tabel 10. Pinnase normatiivsed näitajad [33]

Pinnas	kihi nr	Mahukaal γ' , kN/m ³	Nidusus c' , kPa	Sisehõõrde nurk ϕ' , °	Arvutuslik tingtugevus R_0 , kPa	Deformatsiooni-moodul E, MPa	Filtratsiooni-moodul k' , m/d
Täitepinnas	1	19			1,2		2
Keskliiv	2	19,5	1	35		25	5
Peenliiv	3	19,5	2	30		20	3

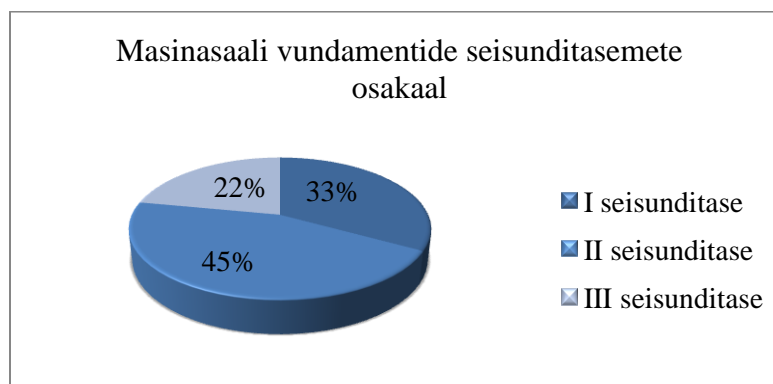
Kokkuvõttes on vaadeldava ala ehitusgeoloogilised tingimused head. Pinnakatte ülaosas nõrku pinnaseid ei esine ja kolme meetrise vundeerimissügavuse korral jääb vundamendi taldmiku alla >2 m hea kandevõimega liivakihid. Raskendavaks teguriks on kõrge põhjaveetase - uuringute teostamise ajal (22.08.05) oli põhjavee tase +19,0...19,2 abs. km, mis võib lumesula ja kestvate sadude järgselt tõusta ligikaudu 0,5 m võrra ehk mõõdetud vundamenditaldmikeni. [33]

3.4.3. Vundamentide seisunditasemed

Kuna masinasaali vundamendid toetuvad otse liivpinnasele ja taldmike all puudub hüdroisolatsioon, siis kapillaartõusust tingituna püüab taldmiku tasapinnas konstruktsiooni pääsenud niiskus tõusta vundamenti ülemise pinnani ja välja kuivada. Kapillaartõusuga kaasnevad vundamentide sool- ja niiskuskahjustused, samuti on selle abil levinud kergem õlireostus. Vundamentidel esineb lisaks veel mehhaanilised kahjustused keldriruumides toimunud tootmistegevusest ja tugevad keemilised kahjustused õlireostusest. Kuna osaliselt paistavad vundamendikonstruktsioonid seinamüüritisest välja, siis satub konstruktsioonidele otseselt ka sadevesi. Samuti on konstruktsioonid avatud ilmastikumõjudele tulenevalt müüritises olevatele tühjaks uhitud vuukidele, kuhu niiskus pääseb ligi ning koostöös temperatuurikõikumistega lõhub vundamendikonstruktsioone.

Ülevaatlik kokkuvõte vundamentidest ja konstruktsioonide kahjustuste ulatusest on toodud lisas 4.1 ja graafilisel joonisel 1.

Joonisel 10 on toodud masinasaali vundamentide osakaalud.



Joonis 10. Masinasaali vundamentide seisunditasemete osakaal

Seisund 1 - Esimese seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 33% vundamentide mahust, s.t. konstruktsioonid on suuremate vigastusteta ja esinevad väiksemad vigastused, mis konstruktsiooni kandevõimet ei mõjuta. Esinevad vigastused on enamasti põhjustatud konstruktsiooni vanusest ja ebapiisavast hooldusest.



Foto 12. Esimese seisunditaseme vundament



*Foto 13. Esimese seisunditaseme vundament
seinas*

Seisund 2 - Teise seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 45% vundamentide mahust. Nende konstruktsioonide vigastused on peamiselt põhjustatud keemilistest teguritest, nt. sool- ja niiskuskahjustused, mis on põhjustatud hüdroisolatsiooni puudumisest ja lagununud seinamüüritisest. Vähemal määral esineb ka mehhaanilisi vigastusi, sarruse kaitsekihi purunemist ja korrodeerumist.



Foto 14. Teise seisunditaseme vundament - korrodeerunud sarrus



Foto 15. Teise seisunditaseme vundament - sool- ja niiskuskahjustused

Seisund 3 – Kolmanda seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 22% vundamentide mahust. Nende konstruktsiooniosade restaureerimine ei ole võimalik. Konstruktsioonis esinevad kahjustused on põhjustatud õlireostusest, mille tulemusena on õli valgunud pikema aja jooksul otse konstrukt-

sioonile ja tunginud sügavale betooni. Vundamendid või osa konstruktsioonist tuleb lammutada ja asendada. Asendatav konstruktsioon peab täpselt jälgima olemasoleva konstruktsiooni geometriat.



Foto 16. Kolmanda seisunditaseme vundament - õlikahjustus vundamendi allosas



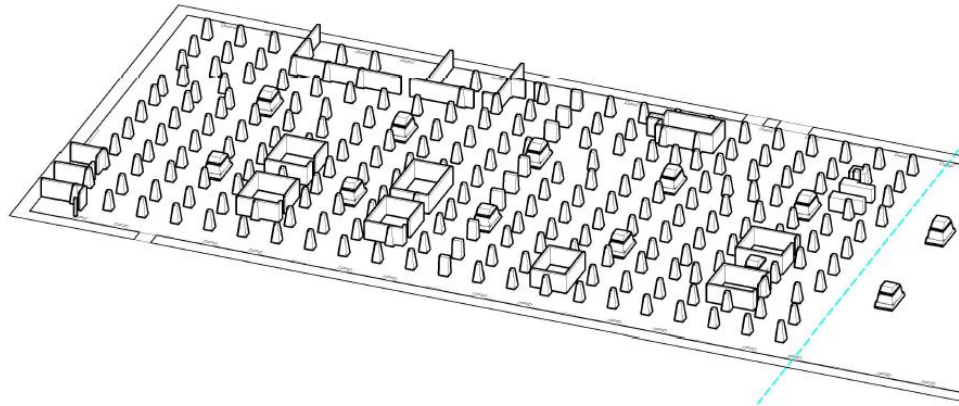
Foto 17. Kolmanda seisunditaseme vundament - tugev õlikahjustus

3.5. Vahelae postvundamendid

3.5.1. Vahelae postvundamentide kirjeldus

Lutheri masinasaali vahelagi on toetatud maapinnast ~1,7 m kõrgustele raudbetoonist püramiidsetele postidele. Ühe konstruktsiooni maht on $0,5 \text{ m}^3$ ja pinna pindala $3,31 \text{ m}^2$. Postvundamendid paiknevad vahelae all kohati korrapäratult sammuga 3,2...3,6 m. Masinasaali funktsioonita osas on vahelae postvundamente kokku 223 tk, mille vahele on ehitatud erinevate suurustega laoruumi ja seadmete vundamente. (vt. joonis 11) Postvundamentide betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on C12/15. Fenoolftaleiiniga katsetamisel mõõdeti postvundamentide karboniseerumise sügavuseks vähemalt 75 mm.

Posti armatuuri oli võimalik mõõta konstruktsiooni avamata. Sarruse läbimõõduks mõõdeti 8 mm ja rangide läbimõõduks 7 mm. Rangide sammuks mõõdeti $s = 85 \text{ mm}$. Võib eeldada, et armatuur paikneb kõigest posti ülaosas, kuna proovikehade võtmisel posti alumises osas armatuurini ei jõutud. Samuti ei olnud sarrus tuvastatav nendes postides, kus posti küljed olid purunenud.



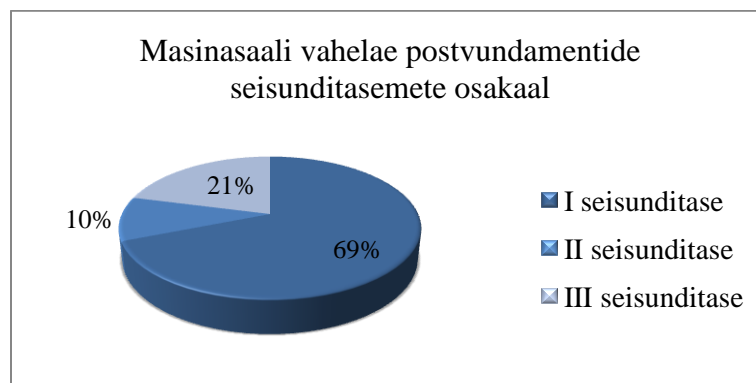
Joonis 11. Lutheri masinasaali keldri mudel

3.5.2. Postvundamentide seisunditasemed

Kuna vahelae postvundamendid toetuvad samuti otse liivpinnasele ja nende all puudub hüdroisolatsioon, siis on kapillaartõusuga kaasnenud postides õlireostus ning sool- ja niiskuskahjustused. Postvundamentide üldise seisukorra võib lugeda heaks – tõsisemad kahjustused on tekkinud konstruktsioonidele sattunud õlist, vähesemal määral on vigastusi põhjustanud ka mehaanilised tegurid nt. masinate kinnituselemendid.

Ülevaatlik kokkuvõte vahelae postvundamentides ja konstruktsioonide kahjustuste ulatusest on toodud lisas 4.2 ja graafilisel joonisel 2.

Joonisel 12 on toodud vahelae postvundamentide seisunditasemete osakaalud.



Joonis 12. Masinasaali vahelae postvundamentide seisunditasemete osakaal

Seisund 1 - Esimese seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 69% postvundamentide mahust, s.t. konstruktsioon on suuremate vigastusteta ja esinevad väiksemad vigastused, mis konstruktsiooni

kandevõimet ei mõjuta. Esinevad vigastused on enamasti põhjustatud konstruktsiooni vanusest ja ebapiisavast hooldusest.



*Foto 18. Esimese seisunditaseme postvundament
(post nr. 10)*



*Foto 19. Esimese seisunditaseme postvundament
(post nr. 83)*

Seisund 2 - Teise seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 10% postvundamentide mahust. Nende konstruktsioonide ülemises pinnas paikneva sarruse kaitsekiht on suures ulatuses purunenud ja sarrus korrodeerumisprotsess alanud. Postides esinevad vigastused on põhjustatud mehhaanilistest teguritest, nt. masinate kinnituselementidest, mis on lõhkunud armatuuri kaitseva betoonkohti, ja keemilistest teguritest, nt. sool- ja niiskuskahjustused, mis tulenevad hüdroisolatsiooni puudumisest.



*Foto 20. Teise seisunditaseme postvundament
(post nr. 1)*



*Foto 21. Teise seisunditaseme postvundament
(post nr. 182)*

Seisund 3 - Kolmanda seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 21% postvundamentide mahust. Nende konstruktsiooniosade restaureerimine ei ole võimalik. Konstruktsioonis esinevad kahjustused on põhjustatud õlireostusest, mille tulemusena on õli valgunud pikema aja jooksul otse konstruktsioonile ja tunginud sügavale betooni. Postvundamendid või osa konstruktsioonist tuleb lammutada ja vajadusel asendada. Asendatav konstruktsioon peab täpselt jälgima olemasoleva konstruktsiooni geometriat.



Foto 22. Kolmanda seisunditaseme postvundament (post nr. 136)



Foto 23. Kolmanda seisunditaseme postvundament (post nr. 177)

3.6. Vahelagi

3.6.1. Vahelae kirjeldus

Hoone ehitusplaanide kohaselt lammutatakse Tallinna Kultuuriväärtuste Ametiga kooskõlas osa vahelaest. Ülevaatuse käigus kontrolliti konstruktsioonide olukorda ainult vahelae säilitatavas osas.

Lutheri masinasaali vahelagi on monoliitne raudbetoonplaat, mis toetub laetaladele ja postvundamentidele. Hoone funktsioonita osas oleva vahelae maht on 351 m^3 ja pealmise pinna pindala 2698 m^2 , säilitatava vahelae osa maht on 58 m^3 ja pealmise pinna pindala 446 m^2 . Vahelae paksus varieerub olenevalt piirkonnast 130...200 mm. Esimesel korrusel on vahelagi kaetud kohati ligikaudu 100 mm paksuse asfaltikihi või pealevaluga. Vahelaes esineb auke, suuremaid avausi ja seadmete kinnitusjälgi. Samuti on esimesel korrusel alles vagonetirööpad ja nende jäljed. Va-

helagi on sokli poolt kohati tugevalt kahjustunud – betoonkaitsekiht kohati lagunenuv või puudub täielikult ja sarrus korrodeerunud. Vahelae betooni tugevusklass on C16/20. Fenoolftaleiiniga katsetamisel mõõdeti vahelae keldri poolt vaadates karboniseerumise sügavuseks 15...20 mm.

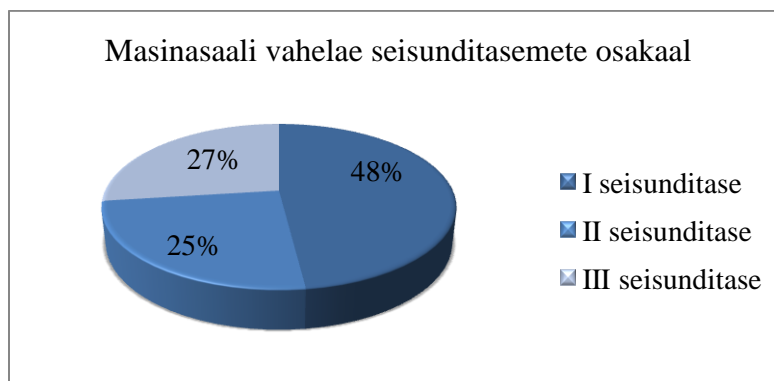
Sarruse läbimõõtu ja sammu oli võimalik mõõta konstruktsioone avamata. Kuna vahelae esinevad mitmed parandused ja ümberehitused, siis sarruse läbimõõt ja samm on suuresti varieeruvad. Ülevaatus käigus mõõdeti erinevates piirkondades sarruse läbimõõtudeks 9,5...7 mm ja sammuks $s = 100...200$ mm. Erinevate armatuuri paljastavate piirkondade visuaalsel vaatlusel võib eeldada, et vahelae ja talade ühendamisel on kasutatud Hennebique süsteemi (vt. joonis 1). Süsteemi kohaselt on vahelae ja talade sarrused omavahel fikseeritud silindriliste varraste abil.

3.6.2. Vahelae seisunditasemed

Vahelae kahjustused on põhjustatud nii halvast hooldusest kui ka mehhaanilistest ja keemilistest teguritest. Kohati on vahelae läbivaid auke, mis on eeldatavasti tekkinud esimesel korrusel paiknenud seadmete kinnitustest, samuti on konstruktsiooni kahjustanud varem hoones paiknenud seadmetest tulenev suuremahuline õlikahjustus.

Ülevaatlik kokkuvõte vahelae ja konstruktsiooni kahjustuste ulatusest on toodud lisa 4.3 ja graafilisel joonisel 3.

Joonisel 13 on toodud masinasaali vahelae seisunditasemete osakaalud.



Joonis 13. Masinasaali vahelae seisunditasemete osakaal

Seisund 1 - Esimese seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 48% vahelae tervikust s.t. konstruktsioon on suuremate vigastusteta ja piirkonnas esinevad väiksemad vigastused, mis konstrukt-

siooni kandevõimet ei mõjuta. Vahelaes esinevad vigastused on enamasti põhjustatud konstruktsiooni vanusest ja ebapiisavast hooldusest.



Foto 24. Esimese seisundi vahelae piirkond



Foto 25. Esimese seisundi vahelae piirkond

Seisund 2 - Teise seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 25% vahelae tervikust. Nendes piirkondades on armatuuri kaitsekiht suures ulatuses purunenud, sarrus tugevalt korrodeerunud ja sarrusvarraste ristlõige oluliselt vähenenud. Vahelaes esinevad vigastused on põhjustatud mehhaanilistest teguritest, nt. esimesel korrusel paiknenud masinate lage läbivad kinnitused, ja keemilistest teguritest, nt. soola- ja kergemad õlikahjustused.



Foto 26. Teise seisundi vahelae piirkond



Foto 27. Teise seisunditaseme vahelae piirkond

Seisund 3 - Kolmanda seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 27% vahelae tervikust. Selle piirkonna konstruktsiooni restaureerimine ei ole võimalik liigsete deformatsioonide või õlireostuse

tõttu. Antud konstruktsioonid on ettenähtud asendada. Vahelaes esinevad konstruktsioonid on õlist läbi imunud ja esinevad lage läbivad avad, mis on tõenäoliselt tekkinud esimesel korrusel paiknenud masinate eemaldamisega.



Foto 28. Kolmanda seisundi vahelaes piirkond - tugev õlikahjustus



Foto 29. Kolmanda seisundi vahelaes piirkond - ümberehitatud korrodeerunud terastaladel

3.7. Esimese korruse raamipostid

3.7.1. Raamkarkassi kirjeldus

Masinasaali raudbetoonist karkassi moodustavad pea- ja abiraamid. Pearaamide vahed on jaotatud kahe abiraami kaudu omakorda kolmeks võrdseks osaks. Abiraamid toetuvad hoone sees piki hoonet paiknevate peataladele ja välisseintes paekiviseina müüritud raudbetoonist postidele. Konstruktsioonile annab juugendliku voolujoonelisuse talade ja kandepostide kaarjad üleminekukohad. Hoone sees paiknevad pearaamide postid on alt kitseneva muutuva ristlõikega. Hoone sees paiknevate konstruktsioonide maht arhitektuursetelt plaanidelt mõõdetuna on $\sim 1,77 \text{ m}^3$ ja pealmise pinna pindala vahelaest arvestades $\sim 10,1 \text{ m}^2$. Pearaamid asetsevad piki hoonet samuga 12 m. Masinasaali funktsioonita osas on kokku 60 raamiposti – seinasiseseid 44 tk ja hoonesiseid 16 tk. Raamipostide betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal on C25/30. Ülevaatus käigus mõõdeti fenoolftaleiiniga katsetamisel karboniseerumise sügavuseks $\sim 20 \text{ mm}$.

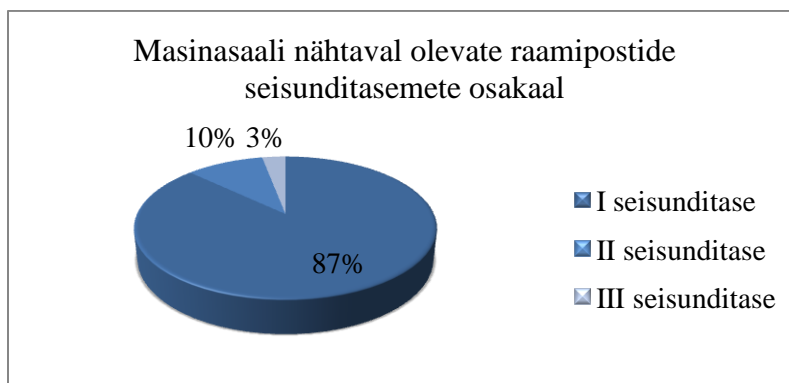
Postide armatuuri oli võimalik mõõta konstruktsiooni avamata. Sarruse läbimõõduks mõõdeti 22...25 mm ja rangide läbimõõduks 8 mm. Rangide sammuks mõõdeti $s = 60 \dots 100 \text{ mm}$.

3.7.2. Raamipostide seisunditasemed

Masinasaali raamkarkassi postide seisukord on erinev. Hoone sees paiknevad pearaami postid on heas seisukorras tänu sellele, et nad on kaetud kaitseva krohvi ja värvi kihiga, mis on aidanud konstruktsioone säilitada. Saali sisesed neli parkla poolset pearaamiposti on osaliselt kaetud betoonsärgiga. Karkassi seinasiseste postide seisukord ei ole selgelt määratletav, kuna valdav osa poste on seina sisse müüritud ning ei ole nähtaval. Seisukorra hindamiseks oleks pidanud seinakonstruktsioone avama. Nähtaval olevate seinasiseste postide kahjustused olid valdavalt põhjustatud välisseintest tulenevast niiskuskahjustustest. Hoone välisfassaadiks olev paekivimüür on kohati lagunenu, varisenud ja raamipostide asukohas välja nõtkunud, esineb ka katmata avasid. Kuna hoonel puudub sadeveesüsteem, jookseb katuselt tulev vesi kohati fassaadikivide taha ning koos temperatuurikõikumistega lõhuvad paekivi. Seinte sisse müüritud raamipostid on lagunenu fassaadi tõttu otseselt ilmatikumõju käes.

Ülevaatlik kokkuvõte esimese korruse raamipostidest ja konstruktsioonide kahjustuste ulatusest on toodud lisas 4.4 ja graafilisel joonisel 4.

Joonisel 14 on toodud masinasaali nähtaval olevate raamipostide seisunditasemete osakaalud.



Joonis 14. Masinasaali nähtaval olevate raamipostide seisunditasemete osakaal

Seisund 1 - Esimese seisunditaseme alla kuulub nähtaval olevatest postides ligikaudu 87%, st. konstruktsioon on suuremate vigastusteta ja postides esinevad väiksemad vigastused, mis konstruktsiooni kandevõimet ei mõjuta. Postides esinevad vigastused on enamasti põhjustatud ebapiisavast hooldusest ja konstruktsiooni vanusest. Postid vajavad enamasti väiksemaid kohtparandusi.



Foto 30. Esimese seisunditaseme pearaami post

C



Foto 31. Esimese seisunditaseme pearaami post

Õ

Seisund 2 - Teise seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 10% nähtaval olevatest postidest. Nende postide sarruse kaitsekiht on kohati purunenud ja sarrus korrodeerunud. Postides esinevad vigastused on põhjustatud mehhaanilistest teguritest, nt. masinate kinnituselementidest, või välisest tulenevast niiskuskahjustustest.



Foto 32. Osaliselt teise seisukorra post RP25



Foto 33. Osaliselt teise seisukorra post G

Seisukord 3 - Kolmanda seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 3% nähtaval olevatest postidest. Nende piirkondade restaureerimine ei ole võimalik, mis tähendab, et postide osa tuleb lammutada ja asendada.



Foto 34. Osaliselt kolmanda seisukorra post RP18



Foto 35. Osaliselt kolmanda seisukorra post-sarrus posti ülaosas korrodeerunud RP01

3.8. Masinasaali katuslagi

3.8.1. Katuslae kirjeldus

Masinasaal on kolmelööviline, mille karkassi moodustavad raudbetoonist pea- ja abiraamid. Abiraamid toetuvad välisseintesse müüritud raudbetoonist postidele ja hoone keskel piki hoonet paiknevatele peataladele. Kesklöövi laiuselt on hoonel ette nähtud klaasist katuselatern, mis on funktsioonita saali osas hetkel kaetud asbestiplaatidega. Külglöövid moodustavad siledad raudbetoonist katuslaed, mis on väljastpoolt kaetud tõrvapapiga-asbestiplaatidega. Algselt on hoone välisseinad tõusnud katusepinnast kõrgemale, moodustades hoone perimeetrile parapeti. Katuseveed juhitakse pikiseinteni ja vastukalletega juhitakse vihmaveed pearaamide kohas paiknevatesse vihmaveelehtritesse ja sealt äravoolutorudesse. [34] [7]

Katuslae raudbetoonist osa maht on arhitektuursetelt joonistelt mõõtes ligikaudu 159 m³ ja pealmise pinna pindala ligikaudu 2793 m². Kuna konstruktsioonile puudus ligipääs ei olnud võimalik

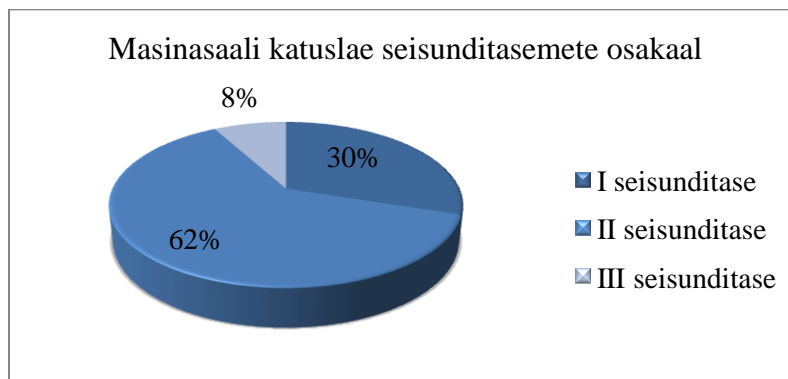
mõõta armatuuri läbimõõtu ja sammu, kuid visuaalsel vaatlusel võib eeldada, et sarruse samm on varieeruv. Samuti ei määratud vahelae betooni tugevusklassi ega karboniseerumist.

3.8.2. Katuslae seisunditasemed

Katuslaes esinevad kahjustused on hinnatud visuaalselt. Katuslaes esineb auke ja lage läbivaid ventilatsioonitorusid. Laeplaadi kahjustused on suuremas osas tekkinud konstruktsiooni pääsenud niiskusest. Suurelt katusepinnalt kogutakse sadevesi ühte kohta kuid kuna puudub töökorras äravool, tungib kogunenud vihmavesi välisseina ja raudbetoonist kandekonstruktsioonidesse. Konstruktsioonis esineb läbijookse ja võib eeldada, et katuslaele kogunenud vihmaveekoormusest on plaat kohati purunenud ja läbi vajunud.

Ülevaatlik kokkuvõte masinasaali katuslae ja konstruktsiooni kahjustuste ulatusest on toodud lisa 4.5 ja graafilisel joonisel 5.

Joonisel 15 on toodud masinasaali katuslae seisunditasemete osakaalud.



Joonis 15. Masinasaali katuslae seisunditasemete osakaal

Seisund 1 - Esimese seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 30% katuslae raudbetoonpinnast, s.t. konstruktsioon on suuremate vigastusteta ja plaadis esinevad väiksemad vigastused, mis konstruktsiooni kandevõimet ei mõjuta. Laeplaadis esinevad vigastused on enamasti konstruktsiooni vanusest, hoone ebapiisavast hooldusest ja liigniiskusest.



Foto 36. Esimese seisunditaseme laeplaat PL36



Foto 37. Esimese seisunditaseme laeplaat PL51

Seisund 2 - Teise seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 62% katuslae raudbetoonpinnast. Nendes piirkondades on armatuuri kaitsekiht kohati purunenud, sarrus tugevalt korrodeerunud ja sarrusvarraste ristlõige vähenenud. Katuslaes esinevad suuremahulised niiskuskahjustused ja pinnal on hakanud vohama vetikas.



*Foto 38. Valdavalt teise seisunditaseme laeplaat
- vohav vetikas PL27*



*Foto 39. Valdavalt teise seisunditaseme laeplaat
PL21*

Seisund 3 - Kolmanda seisunditaseme alla kuulub ligikaudu 8% katuslae raudbetoonpinnast. Nende piirkondade restaureerimine ei ole võimalik, mis tähendab, et katuslae piirkonnad tuleb lammutada ja asendada. Katuslaes esinevad kahjustused on enamasti põhjustatud katuslage läbivatest avadest ja liigniiskusest tulenevatest kahjustustest.



Foto 40. Osaliselt kolmanda seisunditaseme
laeplaat PL32



Foto 41. Osaliselt kolmanda seisunditaseme
laeplaat PL24

4. KONTROLLARVUTUSED

4.1. Arvutusmetoodika

Konstruksioonide koormuste leidmiseks kasutati arvutusprogrammi STAAD.Pro, mis kujutab endas ehituskonstruksioonide tugevusarvutuste tarkvara. Programmi sisestatakse konstruksioonimaterjalide karakteristikud, mille abil võtab programm konstruksioonide omakaalu automaatselt arvesse. Koormused sisestatakse erinevate koormusgruppidega, mis võimaldab rakendada alalis- ja muutuvkoormustele erinevaid osavaru- ja kombinatsioonitegureid. [35]

Käesolevates arvutustes on alaliskoormuseks arvestatud konstruksiooni omakaal ja muutuvkoormuseks kasuskoormus. Arvutused tehakse arvutusväärtustega, mis saadakse normväärtuste korrutamisel osavaruteguritega, mis saadakse standardist. Kandepiirseisundi arvutustes võetakse mõjuvate alaliste koormuste osavaruteguriks $\gamma_G=1,2$ ning muutuvkoormuste osavaruteguriks $\gamma_Q=1,5$. Kasutuspiirseisundi normkombinatsioonis võetakse osavarutegurite väärtuseks 1,0.

Kandepiirseisundi kombinatsioon:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_P * P + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (6)$$

Kasutuspiirseisundi normkombinatsioon:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{j \geq 1} \psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (7)$$

kus:

γ - koormuse osavarutegur sõltuvalt indeksist

G – alaliskoormus

P – eelpinge koormus

$Q_{k,1}$ – domineeriv muutuvkoormus

$Q_{k,i}$ – muu muutuvkoormus

ψ_0 – koormuse kombinatsioonitegur

Arvutustes kasutatud materjalide mahukaalud on määratud vastavalt standardile EVS-EN 1991-1-1:2002 [36].

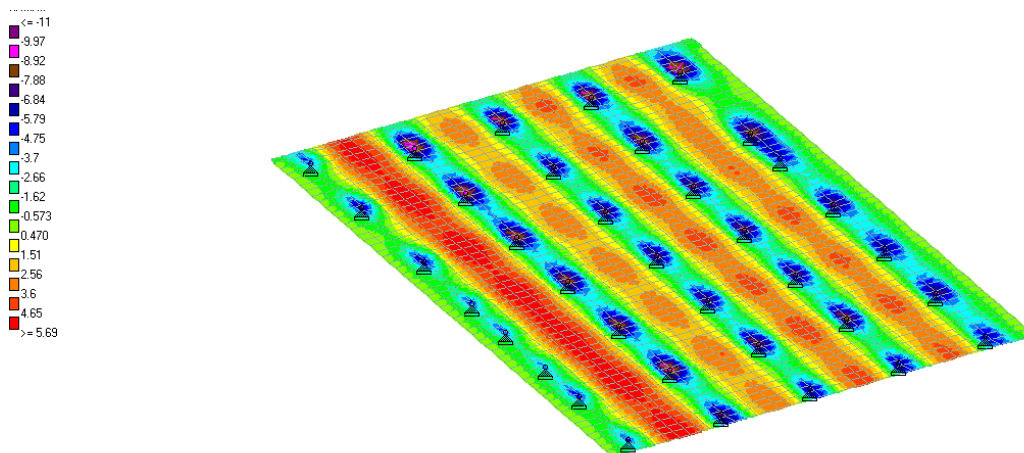
4.2. Vahelae paindekandevõime kontroll

Paindekandevõime kontroll põhineb J. Valguri loengukonspektil „Raudbetoonkonstruktsioonid I“ [37].

Masinasaali monoliitne raudbetoonist vahelagi on olemuslikud monoliitne täisplaat, mis toetub vahelae taladele ja postvundamentidele. Hoone ümberehitamisel lammutatakse osa vahelaest ning järgnevas kontrollarvutuses on käsitletud kõige suuremat säilitatavat osa mõõtmetega 15,2x21,4 m.

Vahelaele on vastavalt hoone tulevases kasutamise iseloomust määratud ametipindadele vastav kasuskoormus $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$. [36]

Katsetulemustel määrati vahelae betooni tugevusklassiks C16/20 ja armeeringuks määrati armatuurvardad klassiga A-I, läbimõõduga 8 mm ja sammuga 100 mm. Vahelae paksuseks on arvestatud 120 mm, mille peal asub asfaltikiht paksusega 10 mm. Arvutuste lihtsustamise eesmärgil teostatakse arvutused 1 m laiuse plaadi riba kohta. Paindemomendi arvutuslik väärtus M_{Ed} on saadud arvutusprogrammi STAAD.Pro kandepiirseisundi koormuskombinatsiooni tulemustest, kus paindemomendi maksimaalne väärtus saadi $M_{Ed}=M_y=5,689 \text{ kNm}$ (vt. joonis16).



Joonis 16. Vahelae töötamisel tekkivad suurimad paindemomendid kandepiirseisundis

Betooni C16/20 arvutustes kasutatavad karakteristikud [38]:

Silindriline normsurvetugevus $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$

Arvutustugevus $f_{cd} = 11 \text{ MPa}$

Armatuurterase A-I arvutustes kasutatavad karakteristikud [39]:

Normaalvoolavuspiir $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$

Arvutusvoolavustugevus $f_{yd} = 204 \text{ Mpa}$

Armatuuri pindala ($\varnothing 8$ -s100) $A_{s1} = 503 \text{ mm}^2$

Ristlõike mõõtmed (vt. joonis 17):

Ristlõike laius $b = 1000 \text{ mm}$

Ristlõike kõrgus $h = 120 \text{ mm}$

Ristlõike kasuskõrgus $d_1 = 98 \text{ mm}$

Enne paindekandevõime kontrollimist tuleb kontrollida, kas ristlõige on normaalarmeeritud. Kui on täidetud tingimus $\omega_c \geq \omega$, on ristlõige normaalarmeeritud. Armatuurterase klassi A-I korral on $\omega_c = 0,618$.

Survetsooni suhteline arvutuskõrgus ω :

$$\omega = A_{s1}f_{yd}/(f_{cd}bd_1) \quad (8)$$

kus:

A_{s1} – armatuuri ristlõike pindala, mm^2

f_{yd} – armatuurterase arvutusvoolavustugevus, Mpa

f_{cd} – 28 päeva vanuse betooni silindrilise normsurvetugevuse arvutusväärtus, Mpa

b – ristlõike laius, mm

d_1 – ristlõike kasuskõrgus, mm

Paindekandevõime tugevustingimuseks on $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, kus paindekandevõimet võib kontrollida avaldisega, kus on arvestatud veaga varu kasuks:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = \mu f_{cd} b d_1^2 \quad (9)$$

kus:

μ - suhteline moment

f_{cd} – 28 päeva vanuse betooni silindrilise normsurvetugevuse arvutusväärtus, Mpa

b – ristlõike laius, mm

d_I – ristlõike kasuskõrgus, mm

Suhteline moment μ :

$$\mu = \omega(1 - 0,5\omega) \quad (10)$$

kus:

ω - survetsooni suhteline arvutuskõrgus

Survetsooni suhteline arvutuskõrgus ω leitakse valemiga 8:

$$\omega = \frac{503 * 204}{11 * 1000 * 98} = 0,098 < \omega_c = 0,618$$

Seega on ristlõige normaalarmeeritud.

Suhteline moment μ leitakse valemiga 10:

$$\mu = 0,098(1 - 0,5 * 0,098) = 0,093$$

Paindekandevõime leitakse valemiga 9:

$$M_{Rd} = 0,093 * 11 * 10^3 * 1000 * 10^{-3} * (98 * 10^{-3})^2 = 9,578 \text{ kNm} > M_{Ed} = 5,689 \text{ kNm}$$

Seega on vahelae ristlõike paindekandevõime küllaldane.

4.3. Vahelae postvundamendi kandevõime

Vahelae postvundament on ruudukujuline ja asub vastavalt šurf-02 200 mm sügavusel pinnases.

Vundamendile mõjuv tsentriline koormus vahelaest ja vahelae talast F_y on saadud arvutusprogrammi STAAD.Pro kandepiirseisundi koormuskombinatsiooni tulemustest, kus koormuse maksimaalne väärtus saadi $V_{1d} = F_y = 104,29 \text{ kN}$, millele lisandub veel postvundamendi omakaal

$$V_{2d} = G_k * \gamma_G = 0,5 * 24 * 1,2 = 14,40 \text{ kN} \quad (11)$$

Postvundamendi talla mõõtmed:

Vundamendi talla laius $B = 0,66 \text{ m}$

Vundamendi talla pikkus $L = 0,66 \text{ m}$

Vundamendi talla kõrgus $d = 0,2 \text{ m}$

Pinnase normnäitajad on võetud tabelist 10:

Täitepinnase paksus	$h_{üide} = 0,20 \text{ m}$
Efektiivmahukaal	$\gamma'_{täide} = 19 \text{ kN/m}^3$
Keskliiva efektiivmahukaal	$\gamma'_{liiv} = 19,5 \text{ kN/m}^3$
Sisehõõrdenurk	$\varphi' = 35^\circ$
Pinnase nidusus	$c' = 1 \text{ kPa}$

Ruudukujulise tsentriselt surutud üksikvundamendi kandevõime avaldub kujul:

$$R_d = B^2(0,5B\gamma'N_\gamma s_\gamma + q'N_q s_q + c'N_c s_c)/\gamma_R \quad (12)$$

kus:

B – vundamendi talla laius, m

γ' – efektiivmahukaal, kN/m^3

q' – pinnase omakaalust põhjustatud efektiivsurve talla tasapinnas, kN/m^2

c' – pinnase efektiivnidusus, kPa

N_γ, N_q, N_c – kandevõime tegurid

s_γ, s_q, s_c – talla kujutegurid

γ_R – kandevõime osavarutegur, 1,5

Talla kuju arvestavad kujutegurid dreenitud tingimustes:

$$s_\gamma = 1 - 0,3 * B/L \quad (13)$$

$$s_q = 1 + B/L * \sin\varphi' \quad (14)$$

$$s_c = (s_q N_q - 1)/(N_q - 1) \quad (15)$$

kus:

B – vundamendi talla laius, m

L – talla pikkus, m

φ' – efektiiv-sisehõõrdenurk, $^\circ$

s_q – talla kujutegur

N_q – kandevõime tegur

Pinnase omakaalust tingitud efektiivsurve talla tasapinnas:

$$q' = d\gamma_1' \quad (16)$$

kus:

d – talla süvis planeeritavas maapinnast või keldri põrandast, m

γ_1' – tallast ülalpool asuva pinnase keskmine mahukaal, kN/m^3

Efektiiv-sisehõordenurgale $\varphi' = 35^\circ$ vastavad pinnase kandevõime tegurid on [40]:

$$N_\gamma = 45,23 \quad N_q = 33,30 \quad N_c = 46,12$$

Ruudukujulise talla puhul on kujutegurid leitavad valemitega 13-15:

$$s_\gamma = 1 - 0,3 * \frac{0,66}{0,66} = 0,70$$

$$s_q = 1 + \frac{0,66}{0,66} * \sin 35^\circ = 1,57$$

$$s_c = \frac{1,57 * 33,30 - 1}{33,30 - 1} = 1,59$$

Pinnasesurve talla tasandis on leitav valemiga 16:

$$q' = 0,20 * 19 = 3,80 \text{ kN/m}^2$$

Koormus kokku on:

$$V_d = V_{1d} + V_{2d} = 104,29 + 14,40 = 118,69 \text{ kN} \quad (17)$$

Kandevõime kontroll tehakse valemiga 12:

$$R_d = \frac{0,66^2(0,5 * 0,66 * 19 * 45,23 * 0,70 + 3,80 * 33,30 * 1,57 + 1 * 46,12 * 1,59)}{1,5}$$
$$= 136,64 \text{ kN} > V_d = 118,69 \text{ kN}$$

Seega on vahelae postvundamendi kandevõime piisav.

5. MASINASAALI RAUDBETOONKONSTRUKTSIOONIDE RESTAUREERIMINE

Konstruksioonide hooldamise strateegia põhineb majanduslikul, funktsionaalsetel, keskkondlikel ja teistel teguritel. Eelkõige mõjutab strateegiat hoone omaniku nõuded konstruksioonile. Hoone planeeritav eluiga põhineb eelkõige restaureeritud raudbetoonkonstruksioonidele. Restaureerimise kontseptsioonide valikud varieeruvad vastavalt sellele, kas on vaja teostada kõigest ulatuslikke hooldustöid või tõsisemaid parandustöid. Restaureerimiskontseptsioonide valikul peab arvestama lisaks erinevate teguritega, nagu näiteks esialgne tööde maksumusega, konstruksioonide hooldustasudega ja konstruksioonide kasutamisele sätestatud piirangutega, ehk käesoleval juhul muinsuskaitse eritingimustega. [41]

A. M. Lutheri uue mööblivabriku masinasaali restaureerimise teeb keerukaks muinsuskaitse eritingimustest tulenevad piirangud, millega seoses on keelatud tavapärased konstruksioonide tugevdamise meetodid nagu näiteks betoonsärki valamine. Samuti muudab olukorra kulukaks säilitatavate konstruksioonide asukoht, nimelt paiknevad säilitatavad vahelae osad ja vahelae vundamendipostid osaliselt piirkonnas, kus on laiaulatuslik õlireostus, mille puhul on ainuvalikuks konstruksiooni lammutamine.

5.1. Eritingimused

A. M. Lutheri uue mööblivabriku masinasaal on osa ehitismälestisest registreerimisnumbriga 8598. Hooneosa on mööblivabriku kompleksis viimane restaureerimata osa. Et tagada kompleksi ühtne väärtuslikkus, on seoses tulevaste ehitustöödega kaasnevate funktsioonimuutustega koostatud hoonele muinsuskaitse eritingimused. Järgnevalt on välja toodud raudbetoonkonstruksioone puudutavad punktid, millest lähtutakse restaureerimise meetodite valikul [7].

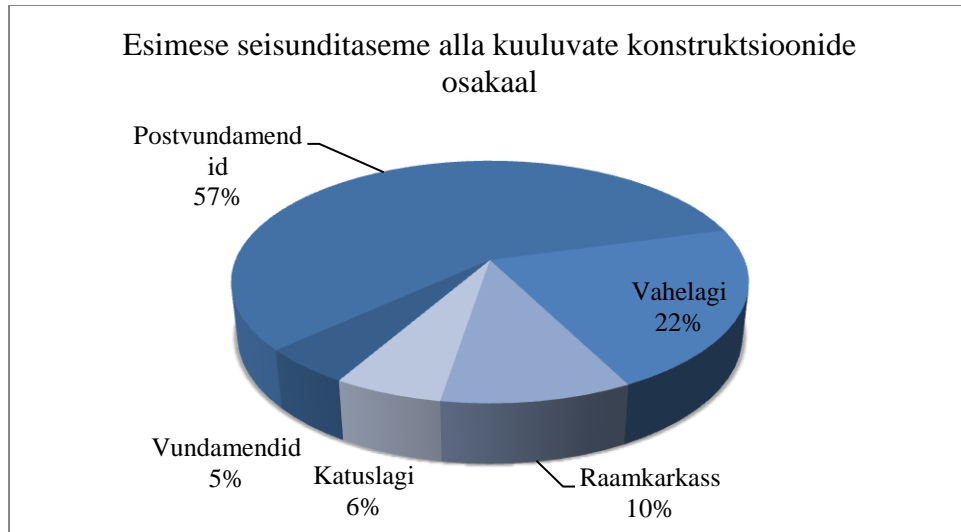
1. Masinasaali raudbetoonkonstruksioonid tuleb säilitada terviklikult ning parandada kaitstes neid edasise kahjustumise eest. Tarindit ei tohi valada betoonsärki ega katta butafoorselt teiste materjalidega.

2. Võimalikud uued vahelaed ei tohi toetuda ega kinnituda olemasolevate raudbetoonist katuse-tarindite (eriti lööve toetavate postide) külge, vaid peavad olema isekandvad ning hoidma ajaloolisest tarindist vähemalt 5 cm distantsti.
3. Konstruksiooni tuleb siseruumis võimalikult palju eksponeerida.
4. Algselt monoliitset põrandakonstruksiooni (betoonplaat ja neid toetavad ülespoole ahenevad postid soklikorruusel) tuleb säilitada võimalikult palju. Vajadusel võib lõigata põrandasse avausi nt. treppide, aatriumi või kommunikatsioonide jaoks. Vana betoonist vahelae eemaldamiskohtades tuleb vahelagi postide küljest lahti lõigata ning sõltuvalt uutele planeeringutele säilitada betoonposte soklikorruuse interjööri oma algsel asukahele lähedasel kohal. Juhul, kui uus vahelagi jääb selles osas postidest kõrgemaks, võib olemasolevaid betoonposte kasutada edasi vahelae kandjana neid tarindiga pealt või alt kõrgemaks kasvatades.
5. Soklikorruusel olevad seadmete betoonist vundamendid võib eemaldada.
6. Masinasaali betoonist tarindit ei tohi katta mingi teise materjaliga (lubatud on betooni kaitsvad immutusvahendid, mis säilitavad betooni naturaalse välimuse).
7. Vajaduse korral võib minimaalselt külglöövide katuslakke lõigata avasid ventilatsiooniseadmete või katuseakende jaoks. Avade sisselõikamisel peab silmas pidama, et hoone olemasolevat terviklikku ehitussubstantsi mingil moel ei kahjustata.

5.2. Esimene seisunditase

Tabelis 1 toodud raudbetoonkonstruktsioonide seisunditasemete kirjeldustes on esimese seisunditaseme all mõeldud olukorda, kui raudbetoonkonstruktsioon on suuremate vigastusteta. Konstruktsioonis võivad esineda väiksemad praod ja vigastused, mis konstruktsiooni kandevõimet otseselt ei mõjuta ja sarruse seisukord on eeldatavasti hea. Pikendamaks betoonpindade vastupidavust ja eluiga, on soovitatav kasutada nt. immutusvahendeid, mis loovad vett tõrjuva kaitsekihi.

Joonisel 17 on toodud välja esimese seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide osakaal, mille jaotusel on iga konstruktsiooni osakaal arvestatud võrdsena ja lisaks on arvesse võetud, et igal konstruktsioonil on erineva osakaaluga erinevad seisunditasemed. Diagrammilt on näha, et kõigist masinasaali raudbetoonkonstruktsioonidest kokku puudutavad esimese seisunditaseme restaureerimistööd kõige enam vahelae postvundamente ja ka vahelage.



Joonis 17. Esimese seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide osakaal

Pakutud restaureerimise lahenduse puhul on kasutatud ettevõtte Langeproon tooteid.

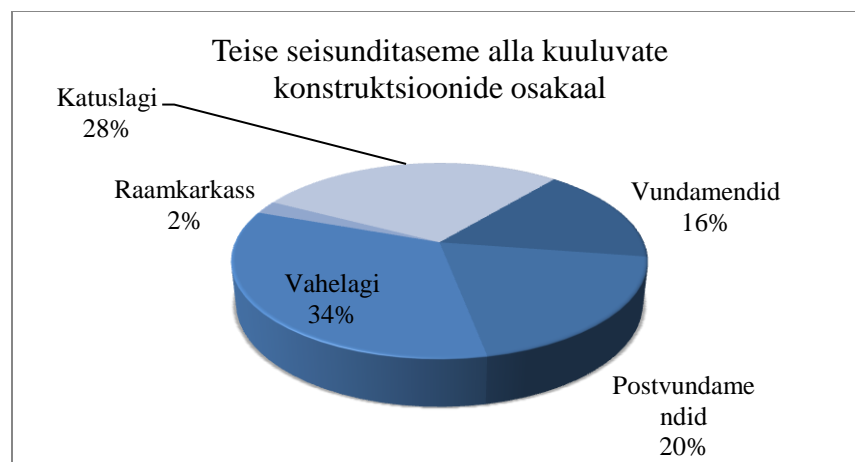
Esimese seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide restaureerimise tehniline lahendus tööde teostamise järjekorras [42] [43] [44]:

1. Kogu lahtine või nähtavalt kahjustunud betoon täielikult eemaldada remonditavalt betoonpinnalt mehhaaniliselt nt. liivapritsiaga;
2. Betoonpinna tõmbetugevus peab olema $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ [45]. Aluspind peab olema puhas lahtistest osakestest, tolmust, õlist ja muust saastest. Betooni täitematerjal peab olema nähtav st. aluspind peab olema piisavalt kare;
3. Enne parandusmördi paigaldamist immutada aluspinda veega nii, et pind oleks niiske, kuid mitte veega küllastunud. Parandusmördina kasutada nt. *MC-Nafufill KM 103* või analoogset toodet.
4. Vastav kogus parandusmörti kantakse pinnale krohvihõõruki, kellu või märgprips tehnikaga. Ühe kihi paksus on min 1 mm ja max kogupaksus 3 mm. Kahe kihi paigaldamisel järgida ülekatte aega – min 1 tund. Kui alumine kiht kuivab täielikult, niisutada seda veega;
5. Sileda lõpptulemuse saavutamiseks viimistleda parandusmörti jäiga, niiske käsna. Kõvenevat materjali ei tohi enam töödelda, sest see võib põhjustada pragude teket;

6. Tardumise ajal kaitsta parandusmörti sobivate vahenditega, et vältida liiga kiiret kuivamist. Samuti kaitsta otsese niiskuse eest, sest vihm või muu niiskus võib põhjustada vähest pinnakahjustust;
7. Parandusmörti võib 3 tunni möödumisel katta hüdrofobiseerimisvahendiga, mis kantakse pinnale kas valades, rulliga või õhuvaba pihustusseadmega. Vertikaalsete pindade korral katta voolamisjälgede vähendamiseks suunaga alt üles. Keldrikorrustel kasutada nt. lahustivaba vedelat hüdrofobiseerimisvahendit *Emcephob WM* või analoogset toodet, mis ei muuda betooni väljanägemist, küll aga tugevdab pinda ja väldib liigse niiskuse sattumist konstruktsiooni. Maapealsetel korrustel kasutada nt. *EmceColor-flex* süsteemi või analoogseid tooteid, mis on vastupidavad õhusaastele.

5.3. Teine seisunditase

Tabelis 1 toodud raudbetoonkonstruktsioonide seisunditasemete kirjelduses on teise seisunditase all mõeldud olukorda, kui betoonis esinevad suuremad vigastused, sarrus on paljandunud ja silmnähtavalt korrodeerunud. Konstruktsioonide kandevõime taastamiseks ja edaspidise kahjustuste arenemise vältimiseks, on soovitatav kahjustunud betoon eemaldada ja asendada uuega. Armatuur tuleb puhastada korrosioonist ja vajadusel paigaldada lisaarmatuur.



Joonis 18. Teise seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide osakaal

Joonisel 18 on toodud välja teise seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide osakaal, mille jaotus on analoogne esimese seisunditaseme jaotusega. Diagrammilt on näha, et kõigist masina-

saali raudbetoonkonstruktsioonidest kokku puudutavad teise seisunditaseme restaureerimistööd kõiki konstruktsioone suhteliselt võrdselt.

Pakutud restaureerimise lahenduse puhul on kasutatud ettevõtte Langeproon tooteid.

Teise seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide restaureerimise tehniline lahendus tööde teostamise järjekorras [46] [42] [43] [44]:

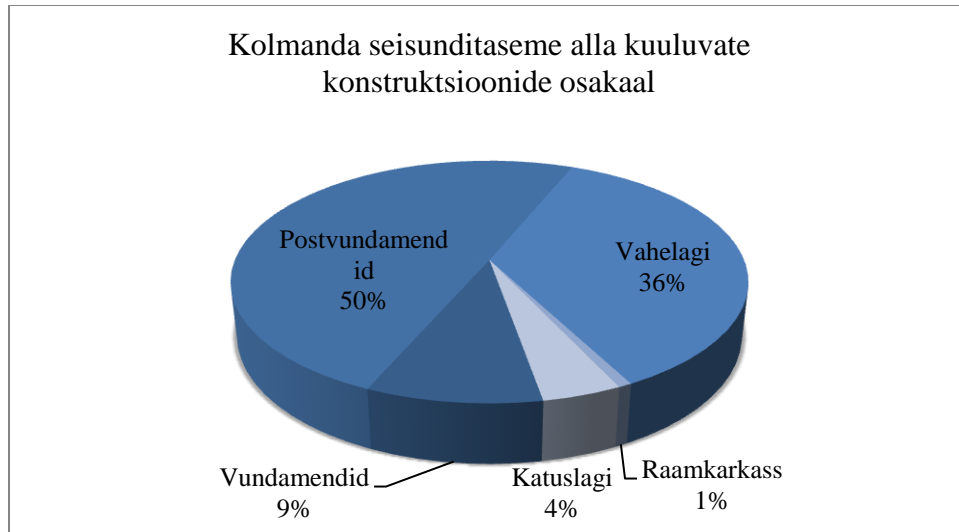
1. Kogu lahtine või muidu nähtavalt kahjustunud betoon tuleb remonditavalt betoonpinnalt täielikult eemaldada mehhaaniliselt nt. liivapritsiiga;
2. Eemaldada kahjustunud ja korrodeerunud armatuurvarraste ümbruses kahjustatud betoon ja tagada vardale ligipääs ettevalmistustööde teostamiseks. Nõutav armatuurvarda välispinna ja betooni vaheline distants on võrdne armatuurvarda läbimõõduga. Armatuurvardad puhastada varda kogu ümbermõõdu ulatuses ja 50 mm piki varrast kahjustunud ning korrodeerunud varda piirkonnast eemale. Armatuurvardad puhastada puhastusastmeni SA 2½ (vastavalt ISO 8501-1:2007) kõrgsurvepesu ja kuivliivapritsiiga [47] ;
3. Juhul, kui armatuurvarraste ristlõige on vähenenud korrodeerumise tulemusel üle 20%, tuleb asendada läbiroostetavad armatuurvardad või paigaldada täiendavad armatuurvardad. Täiendav või asendatav armatuurvarras paigaldada nii, et oleks tagatud 20 mm betoonkaitsekihi paigaldamise võimalus elemendi geometriat muutmata. Lahtised armatuurvardad asendada või kinnitada uue armatuuriga ülekattepikkusega min. 100 mm [47].
4. Armatuurteraselt tuleb eemaldada rooste ja muud saastavad või korrosiooni tekitavad ained. Armatuur puhastada kvartsivaba abrasiivse materjaliga, liivapritsi või muu sobiva tehnikaga;
5. Aluspind peab olema puhas lahtistest osakestest, tolmust, õlist ja muust saastest. Betooni tõmbetugevus peab olema $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$. Aluspind peab olema piisavalt kare, s.t. täitematerjal peab olema nähtav;
6. Enne korrosioonitõkke paigaldamist niisutada aluspinda nii, et see oleks niiske kuid mitte veega küllastunud. Korrosioonitõkkevahendina kasutada nt. *Zentrifix KMH* või analoogset toodet;

7. Korrosioonitõkkevahend paigaldada ettevalmistatud armatuurterasele kahes kihis. Jälgi-da, et sidumistraadid ning armatuuri ja betooni vahelised alad saaksid kaetud piisava pak-susega kihiga. Kattekihtide paigaldamise vahel oodata umbes kolm tundi;
8. Katta pind parandusmördiga, mis kantakse pinnale krohvihõõruki, kellu või märgprits tehnikaga. Ühe kihi paksus on min 1 mm ja max kogupaksus 3 mm. Kahe kihi paigalda-misel järgida ülekatte aega – min 1 tund. Parandusmördina kasutada nt. *MC-Nafufill KM 103* või analoogset toodet.
8. Sileda lõpptulemuse saavutamiseks viimistleda parandusmörti jäiga, niiske käsna-ga. Kõ-venevat materjali ei tohi enam töödelda, sest see võib põhjustada pragude teket;
9. Parandusmörti võib 3 tunni möödumisel katta hüdrofobiseerimisvahendiga, mis kantakse pinnale kas valades, rulliga või õhuvaba pihustusseadmega. Vertikaalsete pindade korral katta voolamisjälgede vähendamiseks suunaga alt üles. Keldrikorrustel kasutada nt. la-hustivaba vedelat hüdrofobiseerimisvahendit *Emcephob WM* või analoogset toodet, mis ei muuda betooni väljanägemist, küll aga tugevdab pinda ja väldib liigse niiskuse sattu-mist konstruktsiooni. Maapealsetel korrustel kasutada nt. *EmceColor-flex* süsteemi või analoogseid tooteid, mis on vastupidavad õhusaastele.

5.4. Kolmas seisunditase

Tabelis 1 toodud raudbetoonkonstruktsioonide seisunditasemete kirjelduses on kolmanda seisun-ditaseme all mõeldud olukorda, mil konstruktsioonis esinevad suuremahulised deformeerumised, mille tulemusena on konstruktsiooni kandevõime oluliselt vähenenud. Samuti kuuluvad selle seisunditaseme all pöördumatute õlikahjustustega konstruktsioonid.

Joonisel 19 on näha kolmanda seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide osakaalud, mille jaotus on analoogne esimese seisunditaseme jaotusega. Jooniselt selgub, et pool kolmanda sei-sunditaseme alla kuuluvatest konstruktsioonidest on vahelae postvundamendid. Samuti moodus-tab suure osa (36%) masinasaali vahelaest. Kõige väiksema osa kolmandast seisunditasemest moodustab raamkarkass, mille osakaal võib muutuda, kuna andmetes on esitatud kõigest nähta-val olevad konstruktsioonid ja seinasiseste konstruktsioonide seisukord selgub alles pärast seina avamist.



Joonis 19. Kolmanda seisunditaseme alla kuuluvate konstruktsioonide osakaal

Masinasaali keldrikorrusel on valdav osa kolmanda seisunditaseme kahjustustest tekkinud õli-reostuse tagajärjel. Kuna muinsuskaitse eritingimustest lähtudes ei tohi raudbetoonkonstruktsioone katta teiste materjalidega (vt. ptk. 5.1), mis isoleeriksid kahjustunud konstruktsioonid, on lahenduseks õli likvideerimine konstruktsioonide lammutamise teel. Õli likvideerimiseks tuleb töö tellida ohtlike jäätmete käitluslitsentsi omavalt ettevõttelt.

Õlireostusega konstruktsiooni osad tuleb lammutada ja uuesti valada, jälgides olemasoleva konstruktsiooni täpseid geomeetrilisi eripärasid.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritööga tehti A. M. Lutheri endise mööblivabriku masinasaali raudbetoonkonstruktsioonidele seisukorra hinnang. Lisaks kirjalikule osale teostati konstruktsioone ja kahjustuste ulatust kirjeldavad joonised ning kontrollarvutused vahelaee ja vahelaepostvundamentidele.

Töö esimeses ja teises osas kirjeldati raudbetooni arengu tähtsamaid etappe ning Lutheri mööblivabriku arengut. Lisaks anti ülevaade uue mööblivabriku ehitamisest ja masinasaalist. Masinasaali üks osa on ümber ehitatud parkimismajaks, mille käigus lammutati pool algsest vahelaekonstruktsioonist ja kõik vahelaepostvundamendid. Hoone raamkarkassile valati ümber betoonsärgid. Kõik eelmainitud tegevused on muinsuskaitse eritingimustega masinasaali funktsioonita osas keelatud tegevused.

Kolmandas peatükis kirjeldati raudbetoonkonstruktsioonide seisukorra hindamiseks kasutatud meetodit, milles hinnati konstruktsioone 100% skaalal ja jaotati kolme seisunditasemesse. Esmalt kontrolliti Tallinna Tehnikaülikooli Materjaliuuringute teaduskeskuse laboris betooni keemiline koostis, millest selgus, et betoonis esineb peamiselt liiva ja savimineraale. Betooni keemiline koostis selgitas, miks keldrikorrusel olevate konstruktsioonide betoon on poorne ja kergelt murenev. Objektil sooritati katseid fenoolftaleiiniga, selgitamaks välja kui suures ulatuses on konstruktsioonid karboniseerunud. Tulemuseks saadi, et kõigis konstruktsioonides on karboniseerumise protsess alanud, mis oli konstruktsioonide vanusest lähtudes oodatav tulemus. Lisaks selgitati Schmidti vasaraga välja betooni tugevusklassid. Vundamentide ja raamipostide betooni tugevusklassid olid vastavuses standardis EVS-EN 206-1:2007. Betoon. Osa-1: Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus ettenähtud klassidele. Madalam tugevusklass tuvastati vahelael. Peatükis anti ka ülevaated iga konstruktsiooni seisunditasemete kohta. Kokkuvõtvalt kuulus esimese seisunditaseme, ehk kõige paremas seisukorras olevate konstruktsioonide alla 56% masinasaali konstruktsioonidest. Teise seisunditaseme, ehk juba suuremate kahjustustega konstruktsioonide alla kuulus 23% konstruktsioonidest ning kolmanda seisunditaseme, ehk lammutamisele minevate konstruktsioonide alla kuulus 21%. Järeldusena võib väita, et masinasaali konstruktsioonid on oma vanusest tulenevalt hästi säilinud, kuna suurem osa pöördumatutest kahjustustest tulenevad õlireostusest, mitte vananemisest tulenevatest protsessidest.

Neljandas peatükis teostati kontrollarvutused vahelaele ja vahelae postvundamentidele. Kuna vahelagi ja postvundamendid kokkuleppel Tallinna Kultuuriväärtuste Ametiga lammutatakse ning säilitatavatele osadele rajatakse bürooruumid, tuli kontrollida konstruktsioonide kandevõimet. Mõlema konstruktsiooni arvutuskontrollid näitasid, et konstruktsioonide kandevõimed on kasutuselevõtu jaoks piisavad.

Viiendas peatükis toodi välja masinasaali raudbetoonkonstruktsioone puudutavad muinsuskaitse eritingimused ning nendele tuginedes pakuti välja vastavalt seisunditasemetele restaureerimiskontseptsioonid.

Käesolev magistritöö on praktilise väärtusega, kuna antud seisukordade hindamisele tuginedes on võimalik saada parem ülevaade konstruktsioonide kahjustustest ja hinnata remonttööde tulevast maksumust.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Souponitski, S. Early reinforced concrete constructions in Russia: specific faults and causes of failure. - *Engineering Failure Analysis* 8. 2001. [www] ScienceDirect
- [2] Suits, M. Varajane raudbetoon Eesti arhitektuuris: magistritöö. Eesti Kunstiakadeemia, Tallinn, 2009.
- [3] Trumm, U., Kangur, P. Eesti betoonehituse ajalugu. Tallinn : In Nomine OÜ, 2014.
- [4] Frampton, K. Moodne arhitektuur: kriitiline ajalugu. Tallinn : Eesti Kunstiakadeemia, 2011.
- [5] Keefe, S. Civil Engineering Patenting: Then and Now [www] <http://www.civilengineeringpatentlaw.com/e-News1%20Jun%202013.htm> (01.02.2016)
- [6] Kala, K., Karma, O., Karjahärm, T. Tallinna Vineeri- ja mööblikombinaat 1877-1977. Tallinn : Eesti Raamat, 1977.
- [7] Eensalu ja Pihel. Muinsuskaitse eritingimused A. M. Lutheri uue mööblivabriku reg.nr. 8594 masinasaali restaureerimiseks. Tallinn, 2015.
- [8] Gens, L. Rahvusromantis Tallinnasse Peterburi kaudu [www] <http://www.sirp.ee/archive/2000/28.01.00/Kunst/kunst1-6.html> (12.09.2016)
- [9] Rubla-Dollari kurss aastail 1912-2014 [www] <http://www.opocuu.com/kurs.htm> (02.04.2016)
- [10] US Inflation Calculator [www] <http://www.usinflationcalculator.com/> (02.04.2016)
- [11] Muinsuskaitseameti Kultuurimälestiste riiklik register. 8594 AS A.M.Luther uus vabrikahoone, 1912. a. [www] <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=imagegallery&id=8594> (02.04.2016)
- [12] Muinsuskaitseameti Kultuurimälestiste riiklik register. 8594 A/s A.M. Luther uus vabrikahoone, 1912. a. [www] <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=8594> (10.03.2016)
- [13] Kübarsepp, J., Kulu, P. Terminoloogiaarendus tehnikavaldkonnas. [www] <http://www.sirp.ee/s1-artiklid/c9-sotsiaalia/terminoloogiaarendus-tehnikavaldkonnas/>

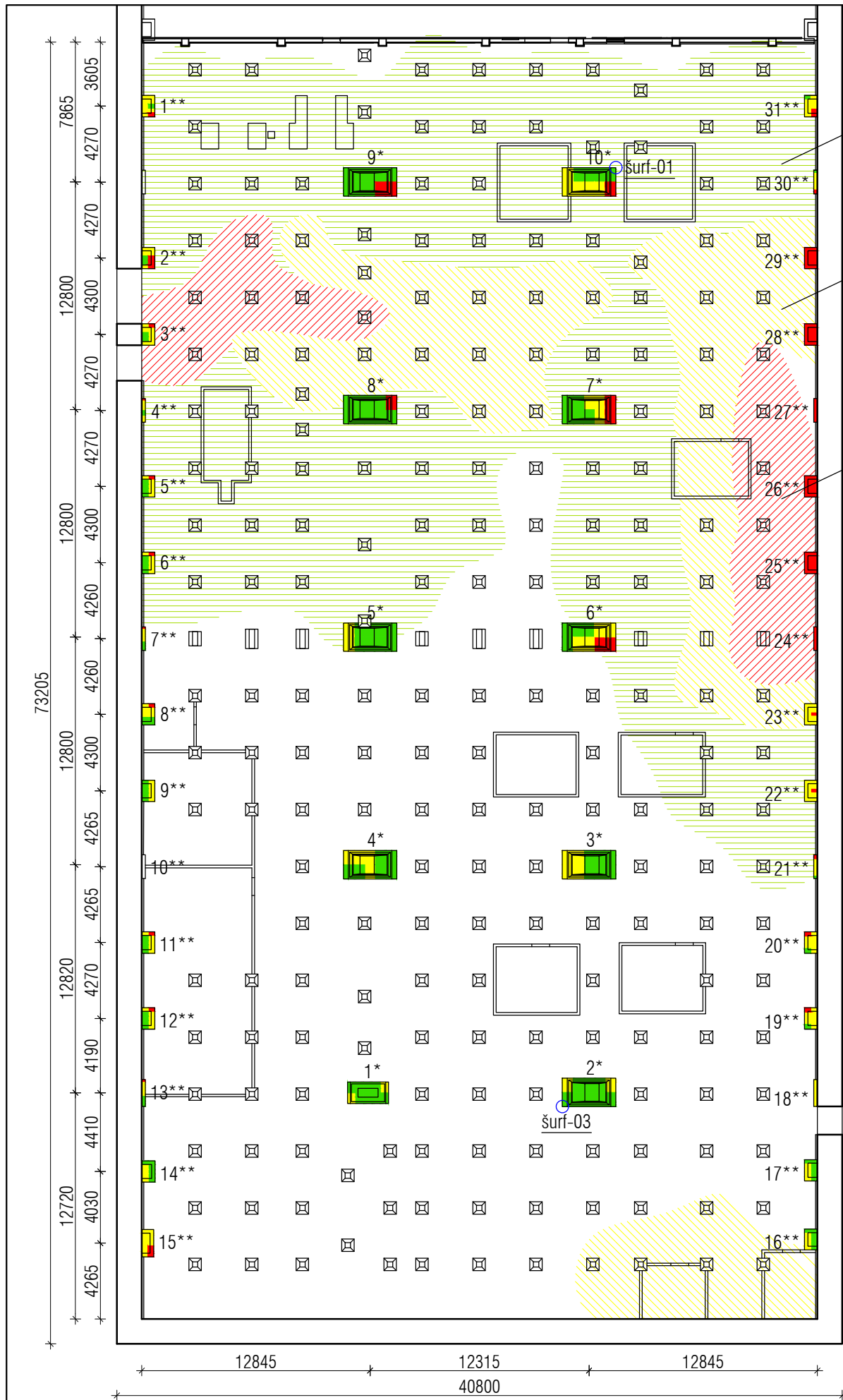
(12.03.2016)

- [14] Lutheri kvartal. Ajalugu. [www] <http://www.lutherikvartal.com/index.php?0133> (02.04.2016)
- [15] Riigiteataja. Kultuurimälestiseks tunnistamine 18.08.1997. [www] <https://www.riigiteataja.ee/akt/25420> (02.04.2016)
- [16] Ehitusekspertiisibüroo OÜ. Lutheri kvartal, Vana-Lõuna 39 ja 39A, Tallinn: Parkimismaja seletuskiri. Tallinn, 2007.
- [17] Ars Projekt. Lutheri kvartal [www] <http://www.ars.ee/portfolio/lutheri-kvartal/> (03.03.2016)
- [18] Senkel, S. Äripäev sõlmis arendajaga lepingu uuele kontoripinnale. [www] <http://www.ehitusuudised.ee/uudised/2015/09/18/aripaev-solmis-arendajaga-lepingu-ueele-kontoripinnale> (10.03.2016)
- [19] HG Arhitektuur OÜ. Lutheri masinasaal: eskiis. Tallinn, 2016.
- [20] Crevello, G, Hudson, N., Noyce, P. Corrosion condition evaluations of historic concrete icons. - *Case studies in construction materials*. 2015. [www] ScienceDirect
- [21] AS Teede Tehnokeskus. Sildade ülevaatus väljatöötatud BMS alusel aastatel 2012-2013. Tallinn, 2010.
- [22] Pentti, M. The Accuracy of the Extent-of-Corrosion Estimate Based on the Sampling of Carbonation and Cover Depths of Reinforced Concrete Facade Panels. Tampere : Tampere University of Technology Publications, 1999.
- [23] Onton, H. Investigation of the causes of deterioration of old reinforced concrete constructions and possibilities of their restoration. Tallinn : TUT, 2008.
- [24] Kwan, A., Wong, A. Durability of Reinforced Concrete Structures: Theory vs Practice. [www] https://www.devb.gov.hk/filemanager/en/content_590/paper0501_by_albert_kwan.pdf (02.04.2016)
- [25] Raupach, M., Elsner, B., Polder, R., Mietz, J. Corrosion of reinforcement in concrete. Cambridge : Woodhead Publishing Limited, 2007.
- [26] Õiger, K. Ehitiste renoveerimine. Tallinn : Tallinna Tehnikaülikooli kirjastus, 2011.
- [27] Badaoni, A. Uncertainty Impact of the Effective Diffusion Coefficient on the Concrete

- Chemical Degradation. [www] <http://thescipub.com/PDF/ajeassp.2015.417.421.pdf>
(04.04.2016)
- [28] Monteiro, I., Branco, F., de Briot, J., Neves, R. Statistical analysis of the carbonation coefficient in open air concrete structures. - *Construction and Building Materials*. 2012.
[www] ScienceDirect
- [29] Wilson, M. L., Kosmatka, S. H. Design and Control of Concrete Mixtures. Illinois : Portland Cement Assn, 2011.
- [30] Liias, R. Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. [www]
http://www.kredex.ee/public/Uuringud/Suurpaneelamute_uuringu_loppraport_trukk.pdf
(06.05.2016)
- [31] Konstruksiooni betooni katsetamine: Osa 2: Mittepurustav katsetamine, põrkearvu määramine. - *EVS-EN 12504-2 2003*.
- [32] Otsmaa, V. Betooni klass, selle mõiste ja määramine. [www] (02.02.2016)
- [33] AS Maves. Vana-Lõuna 39 Parkimismaja ehitusgeoloogilise uuringu aruann. Tallinn, 2005.
- [34] Ehitusekspertiisibüroo OÜ. Endine A.M. Lutheri mööblivabriku masinasaal: ehitustehniline ekspertiis. Tallinn, 2014.
- [35] CAD-süsteemide OÜ. Staad Pro. [www] <http://www.cadsys.ee/staadpro/> (13.05.2016)
- [36] Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused. Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused - *EVS-EN 1991-1-1:2002*
- [37] Valgur, J. Raudbetoonkonstruksioonid I - Loengukonspekt. Tartu, 2011.
- [38] Eurokoodeks 2: Betoonkonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonetele - *EVS-EN 1992-1-1:2007*
- [39] Valgur, J. Raudbetoonkonstruksioonide arvutustabelid. Tartu, 2011.
- [40] Jaanisoo, V. Madalvundamendi arvutus. Tallinn : Ehitame, 2014.
- [41] Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 9: General principles for the use of products and systems - *EVS-EN 1504-9:2008*

- [42] Langeproon. Nafufill KM 103. [www] http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Nafufill-KM_103.pdf (11.05.2016)
- [43] Langeproon. Emcephob WM. [www] http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Emcephob_WM.pdf (11.05.2016)
- [44] Langeproon. EmceColor-flex. [www] Available: <http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/EmceColor-flex.pdf> (11.05.2016)
- [45] Betoonkonstruktsioonide kaitsmiseks ja parandamiseks kasutatavad tooted. Määratlused, nõused, kvaliteedikontroll ja vastavuse hindamine. Osa 2: Betooni pinnakaitsesüsteemid. - *EVS-EN 1504-2:2007*
- [46] Langeproon. entrifix KMH. [www] http://www.langeproon.ee/wp-content/uploads/Zentrifix_KMH.pdf (11.05.2016)
- [47] Onton, H., Õiger, K. Vesilennukite angaari raudbetoonkonstruktsioonide renoveerimisprojekt. Tallinn, Tallinna Tehnikaülikool, 2009.

JOONISED



VUNDAMENTIDE KAHJUSTUSTE PLaAN
M1:300

Nähtavad õlikahjustused
postid 5-20 cm ulatuses õliga reostunud

Keskised õlikahjustused
postid 20-50 cm ulatuses õliga reostunud

Keskised õlikahjustused
postid 20-50 cm ulatuses õliga reostunud

Tingmärgid:

- Tugeva kahjustusega piirkond
- Keskmise kahjustusega piirkond
- Nõrga kahjustusega piirkond

Märkus: Ruumi mõõtmed on võetud arhitektuursetelt joonistelt ja ei pruugi vastata tegelikkusele.

LUTHERI MASINASAALI FUNKTSIOONITA OSA
VUNDAMENDIKONSTRUKTSIOONID:

Konstruksioonide arv - 42
- Seinasiseid 32 tk ja hoone siseseid 10 tk

Konstruksiooni maht - 6,65 m³

Konstruksiooni pealmise pinna pindala - 14,4 m²

Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal: C16/20

- Vundamenti šurf-1 - C12/15
- Vundamenti šurf-3 - C16/20

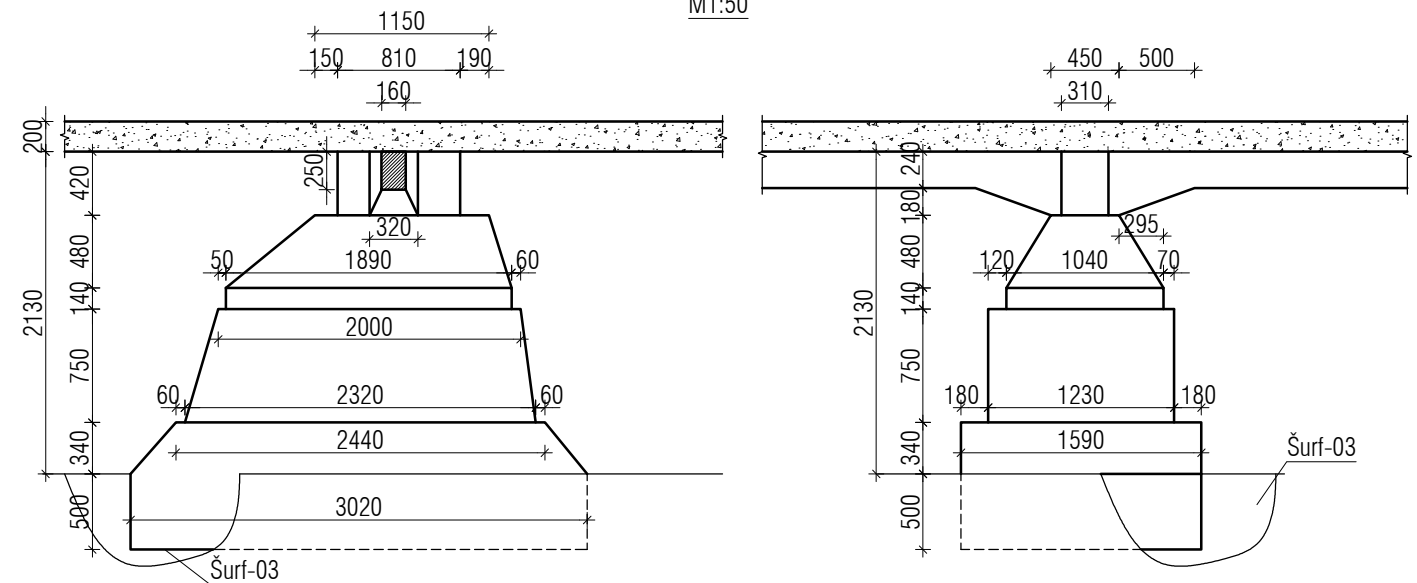
Vundamentikonstruktsioonidel karboniseerumist ei määratud

Konstruksioonide seisunditasemete osakaal:

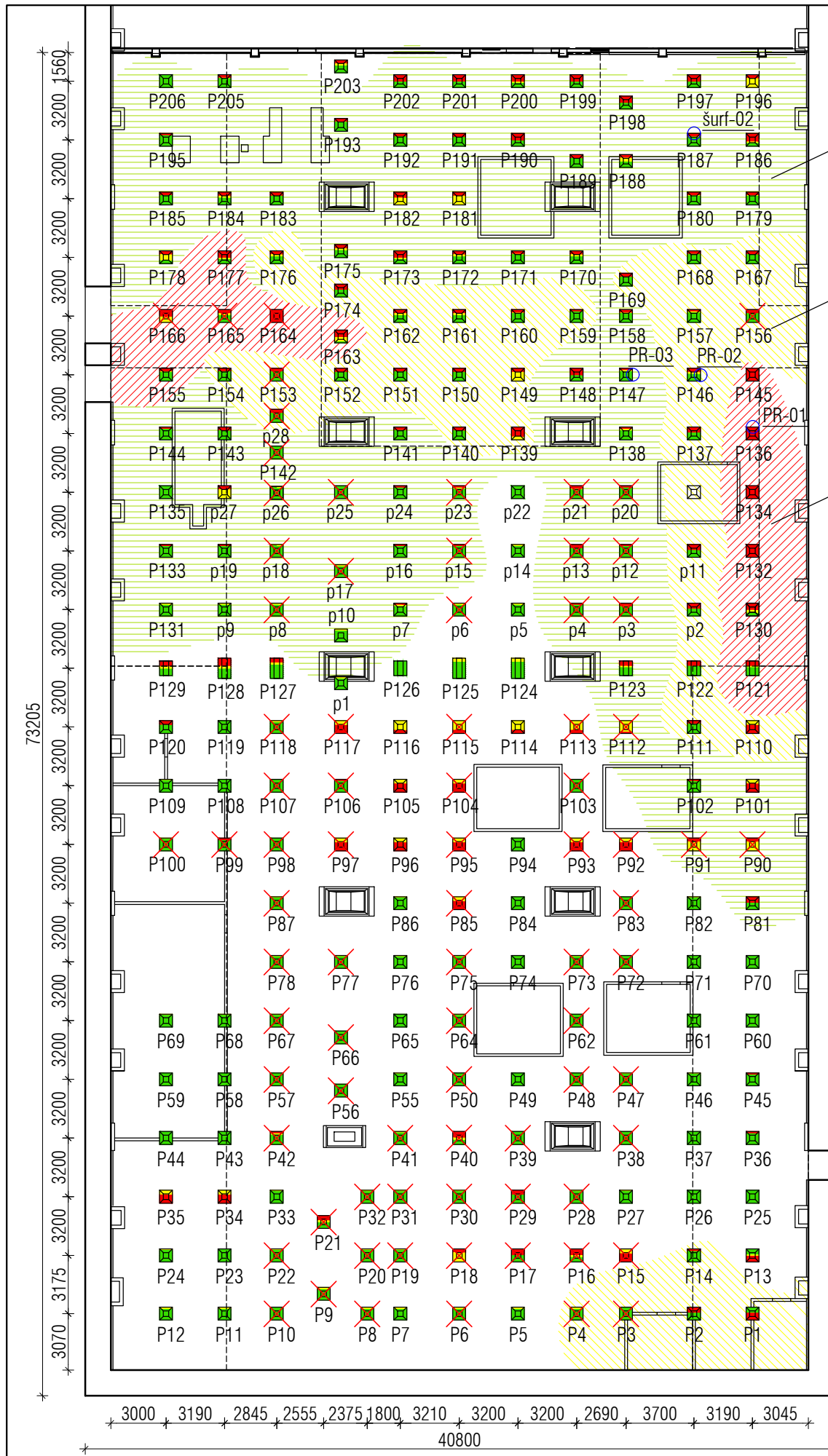
- I seisunditase - 33%
- II seisunditase - 45%
- III seisunditase - 22%

Märkus: Vundamentikonstruktsioonide mahu ja pealmise pinna pindala juures ei ole arvestatud seinasiseid konstruktsioone

VUNDAMENT 2*
M1:50



			OBJEKT:		
			Lutheri masinasaal. Vana-Lõuna 39, Tallinn. A/s A.M.Luther uus vabrikahoone, 1912. a. mälestise registri nr. 8594		
Koostas	Merith Auksmann	Allkiri	Kuupäev	NIMETUS: Lutheri masinasaali funktsioonita osa vundamendid	
Juhendas	Maari Idnurm		30.05.2016		
TTÜ Tartu Kollidž			LEHT:	LEHT:	MÕÕTKAVA:
			1	5	1:300, 1:50



VAHELAE POSTVUNDAMENTIDE
KAHJUSTUSTE PLAAN
M1:300

Nähtavad õlikahjustused
postid 5-20 cm ulatuses õliga reostunud

Keskmesed õlikahjustused
postid 20-50 cm ulatuses õliga reostunud

Keskmesed õlikahjustused
postid 20-50 cm ulatuses õliga reostunud

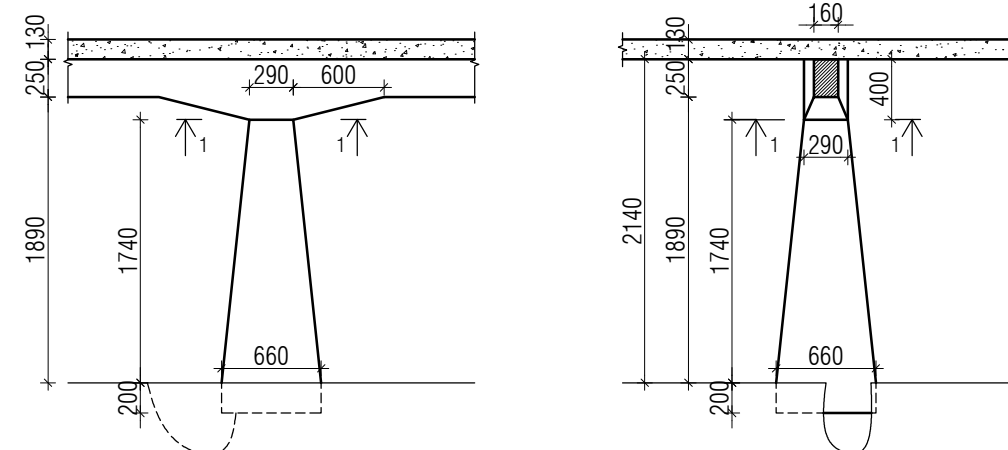
Tingmärgid:

- Tugeva kahjustusega piirkond
- Keskmise kahjustusega piirkond
- Nõrga kahjustusega piirkond
- X Rekonstrueerimisprojekti ettenähtud eemaldatav post
- Säilitatav vahelae osa

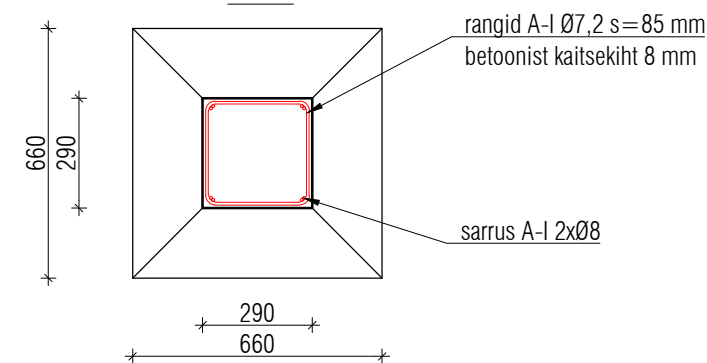
LUTHERI MASINASAALI FUNKTSIOONITA OSA
VAHELAE POSTVUNDAMENDID:

- Konstruksioonide arv - 223
- Konstruksiooni maht - 0,5 m³
- Konstruksiooni pealmise pinna pindala - 3,31 m²
- Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal: C8/10
 - Šurf-02 - C8/10
- Karboniseerumise sügavus:
 - Post 136 PR-01 - katse ei õnnestunud (õlireostus)
 - Post 146 PR-02 - ≈ 75 mm
 - Post 147 PR-03 - ≈ 60 mm
- Konstruksioonide seisunditasemete osakaal:
 - I seisunditase - 69%
 - II seisunditase - 10%
 - III seisunditase - 21%

VAHELAE POSTVUNDAMENT P187
M1:50

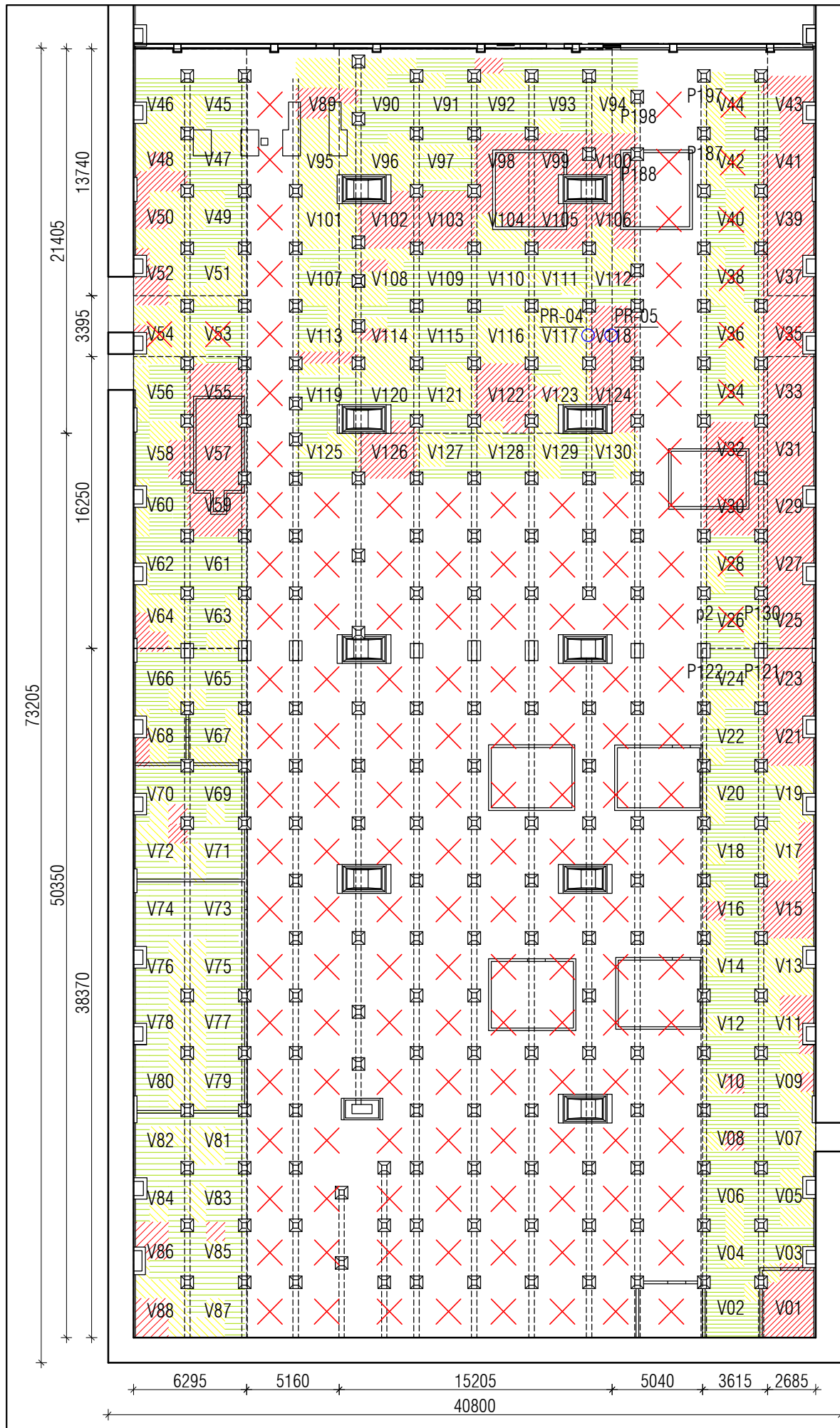


LÕIGE 1-1
M1:20



Märkus: Ruumi mõõtmed on võetud arhitektuursetelt joonistelt ja ei pruugi vastata tegelikkusele.

			OBJEKT: Lutheri masinasaal. Vana-Lõuna 39, Tallinn. A/s A.M.Luther uus vabrikahoone, 1912. a. mälestise registri nr. 8594	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	NIMETUS: Lutheri masinasaali funktsioonita osa vahelae postvundamendid
Koostas	Merith Auksmann		30.05.2016	
Juhendas	Maari Idnurm			
TTÜ Tartu Kolledž			LEHT: 2	LEHTL: 5
			MÕÕTKAVA: 1:300, 1:50, 1:20	



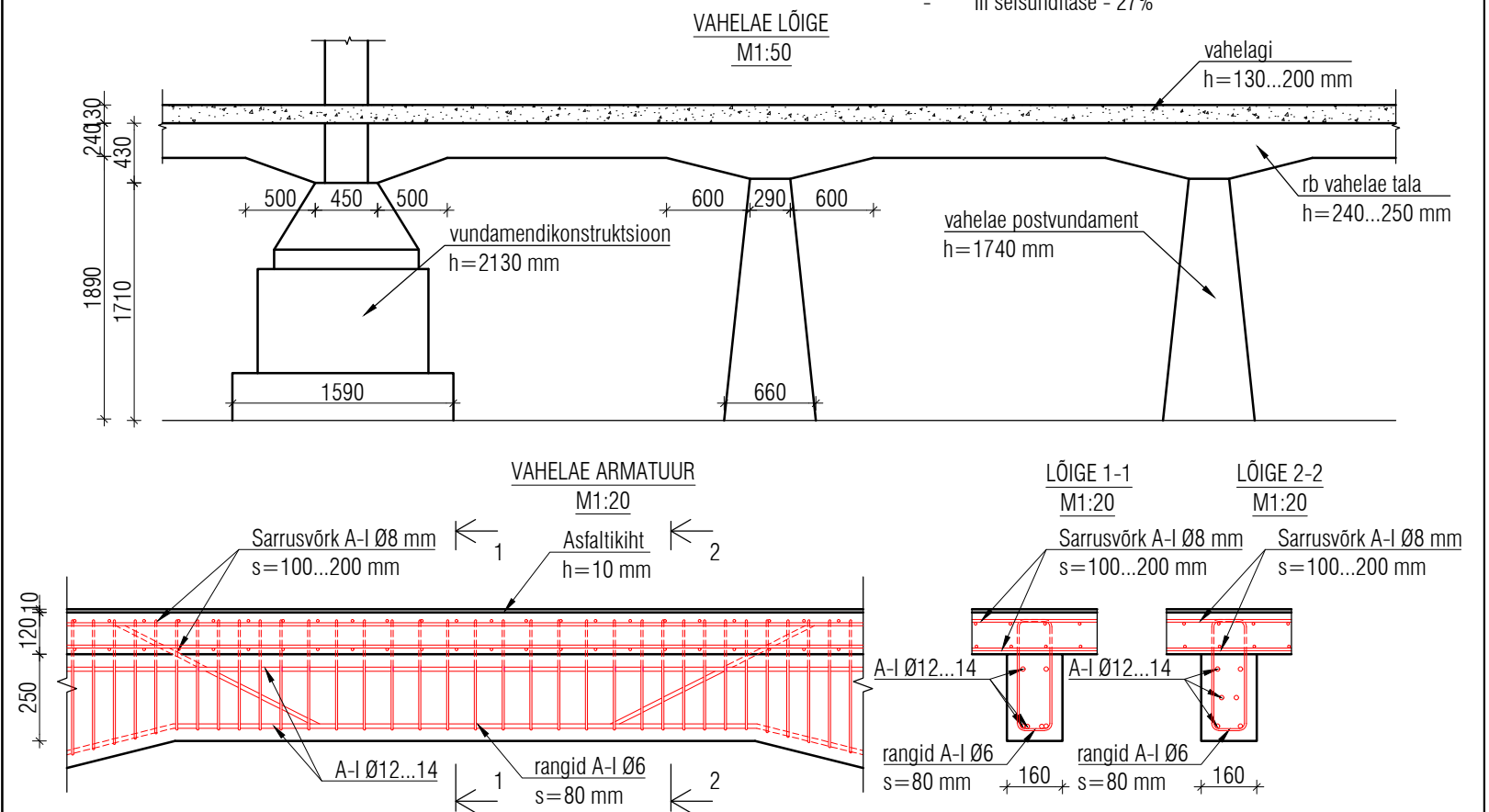
VAHELAE KAHJUSTUSTE PLAAN
M1:300

Tingmärgid:

- Tugeva kahjustusega piirkond
- Keskmise kahjustusega piirkond
- Nõrga kahjustusega piirkond
- Säilitatav vahelae osa
- Eeldatav armatuur
- Kindlaks tehtud armatuur
- Rekonstrueerimisprojekti ettenähtud lammutatav vahelae osa

LUTHERI MASINASAALI FUNKTSIOONITA OSA
VAHELAEKONSTRUKTSIOONID:

- Funktsioonita osa vahelae maht - 351 m³
pealmise pinna pindala - 2698 m²
- Säilitatava vahelae osa maht - 58 m³
pealmise pinna pindala - 446 m²
- Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal: C16/20
- postide 197, 198, 187, 188 vahel - C16/20
 - postide 130, 121, 122 vahel - C16/20
 - kordusmõõtmised: C16/20 ja C12/15
- Karboniseerumise sügavus:
- Vahelagi PR-05 - ≈ 15...20 mm
 - Vahelae tala PR-04 - ≈ 20 mm
- Konstruksioonide seisunditasemete osakaal:
- I seisunditase - 48%
 - II seisunditase - 25%
 - III seisunditase - 27%

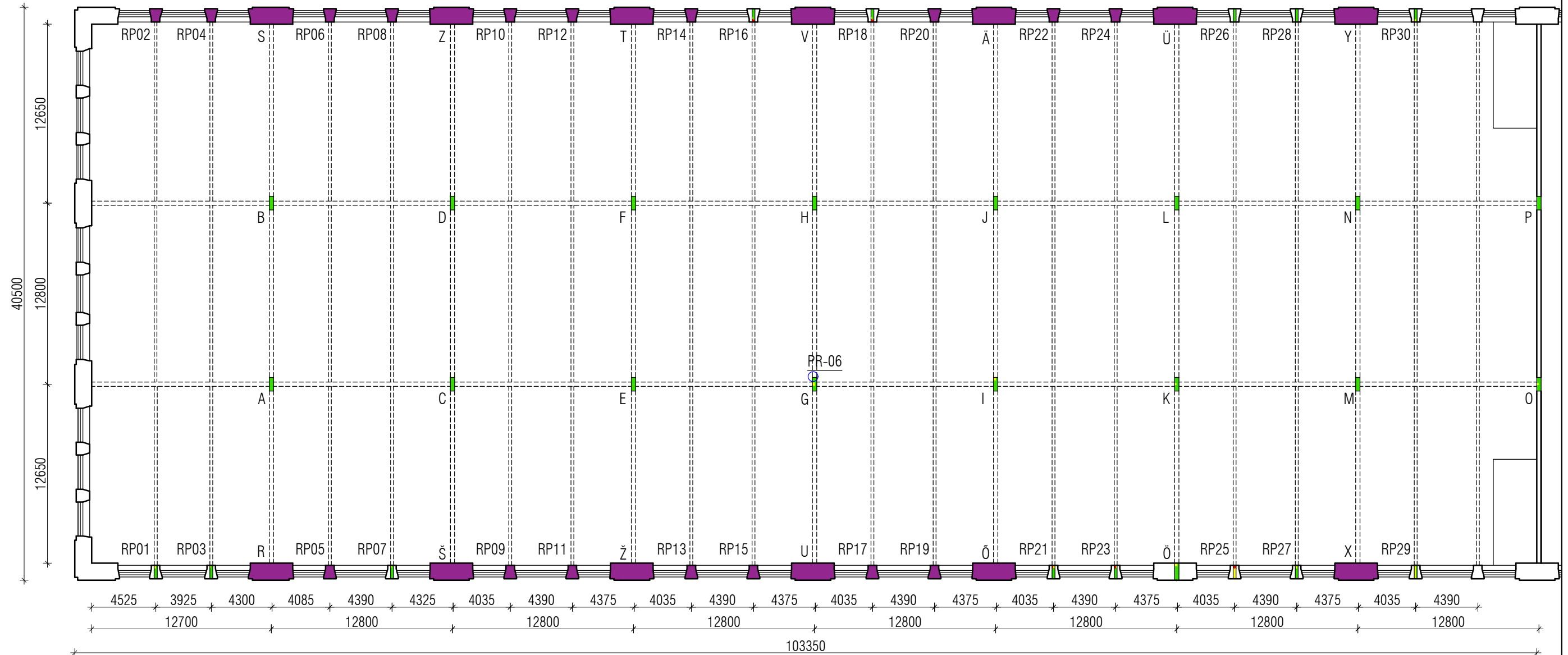


Märkus: Ruumi mõõtmised on võetud arhitektuursetelt joonistelt ja ei pruugi vastata tegelikkusele.

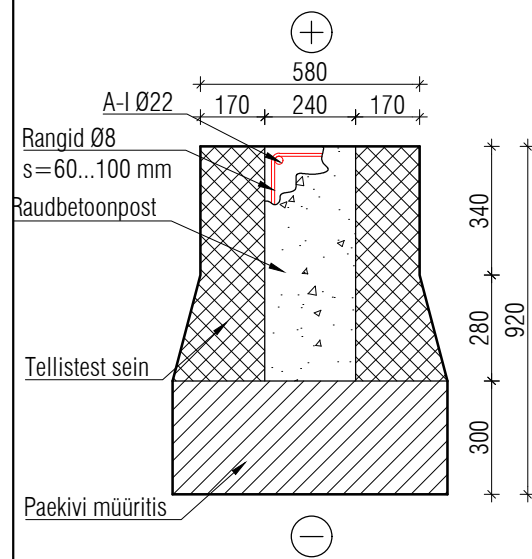
			OBJEKT: Lutheri masinasaal. Vana-Lõuna 39, Tallinn. A/s A.M.Luther uus fabrikuhooone, 1912. a. mälestise registri nr. 8594
Koostas	Merith Auksmann	Kuupäev	NIMETUS: Lutheri masinasaali funktsioonita osa vahelagi
Juhendas	Maari Idnurm	30.05.2016	
TTÜ Tartu Kollidž			LEHT: 3 LEHTE: 5 MÕÕTKAVA: 1:300, 1:50, 1:20

KARKASSI RAAMIPOSTIDE KAHJUSTUSTE PLAAN

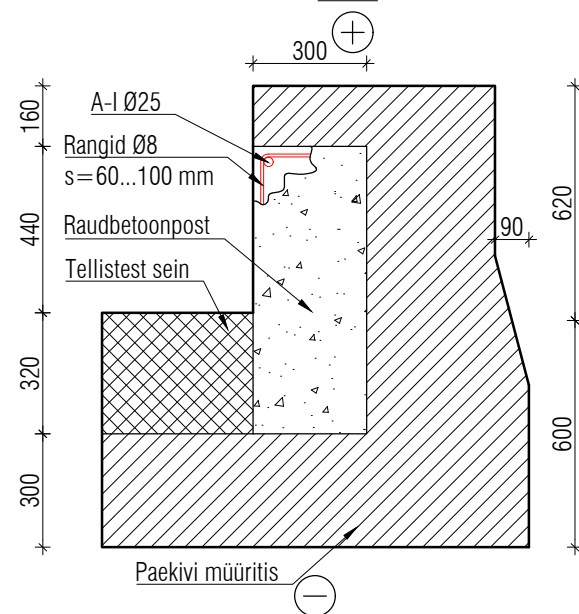
M1:300



VAHERAAMI POST RP25
M1:20



PÕHIRAAMI POST Ö
M1:20



Tingmärgid:

- Tugeva kahjustusega piirkond
- Keskmise kahjustusega piirkond
- Nõrga kahjustusega piirkond
- Konstruktsioon ei ole nähtaval

LUTHERI MASINASAALI FUNKTSIOONITA OSA RAAMIPOSTID:

- Konstruktsioonide arv - 60 tk
- Seinasiseseid 44 tk ja ruumi siseseseid 16 tk
- Raamiposti maht - 1,77 m³
- Pealmise pinna pindala - 10,1 m²
- Betooni tugevusklass katsetulemuste põhjal: C25/30
- Post A - C25/30 (kordusmõõtmisel - C16/20)
- Post D - C25/30 (kordusmõõtmisel - C25/30)
- Post E - C30/37 (kordusmõõtmisel - C25/30)

- Karboniseerumise sügavus:
- Post G - ≈20 mm

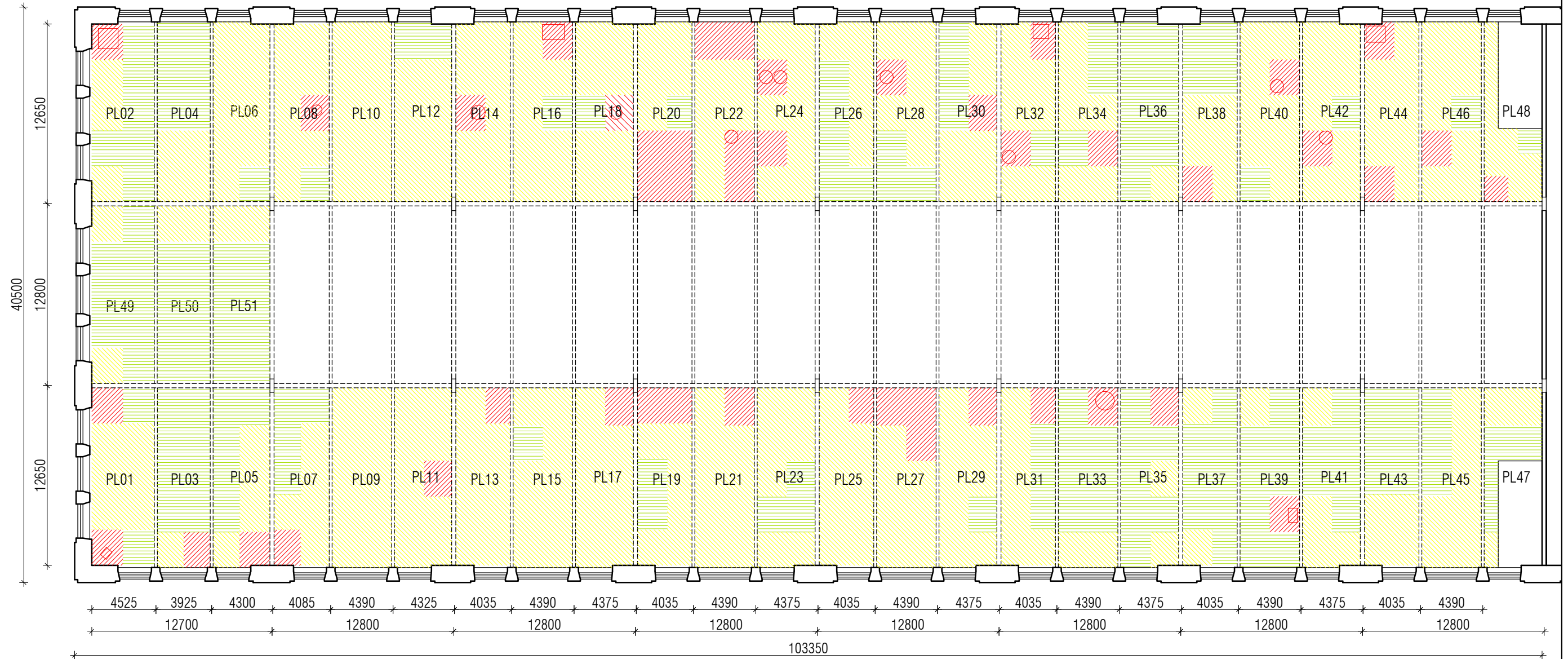
- Konstruktsioonide seisunditasemete osakaal:
- I seisunditase - 87%
- II seisunditase - 10%
- III seisunditase - 3%

Märkus: seisunditasemete all on kajastatud ainult nähtaval olevad konstruktsioonid

			OBJEKT: Lutheri masinasaal. Vana-Lõuna 39, Tallinn. A/s A.M.Luther uus fabrikuhoone, 1912. a. mälestise registri nr. 8594	
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	NIMETUS: Lutheri masinasaali funktsioonita osa raamipostid
Koostas	Merith Auksmann		30.05.2016	
Juhendas	Maari Idnum			
TTÜ Tartu Kolledž			LEHT: 4	LEHT: 5
			MÕÕTKAVA: 1:300, 1:20	

Märkus: Ruumi mõõtmed on võetud arhitektuursetelt joonistelt ja ei pruugi vastata tegelikkusele.

MASINASAALI KATUSLAE KAHJUSTUSTE PIAAN
M1:300



LUTHERI MASINASAALI FUNKTSIOONITA OSA KATUSLAGI:

Katuslae maht - 159 m³

Pealmise pinna pindala - 2793 m²

Betooni tugevusklassi ja karboniseerumist ei määratud

Konstruksioonide seisunditasemete osakaal:

- I seisunditase - 30%
- II seisunditase - 62%
- III seisunditase - 8%

Tingmärgid:

- Tugeva kahjustusega piirkond
- Keskmise kahjustusega piirkond
- Nõrga kahjustusega piirkond
- Ava konstruksioonis

Märkus: Ruumi mõõtmed on võetud arhitektuursetelt joonistelt ja ei pruugi vastata tegelikkusele.

			OBJEKT:		
			Lutheri masinasaal. Vana-Lõuna 39, Tallinn. A/s A.M.Luther uus vabrikahoone, 1912. a. mälestise registri nr. 8594		
	Nimi	Allkiri	Kuupäev	NIMETUS:	
Koostas	Merith Auksmann		30.05.2016		
Juhendas	Maari Idnurm			Lutheri masinasaali funktsioonita osa katuslagi	
TTÜ Tartu Kolledž			LEHT:	LEHT:	MÕÕTKAVA:
			5	5	1:300

LISAD

LISA 1. Uurimistöodeks väljastatud Tallinna Kultuuriväärtuste Ameti luba nr. 14662

LUBA nr 14662

Välja antud: 19.11.2015

Kehtiv kuni: 31.12.2015

Mälestiste või muinsuskaitsealal paiknevate ehitiste uurimistöodeks

Luba väljastatakse Muinsuskaitseaduse (RTL 2002, 27,153; 47, 297; 53, 336; 63, 387; 2004, 25, 171) § 34 lg 1 alusel ja Mälestise ja muinsuskaitsealal paiknevate ehitiste konserveerimise, restaureerimise, remondi ja ehitamise projektide koostamise ja neis eelnevate uuringute tegemise tingimused ja korra (RTL 2003, 83, 1230) § 17 lg 1 alusel. Muinsuskaitseameti peadirektori 27.05.2005.a. käskkiri nr. 25

1. Mälestise või muinsuskaitsealal paikneva ehitise nimetus; registri nr/ala; asukoht

8594 A/s A.M.Luther uus vabrikahoone, 1912. a.

Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Vana-Lõuna tn 39

2. Loa taotleja

Ekspertiis ja Projekt OÜ, E 874/2015, Kurereha tee 11, 12015, Tallinna linn, Harju maakond

(füüsilise/juriidilise isiku nimi; tegevusloa nr.; aadress; telefon; faks; e-post)

3. Uurimistöode kirjeldus

Kandekonstruksioonide uuringud

4. Andmed kooskõlastatud uuringu tegevuskava kohta

Vastavalt uuringute programmile

(programmi nimetus; autor; kooskõlastuse kuupäev ja nr.)

5. Uurimistöid teostav ettevõtte

Ekspertiis ja Projekt OÜ, 10866700, Kurereha tee 11, 12015, Tallinna linn, Harju maakond

(füüsilise/juriidilise isiku nimi; isikukood/registrikood; aadress; telefon; faks; e-post)

5.1 Vastutav erialaspetsialist

Maari Idnurm, 47010270268, Harju maakond, Keila vald, Paia 6/2, Tuulna küla

(füüsilise/juriidilise isiku nimi; isikukood/registrikood; aadress; telefon; faks; e-post)

6. Uurimistööde teostamise aeg

19.11.2015 kuni 31.12.2015

7. Aruande esitamise tähtaeg

Märkused:

- 1. Tööde lõppedes esitada tööde aruande üks eksemplar Muinsuskaitseametile köidetuna, soovitavalt ka digitaalkujul.*
- 2. Uuringute aruande koostamisele laieneb mälestise ja muinsuskaitsealal paiknevate ehitiste konserveerimise, restaureerimise, remondi ja ehitamise projektide koostamise ja neis eelnevate uuringute tegemise tingimused ja korra § 18.*

8. Loa taotlemiseks Muinsuskaitseametile esitatud dokumendid (volituse koopia omaniku/valdaja esindamiseks jms.), mis jäävad Muinsuskaitseameti loa eksemplari juurde

9. Muinsuskaitseameti otsus, märkused

Artur Ümar

TKVA peaspetsialist

Märkused:

- 1. Tööde teostaja muutumisel kaotab luba kehtivuse.*
- 2. Luba koostatakse ja allkirjastatakse neljas eksemplaris: loa taotlejale, tööde teostajale, kohalikule omavalitsusele ja Muinsuskaitseametile*
- 3. Märkused võib esitada käesoleva loa lisana*

LISA 2. Lutheri masinasaali betooniproovi analüüsi protokoll nr. RT-24.04.2016

Lk.1



MATERJALIUURINGUTE TEADUSKESKUS

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn; tel. 620 3150; faks 620 3153
Reg .nr.: 01025338

Kuupäev 24/04/2016

ANALÜÜSI PROTOKOLL Nr. RT – 24.04.2016

A. M. Lutheri mööblivabriku masinasaali betoon

TELLIJA:

KONTAKTISIK:

PROOVID: Üks betoonist kern

TÖÖÜLESANNE: Identifitseerida betoonis olevad faasid.

UURIMISMEETODID: Korni keskelt võeti umbes 70g betooni ja peenestati. Peenestatud betoon sõeluti 700 µm silmaläbimõõduga sõelaga eemaldamaks jämedam täitematerjal (jämedat fraktsiooni oli 51 g, peenemat fraktsiooni 19 g). Peenfraktsioon peenestati omakorda edasiseks uurimiseks vajaliku suuruseni ning teostati sellele pulberröntgendifraktoomeetiline analüüs difraktoomeetriga Bruker D5005. Võttepiirkond 2Theta oli 11-73°, sammude pikkus 0.04°, andmete kogumise aeg sammul oli 7 s, röntgentoru vool oli 40 mA ja pinge 40 kV. Kasutati muudetava pihulaisuuga pilusid V12. Faasianalüüsiks kasutati organisatsiooni International Centre for Diffraction Data (ICDD) PDF-4 andmebaasi aastast 2014. Proovile tehti andmete täpsustuseks ka kvalitatiivne elementanalüüs (EDS) seadmega INCA Energy 350.

TULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS: Antud proovi garantiikirja kaaskirjas tunni huvi järgniste faaside olemasolu vastu: kaltsiit (CaCO_3), etringiit [$\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$].

Analüüsi protokoll on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb teatada Keskuse kirjalikku luba.

sulfaadid, kloriidid. Kaaskirjas otsitavatest leiti XRD uuringuga vaid kaltsiit (CaCO_3). Kaltsiumkarbonaati leiti ka aragoniidi ja vateriidina.

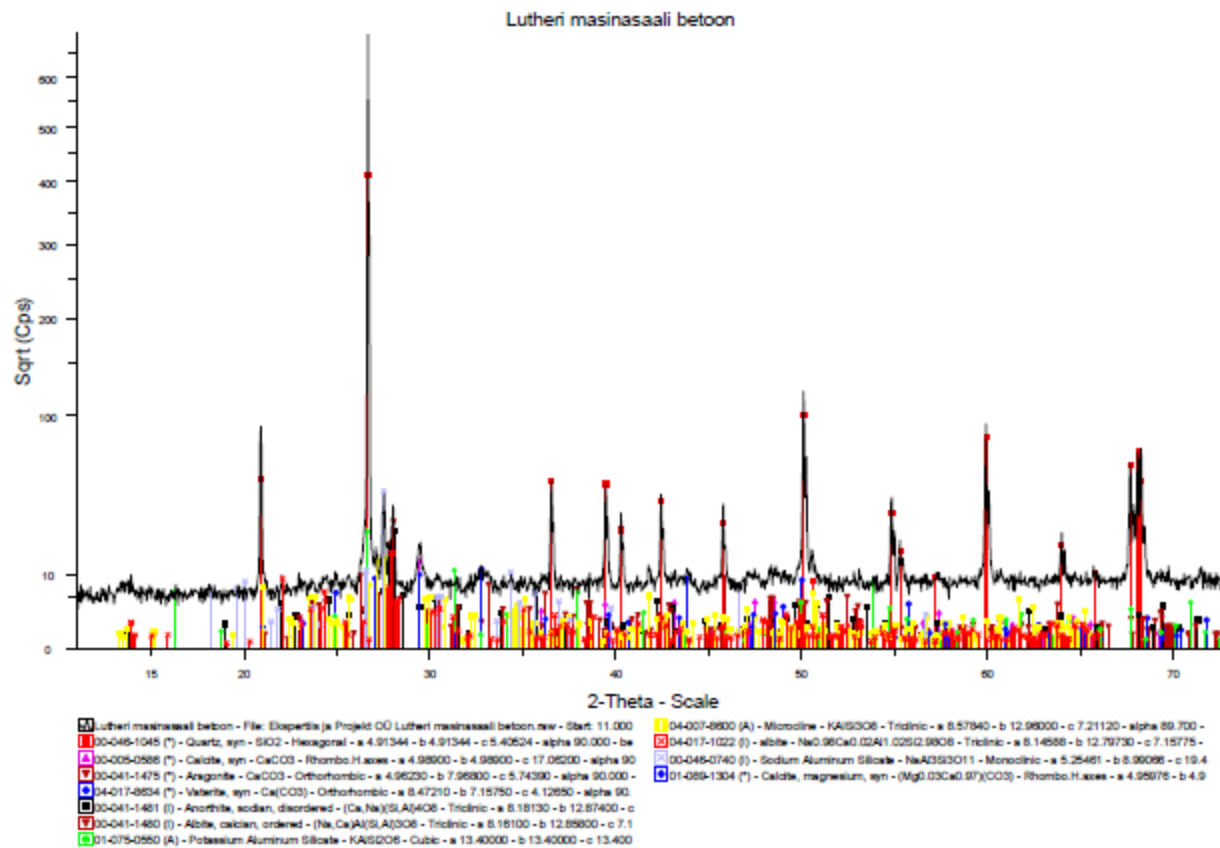
Tabel 1. Betooni faaside kontsentratsioonid [massi %]

PDF. Nr	Nimetus	Valem	Konts.
00-046-1045	Quartz; syn	SiO_2	57.0%
00-005-0586	Calcite; syn	CaCO_3	5.3%
00-041-1475	Aragonite	CaCO_3	3.9%
04-017-8634	Vaterite; syn	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	3.4%
00-041-1481	Anorthite; sodian; disordered	$(\text{Ca;Na})(\text{Si;Al})_4\text{O}_8$	4.1%
00-041-1480	Albite; calcian; ordered	$(\text{Na;Ca})\text{Al}(\text{Si;Al})_3\text{O}_8$	2.9%
01-075-0550	Potassium Aluminum Silicate	KAlSi_2O_6	2.2%
04-007-8600	Microcline	KAlSi_3O_8	4.3%
04-017-1022	albite	$\text{Na}_{0.98}\text{Ca}_{0.02}\text{Al}_{1.02}\text{Si}_2.98\text{O}_8$	5.5%
00-046-0740	Sodium Aluminum Silicate	$\text{NaAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$	10.1%
01-089-1304	Calcite; magnesium; syn	$(\text{Mg}_{0.03}\text{Ca}_{0.97})(\text{CO}_3)$	1.2%

EDS analüüsil betooniproovist leitud elemendid: c Na, K, C, jäljed Mg, Fe, S. Cl ei leitud. Mg, Fe ja S oli nii vähe, et neid sisaldavate faaside kontsentratsioonid olid allpoole XRD tundlikust (faasi peaks olema vähemalt 1%).

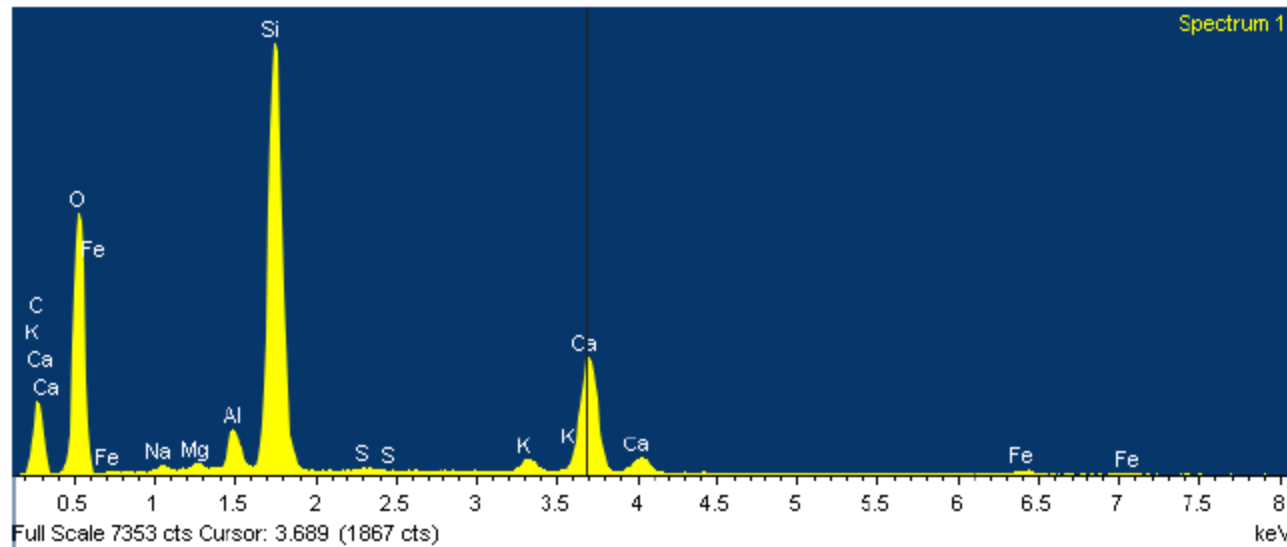
Tabel 2. XRD analüüsi faaside kontsentratsioonidest arvatatud elementide kontsentratsioonid [massi %]

Elem.	Konts.
C	1.7%
O	50.9%
Na	1.4%
Mg	0.0%
Al	5.1%
Si	33.9%
K	1.0%
Ca	6.1%



Pilt 1. Kemi betooni difraktogramm

Analüüsi protokoll on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda Keskuse kirjalikku luba.



Pilt 2. Kemi betooni kvalitatiivse analüüsi EDS spekter

SAADUD TULEMUSED KEHTIVAD AINULT KIRJELDATUD PROOVIDE KOHTA

Rainer Traksmäa
TTÜ Materjaliuuringute teaduskeskuse teadur

Analüüsi protokoll on lubatud kopeerida ainult tervikuna, osaliseks kopeerimiseks tuleb taotleda Keskuse kirjalikku luba.

LISA 3. Schmitti vasara graafik lugemite korrigeerimiseks

Umwertungskurven für Betonprüfhammer Modell N/N
 Würfeldruckfestigkeit des Betons nach 14 - 56 Tagen

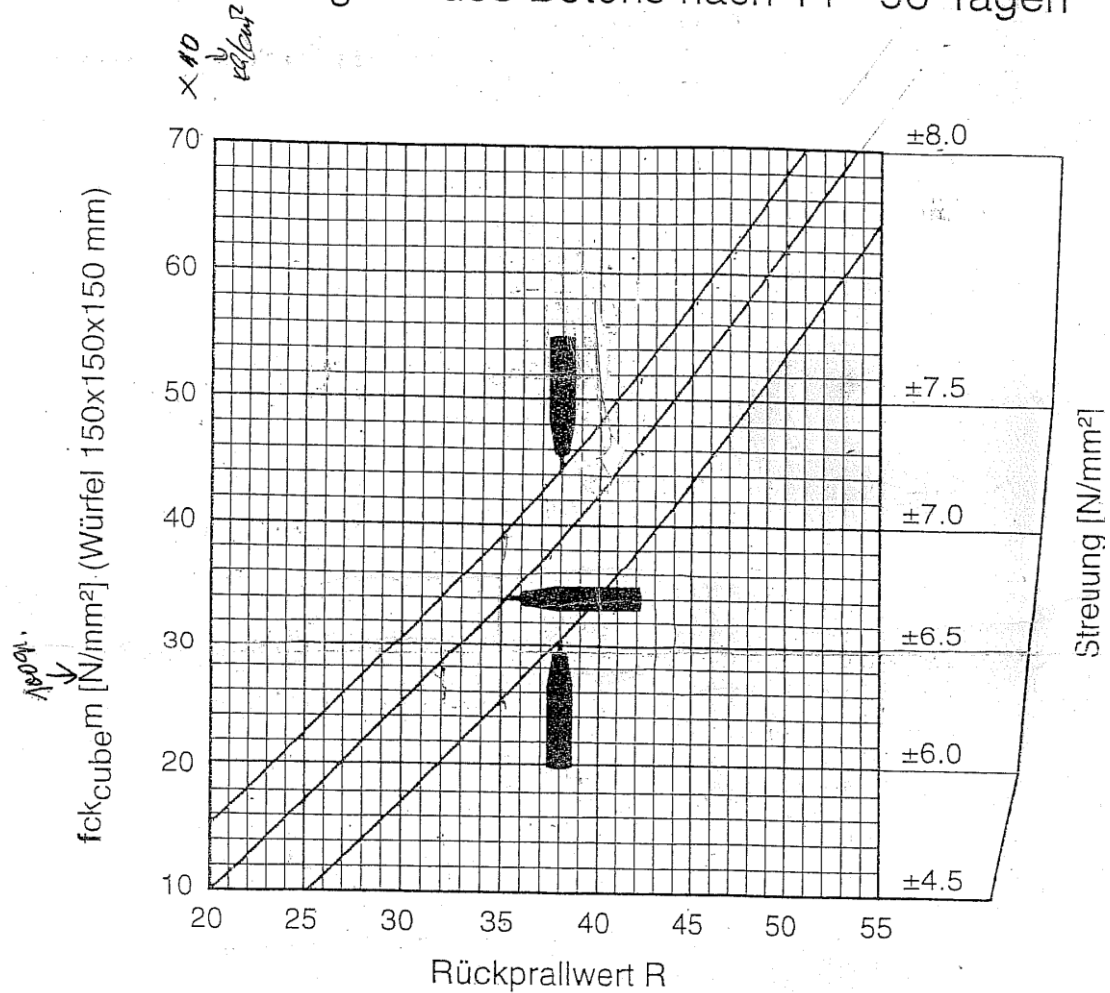


Fig. 2.5 Modell N/NR: Umwertungskurven in Abhängigkeit der mittleren Würfeldruckfestigkeit und des Rückprallwerts R

LISA 4. A. M. Lutheri mööblivabriku masinasaali raudbetoon-konstruktsioonide kahjustused

Lisa 4.1. Vundamendid

Post	Seisunditase			Märkus
	1	2	3	
1*	80	20	-	Kergem õlikahjustus poole posti ulatuses, nurkades mehaanilised vigastused
2*	80	20	-	Kergem õlikahjustus
3*	60	40	-	Kergem õlikahjustus poole posti ulatuses
4*	60	40	-	Kergem õlikahjustus, kohati betooni kaitsekiht nõrgenenud ja sarrus korrodeerub
5*	80	20	-	Kergem õlikahjustus, nurkades mehaanilised vigastused
6*	45	35	20	Õlikahjustus
7*	50	30	20	Õlikahjustus
8*	80	-	20	Õlikahjustus
9*	80	-	20	Õlikahjustus
10*	40	50	10	Õlikahjustus, kohati betooni kaitsekiht nõrgenenud ja sarrus korrodeerub
1**	10	80	10	Kergem õlikahjustus
2**	20	50	30	Õli- ja soolakahjustus
3**	20	70	10	Kergem õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
4**	20	70	10	Õlikahjustus
5**	40	55	5	Kergem õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
6**	40	55	5	Kergem õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
7**	45	50	5	Õlikahjustus, murenenud
8**	45	50	5	Kergem õlikahjustus, murenenud
9**	50	50	-	Murenenud
10**	-	-	-	Ei pääse ligi
11**	40	55	5	Kergem õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
12**	40	55	5	Kergem õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
13**	40	55	5	Kergem õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
14**	60	40	-	Niiskuskahjustused, murenenud
15**	-	80	20	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
16**	60	40	-	Niiskuskahjustused, kergelt murenenud
17**	60	40	-	Niiskuskahjustused, murenenud
18**	-	100	-	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, murenenud
19**	10	80	10	Õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused
20**	10	80	10	Õlikahjustus, suuremahulised soolakahjustused, (pigi?)
21**	10	70	20	Kergem õlikahjustus, soolakahjustused
22**	-	90	10	Kergem õlikahjustus, kontaktis laega betoonist kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerunud
23**	-	90	10	Õlikahjustus, kontaktis laega betoonist kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerunud
24**	-	-	100	Suuremahuline õlikahjustus
25**	-	-	100	Suuremahuline õlikahjustus

26**	-	-	100	Suuremahuline õlikahjustus
27**	-	-	100	Suuremahuline õlikahjustus
28**	-	-	100	Suuremahuline õlikahjustus
29**	-	-	100	Suuremahuline õlikahjustus
30**	10	70	20	Kergem õlikahjustus, soolakahjustused
31**	10	70	20	Kergem õlikahjustus, soolakahjustused
	33%	45%	22%	

Lisa 4.2. Vahelae postvundamendid

Post	Seisunditase			Märkus
	1	2	3	
1	40	-	60	Seina sees. Õlikahjustus u. 0,8 m maapinnast
2	65	-	35	Seina sees. Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast
3	100	-	-	Seina sees. Post kaetud osaliselt värvitaolise ainega
4	95	5	-	Postis väiksemad kinnitusaugud
5	90	10	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
6	95	5	-	Postis teraselemendid
7	90	10	-	Postis teraselemendid ja sarrus korrodeerunud
8	95	5	-	Postis teraselemendid
9	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
10	100	-	-	
11	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub
12	90	10	-	Seina sees. Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
13	45	5	50	Kergem õlikahjustus poole posti ulatuses, teraselemendid, bet.konstr. 0,3x0,1 m auk
14	85	-	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
15	-	30	70	Kergem õlikahjustus kogu posti ulatuses
16	40	10	50	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, kergem õlikahjustus poole posti ulatuses
17	50	-	50	Kergem õlikahjustus poole posti ulatuses
18	-	70	30	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, kergem õlikahjustus
19	95	5	-	Teraselement
20	95	5	-	Teraselement
21	50	10	40	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, kergem õlikahjustus
22	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
23	100	-	-	
24	90	10	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
25	100	-	-	
26	100	-	-	
27	95	5	-	Bet.konstr. 0,3x0,1 m auk
28	95	5	-	Teraselemendid
29	70	-	30	Kergem õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast
30	95	5	-	Teraselemendid
31	95	5	-	Teraselemendid
32	95	5	-	Teraselemendid
33	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud

34	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
35	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselemendid
36	90	-	10	Kergem õlikahjustus 10% posti ulatuses
37	100	-	-	
38	100	-	-	
39	100	-	-	
40	45	5	50	Kergem õlikahjustus 50% posti ulatuses, niiskuskahjustused, teraselemendid
41	95	5	-	Teraselement
42	80	5	15	Kergem õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast, teraselemendid
43	100	-	-	<i>Seina sees.</i>
44	100	-	-	<i>Seina sees.</i>
45	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
46	90	10	-	Postis väiksemad kinnitusaugud ja kohati sarrus korrodeerunud
47	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
48	100	-	-	Posti betoonkonstruktsioonis augud
49	100	-	-	
50	100	-	-	Maapinnast u. 0,3 m niiske
55	95	5	-	Teraselemendid ja betoonkonstruktsioonis augud
56	100	-	-	
57	100	-	-	
58	100	-	-	<i>Seina sees</i>
59	100	-	-	
60	100	-	-	
61	100	-	-	<i>Seina sees</i>
62	100	-	-	
64	95	5	-	Teraselemendid
65	100	-	-	
66	100	-	-	
67	90	10	-	Teraselemendid ja sarrus korrodeerunud
68	95	5	-	<i>Seina sees.</i> Betoonkonstruktsioonist 0,2x0,1 m tükk puudu
69	95	5	-	Betoonkonstruktsioonist 0,4x0,15 m tükk puudu
70	100	-	-	
71	100	-	-	
72	100	-	-	
73	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud
74	100	-	-	
75	95	5	-	Teraselemendid
76	95	5	-	Teraselemendid
77	90	10	-	Betoonkonstruktsioonist 0,35x0,7 m tükk puudu ja sarrus kohati korrodeerub
78	95	5	-	Teraselemendid
81	-	50	50	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
82	95	5	-	Teraselemendid
83	100	-	-	
84	100	-	-	
85	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
86	95	5	-	Teraselemendid
87	95	5	-	Teraselemendid
90	-	70	30	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses

91	-	70	30	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
92	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
93	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
94	100	-	-	
95	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselemendid
96	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, sarrus kohati korrodeerunud
97	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
98	100	-	-	
99	85	-	15	<i>Seina sees.</i> Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
100	95	5	-	Teraselemendid
101	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
102	90	-	10	<i>Seina sees.</i> Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
103	100	-	-	<i>Seina sees</i>
104	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselemendid
105	-	30	70	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, sarrus kohati korrodeerunud
106	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
107	100	-	-	
108	100	-	-	<i>Seina sees</i>
109	95	5	-	<i>Seina sees.</i> Teraselendid
110	-	75	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselemendid
111	85	-	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
112	-	90	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, bet.konstr. 0,35x0,40 auk
113	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
114	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, sarrus kohati korrodeerunud
115	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
116	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselemendid
117	-	30	70	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
118	95	5	-	Teraselendid
119	100	-	-	
120	70	-	30	<i>Seina sees.</i> Kergem õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast
121	60	10	30	<i>Betoonsärk ümber.</i> Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
122	70	-	30	<i>Betoonsärk ümber.</i> Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast
123	60	10	30	<i>Betoonsärk ümber.</i> Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
124	80	20	-	<i>Betoonsärk ümber.</i> Sarrus kohati korrodeerunud, teraselemendid
125	80	20	-	<i>Betoonsärk ümber.</i> Sarrus kohati korrodeerunud
126	100	-	-	<i>Betoonsärk ümber.</i> Sarruse kaitsekiht kohati puudub ja sarrus nähtaval
p1	95	5	-	Teraselendid
127	75	5	20	<i>Betoonsärk ümber.</i> Kergem õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
128	55	5	40	<i>Betoonsärk ümber.</i> Kergem õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
129	55	5	40	<i>Betoonsärk ümber.</i> Kergem õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
130	30	20	50	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, kergem õlikahjustus poole posti ulatuses
p2	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast
p3	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, betoonkonstruktsioonis 0,2x0,5 m auk,

				teraselemendid
p4	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
p5	95	5	-	Postis väiksemad kinnitusaugud
p6	95	5	-	Teraselement
p7	85	5	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
p8	95	-	5	Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast
p9	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
p10	95	-	5	Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast
131	95	-	5	Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast
p11	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast
p12	85	-	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
p13	70	-	30	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus poole posti ulatuses
p14	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub, teraselemendid
p15	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, teraselemendid
p16	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
p17	95	5	-	Sarruse kaitsekiht kohati puudub
p18	90	5	5	Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast, teraselement
p19	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
132	-	-	100	Tugev õlikahjustus terve posti ulatuses
133	95	-	5	Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast
134	-	-	100	Tugev õlikahjustus terve posti ulatuses
p20	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
p21	75	10	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud, teraselemendid
p22	100	-	-	
p23	85	5	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
p24	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, sarruse kaitsekiht praktiliselt puudub
p25	100	-	-	
p26	90	5	5	Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud, teraselemendid
p27	-	70	30	<i>Seina sees.</i> Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselement
135	100	-	-	
136	-	-	100	Tugev õlikahjustus terve posti ulatuses
137	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast
138	70	20	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus poole posti ulatuses, sarrus kohati korrodeerub, teraselemendid
139	-	25	75	Tugev õlikahjustus u. 75 % postist
140	75	-	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast
141	85	-	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
142	100	-	-	
143	85	-	15	<i>Seina sees.</i> Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
144	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
145	-	-	100	Tugev õlikahjustus terve posti ulatuses
146	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
147	80	5	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast, betoonkonstruktsioonis 0,6x0,2 m auk
148	50	-	50	Kergem õlikahjustus u. 50% postist
149	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, betoonkonstruktsioonis 0,2x0,15 m auk
150	70	-	30	Õlikahjustus u. 30% postist
151	75	-	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast
152	70	-	30	Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast

153	75	-	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid
p28	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, post ühest küljest sirgeks lõigatud
154	75	-	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid
155	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid, betoonkonstruktsioonis 0,3x0,2 m auk
156	70	-	30	Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast
157	80	5	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast, teraselemendid
158	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid
159	90	-	10	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast
160	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid
161	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
162	65	5	30	Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast, teraselement
163	15	35	50	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, kergem õlikahjustus poole posti ulatuses
164	-	-	100	Tugev õlikahjustus terve posti ulatuses
165	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
166	-	50	50	Õlikahjustus u. 0,6 m maapinnast, posti läbiv auk, värviga kaetud
167	70	-	30	Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast
168	85	-	15	Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
169	70	-	30	Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast
170	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, betoonkonstruktsioonis 0,2x0,4 m auk
171	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid
172	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
173	45	5	50	Õlikahjustus u. 0,6 m maapinnast, betoonkonstruktsioonis 0,2x0,1 m auk
174	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast
175	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
176	60	5	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
177	45	5	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast, teraselement
178	30	35	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, kergem õlikahjustus poole posti ulatuses, teraselement
179	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselemendid, kohati sarrus korrodeerunud
180	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, kohati sarrus korrodeerunud, teraselemendid
181	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
182	-	60	40	Õlikahjustus u. 0,1 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, bet.konstr. 0,2x0,4 auk
183	75	-	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast
184	65	5	30	Õlikahjustus u. 0,4 m maapinnast, teraselemendid
185	85	-	15	<i>Seina sees.</i> Õlikahjustus u. 0,2 m maapinnast
186	35	10	55	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, kergem õlikahjustus terve posti ulatuses, teraselemendid
187	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
188	50	25	25	<i>Seina sees.</i> Kergem õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast. Post pooleks lõigatud?
189	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast
190	50	-	50	Õlikahjustus u. 0,6 m maapinnast, betoonkonstruktsioonis 20% ulatuses auk
191	65	-	35	Õlikahjustus u. 0,5 m maapinnast, teraselement
192	75	-	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast
193	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, teraselement
195	95	-	5	<i>Seina sees.</i> Õlikahjustus u. 0,05 m maapinnast
196	-	70	30	Kergem õlikahjustus terve posti ulatuses
197	50	-	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast

198	50	-	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast
199	50	-	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast
200	45	5	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
201	50	-	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast
202	50	-	50	Õlikahjustus u. 0,7 m maapinnast
203	65	10	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud, teraselement
205	70	5	25	Õlikahjustus u. 0,3 m maapinnast, sarrus kohati korrodeerunud
206	100	-	-	
	69%	10%	21%	

Lisa 4.3. Vahelagi

Lagi	Seisunditase			Märkus
	1	2	3	
1	-	-	100	Auk 3,2x2,1 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
2	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
3	50	30	20	Auk 1,2x1,0 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
4	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
5	50	50	-	Läbivajunud, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
6	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
7	50	50	-	1,58 m laiuse ribana kasutatud teist sorti betooni
8	85	10	5	Auk Ø 0,2 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
9	45	45	10	Auk Ø 0,5 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
10	80	10	10	Auk Ø 0,4 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
11	30	20	50	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
12	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
13	-	100	-	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
14	85	15	-	Teraspoldid laes, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
15	-	-	100	Läbivajunud + õlikahjustus
16	75	15	10	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
17	-	75	25	Auk Ø 1,0 m + Ø 0,5 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
18	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
19	20	80	-	Terastalad 50 % lae ulatuses – eemaldada, armatuur korrodeerub
20	80	20		Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
21	-	-	100	Terastalad 50 % lae ulatuses - eemaldada + sarrus hävinenud
22	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
23	-	-	100	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
24	60	40	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
25	20	-	80	Õlikahjustus + auk Ø 0,5 m + Ø 0,2 m, armatuur korrodeerub
26	85	15	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
27	-	-	100	Õlikahjustus (laetala ok), bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
28	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub

29	-	-	100	Õlikahjustus (ka laetalal), bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
30	-	-	100	Seadme vundament + õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
31	-	-	100	Õlikahjustus (ka laetalal), bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
32	-	-	100	Seadme vundament + õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
33	-	-	100	Õlikahjustus (ka laetalal), bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
34	60	20	20	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
35	-	-	100	Tala 10 % nr 3, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
36	30	70	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
37	-	-	100	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
38	65	35	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
39	-	-	100	Tala 50 % nr 3, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
40	60	40	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
41	10	-	90	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
42	60	40	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
43	20	-	80	Läbivajunud, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
44	60	40	-	bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
45	80	20	-	Parandatud teist sorti betooniga. Tala 50 % nr. 3
46	55	45	-	bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
47	60	40	-	Lage üritatud puiduga parandada. Tala pooleks lõigatud
48	-	50	50	Talad läbi lõigatud, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
49	70	30	-	bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
50	-	70	30	Läbivad augud, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
51	40	60	-	Kaetud betooniga, mis mureneb, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
52	-	50	50	Läbivajunud + läbivad augud, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
53	70	30	-	Tala 10 % nr 3, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
54	-	90	10	Vahelagi tilgub läbi, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
55	-	-	100	Seadme vundament
56	50	50	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
57	-	-	100	Seadme vundament
58	50	30	20	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
59	-	-	100	Seadme vundament
60	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
61	100	-	-	
62	85	15	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
63	60	30	10	Teraselemendid + Ø 0,18 m auk, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
64	-	65	35	Auk 0,7x0,7 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
65	95	5	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
66	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
67	40	60	-	Betooni parandused

68	45	30	25	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
69	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
70	70	20	10	Auk Ø 0,5 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
71	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
72	65	30	5	Auk Ø 0,1 m, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
73	95	5	-	Terastalad, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
74	95	5	-	Terastalad, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
75	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
76	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
77	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
78	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
79	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
80	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
81	60	40	-	Tala 10 % nr 3, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
82	85	15	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
83	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
84	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
85	80	10	10	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
86	45	5	50	Auk 1x1 m + post 20 % nr 3, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
87	70	30	-	bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
88	-	60	40	bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
89	-	70	30	Auk, puidust raketise elemendid, bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
90	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
91	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
92	70	20	10	Auk, bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
93	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
94	40	60	-	Parandatud teist sorti betooniga, sarrus korrodeerunud, teraselemendid
95	-	100	-	Bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
96	10	90	-	Bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
97	60	40	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
98	-	-	100	Seadme vundament
99	-	-	100	Seadme vundament
100	-	-	100	Seadme vundament, õlikahjustus, sarrus korrodeerunud
101	-	100	-	Bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
102	-	-	100	Õlikahjustus, sarrus korrodeerunud
103	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud, teraselemendid
104	-	50	50	Seadme vundament, sarrus korrodeerunud
105	-	-	100	
106	-	20	80	Seadme vundament, augud, sarrus korrodeerunud
107	40	60	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
108	40	50	10	Auk, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub

109	100	-	-	
110	90	10	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
111	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
112	40	50	10	Auk, sarrus korrodeerunud
113	30	50	20	Õlikahjustus, sarrus korrodeerunud
114	30	60	10	Auk, parandatud teist sorti betooniga, sarrus korrodeerunud
115	100	-	-	
116	10	90	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
117	-	100	-	Bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
118	-	-	100	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
119	80	20	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
120	60	40	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
121	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
122	-	-	100	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
123	10	80	10	Auk, bet. kaitsekiht puudub ja sarrus korrodeerunud
124	-	-	100	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
125	40	60	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
126	-	-	100	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
127	70	30	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
128	60	30	10	Õlikahjustus, bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
129	50	50	-	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
130	20	60	20	Kohati bet. kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerub
	48%	25%	27%	

Lisa 4.4. Raamipostid

Post	Seisunditase			Märkus
	1	2	3	
A	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
B	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
C	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
D	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
E	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
F	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
G	95	5	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi. Sarrus väljas
H	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
I	95	5	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi. Sarrus väljas - piigatud kohad
J	100	-	-	Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
K	95	5	-	All korrusel bet.särk ümber, kohati ulatub esimesele korrusele.Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi. Seadme kinnitusaugud (?)
L	100	-	-	All korrusel bet.särk ümber, kohati ulatub esimesele korrusele.Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi

M	100	-	-	All korrusel bet.särk ümber, kohati ulatub esimesele korrusele.Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
N	100	-	-	All korrusel bet.särk ümber, kohati ulatub esimesele korrusele.Post krohvitud ja värvitud. Vajab väiksemaid kohtparandusi
O	90	10	-	Varasemalt bet. särk parkla ülemise korruseni - eemaldatud
P	100	-	-	Bet.särk ulatub parkla ülemise korruseni
R	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
S	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Š	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Z	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Ž	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
T	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
U	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
V	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Õ	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Ä	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Ö	90	10	-	Kohati betoonist kaitsekiht puudub ja armatuur korrodeerunud
Ü	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
X	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
Y	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP1	90	10	-	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP2	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP3	90	10	-	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP4	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP5	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP6	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP7	90	10	-	Betoon murenenud
RP8	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP9	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP10	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP11	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP12	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP13	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP14	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP15	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP16	70	10	20	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP17	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP18	70	10	20	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP19	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP20	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP21	85	10	5	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP22	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP23	85	10	5	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP24	-	-	-	<i>Konstruksioon ei ole nähtaval, seisukorda ei olnud võimalik hinnata</i>
RP25	-	80	20	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
RP26	100	-	-	
RP27	95	5	-	Betoon murenenud
RP28	100	-	-	

RP29	50	50	-	Betoon murenenud
RP30	95	5	-	Betoon murenenud, betoonist kaitsekiht kohati murenenud ja sarrus korrodeerub
	87%	10%	3%	

Lisa 4.5. Katuslagi

Lagi	Seisunditase			Märkus
	1	2	3	
PL1	20	60	20	Läbiv auk, läbijooks, sarrus kohati korrodeerunud
PL2	60	30	10	Läbiv auk, niiskuskahjustused
PL3	80	10	10	Neelukohas sarrus kohati korrodeerunud
PL4	60	40	-	Niiskuskahjustused
PL5	50	45	5	Niiskuskahjustused, neelukohas sarrus kohati korrodeerunud
PL6	10	90	-	Tugev niiskuskahjustus
PL7	45	50	5	Niiskuskahjustused, sarrus kohati korrodeerunud
PL8	15	80	5	Läbiv auk, tugevad niiskuskahjustused
PL9	-	100	-	Tugev niiskuskahjustus
PL10	-	100	-	Tugev niiskuskahjustus
PL11	-	95	5	Tugev niiskuskahjustus
PL12	20	80	-	Tugev niiskuskahjustus
PL13	-	90	10	Tugev niiskuskahjustus, sarrus kohati korrodeerunud
PL14	-	95	5	Läbiv auk, tugevad niiskuskahjustused
PL15	5	95	-	Tugev niiskuskahjustus
PL16	5	90	5	Läbiv auk, tugevad niiskuskahjustused
PL17	-	90	10	Tugev niiskuskahjustus
PL18	5	85	10	Läbiv auk, tugevad niiskuskahjustused
PL19	20	60	20	Tugev niiskuskahjustus, sarrus kohati korrodeerunud
PL20	5	55	40	Betoonist kaitsekiht suures osas puudub, sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL21	-	90	10	Tugev niiskuskahjustus, sarrus kohati korrodeerunud
PL22	-	60	40	Läbiv auk, betoonist kaitsekiht suures osas puudub, sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL23	30	70	-	Tugev niiskuskahjustus
PL24	-	80	20	Läbivad augud, sarrus kohati korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL25	-	90	10	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL26	50	50	-	Niiskuskahjustused
PL27	-	70	30	Sarrus kohati korrodeerunud, tugev niiskuskahjustus, vetikas vohab
PL28	35	60	5	Läbiv auk, niiskuskahjustused
PL29	10	80	10	Tugev niiskuskahjustus, sarrus kohati korrodeerunud
PL30	30	60	10	Tugev niiskuskahjustus, sarrus kohati korrodeerunud
PL31	30	60	10	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL32	5	75	20	Läbivad augud, sarrus kohati korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL33	70	25	5	Läbiv auk, niiskuskahjustused
PL34	35	60	5	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL35	75	20	5	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL36	90	10	-	Niiskuskahjustused
PL37	80	20	-	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL38	45	50	5	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus

PL39	80	15	5	Läbiv auk, niiskuskahjustused
PL40	5	85	10	Läbivad augud, tugevad niiskuskahjustused
PL41	60	40	-	Niiskuskahjustused
PL42	5	85	10	Läbivad augud, sarrus kohati korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL43	60	40	-	Niiskuskahjustused
PL44	-	80	20	Läbiv auk, sarrus kohati korrodeerunud, tugev niiskuskahjustus, vetikas vohab
PL45	30	70	-	Niiskuskahjustused
PL46	5	85	10	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus
PL47	50	50	-	Niiskuskahjustused (<i>Trepikoda pooles ulatuses</i>)
PL48	10	80	10	Betoonist kaitsekiht kohati puudub ja sarrus korrodeerunud, niiskuskahjustus (<i>Trepikoda pooles ulatuses</i>)
PL49	80	20	-	Niiskuskahjustused
PL50	80	20	-	Niiskuskahjustused
PL51	85	15	-	Niiskuskahjustused
	30%	62%	8%	