



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja Arhitektuuri instituut

**MITTEPURUSTAVATE MEETODITE KASUTAMINE
RAUDBETOONSILDADE GARANTIIAEGSEL
KONTROLLIL**

**RESEARCH OF CONCRETE BRIDGES DURING
WARRANTY PERIOD USING NON-DESTRUCTIVE
METHODS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Tarmo Steinfeld

Üliõpilaskood 183375EAXM

Juhendaja: Sander Sein, Õppejõud

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2022

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2022

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2022 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Tarmo Steinfeld (sünnikuupäev:24.02.1975)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Mittepurustavate meetodite kasutamine raudbetoonsildade garantiaegsel kontrollil, (lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Sander Sein,

(juhendaja nimi)

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

SISUKORD

EESSÕNA	7
Sissejuhatus	8
1. Materjalid	9
1.1 Betooni ajalugu.....	9
2. Garantii	11
2.1 Garantiitingimuste määramine	11
2.2 Garantiitingimuste täitmise eeldused	11
3. Katsetusmeetodid	12
3.1 Mittepurustava meetodi eeldused	12
3.2 Betooni tugevusklassi määramise viisid.....	12
3.3 Mittepurustatavate meetodite hinnang	14
3.4 Põrkemeetod	17
3.5 Kasutatav seade.....	17
3.6 Põrkevasada kontrollimine.....	17
3.7 Ettevalmistustööd kontoris	18
3.8 Ettevalmistustööd objektil	19
3.9 Betooni survetugevuse hindamine	19
3.10 Protokollimine ja katse tulemused.....	20
3.11 Betooni tugevusklassi määramine.....	21
3.12 Sarruse betoonist kaitsekihi kindlaks tegemine	21
3.13 Kasutatav seade.....	22
3.14 Sarruse asetuse ja kaitsekihi mõõtmise	23
3.15 Muud tööd objektil.....	24
4. Betoonkonstruktsiooni kvaliteedi nõuded	25
4.1 Eurokoodeks 2	25
5.1 Vasalemma sild	27
5.1.1 Üldandmed.....	27
5.1.2 Silla ülevaatuses kulunud aeg	28
5.1.3 Silla ülevaatus	28
5.1.4 Katsekohtade valimine ja ettevalmistused katsete tegemiseks	28
5.1.5 Katsete läbi viimine pörkevasaraga.....	29

5.1.6	Šmidi vasaraga läbi viidud katse tulemused	30
5.1.7	Sarruse betoonist kaitsekihi mõõtmine.	32
5.1.8	Põrkevasara katsete analüüs	34
5.1.9	Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemuste analüüs.....	36
5.1.10	Katse tulemuste kokkuvõte	36
5.2	Rae kanali sild	38
5.2.1	Üldandmed.....	38
5.2.2	Silla ülevaatuses kulunud aeg	38
5.2.3	Silla ülevaatus	39
5.2.4	Katsekohtade valimine ja ettevalmistused katsete tegemiseks	39
5.2.5	Katsete läbi viimine põrkevasaraga.....	40
5.2.6	Sarruse betoonist kaitsekihi mõõtmine..	43
5.2.7	Põrkevasara katsete analüüs	45
5.2.8	Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemuste analüüs.....	46
5.2.9	Katsetulemuste kokkuvõte.	47
5.3	Lintsi sild	48
5.3.1	Üldandmed.....	48
5.3.2	Silla ülevaatus.....	48
5.3.3	Silla ülevaatuses ajaline arvestus	48
5.3.4	Katsekohtade valimine	49
5.3.5	Katsekohtade valimine ja ettevalmistused katsete tegemiseks	49
5.3.6	Katsete läbi viimine põrkevasaraga.....	50
5.3.7	Sarruse betoonist kaitsekihi mõõtmine..	53
5.3.8	Põrkevasara katsete analüüs	54
5.3.9	Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemuste analüüs.....	55
5.3.10	Katsetulemuste kokkuvõte.	56
	Kokkuvõte	57
	Summary.....	60
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	63
	Standardid ja normdokumendid	63
	Seadused, artikli ja uurimustööd	63
	LISAD	65
	Katsetulemuste tabelid.....	66
	1 Vasalemma sild.....	66

2 Rae kanali sild	68
2 Lintsi sild	72
Betooni andmed	76
1 Vasalemma silla betooni saatelehtede kokkuvõte	76
2. Lintsi jõe silla betooni andmed	91
GRAAFILINE OSA	92

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö pealkirjaks on „raudbetoonsildade garantiaegne kontroll mittepurustavatel meetoditel“. Teema kujunes välja juhendaja ja üliõpilase arutluse käigus. Töö eesmärk on tutvustada betoonkonstruktsioonide kontrolli mittepurustavatel meetodil, kehtivate standardite järgi, tuua välja süsteemi puuduseid ja eeliseid, ning kokkuvõttes analüüsida tulemusi.

Töö on koostatud kolme silla ja nende projektide põhjal. Nende ülevaatus ja välitööd on tehtud 2021 aasta suvekuudel. Sildade ja nende projektide leidmisel abistas juhendaja Sander Sein.

Soovin tänada kõiki, kes töö valmimisele kaasa aitasid: juhendajat Sander Seina konstruktiivsete konsultatsioonide ja väga hea juhendamise eest ning Ehituse ja Tarkvara inseneribürood, Skepaste & Puhkim OÜ, Maanteed OÜ ja UAB Kelprojektas võimaluse eest kasutada sildade projekte magistritöö koostamiseks. Ehituskonstrueerimise ja katsetuste OÜ soovin tänada võimaluse eest kasutada töö tarbeks vajalike seadmeid.

Võtmesõnad: Batoon, tugevusklass, sarrus, kaitsekiht, magistritöö.

Sissejuhatus

Raudbetoonkonstruktsioonid leiavad kasutust erinevates ilmastiku ja tulekindlust nõudvates konstruktsioonides. Uute teede ja ristmike rajamise käigus rajatakse ka uusi sildasi, viadukte ja tunnelid, mida käesolevas töös nimetame sildadeks. Eesti riigiteedel oli 01.01.2021 seisuga 1023 silda. Nendest 843 on sillad (ületavad veetakistust) ja 180 on viaduktid (ületavad maismaatakistusi). Viaduktide hulgas on ka kolm ökodukti. Aastal 2020 ehitati 17 uut silda ja remonditi 10. Nii olemasolevate, kui ka uute sildade hulgas on enim levinud materjaliks raudbetoon. Selle põhjuseks on just selle materjalist loodud lahenduste parim vastupidavus ilmastikule ja koormustele.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on tutvustada meetodeid mille kasutamisel on võimalik hinnata konstruktsioonide parameetreid ilma konstruktsioone avamata ja nendele füüsilisi kahjustusi tegemata. Töös kasutatavad kontrollmeetodid on sobilikud garantiiaegseks kontrolliks nii uute sildade , kui ka ulatuslikult renoveeritud sildade puhul, kus on ehitatud uusi raudbetoonkonstruktsioone (näiteks servaprussid, plaadi- või sammaste laiendused). Valitud on kontrollimeetodid mis on kiired teostada ja hõlmavad pistelist kontrolli kogu silla maapeasel, ning ligipääsetaval betoonosal. Selline kontroll võimaldab ehitusajal tehtud vead varem avastada ja vajadusel planeerida nende remonti enne võimalike probleemide ilmnemist.

Käesolevas töös on valitud katsetamiseks kolm silda. Sildade valikul lähtuti sellest, et tegu oleks erinevate konstruktsioonidega.

Tööde käigus kasutatakse pörkevasarat (schmidi vasar) ja elektromagnetilist sarruse detektorsüsteemi. Kuna tegu on garantiiaegsete kontrollidega, siis betooni korrosiooni ei arvestata. Ilmselt on betooni korrosioon alanud ja sellel on olemas mingi tuvastatav sügavus. Sellises vanuses konstruktsioonidel on see aga nii väike ja ei ole määravaks kontrollmõõtmiste tegemisel. Kontrollitakse ka visuaalselt betooni seisukorda ja kvaliteeti.

Magistritöö on jaotatud 5 peatükiks. Esimeses peatükis antakse ülevaade garantii olemusest. Teises peatükis on betooni ajalugu. Kolmandas peatükis käsitletakse erinevaid meetodeid sarruse asukoha ja betooni tugevusklassi hindamisel. Peamiselt on tegeletud mittepurustavate meetoditega. Neljandas peatükis on toodud betooni andmed. Viiendas peatükis on käsitletud töid sildadel ja tulemuste analüüsi. Lisades on toodud katsete tulemused ja nende analüüs ja eelnevalt saadud betooni andmed. Graafilises osas on neli joonist millel on näidatud katsekohad.

1. Materjalid

1.1 Betooni ajalugu

Ajalooliselt on betoon vana materjal. Esimesed betoonilaadse materjalidega ehitised valmistasid Nabatea kaupmehed ja beduiinid. Nemaad valitsesid oaase praeguse Lõuna-Süüria ja Põhja-Jordaania aladel umbes 6500 a. eKr. Antiigiajal (umbes 3000 a. eKr.) oli materjaliks mudane ja savine pinnas koos rohttaimede kõrtega. Sellisest massist vormiti telliseid. Kasutati ka palju kipsi ja lubimörti (Egiptuses püramiidide ehitusel kiviplakkide sideainena). Umbes samal ajal kasutati Hiinas tsementi hiinamüüri ehitamisel. Seal lisati mördile veel gluteenirikast kleepuvat riisi. Umbes 600 a. eKr. avastasid kreeklased loodusliku putsolaani. Seda segades lubjaga muutus segu hüdrauliliseks tsemendiks. Seda hakkasid laialdaselt kasutama roomlased kes 200 a. eKr. ehtasid sellest hooneid. See ei olnud veel sarnane tänapäevase betooniga. Rohkem meenutas tsemendiga segatud purdmaterjali. Tegu oli juba natuke tugevama materjaliga kui lubjakivitsement mis kivines õhus leiduva süsihappegaasi mõjul. Pärast Rooma keisririigi lagunemist kadusid oskused põletatud lubja ja putsolaani kasutamisel. See tehnoloogia unustati 14 saj. kuni 18 saj. keskpaigani kui tsemendi kasutus tuli taas päevakorrale. Tänapäevase koostise sai betoon 1759 aastal kui briti insener John Smeaton segas mördile juurde ka jämetäite, milleks olid jõekivid ja purustatud tellised. Uudse lahendusega materjali kasutati Smeatoni torni ehitamiseks Devonis Inglismaal. Joseph Aspdin patenteeris 1824 aastal portlandtsemendi. Ta põletas jahvatatud kriidi ja savi segu vastavas ahjus kuni kogu süsihappegaas oli eemaldunud karbonaatidest. Kuna saadud tehiskivim sarnanes Inglismaal Portlandis leiduva loodusliku kivimiga, siis ta nimetas selle portlandtsemendiks. Betooni armeerimise leiutas 1849 aastal aednik Joseph Monier. Raudbetoonist ehitati esimene sild 1889 aastal ja esimesed betoonpaisud 1936 aastal. Nendeks olid Hooveri pais ja Grand Coulee pais. [2.1] [2.2]

Betoonkonstruktsioonide kasutus suurenes koos terase arenguga. Armeerides saab betooni kasutada ökonoomsemalt, võttes tõmbepinged vastu terasega ja jättes betoonile survepingete vastu võtmise. Ka betooni tehnoloogia arenedes on muutunud betooni survetugevus suuremaks. Lisaks tugevuse tõusmisega on välja töötatud ka teisi betooni omadusi nagu veetihedus, vastupidavus erinevatele agressiivsetele keskkondadele ja külmakindlus. Sellise lähenemisega muutusid konstruktsioonid kergemaks, saledamaks ja keskkonnas vastupidavamaks. Teras võtab küll vastu betoonkonstruktsioonis olevad tõmbepinged aga selle vastupidavus ilmastikule on betooni vastupidavusest oluliselt väiksem. Raudbetoonkonstruktsioonide puhul peab terasele sobiva, tugevalt leelise keskkonna (pH ligikaudu 11 kuni 13) looma teda

übritsev betoon, mis peab olema nõuetekohase paksuse ja margiga. Sellest tulevad esmased eeldused konstruktsiooni nõuetekohase kestvuse kohta.

2. Garantii

2.1 Garantiitingimuste määramine

Esemete ja teenuste ostmise ja müügi tingimusi reguleerib Eesti Vabariigis võlaõigusseadus. Selles on toodud välja ka garantii olemus ja konkreetsed tingimused. Ehituses on garantiiaeg osapoolte vaheline kokkuleppeline aeg, mille jooksul teenuse osutaja (enamasti ehitaja) parandab oma kuluga kõik ilmnunud vead, mis viitavad nõuetele mitte vastavate materjalide, või töövõtete kasutamisele. Ka tuleb lahendada kõik projektile mitte vastavatest mõõtudest tulenevad probleemid vastavalt poolte kokkuleppele. Garantii ajaline pikkus on määratud ehitaja ja tellija vahelistes lepingutes.[2.5] [2.7]

Vastavalt Teetööde garantiiaegse ülevaatus ja puuduste kõrvaldamise juhises toodud tingimustele kontrollitakse sillaelementide pindasid, kus ei tohi olla defekte.[2.5]

2.2 Garantiitingimuste täitmise eeldused

Garantiitingimuste täitmise eelduseks on nõuetekohase kvaliteediga materjalid, sobilikud töövõtted ja projekti järgimine. Kui need tingimused on täidetud, siis võib eeldada et objekti ohutu ja mugav kasutus on vastavalt osapoolte vahelistes lepingutes toodule tagatud. Ka on objekti eeldatav kasutusiga vastavuses lepingutes ja projektis toodud ajaga.

3. Katsetusmeetodid

3.1 Mittepurustava meetodi eeldused

Mittepurustaval meetodil tehtava kontrolli eeldusteks on korrektselt läbitud eelnevad tööetapid. Oluline on, et katsekohtadesse oleks ligipääs seadmetega ja seal saaks ette valmistada pindasid. Põrkevasaraga katsetamiseks peab katsekohta taga olema piisavalt ruumi seadmele ja katse läbiviija jaoks (700 mm), kuna vasarat tuleb 90° nurga all vastu katsepinda vajutada ja küünarvars peab olema vasaraga ühel joonel.

Sarruse kaitsekihi määramiseks on vaja teada sarruse läbimõõtu. Kui ehituse ajal on teatavalt olnud kõrvalekaldeid projektist või materjalide asendamisi (sarrus), siis oleks need kajastatud ka ehitusdokumentides. Vastasel juhul ei ole võimalik käesolevas töös kasutatava detektorsüsteemiga saada õigeid tulemusi. Ka ei saa enam nimetada meetodit mitte purustavaks, kui erinevatel konstruktsiooni tüüpidel osutub vajalik sarruse lahti raiumine ja supleriga ära mõõtmine. Kuna käesoleva töö eesmärgiks on kontrollida konstruktsiooni parameetreid, mis määravad selle pikaajalisust, siis sarruse sammu täpne määramine ei ole käesoleva töö eesmärgiks. Küll on käesoleva töö käigus tuvastatavad olulised kõrvalekalded sarruse projektijärgsest asetusest konstruktsiooni sügavuses. [2.9]

Katsekohad peavad olema ka hästi vaadeldavad et oleks nähtavad võimalikud defektid mis mõjutavad katse tulemusi. Tulemusi võivad mõjutada pinnas ja selle all olevad tühimikud ja võimalikud kahjustused. Sarruse sügavuse määramisel võivad segavateks osutada võimalikud terasest elemendid (sidumistraadid, terasest sarruse toed ja muu sarnane).

3.2 Betooni tugevusklassi määramise viisid

Konstruktsioonis oleva betooni tugevusklassi on võimalik kontrollida mitmel erineva meetodiga.

Esimese meetodina võib kasutada enne betoneerimist betoonist võetud ja paralleelselt konstruktsiooniga tugevuse saavutanud kuubikulisi proovikehasid. Konstruktsiooni ei pea küll kahjustama, aga kivinemise aegsed tingimused (temperatuur, niiskus ja valamise ajal tehtav tihendamine) võivad olla erinevad võrreldes konstruktsiooniga. Selline meetod sobib valmistatud betooni ja konstruktsioonis oleva betooni võrdlemise teel betooni tugevusklassi kontrolliks. Sarnaste tingimuste puhul peaks olema neil ühesugune survetugevus ja sellest tulenevalt ka tugevusklass. Peamised erinevused võivad siin sisse tulla betoonitöodes tehtavate vigade, või konstruktsiooni eripäradest tingitud olukordade tõttu. Kui kuubikulises proovikehas puudub sarrus, siis konstruktsioonis võib see takistada betooni tihenemist ja jämedama täitematerjali

liikumist. Meetod eeldab labori kasutamist ja betooni katsetamist ka konstruktsioonis (purustaval või mittepurustaval meetodil). Meetod ei pruugi iseloomustama kõige täpsemalt seda betooni, mis on konstruktsioonis. Meetod on sobilik olukorras, kus konstruktsiooni kvaliteet on tänu järelevalvele ja vilunud töötajatele kõrge. Ideaalsetes tingimustes valatud kuubikule vastab sarnaselt valmistatud konstruktsioon. [1.8]

Teise meetodina võib välja puurida silindrilise proovikeha ja seda katsetada purustava meetodiga. Sellisel juhul saab konstruktsioon kahjustada, aga betooni tugevus saadakse kõige täpsemalt. Proovikeha vaatlusel saadakse teada ka betooni täpsem struktuur ja võimalikud kahjustused. On võimalik saada täpset teavet täitematerjalide ja tsemendi koostoimimise kohta. Saab anda kõige täpsema hinnangu betoonis olevate erineva suurusega täitematerjalide ja nende vaheliste tühimike kohta. Indikaatorlahusega (fenoolftaleiini lahus) saab määrata betooni PH taset erinevatel sügavustel ja selle järgi kindlaks teha karboniseerumise sügavuse. Garantiiajal on aga karboniseerumissügavus veel nii väike, et selle kindlaks tegemine ei anna olulist infot betooni kaitsekihi võimaliku tööea kohta. Ka on muud võimalikud kahjustused garantiiajal veel väga vähe arenenud ja ei oma tähtsust garantii ajal antavate hinnangute juures. Proovikeha võib võtta kohast kus survepinged betoonis on väiksemad. Võimalik proovikeha võtmise koht tuleks valida nii, et ei kahjustataks sarruse ristlõiget või selle võimaliku kaitsekihti. Nii ei kahjustata elemendi tugevust. Sellisel juhul saame küll betooni survetugevuse teada, aga puuduvad andmed betooni kohta mis on suurimate pingetega piirkonnas või piirkonnas kus betooni omadused määravad sarruse kaitsekihi omadusi. Proovikehade välja puurimise kohtade valik võib mõningatel juhtudel olla piiratud sarruse asetusest tingituna. Tiheda sarruse asetusega ei ole võimalik konstruktsioonis olevat sarrust ja selle kaitsekihti kahjustamata proovikeha välja puurida. Meetodiga saadakse kõige rohkem erinevat ja täpset informatsiooni katsekoha kohta. Meetod on kõige aja- ja töömahukam. Kasutatavad seadmed on suhteliselt kohmakad, rasked ja vajavad töötamiseks rohkem ruumi kui mittepurustava meetodiga. Meetodi puhul on objektile ühe katsekoha puhul tehtav tööaeg kõige suurem. Ka eeldab meetod labori kasutamist. Selline meetod on sobilikum vanemate ja väiksemate konstruktsioonide uurimiseks. Meetodiga saab teada lisaks betooni survetugevusele ka selle seisundi. Vanuse ja kahjustuste sügavuse järgi saab teada selle eeldatava eluea. [1.8]

Mitte purustava meetodiga (põrkemeetod) saab betooni survetugevust ja struktuuri ühtlust hinnata piirkondades, kus pinged betoonis on suurimad, eeldusel et sellistele kohtadele on ligipääs. Kuna pörkevasar on oluliselt väiksem ja kergem, siis ei ole katsekohale vaja nii laia ligipääsu kui purustaval meetodil (silindrilise proovikeha välja puurimiseks). Konstruktsioonile otseselt ei kahjustusi ei tekitata. Selliste meetoditega on võimalik hinnata kandekonstruktsioonide betooni tegeliku survetugevust ja selle

vastavust projektile. Meetod ei ole nii täpne kui purustav meetod, kuid on palju kiirem. Meetod ei eelda labori kasutamist. Meetodis kasutatavad seadmed on odavamad, lihtsamad kasutada ja transportida. Selle meetodiga on võimalik kontrollida betooni andmeid väikese aja ja rahakuluga suurel hulgal katsekohtadel. Välitööde aeg ligikaudu 10 min. ühe katsekoha kohta. Kui on kasutatud laudadest saalungit ja kõrgema margiga betooni, siis on pinna lihvimiseks kuluv aeg pikem kui vineerist saalungi puhul. Kui oluliseks osutub tööde kiirem läbi viimine, siis võib nende etapid ära jagada mitme töötaja vahel. Objektile tehtavatele töödele lisandub veel kontoris tehtavatele eeltöödele (projektide ja algandmete läbi töötamine, katsekohtade valimine, seadmete valimine ja väljasõidu planeerimine). [1.8]

3.3 Mittepurustatavate meetodite hinnang

Erinevaid mittepurustavaid meetodeid (NDT) on käsitletud uuringus „Korrapärane sildade ülevaatus andmete parandamisega mitte purustavate meetoditega“. Selles uuringus on antud hinnang neljateistkümne erineva meetodi parameetrite kohta.

Tabel nr. 1 NDT-de hindamisel kasutatavad kriteeriumid [2.8]

Kriteeriumid	Kirjeldus
Tulemuste usaldusväärsus	Kirjeldav kriteerium: See määratleb tulemuste / mõõtmiste usaldusväärseuse või täpsuse. See tegeleb uurimise tehnoloogilise täiuslikkuse (täpsuse) ja meetodi tundlikkusega erinevate välistetegute mõjul.
Standardiseerimine	Mõõdetav kriteerium: Kui NDTle on ette nähtud standard, siis tulemused peaksid olema usaldusväärsemad.
Kasutatavus	Mõõdetav kriteerium: See määratleb parameetrite arvu, mida saab mõõta NDT abil. Võime uurida kahte või enam materjali, erinevat tüüpi kahjusid või defekte ja muid sarnaseid.
Testi kestvus	Mõõdetav kriteerium: see määratleb NDT teostamise ja andmete hankimise kiiruse. Kriteerium on peamiselt seotud sellega, kui palju inspektor veedab aega uurimisega, kuid see võib olla seotud ka võimaliku liikluse häiritusega (silla või ühe rea sulgemine), mis tuleneb uurimisest.
Tulemuste tõlgendamise keerukus	Kirjeldav kriteerium: See on seotud saadud esialgsete mõõtmistega ja vajadusega pika ja nõudva analüüsi järele, et saavutada lõplikud tulemused (vajalikud on arvutiseadmed ja kogunud insenerid)
Kulu	Mõõdetav kriteerium: See määratleb seadmete soetamise kulud, katse sooritamise kulud ja andmete analüüsi maksumuse.

Tabel nr. 2. Kasutatava skaala parikaupa võrdluse kriteeriumid [2.8]

Kriteeriumit kirjeldav väärtus	Kaal
Kõige ebaolulisem	1/9
Äärmiselt vähe oluline	1/7
Vähe oluline	1/5
Möödukalt vähe oluline	1/3
Võrdselt olulised	1
Möödukalt oluline	3
Oluline	5
Äärmiselt oluline	7
Kõige olulisem	9

Tabel nr. 3. Kriteeriumite kaalud tähtsuse järjekorras[2.8]

Kriteerium	Kaal
Tulemuste usaldusväärsus	0.280
Katse kestvus	0.233
Tulemuste tõlgendamise keerukus	0.170
Hind	0.134
Kasutatavus	0.108
Standardiseerimine	0.075

Tabel nr. 4. Kriteeriumite hindamine [2.8]

Kriteerium	Hindamine		
	3	2	1
Tulemuste usaldusväärsus	Kõrge, välised tingimused ei mõjuta tulemusi	Möödukad, erinevad faktorid võivad tulemusi mõjutada	Madalad, lisa uuringud on vajalikud, et tulemusi kinnitada
Katse kestvus	Lühike, kogu silla uurimise aeg ei ole märgatavalt suurenenud	Möödukas, kogu silla uurimise aeg on suurenenud	Pikk, kogu silla uurimise aeg on kahekordistunud
Tulemuste tõlgendamise keerukus	Kohesed tulemused	Lühike analüüs on vajalik	Keerukas analüüs ja professionaalne hinnang on vajalik
Hind	Madal	Möödukas	Kõrge
Kasutatavus	Erinevate materjalide ja nende parameetrite uuring on võimalik	Ühe materjali ja selle kahe parameetri uuring võimalik	Piiratud kasutatavus, ainult üks parameeter on uuritud
Standardiseerimine	EN standard	Riiklik standard	Standard puudub

Tabel nr. 5 NDT hindamine valitud kriteeriumite järgi [2.8]

NDT	Hindamine (V _{c,i})					
	Tulemuste usaldusväärsus	Katse kestvus	Tulemuste tõlgendamise keerukus	Hind	Kasutatavus	Standardiseerimine
Katte mõõtmised	3	3	3	3	1	2
Fenolftaleiini katse	3	2	3	3	1	3
Sondi läbimise katse	2	3	3	3	1	2
Pealt tõmbamise katse	3	2	3	2	1	3
Tagasipõrkava haamer	1	3	3	3	1	3
Kokkupõrkekaja	3	2	1	2	3	2
Termograafia	2	2	1	1	3	2
Maapinda läbiv radar	2	2	1	2	2	2
Müra tekitamine	2	2	1	2	2	2
Ultraheli impulsside kaja	2	1	1	2	3	1
Half-cell potentsiaal	2	2	2	2	1	2
Galvanostaatiline impulss	2	2	2	2	1	1
Elektritakistus	2	2	2	2	1	1
Lineaarse polarisatsiooni takistus	2	2	1	2	1	1

Betooni survetugevuse hindamisel pörkemeetodiga hinnatakse kõige paremaks selle lühikest kestvust, kiiret tulemuste tõlgendamist, katsetuse madalat hinda ja selle standardiseeritust. Negatiivse poole pealt on välja toodud madal tulemuste usaldusväärsus ja piiratud kasutatavus. Katsetataval pinnal saadakse elastne pörge ja selle tagasilöögi energia suurus (ehk pörkevasara näit). Sellest tuletatakse betooni survetugevus, aga ülejäänud näitajaid sellest ei saa.

Kaitsekihi paksuse mõõtmisel detektorsüsteemiga on tulemuste usaldusväärsus, katse kestvusele, tulemuste tõlgendamise keerukusele ja hinnale antud parim hinnang. Usaldusväärset, kiiret ja majanduslikult ökonoomselt saadakse kätte tulemit mida on lihtne tõlgendada. Mõõtmine on standardiseerimata, aga detektorsüsteemil on põhjalikud juhendid erinevates olukordades mõõtmiseks ja nende tulemuste

usaldusväärseks tõlgendamiseks. Ainsa negatiivse detailina on välja toodud et selle kasutatavus. Saadakse vaid üks arv ja selleks on kaitsekihi paksus. Negatiivne asjaolu on ka liiga tiheda sarruse puhul ei pruugi tulemused olla usaldusväärsed.

3.4 Põrkemeetod

Schmidivasarat (eadspidi põrkevasar) surutakse katsepinna poole kuni vedru vabastamiseni. Tekkinud jõuga liikuma pandud kolvi mass tekitab löögi vasara kolviga kontaktis olevale betoonpinnale. Löögi tagasipõrke tugevusest saadakse näit kas elektrooniliselt või mehaaniliselt. Mõõdetakse tagasipõrke kineetilist energiat. Põrkearvu saab teisendada betooni survetugevuseks. Selleks kasutatakse vasaraga kaasas olevaid teisenduskõveraid või kontrollida standardit EVS-EN 13791:2020 olevaid juhiseid. Täpsed kirjeldused katse läbi viimiseks betoonkonstruktsioonidel on toodud standardis EVS-EN 12504-2:2021. Sarnasel põhimõttel katseseadmeid tehakse ka teiste materjalide kohta. Näiteks on levinud teraste katsetamine põrkemeetodiga. [2.6]

3.5 Kasutatav seade.

Uuringutes on kasutada mehaaniline Matesti põrkevasar (nr. 2H0903) mudel N, normaalbetoonide kontrollimiseks. Seade on löögienergiaga 2,207 Nxm.



Foto nr. 1. Põrkevasar

3.6 Põrkevasada kontrollimine

Enne katse alustamist peab vasar olema kontrollitud etalonalasil. Etalonalasil tehakse viis lööki. Standardi EVS-EN 12504-2:2012 järgi peavad lugemid ± 3 ulatuses mahtuma tootja poolse lugemi piiridesse. Kui lugemid on sellest rohkem erinevad, siis tuleb

vasarat seadistada ja teha uus kontroll. Kontroll tuleb teostada ka pärast katsete tegemist. Kui vasar jääb esimese viie löögiga etalonlasil lubatud vea piiridesse, siis võib katsetulemusi lugeda usaldusväärseks. [1.5]



Foto nr. 2. Põrkevasara etalonlasi.

3.7 Ettevalmistustööd kontoris

Enne objektile minekut tuleb teha ettevalmistavad tööd. Selleks tuleb läbi töötada olemasolevad andmed ja projektid. Kuna sarruse detektoriga töötamise üheks eelduseks on sarruse läbimõõdu ja sammu teadmine, siis on eelnevalt vaja projekti ja võimalusel ka ehitusaegset järelevalve päevikut, kus on toodud info sarruste asetuse ja selle mõõtude võimaliku muutumise kohta ehitustööde käigus, või siis kinnitatakse et on kasutatud projektis toodud lahendusi. Ehituspäevikute puudumisel eeldatakse, et sarrus on paigaldatud vastavalt projektile. Eelneva tööna tuleb projekti põhijooniste järgi välja valida võimalikud katse piirkonnad. Kui eelnevalt ei ole objektiga tutvunud, siis ei ole otstarbekas katsekohti väga täpselt välja valida. Katsepiirkonnad tuleb valida nii et oleks käsitletud kõiki elemente. Kohapeal võivad ilmnedas asjaolud, mida ei olnud eelnevatest andmetest võimalik välja lugeda. Nendeks võivad olla näiteks puude murdumine, nõlvade varingud või kalda uhtumine. Valida tuleb piirkonnad kus tavaliselt tehakse ehituses rohkem vigu. Iseloomulikud piirkonnad on betoonkonstruktsioonide alapinnad, sest ebapiisavalt toetatud sarrused vajuvad betoneerimise käigus raketise põhja. Ka on sagedased juhud kus sarrus liigub küljele kõrgetes ja saledates vertikaalsetes elementides. Kontrollitavad kohad tuleb märkida joonistele. Kui pole eelnevalt olnud võimalust tutvuda kohapealsete oludega, siis võib kasutada ka varem tehtud fotosid, mis lisaks projektile annavad ülevaate objektile olevatest tingimustest. Ka saab siis eelnevalt teha selgeks muude seadmete ja vahendite vajaduse. Näiteks

vajaliku pikkusega redeli või muu tõsteseadme vajaduse katsekohtadele ligi pääsemiseks. Objektile minnakse enamasti kas sõiduauto või väikebussiga. Eelnevalt on vaja kontrollida võimalike ligipääsuteid ja parkimisvõimalusi objekti lähedal. Eelnevalt peab kontrollima võimaliku vee taset. Kõrgema vee taseme puhul võivad ligipääsuteed sillale olla üle ujutatud. Tööde ajal ei tohi olla õhutemperatuur pikalt alla 0 C°. Batoon ei tohi olla läbi külmunud. Läbi külmunud betooni puhul annab pörkevasar valesid näitusid.

Vastavalt projektile, ehitusjärelvalve päevikutele ja välja valitud katsekohtadele teha tabel, kus on eraldi tulpadena välja toodud konstruktsioonide kaupa, sarruse läbimõõdud mõlemas suunas, sarruste sammud ja ka see kumb on pealmine ja kumb alumine sarrus. Selle tabeli järgi on kohapeal võimalik seadistada sarruse detektorit. Ka on võimalik eelnevalt kindlaks teha kas detektor on kasutatav sellise sarruse sammu, sügavuse ja läbimõõdu puhul. Selline eelnevalt koostatud tabel on kohapeal palju mugavam kasutada kui projekt. Tabelis on vajalikud andmed kokkuvõtlikult. [2.9]

3.8 Ettevalmistustööd objektil

Objektile saabudes peab üle vaatama kas eelnevalt välja vaadatud katsepiirkonnad on sobilikud. Kas nendele on ka tegelikult piisav ja ohutu ligipääs. Kas betooni pinnad on töödeldavad vajaliku sileduse tasemeni. Vajadusel peab olema tagatud juurdepääs redeli või tõstukiga. Piirkondades tuleb kontrollida, kas betooni pind ja struktuur on visuaalselt sobilikud pörkekatse läbi viimiseks. Vajadusel võib katsepiirkondi muuta nii, et ei muutuks sarruse mõõdud nende kohtade all. Batooni pinnale märkida välja pörkevasara katsekoha piir ja katsekoha number. Enne katset kontrollida sarrusedetektoriga sarruste asetust katsekoha all. Siis on võimalik valida katsekoht nii, et ei sattutaks pörkevasara löögiga sarruse peale. Liiga pinna lähedal olev ja suure läbimõõduga sarrus võib siis anda tegelikust kõrgema lugemi. Mida sügavamal on sarrused ja mida väiksema läbimõõduga need on, seda vähem need mõjutavad pörkevasara tööd. Katsekohtade numbrid ja piiritlused peavad olema näha kogu välitööde ajal. Katsekohtade märkimiseks kasutada vahendeid, mis on pärast tööde lõppu kergelt eemaldatavad ja mis ei imendu pinna sisse. Sellisteks vahenditeks on näiteks kriit või paberilt teksti eemaldamiseks kasutatav korrektuurimarker.

3.9 Batoon survetugevuse hindamine

Esmalt valitakse katsetamiseks sobilikud piirkonnad. Piirkonna valikul peab arvestama selle ligipääsetavust ja olulisust konstruktsioonis. Katsekoha taha võiks jääda ~700 mm ruumi pörkevasaraga töötamiseks. Ühes katses vaadeldav ala võiks olla ruudu kujuline,

serva pikkusega 200 kuni 300 mm. Eelnevalt tuleb projekti järgselt kontrollida, et katsetatava ala alla, selle pinna lähedale ei jääks sarruseid. Kui projektis olevad andmed on puudulikud, või ei ole kindel et sarrus on paigaldatud projekti järgi, siis tuleb sarruse asetust kontrollida. Katsekohtade asukohad on mõõdetud välja silla joonistele. Valikul tuleks veel vaadata betooni tugevust, pinna tüüpi, betooni liiki, pinna niiskustingimusi, karboniseerumist, katsetamise suunda ja muid ilmastikust tingitud tegureid. Katsetatav betoon ei tohi olla läbi külmunud. Krobelised ja kareda tekstuuriga pinnad tuleb lihvida tasaseks. Selleks kasutada lihvluisku või madalate pööretega käia. Kui betoon on valatud laudadest saalungile, siis on laudade vahedesse jäänud kõrgemad randid mis segavad katsete läbi viimist. Need randid tuleb maha raiuda nii, et betooni pind oleks tasane. Siledat vormipinda ei pea sügavalt lihvima. Seda on soovitatav siiski kergelt luisuga siluda, et oleks eemaldatud sinna tekkinud orgaanilised kihid või tolmu. Enne katset peab vaatama et betoon oleks puhas. Põrkevasarat peab kontrollima eelnevalt vastavalt standardis EVS-EN 12504-2:2021 toodud nõuetele. Katse käigus asetatakse vasar betoonpinnaga risti. Vasaraga tehakse vähemalt üheksa katset ja võetakse lugemid. Katsete arv võib olla suurem, mis annab suurema valiku lugemeid ja annab parema tulemuse uuritavast piirkonnast. Vasara löögid on soovitatav teha ridadena, minimaalselt 25 mm vahedega. Kuna tegu on mehaanilise vasaraga, siis kirjutatakse arvud üles vastavasse välitööde protokoll. Pärast iga lööki vaadeldakse löögi jälge. Kui löök on tekitanud pinnale purustusi ja selle alt avaneb tühimik, siis seda lööki ei arvestata. Löögipunktide kaugus teineteisest ja betooni servast peab olema vähemalt 25 mm. Kuna silla betoonelementidel on suure tõenäosusega selles piirkonnas sarrus, siis tuleb projekti järgi vaadata millisel kaugusel oleks katsekoht parem.

[1.5] [1.6] [1.7]

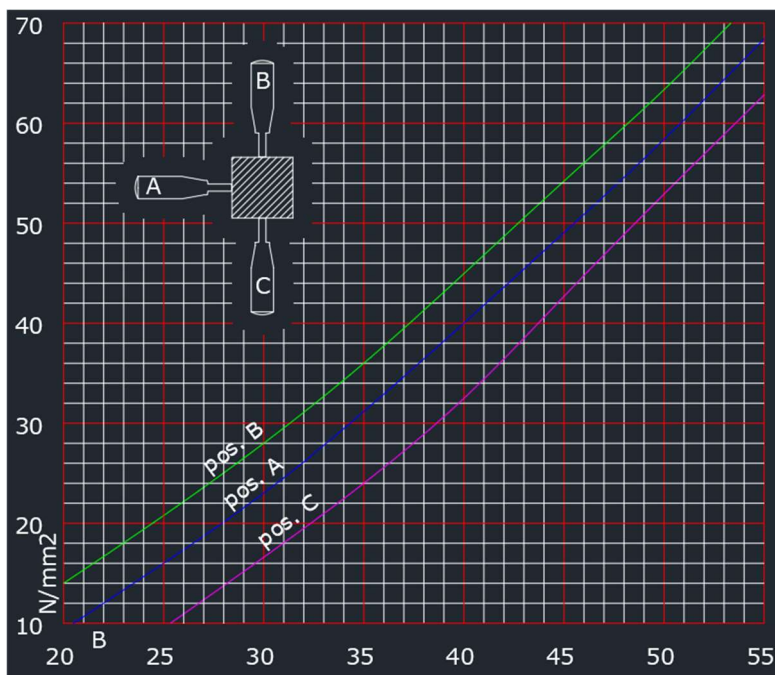
3.10 Protokollimine ja katse tulemused

Katse tulemuseks loetakse kõikide katsete mediaantulemust. Kui ühes seerias üle 20% lugemitest erineb üle 25% mediaantulemusest, siis seeria ei ole usaldusväärne ja seda ei kasutata betoonimargi hindamisel. Seeria on ilmselt tehtud kohast kus esineb pragusid, ebatihedust, tühimike või ebakvaliteetset materjali. Igast katsekohast on koostatud väliprotokoll. Eraldi on kirja pandud katsekoha number, suund ja löökidega saadud lugemid. Kuna kasutati mehaanilist põrkevasarat, siis kirjutatakse tulemused üles assistent.

Katseprotokoll peab sisaldama:

- betoonkonstruktsiooni tunnus
- katsepiirkonna tunnus
- põrkevasara tunnus
- kaitsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus

- üksikasjad betooni ja selle seisundi kohta
- katsetamise kuupäev ja kellaaeg
- katsetulemuste pörkearvud ja vasara löögi suund
- tehnilise külje eest vastutava isiku kinnitus et katsetamine toimus vastavalt standardile EVS-EN 12504-2:2021 [1.5]



Graafik nr. 1. Kasutatava vasara graafikud mediaannäidust kuubikulise tugevuse tuletamiseks. [2.10]

3.11 Betooni tugevusklassi määramine

Vastavalt mediaantulemusele, löögi suunale ja muudele asjaoludele (muid asjaolusid käesolevas töös ei määrata) määratakse näitude järgi betooni kuubiline (150x150x150 mm) survetugevus. Kuna kolme erineva löögisuuna graafikud on praktiliselt identsed, siis võib vahepealsete nurkadega löögisuundade puhul näidu leidmiseks kasutada COS funktsiooni. Survetugevuse järgi määratakse standardist (Eurokoodeks 2, Eurokoodeks 2, osa 1-1) toodud tabeli järgi tugevusklass. [1.2] [1.4]

3.12 Sarruse betoonist kaitsekihi kindlaks tegemine

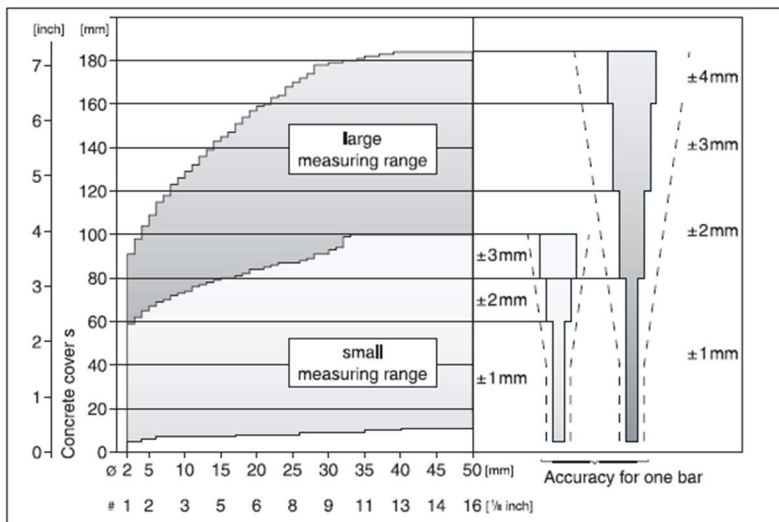
Sarruse asetust betoonis tehakse kindlaks elektromagnetilise meetodiga (detektorsüsteem). Selleks kasutatava seadmega skaneeritakse betoonkonstruktsioonis uuritavat piirkonda. Andurit mööda betooni pinda libistades fikseerib seade selle väikseima kaitsekihi ja sellega ühtlasi ka sarruse asukoha. Kui anduri liikumise teele jäävad saalungi laudade vahedesse jäänud kõrgemad betoonosad, siis need tuleb

eelnevalt meisliga maha raiuda. Kasutades anduril alusvankrit, siis on võimalik fikseerida ka sarruste vahe. Käesolevas töös on võetud eesmärgiks kontrollida ainult sarruse sügavust betoonkonstruktsioonides, kuna sarruse sammu ja arvu kontrolli on lihtsam teha järelevalve käigus, enne betoneerimist. Ka on töö tulemuse eesmärgiks kontrollida konstruktsiooni kestvuse eelduseid. [2.9]

3.13 Kasutatav seade



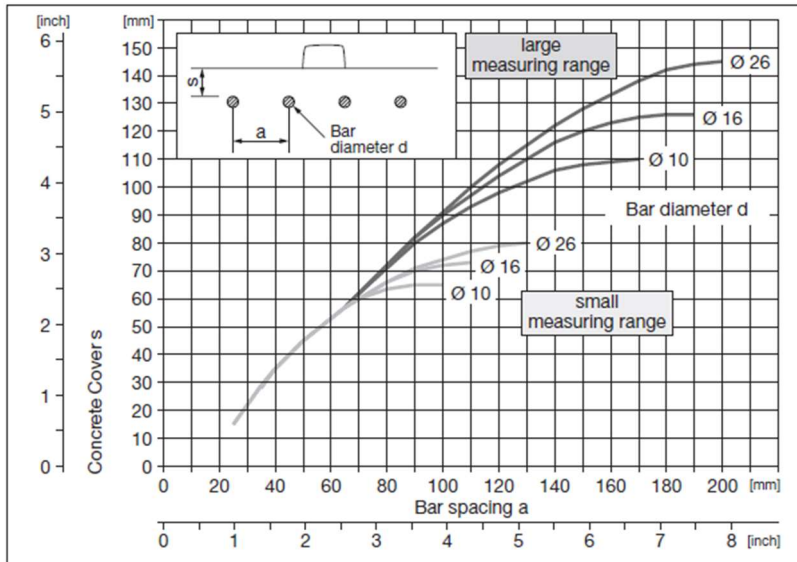
Foto nr. 4. Komplekse detektorsüsteemi Proceq Profometer 5+ komplekt.



Graafik nr. 2. Mõõteulatus ja täpsus tavauuringus. [2.9]

Sarruse asukoha ja mõõtude kindlaks tegemiseks on kasutada sarruse detektorsüsteem Proceq Profometer 5+. Seade võimaldab teha kindlaks sarruse kaitsekihi ja asetuse. Selle eelduseks on see et vastavalt projektile on teada sarruse läbimõõt ja asetuse. Kui läbimõõtu teada ei ole, siis tuleb sarrus avada ja mõõta supleriga. Seade võimaldab

määrata sarruse sammu, kui andur paigaldada vastavale vankrile ja liigutakse sarrustega risti suunas. Seadmel on kaks mõõte sügavust. Kui kasutada Esimene aste on täpsem ja selle sondeerimissügavus on piisav käesoleva töö läbi viimiseks. Minimaalne lubatud sarruse samm on 100x100mm. Minimaalne läbimõõt 5 mm. Anduri suurim liikumiskiirus on 0,25 m/s. [2.9]



Graafik nr. 3. Varraste eraldus vastavalt läbimõõdule ja sügavusele. [2.9]

3.14 Sarruse asetuse ja kaitsekihi mõõtmine

Betoonist sarruse kaitsekihi paksuseid mõõdetakse samades katsekohtades kus on hinnatud ka betooni survetugevust. Selleks on valitud kohad kus andurit oleks võimalik liigutada pikemalt üle betooni pinna. Saalungilaudade vahedest jäänud kõrgemad osad vajadusel tasandada (meisliga maha raiuda). Anduri liikumine peab olema vaba, ilma takistusteta.

Olenevalt sarruse läbimõõdust seadistatakse detektor igas katsekohas. Kuna ei kasutatud alusvankrit, siis ei fikseeritud ka sarruse sammu. Üle sarruse liikudes jäi detektori ekraanile minimaalne kaitsekihi sügavus (edasi liikudes anduri ja sarruse vahe suureneb). Sarruste kaitsekihtide paksused kirjutab üles assistent väliprotokollis. [2.9]

Kui kontrollitavad pinnad on suuremad, siis on otstarbekas seade komplekteerida anduri külge kinnitatava vankriga. Sellisel juhul peab paigaldama mõlemad juhtmed. Profometer 5+ sisse lülitamisel tuleb seadmel lasta end kalibreerida. Selleks tuleb sisse lülitamise ajal andur suunata eemale metallist esemetest (ka seadmest endast ja selle juhtmetest). Kalibreerimine toimub igal sisselülitamisel. [2.9]

Mõõtmise ajal tuleb andurit liigutada risti üle varraste. Enne täpse mõõtmise tegemist tuleb kontrollida ristuvate sarruste asukohta. Risti üle sarruste liikudes ei tohi liikuda pikki ristuvat sarrust. [2.9]

3.15 Muud tööd objektil

Objektile on soovitatav teha igast katsekohast foto. Siis jäädvustub katsekoht ka visuaalselt. Soovitatav on teha sillast ka mõned üldised vaated, kus on visuaalselt näha peale betooni ka konstruktsioonide üldist seisukorda. Hilisemates uuringutes fotosid kõrvutades on näha võimalike kahjustuste arengut. Fotod peavad olema piisavalt selged ja eraldusvõimega et oleks näha võimalike pragusid ja pinna struktuuri.

4. Betoonkonstruktsiooni kvaliteedi nõuded

4.1 Eurokoodeks 2

Betoonkonstruktsiooni kvaliteedinõuded on toodud standardis Eurokoodeks 2. Eurokoodeks 2, osa 1-1 annab normaaltihedusega ja kerge täiteainega raudbetoonkonstruktsioonide üldised arvutusalsused.

Tabel nr. 6 Betooni pinge ja deformatsioonikarakteristikud. [1.2]

Tugevus- klass	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105
f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
f_{cm}	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm}	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0.05}$	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0.95}$	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
E_{cm}	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	43
f_{cd}	8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	33,7	40,0	46,7	53,3	60
f_{ctd}	0,73	0,89	1,03	1,20	1,35	1,50	1,64	1,77	1,90	1,97	2,03	2,15	2,26	2,35
$\epsilon_{c1} \text{‰}$	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8
$\epsilon_{cu1} \text{‰}$	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8
$\epsilon_{c2} \text{‰}$	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$\epsilon_{cu2} \text{‰}$	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
η	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4
$\epsilon_{c3} \text{‰}$	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
$\epsilon_{cu3} \text{‰}$	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
λ	0,80									0,79	0,78	0,75	0,73	0,70
η	1,00									0,98	0,95	0,90	0,85	0,80

Betooni tugevusklassi määramisel saadakse graafikult (graafik nr. 1) kuubikuline survetugevus. Vastavalt tabelile nr. 6 saadakse f_{ck} tulemusele vastav tugevusklass.

Tabel nr. 7 Betoonkonstruktsioonide keskkonnaklassid. [1.2]

Klassi tähis	Keskkonna kirjeldus	Keskkonnaklasside rakendamise näited
1. Korrosioonioht puudub		
X0	Betoon ei sisalda armatuuri ega tariraudu: kõik tingimused, välja arvatud need, mille puhul esineb külmumine/sulamine, kulumine või keemilised mõjurid Betoon sisaldab armatuuri või tariraudu: väga kuiv	Betoon väga kuiva õhuga siseruumides
2. Karboniseerumisest põhjustatud korrosioon		
XC1	Kuiv või püsivalt märg	Betoon madala õhuniiskusega siseruumides Pidevalt vee all olev betoon
XC2	Märg, harva kuiv	Kaua veega kontaktis olevad betooni pinnad Paljud vundamendid
XC3	Mõõdukalt niiske	Betoon mõõduka või kõrge õhuniiskusega siseruumides Vihma eest kaitstud betoon välisõhus
XC4	Vaheldumisi märg ja kuiv	Veega kokkupuutuvad pinnad, mis ei kuulu klassi XC2
3. Kloriididest põhjustatud korrosioon		
XD1	Mõõdukalt niiske	Betoonpinnad, millele langevad kloriide sisaldavad piisad
XD2	Märg, harva kuiv	Ujumisbasseinid Betoon, mis on kokkupuutes kloriide sisaldava tootmisveega
XD3	Vaheldumisi märg ja kuiv	Silla osad, millele langevad kloriide sisaldavad piisad Sillutised Autoparklad
4. Merevee kloriididest põhjustatud korrosioon		
XS1	Sooli sisaldav õhk, kuid mitte otsene kontakt mereveega	Kaldal või selle lähedal asuvad konstruktsioonid
XS2	Vee all	Mereehitiste osad
XS3	Loodete, piisk- ja uduveevööndid	Mereehitiste osad
5. Külmumise/sulamise mõju		
XF1	Mõõdukalt veega küllastunud, ilma jätevastase aineta	Vihma ja külma eest kaitsmata vertikaalsed betoonpinnad
XF2	Mõõdukalt veega küllastunud, jätevastase ainega	Teekonstruktsioonide vertikaalsed betoonpinnad, mis on külmumise ja jätevastast ainet sisaldavate udupiiskade eest kaitsmata
XF3	Tugevasti veega küllastunud, ilma jätevastase aineta	Vihma ja külma eest kaitsmata horisontaalsed betoonpinnad
XF4	Tugevasti veega küllastunud, jätevastase ainega või mereveega	Jätevastaste ainete mõjule avatud tee- ja sillakatted Betoonpinnad, mis on avatud jätevastaseid aineid sisaldavatele pritsmetele ja külma mõjule Pritsmete tsoonis asuvad külma mõjule avatud mererajatised
6. Keemilised mõjurid		
XA1	Madala keemilise agressiivsusega keskkond vastavalt standardi EN 206-1 tabelile 2	Looduslik pinnas ja pinnasevesi
XA2	Mõõduka keemilise agressiivsusega keskkond vastavalt EN 206-1 tabelile 2	Looduslik pinnas ja pinnasevesi
XA3	Kõrge keemilise agressiivsusega keskkond vastavalt standardi EN 206-1 tabelile 2	Looduslik pinnas ja pinnasevesi

5.1 Vasalemma sild

5.1.1 Üldandmed

Vasalemma sild asub Keila-Haapsalu mantee (tee nr. 17), Vasalemma asulas. Sild on ühe avaline. Ehitamisaasta on 2019. Kandevõime KM1, KM3 2400. Sild on monoliitsest ja monteeritavast raudbetoonist. Silla pikkus on 29,59 m. Maanteeameti andmeil oli tee liikluskoormus 2020 aastal 4825 autot ööpäevas millest 95% on sõidua autod ja väikebussid. [2.3] [2.4]



Foto nr. 5. Vaade Vasalemma sillale.

Vasalemma jõgi, registrikoodiga VEE1099200 on 50,4 km (koos lisaharudega 63,5 km) pikkune. Selle valgala pind on 395,6 km². Vasalemma jõgi on looduslik veekogu ja on avalikus kasutuses. [2.11]

Silla kandjateks avas on raudbetoonist kaared. Kaartel on postid, millele toetub tekiplaat. Tekiplaadi otsad ja kaared toetuvad kaldasammastele. Kaldasambad moodustavad tugiseinad, mis toetavad sõidutee tammi pinnast. Koos kaldasammastega on valatud ka külgtiivad. Kaldakindlustused ja koonused on laotud looduskividest.[2.14]

Vasalemma silla puhul on teada sinna tarnitud betooni andmed. Saatelehtede põhjal on tehtud kokkuvõtlikud tabelid kus on toodud tarnija, saatelehe nr, auto nr. betooni kogus, valmistamise aeg, etteandmise lahendus, betooni tugevusklassid ja keskkonnaklassid ning objektil katsetamise andmed. Kuna käesolevas töös betooni otseselt ei katsetatud, siis võeti võrdlusandmed saatelehtede järgi. Betooni tootmisohje on sertifikaat nr: 0259 välja antud TTÜ Sertifitseerimisasutuse poolt.[2.12]

5.1.2 Silla ülevaatuseks kulunud aeg

Objektile saabudes kulub selle ülevaatuseks ja katsekohtade kindlaks tegemiseks kulub ~10 min. Ühe katsekohaga töötamiseks kulub keskmiselt 10 minutit. Katsekohti on 17. Tööde aeg objektil oli 3 tundi. Kohale sõiduks ja tagasi sõiduks kuluv aeg on 2x35 min. Aluspunktiks on valitud Ehitajate tee 5 Tallinnas. Kokku kulub mõõdistajal ja assistendil (2x) 4 tundi ja 10 min.

5.1.3 Silla ülevaatus

Ülevaatus toimus 19.04.2021 aastal. Ülevaatus ajal oli õhu temperatuur 11 C°. Sademeid ei olnud. Vee tase oli madalam keskmisest.

Vasalemma silla puhul on kasutatud saalungina hõõveldamata laudist, laiusega ~100 mm. Laudisest saalung on tehtud kogu silla raudbetoonist konstruktsioonidele. Laudade kõrgused ja vahed on erinevad. Kuna saetud laua tekstuur on praktiliselt kordumatu, siis on ka tulemus looduslähedane. Kohapealsete mõõtmiste käigus on pinna reljeefsus laudadest tulenevalt kuni 3 mm.

5.1.4 Katsekohtade valimine ja ettevalmistused katsete tegemiseks

Vasalemma sild on, võrreldes käesolevas töös käsitletava kahe teise sillaga väiksem. Sild on oma ehituselt keerukam ja rohkemate erinevate elementidega. Kandeelementidena on sambad, kaared, postid ja tekiplaat. Lisaks on veel tiivad ja käesolevas töös dekiplaadist eraldi käsitletav servapruss. Katsekohtade valimisel on vaja jälgida seda, et kaetud oleks kõik konstruktsioonide tüübid proportsioonis nende mahuga, keerukusega ja arvuga. Kõige rohkem tuleb rõhku panna nendele konstruktsiooni osadele, mis on valatud kohapeal ja mille valimine nende keeruka kuju tõttu võib vigasid põhjustada. Nendeks on keeruka kuju või liiga saleda lahendusega konstruktsioonielemendid. Kuna sild ei ole suur ja selle alused, kohapeal valatud kandelemendid, on suhteliselt väikese mahuga, siis on seal korruga betoneeritud elemente rohkem, kui suuremate elementidega sildade puhul. Korruga betoneeritavate elementide arv sõltub objektile toodavast betooni mahust. Vasalemma silla alt läheb läbi kõnnitee. Katsekohti tuleb ette valmistada. Neid tuleb lihvida ja vajadusel raiuda valuservasid maha. Kuna ettevalmistatud katsekoht jääb esialgsest pinnast visuaalselt erinev, siis tuleb need valida nii, et need ei jääks inimestele kõnniteel liikudes nähtavale. Vasalemma silla puhul on valitud katsekohtadeks postidel nende tagumised küljed. Dekiplaadil on katsekohad valitud postide taha nii, et need jääksid postide varju. Sillasammastel on katsekohad valitud nii, et need jääks inimese silma kõrgusest oluliselt madalamale, või kõrgemale. Servaprussil on katsekohad valitud prussi peale, kuna seal

puudub lauamuster ja need kohad ei ole nähtavad jalakäiatele ning sõidukijuhtidele. Sellise kohtade valiku puhul on tagatud kõik olulised kriteeriumid katsete läbi viimiseks. Tagatud on ohutu ligipääs ja tingimused šmidti vasaraga ning sarrusedetektoriga töötamiseks.

Eelnevalt tuleb katsekohtades olevate sarruste läbimõõdud projekti kohaselt välja märkida. Vasalemma silla puhul on andmed võetud projektist.

Tabel nr. 10 Sarruse üldandmed [2.14]

Elementide nimetus	Pikki või vertikaalne			Risti või horisontaalne		
	Läbimõõt	Samm	Asetus	Läbimõõt	Samm	Asetus
Sambad	16	150	V	16	150	S
Postid	16	150	S	16	150	V
Tekiplaat	12	150	S	12	150	V
Kaared keskosa	12	150	V	16	150	S
Servaprussid	12	150	S	10	150	V

Asetused V- välimine, S-sisemine Mõdud on mm.

5.1.5 Katsete läbi viimine pörkevasaraga

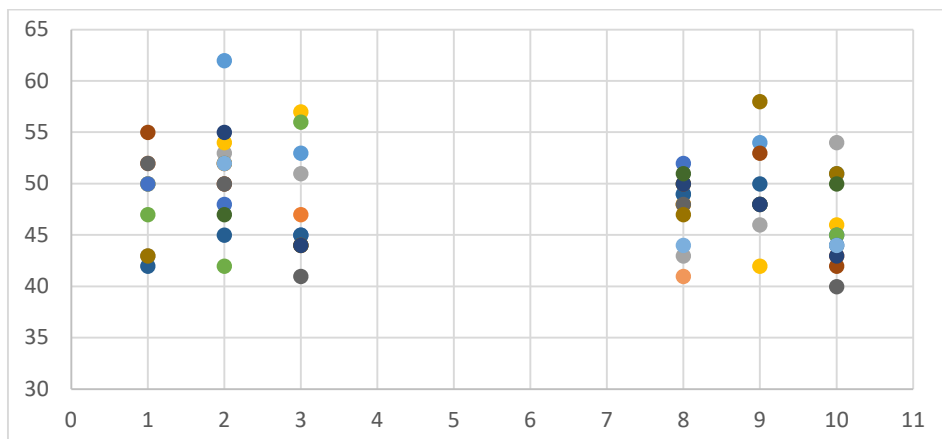
Erinevaid katsekohti on sillal 17. Nendele oli kõigile hea ligipääs. Need sai betooni pinnale märgitud kriidiga. Märgitud sai katsekoha piiritlus ja number. Katsekohtade numbrid ja piiritlus kustutati pärast välitööde lõppu. Betooni pinnal on tühimike. Pörkekatses tuleb neid vältida. Katsekohtade asetus on toodud joonisel nr. 01.



Foto nr. 5. Katsekoht nr. 3 pärast ettevalmistamist ja pörkekatses tegemist.

5.1.6 Šmidi vasaraga läbi viidud katse tulemused

Järgnevates graafikutes on toodud pörkevasara näidud elemendigruppide kaupa. Tabelina on toodud betooni katse kokkuvõtte koos projektis ja saatelehtedelt saadud andmetega. Betooni hinnanguline survetugevus määratakse eelnevalt tehtud katsete põhjal. Vastavalt standardile EVS-EN 12504-2:2012

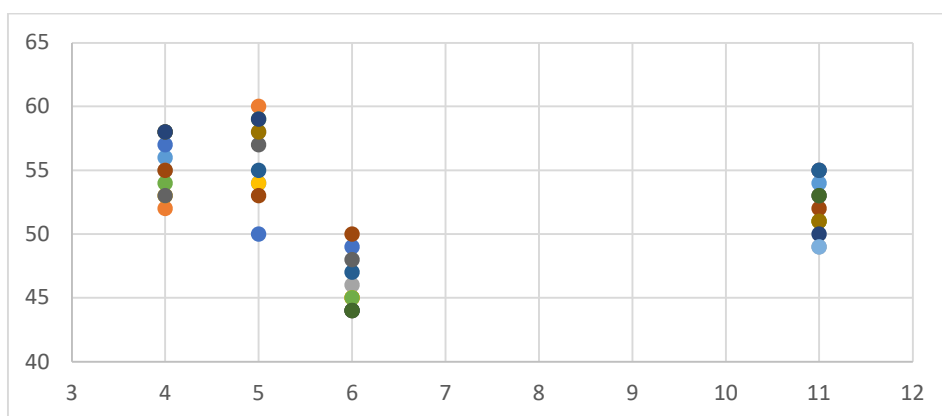


Graafik nr. 4 Kaldasammaste katsete näidud

Katsekohtadel 1, 2, 3 ja 9 on betoon ebäühtlane. Katsetel 8 ja 10 on kummalgi kolm lööki grupist eemal. Selline tihedus näitab ühtlasemat tulemust.

Tabel nr. 11 Kaldasamba betooni katsete kokkuvõtte.

Katsekoht	1	2	3	8	9	10
f _{ck} N/mm ²	58,0	62,0	49,0	55	55	49
Tugevusklass	C55/67	C60/70	C45/55	C55/67	C55/67	C45/55
Proj tugevusklass	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Tarnitud betoon	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f _{ck} Standardhälve						5,09

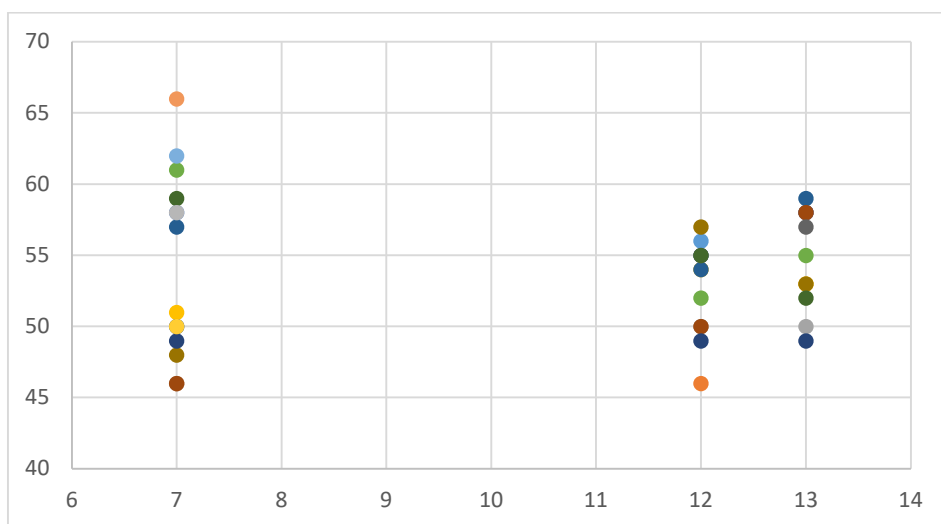


Graafik nr. 5 Postide katsete näidud

Katsekohtades nr. 4, 6 ja 8 on näitude asetuse ühtlane (6 lugemi piires). Katsekoht nr. 5 on näidud suurema ulatusega (10 lugemi ulatuses).

Tabel nr. 12. Postide betooni katsete kokkuvõte

Katsekoht	4	5	11
f_{ck} N/mm ²	68	68	64
Tugevusklass	C60/70	C60/70	C60/75
Proj tugevusklass	C40/50	C40/50	C40/50
Tarnitud betoon	C40/50	C40/50	C40/50
	f_{ck} Standardhälve		2,31

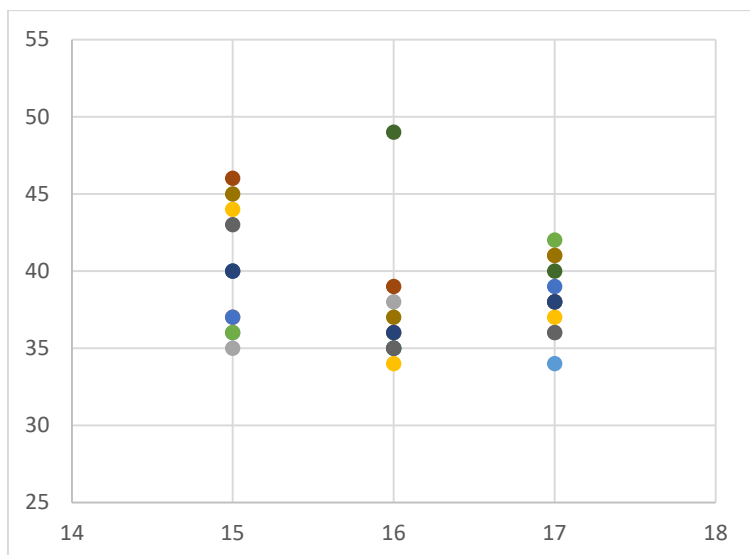


Graafik nr. 6 Tekiplaadi katsete näidud

Katsekoht nr. 7 on hajuvus kõige suurem (20 lugemi ulatuses). Tulemus on siiski vastavalt standardile EVS-EN 12504-2:2021 usaldusväärne.

Tabel nr. 13. Tekiplaadi betooni katsete kokkuvõte

Katsekoht	7	12	13
f_{ck} N/mm ²	55	61	63
Tugevusklass	C60/70	C45/55	C55/67
Proj tugevusklass	C35/45	C35/45	C35/45
Tarnitud betoon	C35/45	C35/45	C35/45
	f_{ck} Standardhälve		4,2



Graafik nr. 7 Servaprussi katsete näidud

Katsekohas on üks lugem oluliselt erinev. Selle põhjus on üldisest oluliselt erinev objekt betoonis. Ülejäänud tulemuste ulatus on 16. katsekohas 5 näitu. Katsekohas nr. 17 on tulemuste ulatus 8 näitu. Kõige ebaühtlasem tulemus on katsekohas nr. 15. Seal on näitude ulatus ebaühtlane ja 11 näidu ulatuses.

Tabel nr. 14. Servaprussi betooni katsete kokkuvõte

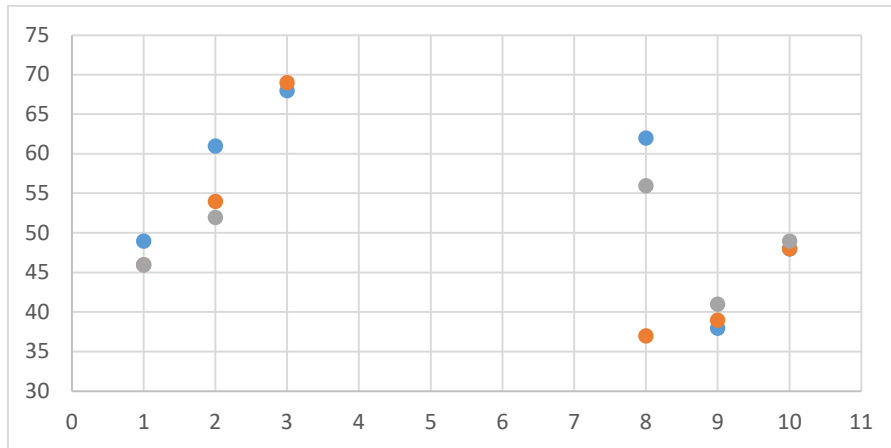
Katsekoht	15	16	17
f_{ck} N/mm ²	45	38	41
Tugevusklass	C45/55	C35/45	C40/50
Proj tugevusklass	C40/50	C40/50	C40/50
Tarnitud betoon	C40/50	C40/50	C40/50
	f_{ck} Standardhälve		3,51

5.1.7 Sarruse betoonist kaitsekihi mõõtmine.

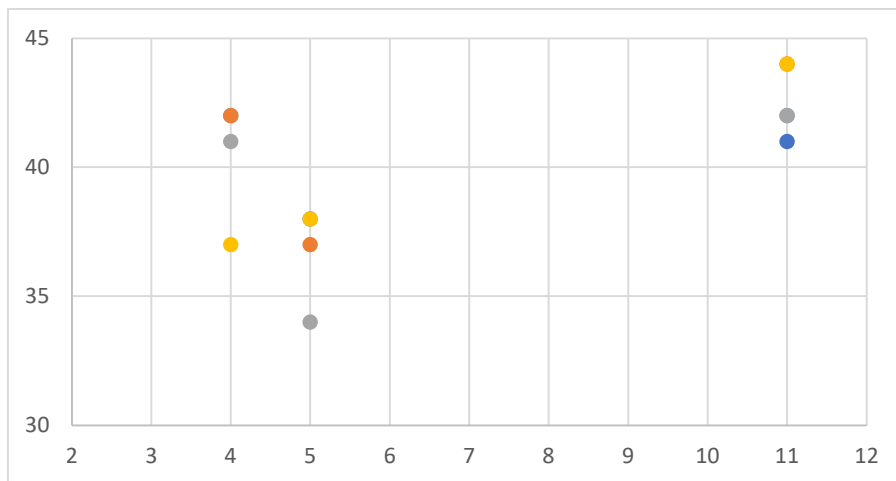
Sarruse betoonist kaitsekiht mõõdeti kõigis katsekohtades kus kontrolliti ka betooni survetugevust. Enamasti liiguti detektori anduriga risti üle katsekoha mõlemas suunas. Kui selline liikumine ei olnud võimalik (servaprussid ja detail kaldasambal), siis liiguti nii pikalt kui element võimaldas. Eelnevalt, enne mõõtmist kontrolliti lihtsalt sarruste asukohti, et detektoriga ei liigutaks pikki sarrust. Vajadusel tehti betoonpinnale märkmeid. Ja kontrolliti sarruste vahekauguseid. Selle info kohaselt valiti välja konkreetsed mõõte jooned. Detektorile sisestati projektist saadud sarruste diameetrid.

Detektori seadetes kasutati väiksemat mõõtmisügavuse režiimi. Selle eksimus sügavuse osas on sellistel sügavuste ja läbimõõtude juures on ± 1 mm. Tulemused kirjutati üles väliprotokollis. [2.9]

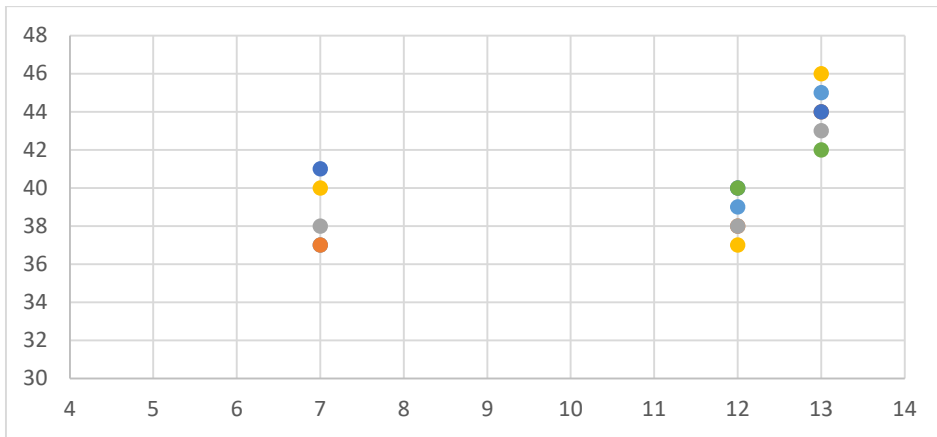
Järgnevalt on toodud konstruktsioonis olevate pinna poolsete sarruste kaitsekihi paksus.



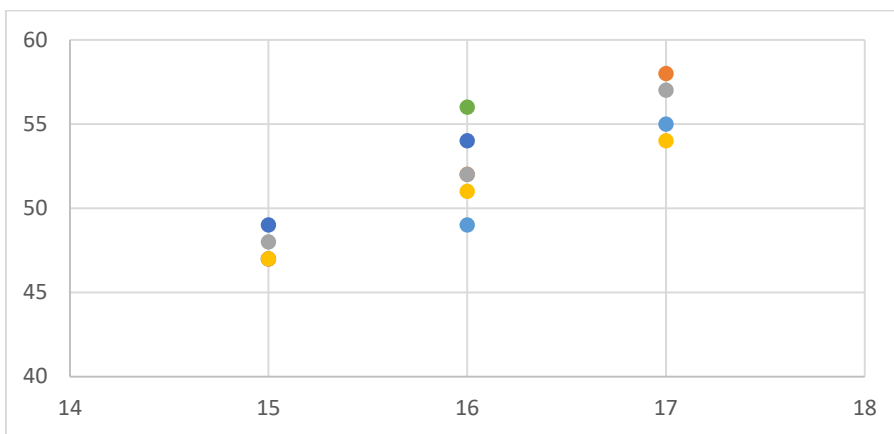
graafik nr. 8 Kaldasamba vertikaalsete sarruste betoonist kaitsekihi paksus mm.



Graafik nr. 9 Postide horisontaalse sarruse betoonist kaitsekihi paksus mm.

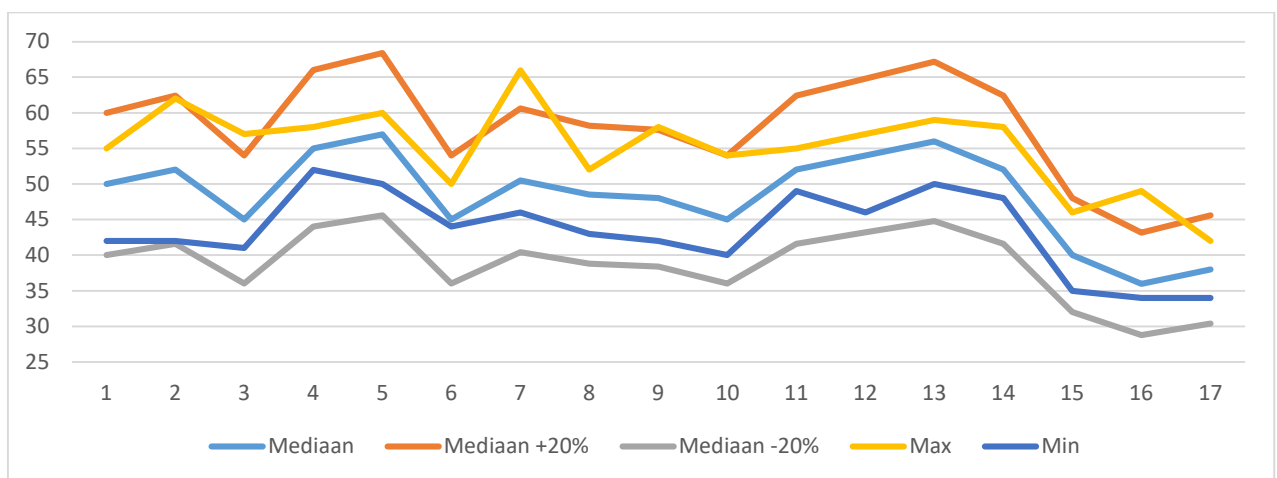


Tabel nr. 10 Tekiplaadi risti asetseva sarruse betoonist kaitsekihi paksus mm.



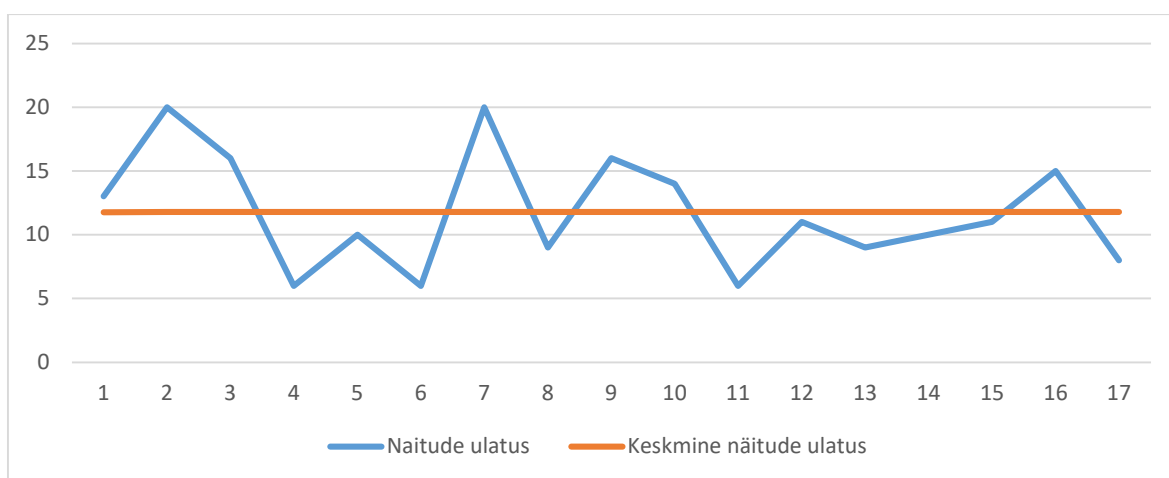
Graafik nr. 11 Servaprussi risti asetseva sarruse betoonist kaitsekihi paksus mm.

5.1.8 Põrkevasara katsete analüüs



Graafik nr.12 . Põrkevasara katsete ulatus.

Kõik tulemused vastasid standardis EVS-EN 12504-2:2021 toodud nõuetele ja nende tulemused on usaldusväärsed. Keskmise näitude ulatus on 11,8 lugemit. Katsekohtades nr. 3 ja nr. 16 on üks lugem suurem kui 20% üle mediaantulemuse. Katsekohas nr. 3 on kehtetuid lugemeid 9,1% ja katsekohas nr. 16 on kehtetuid lugemeid 8,3%. Vastavalt standardile EVS-EN 12504-2:2021 on kõikide katsekohtade lugemite seeriad kehtivad. Katsekohas nr. 3 erines üks lugem 0,7 võrra 20% nivoost suurem. Katsekohas nr 16 oli üks lugem 4 võrra 25% nivoost suurem. Sellist kõikumist võib põhjustada üksik suurema kõvadusega ese mis on suhteliselt pinna lähedal. Kui see üks lugem eemaldada, siis on katsekohas nr. 16 suurim tulemus üle mediaantulemuse 8,3%. mediaantulemusega võrreldes oli suurim näit keskmiselt 13,9 % suurem ja väiksem näit keskmiselt 10,3% väiksem.

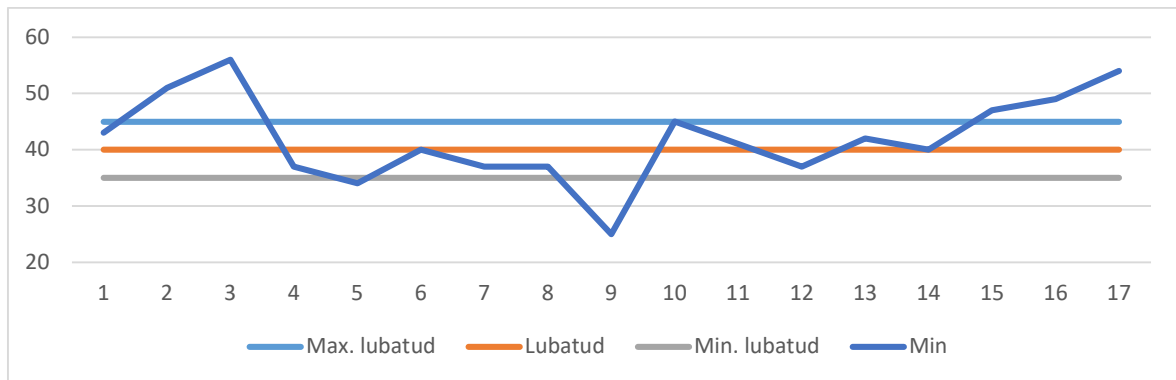


Graafik nr. 13. Näitude ulatus katsekohtades võrreldes keskmisega.

Tabel nr. 15. Keskmise näitude ulatus elemendigruppide kaupa.

Elem. ninetus	Keskmine näitude ulatus
Sambad	14,7
Postid	7,0
Tekiplaat	13,3
Kaared	10,0
Servaprussid	11,3

5.1.9 Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemuste analüüs



Graafik nr. 14 Sarruse kaitsekihi mõõtmise kokkuvõte.

Minimaalsete ja maksimaalsete näitude ulatus projektis toodud kriteeriumite suhtes.

Lubatud sarruse kaitsekiht on väiksem kahes katsekohas. Nendeks on katsekohad 5 ja 9. Katsekohas nr. 5 on kaitsekiht lubatust 1 mm väiksem. Kuna mõõteseadme mõõte viga on selliste tingimuste juures ± 1 mm, (graafik nr. 2) siis katsekoha nr. 5 tulemuse võib lugeda standardile vastavaks. Suurem on kaitsekihi muutus katsekohas nr. 9. Seal on betoonitööde käigus toimunud ilmne sarruste nihkumine selle ebapiisavast eelnevast fikseerimisest tingituna. Katsekohtades 2, 3, 15, 16 ja 17 on ilmselt kokku seotud sarrus terviklikult liikunud paigast. Ülejäänud katsekohtades on sarruse vajalik kaitsekiht lubatu piirides.

5.1.10 Katse tulemuste kokkuvõte

Põrkevasaraga betooni katsetamise seeriad on ühtlased ja kõikidest katsekohtadest tehtud seeriad on usaldusväärseuse piirides. Kokku tehti 207 põrkevasara lööki. Nendest kaks olid mediaantulemustest erinevad rohkem kui 25 %. Keskmiselt ületasid maksimumtulemused mediaantulemust 14% ja jäid mediaantulemusest alla 10%. Objektile toodud betoon vastas saatelehtede järgi projekteeritule. Katse tulemuste põhjal ületab katsekohas nr. 16 ühe löögi näit mediaantulemust 36,1 %. Sellise näidu võib põhjustada löögikoha alla jääv betooni üldisest suurema tugevusega objekt. Eeldatavalt on objekt pinna lähedal. Katsekohas nr. 3 on ühe löögi erinevus mediaantulemusest 26,7 %. Üheski katsekohas ei ole ükski lugem mediaantulemusest väiksem üle 25 %. Selline katsete seeria näitab seda, et kontrollitud piirkondades puudusid betoonis tühimikud ja muud nõrgad kohad. Tühimikud olid pindmised ja neid välditi löögikohti valides. Sarruse kaitsekihid olid enamasti nõuete piires. Kahes katsekohas on sarruse kaitsekiht lubatust väiksem. Katsekohas nr. 5 on käise kiht lubatust väiksem 1 mm võrra ja katsekohas nr. 9 10 mm võrra. Katsekoht nr. 5 asub

postil. Seal võis lubatust väiksemat kaitsekihti põhjustada sarruse kaldumine ühele küljele. Katsekohas nr. 9 on tegu kaldasambal oleva tugiosa aluse konstruktsiooniga. Seal võib tegu olla sarruste nihkumisega saalungis. Kuna kontrolli käigus oli tugiosa alusel konstruktsioonil vaid üks katsekoht ja sellel esines probleem kaitsekihi paksusega, siis tuleks ka ülejäänud tugiosade aluseid täiendavalt kontrollida.

Sammaste puhul on projekteeritud betooni tugevusklass C35/45. Keskkonnaklassid XC3, XD1 ja XF4. Lubatud minimaalne betooni kaitsekiht on 45 mm. Lubatud hälve on -5...+5mm. [2.14]

Postide, tekiplaadi, kaarte ja servaprusside puhul on projekteeritud betooni tugevusklass C40/50. Keskkonnaklassid XC3, XD1 ja XF4. Lubatud minimaalne betooni kaitsekiht on 45 mm. Lubatud hälve on -5...+5mm. [2.14]

5.2 Rae kanali sild

5.2.1 Üldandmed

Rae kanali sild asub Tallinna ringteel (tee nr. 11) Pk 77+64, 77+79. Sild on ühe avaline. Ehitamisaasta on 2019. Kandevõime 3600 kN. Sild on monoliitsest raudbetoonist. Silla pikkus on 5,9 m. Maanteeameti andmeil oli tee liikluskoormus 2020 aastal 17683 autot ööpäevas, millest 79% olid sõiduautod ja väikebussid. [2.3] [2.4]

Rae kanal (keskkonnaportaali järgi Rae kraav) registrikoodiga VEE1092100 on 4,4 km pikkune. Selle valgala pind on 4,1 km². Rae kanal ei ole looduslik veekogu ja ei ole avalikus kasutuses. [2.11]



Foto nr. 7. Vaade Rae kanali sillale.

Sild on oma tüübilt raamsild. Kandev plaat ja kaldasambad on valatud monoliitselt tervikuna. Kaldasammastega kokku on valatud veel külgtiivad. Mõlemal pool silda on mõlemal kaldal betoonseinad tõkestamaks külgnevatelt aladelt tuleva pinnavee kanalisse sattumist. Eraldi tugiseinad on tehtud kanali mõlemale küljele, silla all.

5.2.2 Silla ülevaatuseks kulunud aeg

Objektile saabudes kulus selle ülevaatuseks ja katsekohtade kindlaks tegemiseks kulus ~15 min. Ühe katsekohaga töötamiseks kulus keskmiselt 10 minutit. Katsekohti on 23. Töödeaeg objektil oli 3 tundi ja 50 min. Kohale sõiduks ja tagasi sõiduks kuluv aeg on

2x25 min. Kuna seal ei olnud võimalik vahetult silla juurde parkida, siis lisandus veel ~700m jala käimine koos töövahenditega. Selle maa läbimiseks kulub 2x 7 min. Alguspunktiks on valitud Ehitajate tee 5 Tallinnas. Kokku kulus mõõdistajal ja assistendil (2x) 5 tundi ja 9 min.

5.2.3 Silla ülevaatus

Ülevaatus toimus 10.10.2021 aastal. Ülevaatusel ajal oli õhu temperatuur 13C°. Sademeid ei olnud olnud. Vee tase oli keskmine. Sild oli kasutuses.

Rae kanali silla puhul on kasutatud saalungina hõõveldamata laudist, laiusel ~100 mm ja vineeri. Sillaplaadi alapinnas on saalung tehtud laudadest. Võib eeldada, et sarnaselt Vasalemma sillaga on laudade paksus oli 22 mm, mis on ka üks levinumaid puitmaterjale selliste tööde tarbeks. Üldised probleemid laudadest saalungi tegemisel on sarnased Vasalemma sillaga. Ülejäänud piirkondades on konstruktsiooni saalungina kasutatud vineeri. Selle pinnas puuduvad reljeefsed osad.

5.2.4 Katsekohtade valimine ja ettevalmistused katsete tegemiseks

Rae kanali sild on võrreldes käesolevas töös käsitletava kahe teise sillaga suurim. Sild on oma ehituselt lihtsam ja vähemate erinevate kandeelementidega. Kandeelementidena on sambad, tekiplaat ja käesolevas töös dekiplaadist eraldi käsitletav servapruss. Lisaks on veel tiivad ja tugiseinad. Katsekohad sai valitud nii, et nendeni pääsemiseks ja seal töötamiseks ei pea minema vette. Silla külgedel olevate servaprussideni pääsemiseks peab kasutama redelit. Ülejäänud katsekohad on ilma redelita ligi pääsetavad. Sellise kohtade valiku puhul on tagatud kõik olulised kriteeriumid katsete läbi viimiseks. Tagatud on ohutu ligipääs ja tingimused pörkevasaraga ning sarruse detektoriga töötamiseks. Kuna veetase oli ülevaatusel ajal kõrgusel kus üks silla alune kõnnitee oli üle ujutatud, siis oli sinna ligipääs piiratud. Kuigi silla alt ei lähe avalike kõnniteid ja tegu on teenindusteedega, on katsekohtade valikul arvesse võetud nende nähtavust. Kuna tekiplaadi alapinnas on lauamuster, siis on seal ettevalmistused (pinna lihvimine ja laudade vahelise serva maha raiumine) nähtavam. Siledal pinnal ei ole lihvitud kohad nii märgatavad ja ei riku silla välimust.

Eelnevalt tuleb katsekohtades olevate sarruste läbimõõdud projekti kohaselt välja märkida. Vasalemma silla puhul on andmed võetud projektist.

Tabel nr. 16 Sarruse üldandmed [2.15]

Elementide nimetus	Pikki või vertikaalne			Risti või horisontaalne			Märkus
	Läbimõõt	Samm	Asetus	Läbimõõt	Samm	Asetus	
Sambad	16	139...150	V	16	150	S	
Tekiplaat	16 - 25	139	S	16 - 25	139	V	Ø 16 sarrus on servas 3200
Tugisein	12	200	V	12	200	S	
Servaprussid	16	135	S	16	135	V	

Asetused V- välimine, S-sisemine Mõdud on mm.

5.2.5 Katsete läbi viimine pörkevasaraga.

Erinevaid katsekohti on sillal 23. Valitud katsekohtadele oli hea ligipääs. Betooni pinnale sai korrekatuurmarkeriga ja kriidiga märgitud katsekoha piiritus ja number. Eelnevalt sai kontrollitud sarruse asetust katsekoha suhtes.

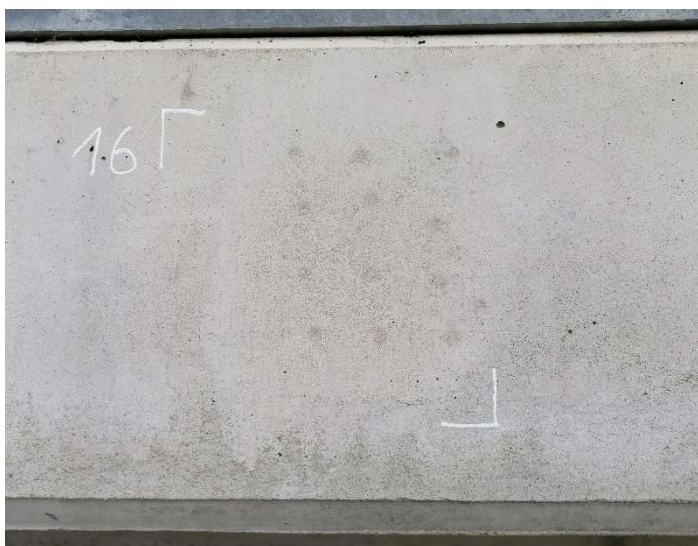


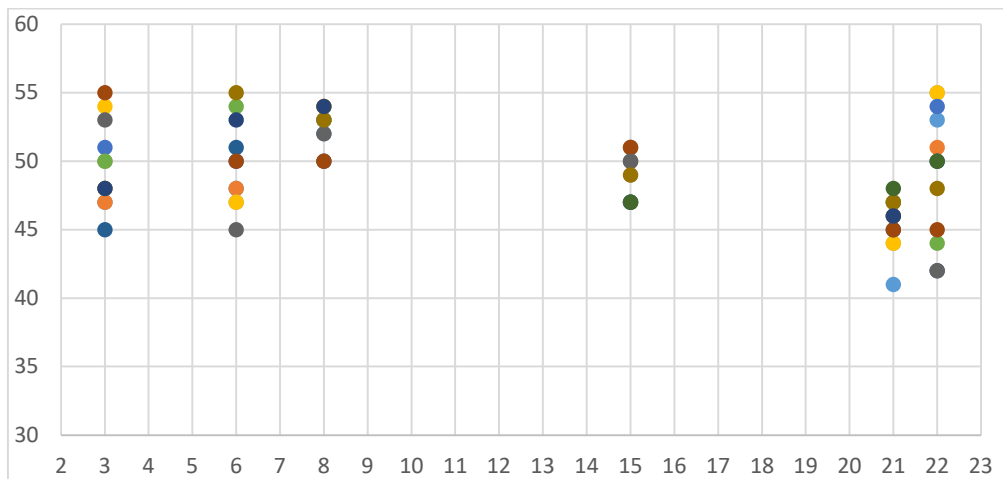
Foto nr. 8. Katsekoht nr. 16.

Fotol nr. 8 on näha tüüpne katsekoht piirkonnas kus oli betoonitööde ajal kasutatud vineerist saalungit. Katsekoht asub servaprussi küljel. Betooni pinnas on tühimike. Pörkekatsede teostamise ajal tuleb neid vältida. Katsekohas tuli katse kõige keskmisest suurema hajuvusega. Näitude ulatus oli üksteist pörkevasara skaalal. Näitude vahe katsekohas oli ulatusega 4 kuni 15



Foto nr. 9. Katsekoht nr. 14.

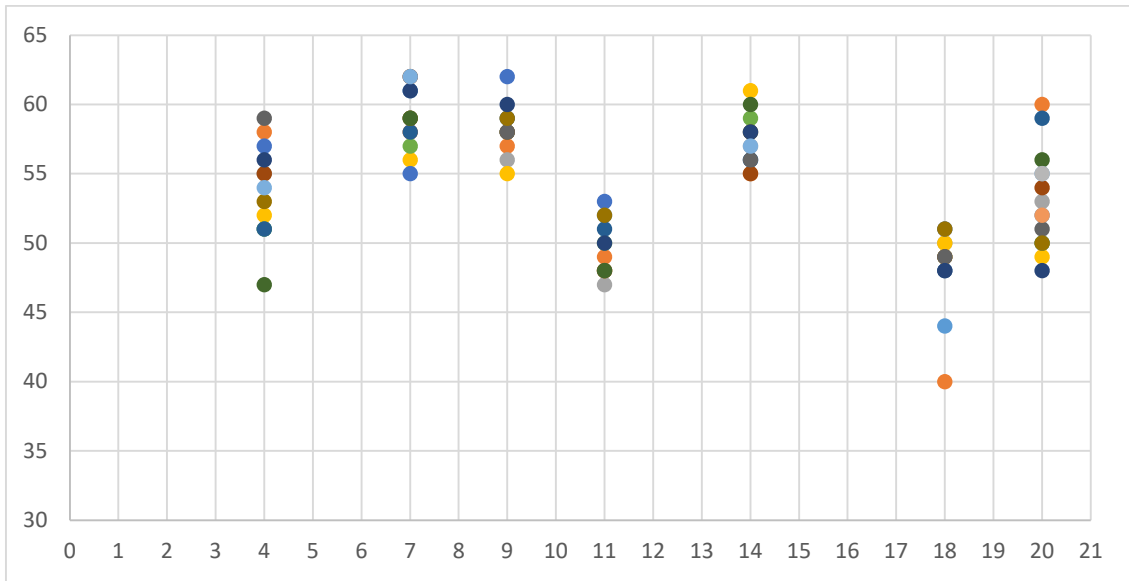
Fotol nr. 9 on tüüpse välimusega katsekoht tekiplaadi all. Pinda on lihvitud. Kuna pind on endiselt natuke reljeefne, siis on pörkevasara löökide tegemiseks valitud kõrgemad kohad mis on tasaseks lihvitud. Valitud on kohad kus pole näha tühimike. Katsekohas on näitude ulatus (hajuvus) keskmine (6 näidu ulatuses).



Graafik nr.15 .Kaldasammaste katsete näidud.

Tabel nr. 17. Kaldasammaste katsete kokkuvõte.

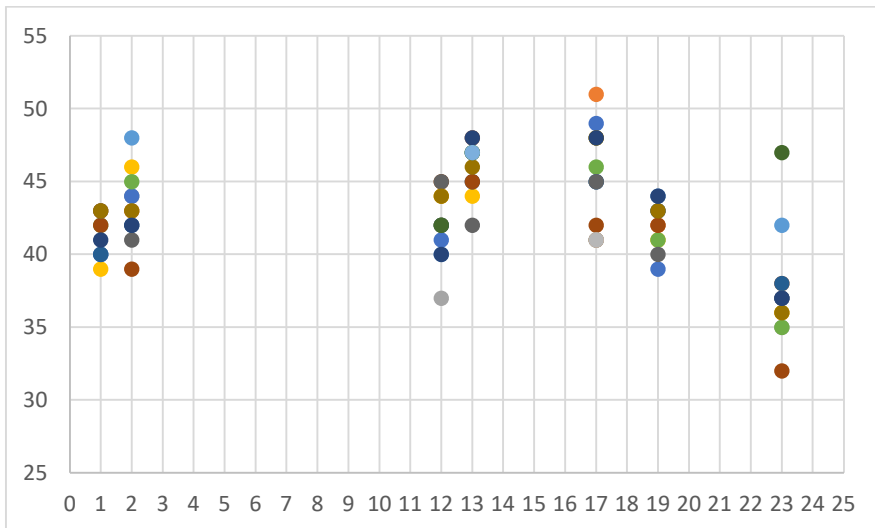
Katsekoht	3	6	8	15	21	22
f_{ck} N/mm ²	58	58	64	58	51	58
Tugevusklass katse.	C55/67	C55/67	C60/75	C55/67	C50/60	C55/67
Tugevusklass proj.	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37
			f_{ck} Standardhälve			4,12



Graafik nr.16 . Tekiplaadi katsetuste näidud.

Tabel nr. 18. Tekiplaadi katsete kokkuvõte.

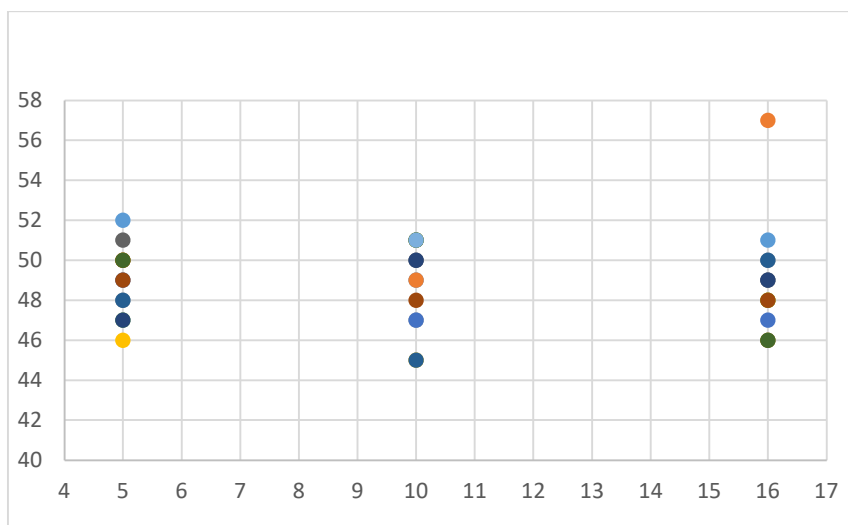
Katsekoht	4	7	9	11	14	18	20
f_{ck} N/mm ²	62	63	63	61	63	61	57
Tugevusklass katse.	C60/75	C60/75	C60/75	C60/75	C60/75	C60/75	C55/67
Tugevusklass proj.	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f_{ck} Standardhälve							2,15



Graafik nr. 17. Tugiseina katsetuste näidud.

Tabel nr. 19. Tugiseina katsete kokkuvõte.

Katsekoht	1	2	12	13	17	19	23
f_{ck} N/mm ²	42	45	43	53	49	43	35
Tugevusklass katse.	C40/50	C45/55	C40/50	C50/60	C45/55	C40/50	C35/45
Tugevusklass proj.	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37
				f_{ck} Standardhälve			5,68



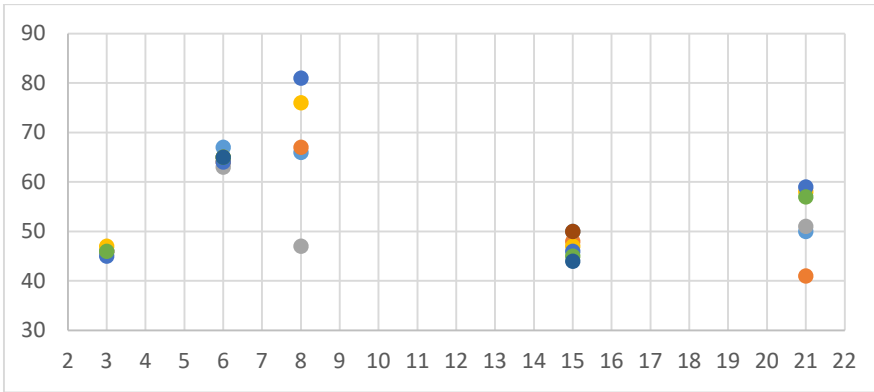
Graafik nr. 18. Servaprusside katsete näidud.

Tabel nr. 20. Servaprusside katsete kokkuvõte

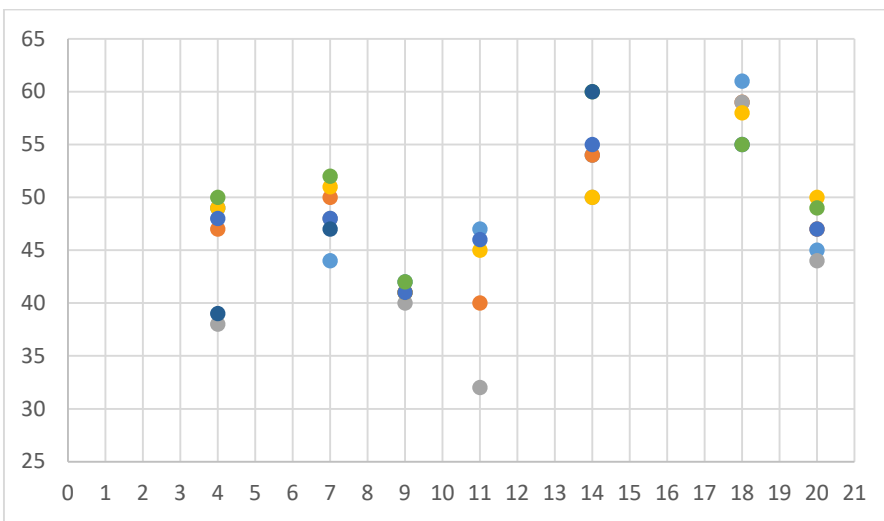
Katsekoht	5	10	16		
f_{ck} N/mm ²	56	58	59	Standardhälve	1,53
Tugevusklass katse.	C55/67	C55/67	C55/67		
Tugevusklass proj.	C35/45	C35/45	C35/45		

5.2.6 Sarruse betoonist kaitsekihi mõõtmine..

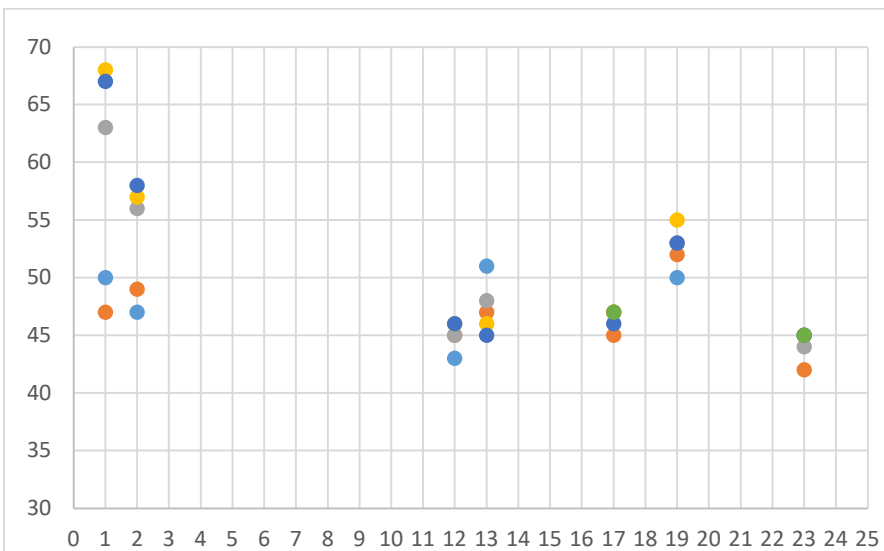
Sarruse betoonist kaitsekihti mõõdeti, sarnaselt Vasalemma sillaga, kõikides katsekohtades kus tehti katseid pörkevasaraga. Tekiplaadi alapinnas oli vaja pinda ette valmistada nii, et oleks võimalik anduriga liikuda. Selleks tuli maha raiuda lauamustri vahedest olevad betooni servad. Piirkondades kus saalungina oli kasutatud vineeri oli betooni pind piisava siledusega ja seal ei olnud vajadust selle töötlemise järele. Graafikutel on antud välimiste sarruste betoonist kaitsekihi paksus.



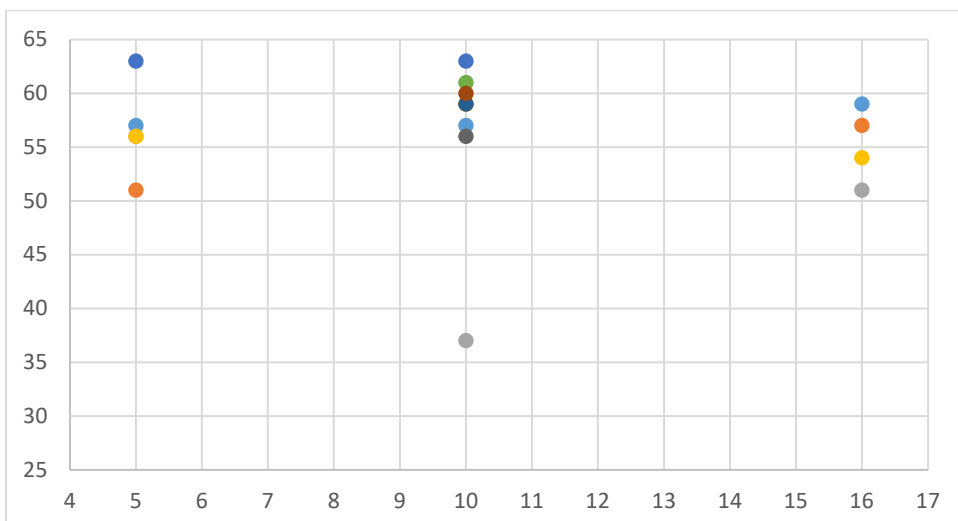
Graafik nr. 19. Kaldasammaste sarruse asetus



Graafik nr. 20. Tekiplaadi sarruste asetus.



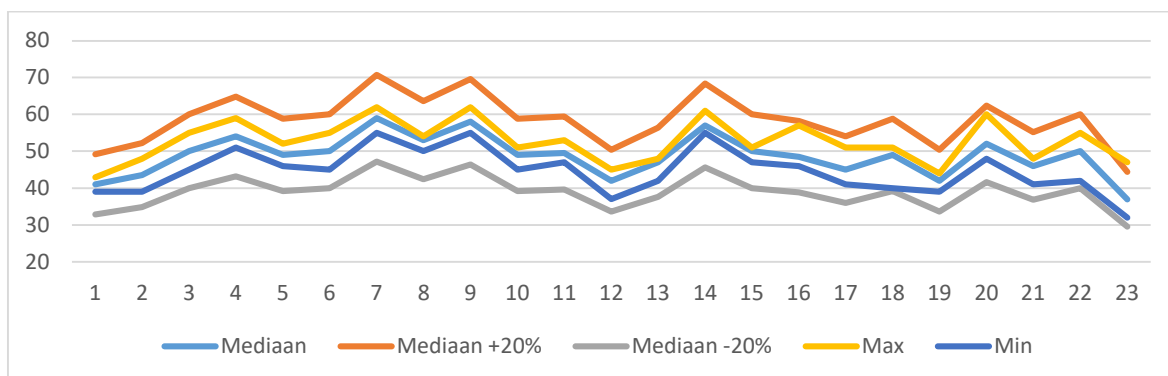
Graafik nr. 21. Tugiseina sarruste asetus.



Graafik nr. 22. Servaprussid sarruse asetus

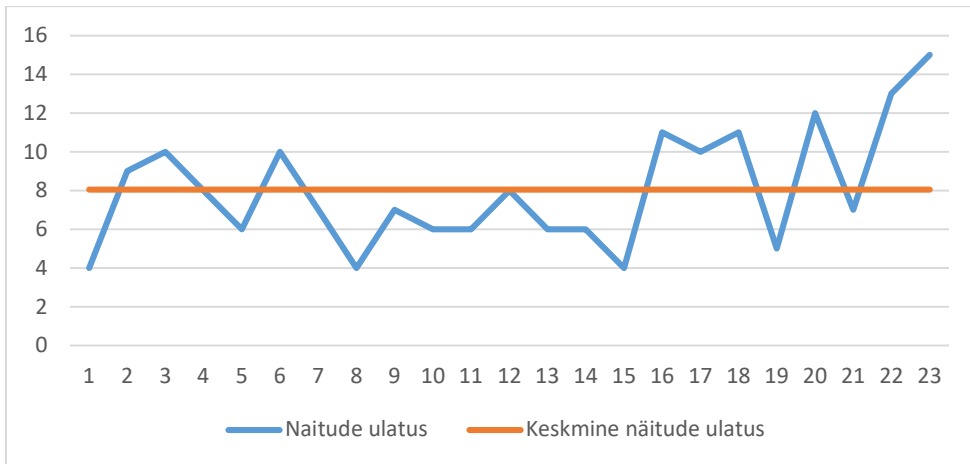
5.2.7 Põrkevasara katsete analüüs

Kõik tulemused vastasid standardis EVS-EN 12504-2:2021 toodud nõuetele ja nende tulemused on usaldusväärsed.



Graafik nr. 23. Põrkevasara katsete ulatus

Katsekohas nr. 23 on üks lugem suurem (47) kui lubatud 20% piir mediaantulemusest. Tulemus on 27% suurem mediaanist. Kõige väiksem tulemus on 18% mediaantulemusest väiksem. Kõik ülejäänud lugemid on standardis toodud piiride sees. Keskmiselt on ühe katsekoha maksimaalne tulemus üle mediaani 8,3% ja minimaalne tulemus alla mediaani 8,6%.

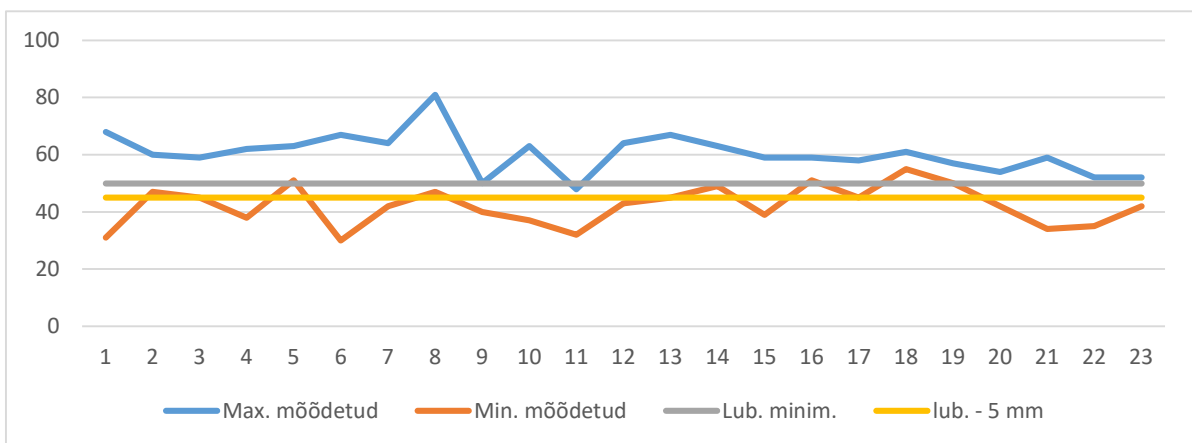


Graafik nr. 24. Näitude ulatus katsekohtades võrreldes keskmisega.

Tabel nr. 21. Keskmine näitade ulatus elemendigruppide kaupa.

Elem. ninetus	Keskmine näitade ulatus
Sambad	10,4
Tekiplaat	13,1
Servaprussid	8,4

5.2.8 Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemuste analüüs



Graafik nr. 25. Sarruse kaitsekihi minimaalsed ja maksimaalsed näidud katsekohtades.

Sarruse kaitsekiht oli lubatust väiksem 13 katsekohas. Kümnes mõõtmiskohas olid kõik katsekohas mõõdetud sarrused nõuetekohase betoonist kaitsekihiga.

5.2.9 Katsetulemuste kokkuvõte.

Rae kanali sillal tehti kokku 23 katsekohas 270 pörkekatset. Nendest üks katse ületas 20% mediaantulemust. Selle võis põhjustada betooni pinna lähedal olev üksik üldisest koostisest kõvem objekt. Muus osas oli betoon ühtlane. Keskmiselt on ühe katsekoha maksimaalne tulemus üle mediaani 8,3% ja minimaalne tulemus alla mediaani 8,6%. Tulemus on ühtlasem kui Vasalemma silla puhul. Betoon vastad projektis toodud nõuetele ja ületas neid mitme tugevusklassi ulatuses. Mitte üheski katsekohas ei olnud katsete tulemusena saadud betooni tugevusklass võrdne projekteeritud tugevusklassiga.

Tugiseinte puhul on projekteeritud betooni tugevusklass C30/37. Keskkonnaklassid XC4, XD1 ja XF2. Külmakindlusklass on KK2. Lubatud minimaalne betooni kaitsekiht on 50 mm. [2.15]

Kaldasammaste, tekiplaadi ja servaprusside puhul on projekteeritud betooni tugevusklass C35/45. Keskkonnaklassid XC4, XD1 ja XF2. Külmakindlusklass on KK2. Lubatud minimaalne betooni kaitsekiht on 50 mm. [2.15]

Sarruse asetus betoonis on ebaühtlane. Minimaalne lubatud kaitsekiht on väiksem 13 mõõtmiskohas. Kõige väiksem kaitsekiht on 6. katsekohas. Seal on betooni kihi paksuseks 30 mm. Kõige suurem minimaalne kaitsekiht katsekohas on 55 mm. Selline tulemus näitab ebaühtlast sarruste asetust. Asetus on palju ebaühtlasem kui Vasalemma silla puhul.

Sillal on sarruse kaitsekihi paksus küllalt suure kõikumisega. Kuna ülevaatuse ajal ei olnud kõrge vee taseme tõttu ligipääsu Jüri poolsele sillasamba küljele, siis on soovitatav teha sarnase meetodiga sillal lisa uuringuid.

5.3 Lintsi sild

5.3.1 Üldandmed

Lintsi sild asub Tallinna – Tartu – Võru - Luhamaa manteeel (tee nr.2) Pk 595+45, 595+37. Sild on kolme avaline 1,5+11+1,5 m. Ehitamisaasta on 2019. Kandevõime MK1, MK3 1200 kN. Sild on monoliitsest raudbetoonist. Silla pikkus on 11 m. Maanteeameti andmeil oli tee liikluskoormus 2020 aastal 8677 autot ööpäevas millest 82% olis sõiduaudod ja väikebussid. [2.3] [2.4]

Lintsi jõgi, registrikoodiga VEE1127400 on 69 km (koos lisaharudega 76,4 km) pikkune. Selle valgala pind on 285,1 km². Lintsi jõgi on looduslik veekogu ja on avalikus kasutuses. [2.11]

Sild on oma tüübilt raamsild. Kandev plaat ja kaldasambad on on valatud monoliitselt tervikuna. Kaldasammastega kokku on valatud veel külgtiivad. Mõlemal pool silda on mõlemal kaldal betoonseinad tõkestamiseks külgnevatelt aladelt tuleva pinnavee kanalisse sattumist. [2.13]

5.3.2 Silla ülevaatus

Ülevaatus toimus 17.10.2021 aastal. Ülevaatus ajal oli õhu teperatuur 6 C°. Sademeid ei olnud. Vee tase oli ülevaatus ajal madal. Vee sügavus silla all oli ~0,2 m. Sild oli kasutuses.

Lintsi silla puhul on tekiplaadil kasutatud saalungina hõõveldamata laudist, laiusega ~100 mm ja vineeri. Sillaplaadi alapinnas on saalung tehtud laudadest. Võib eeldada, et sarnaselt Vasalemma sillaga on laudade paksus oli 22 mm, mis on ka üks levinumaid puitmaterjale selliste tööde tarbeks. Üldised probleemid laudadest saalungi tegemisel on sarnased Vasalemma sillaga. Ülejäänud piirkondades on konstruktsiooni saalungina kasutatud vineeri. Selle pinnas puuduvad reljeefsed osad.

5.3.3 Silla ülevaatus ajaline arvestus

Objektile saabudes kulus selle ülevaatuses ja katsekohtade kindlaks tegemiseks kulus ~10 min. Ühe katsekohaga töötamiseks kulus keskmiselt 10 minutit. Katsekohti on 24. Töödeaeg objektil oli 4 tundi ja 10 min. Kohale sõiduks ja tagasi sõiduks kuluv aeg on 2x45 min. Alguspunktiks on valitud Ehitajate tee 5 Tallinnas. Kokku kulus mõõdistajal ja assistendil (2x) 5 tundi ja 40 min.

5.3.4 Katsekohtade valimine

Rae kanali sild on võrreldes käesolevas töös käsitletava kahe teise sillaga keskmise suurusega. Sild on oma ehituselt lihtsam ja vähemate erinevate kandeelementidega. Kandeelementidena on sambad, ja tekiplaat. Lisaks on veel tiivad ja käesolevas töös dekiplaadist eraldi käsitletav servapruss. Katsekohad sai valitud nii, et nendeni pääsemiseks ja seal töötamiseks ei pea minema vette. Silla külgedel olevate servaprussideni pääsemiseks peab kasutama redelit. Ülejäänud katsekohad on ilma redelita ligi pääsetavad. Sellise kohtade valiku puhul on tagatud kõik olulised kriteeriumid katsete läbi viimiseks. Tagatud on ohutu ligipääs ja tingimused põrkevasaraga ning sarruse detektoriga töötamiseks.

5.3.5 Katsekohtade valimine ja ettevalmistused katsete tegemiseks

Lintsi sild on, võrreldes käesolevas töös käsitletava kahe teise sillaga keskmise suurusega. Sild on oma ehituselt lihtsam ja vähemate erinevate elementidega. Kandeelementidena on postid ja tekiplaat. Lisaks on veel tiivad ja käesolevas töös dekiplaadist eraldi käsitletav servapruss. Katsekohtade valimisel on jälgitud seda, et kaetud oleks kõik konstruktsioonide tüübid proportsioonis nende mahuga ja arvuga. Lintsi silla alt on läbipääsud. Kuna tegu on sillaga mille all inimesi oluliselt ei liigu, siis ei ole katsekohtade visuaalne peitmine nii oluline kui seda oli Vasalemma silla puhul. Sellise kohtade valiku puhul on tagatud kõik olulised kriteeriumid katsete läbi viimiseks. Tagatud on ohutu ligipääs ja tingimused šmidi vasaraga ning sarruse detektoriga töötamiseks.

Eelnevalt tuleb katsekohtades olevate sarruste läbimõõdud projekti kohaselt välja märkida. Andmed võetud projektist.

Tabel nr. 20. Sarruste üldandmed. [2.16]

Elementide nimetus	Pikki või vertikaalne			Risti või horisontaalne		
	Läbimõõt	Samm	Asetus	Läbimõõt	Samm	Asetus
Tekiplaat	32	256	S	16	200	V
Sambad	16	220	S	10	100	V
Servaprussid	20	100	S	16	100	V

Asetused V- välimine, S-sisemine Mõdud on mm.

5.3.6 Katsete läbi viimine pörkevasaraga.

Erinevaid katsekohti on sillal 24. Valitud katsekohtadele oli hea ligipääs. Betooni pinnale sai korrektuurmarkeriga ja kriidiga märgitud katsekoha piiritletus ja number. Eelnevalt sai kontrollitud sarruse asetust katsekoha suhtes.

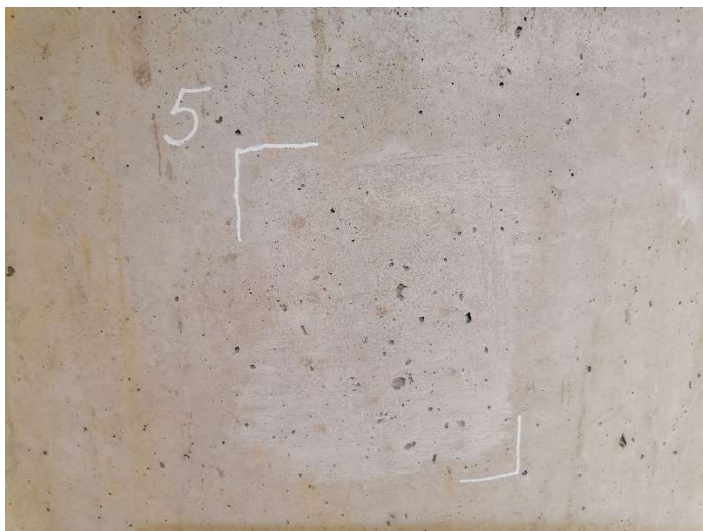


Foto nr. 10. Katsekoht nr. 5.

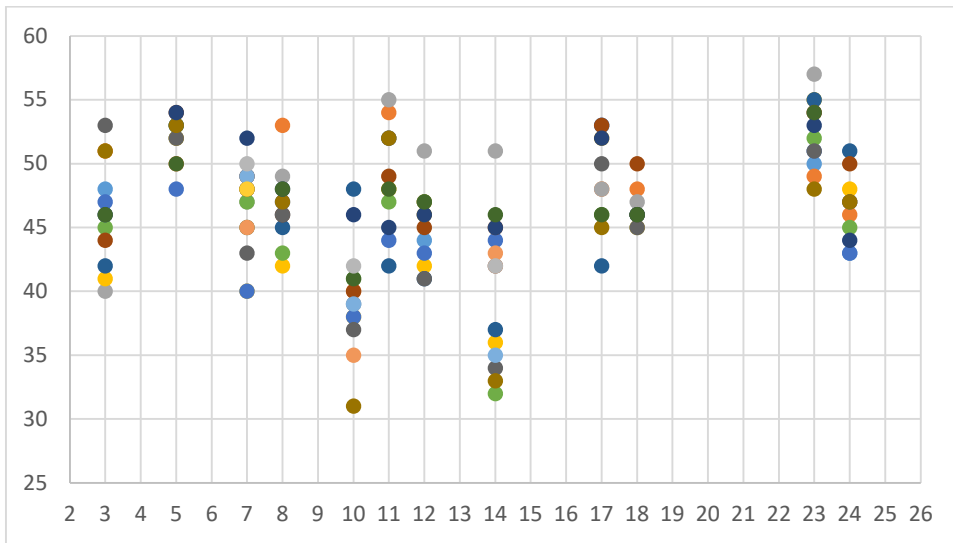
Fotol on tüüpne katsekoht postidel. Kõik postid on pinna struktuurilt sarnased. Pinnal on palju tühimike. Pörkevasaraga peab löögikohti valima nii, et ei sattutaks tühimikule. Katsekohas 5 on katse läbiviimine õnnestunud ja selle tulemus usaldusväärne. Näitude ulatus on 6. Sammastel on näitude ulatus 5 kuni 13.



Foto nr. 11. Katsekoht nr. 6.

Katsekoht nr. 6 on tüüpne. Kõikide tekiplaadi aluste katsekohtade struktuur on ühesugune. Kuna saalungina on kasutatud hõõveldamata lauda, siis on betooni pinnas väikseid puidu tükke. Pind on reljeefne. Pinnast ulatuvad välja laudade vahel olevad valuservad. Katsekohas on välja lihvitud puhas betoon sellise sügavusega, et seal ei oleks puidu jääke. Betooni pinnas ei ole tühimike näha.

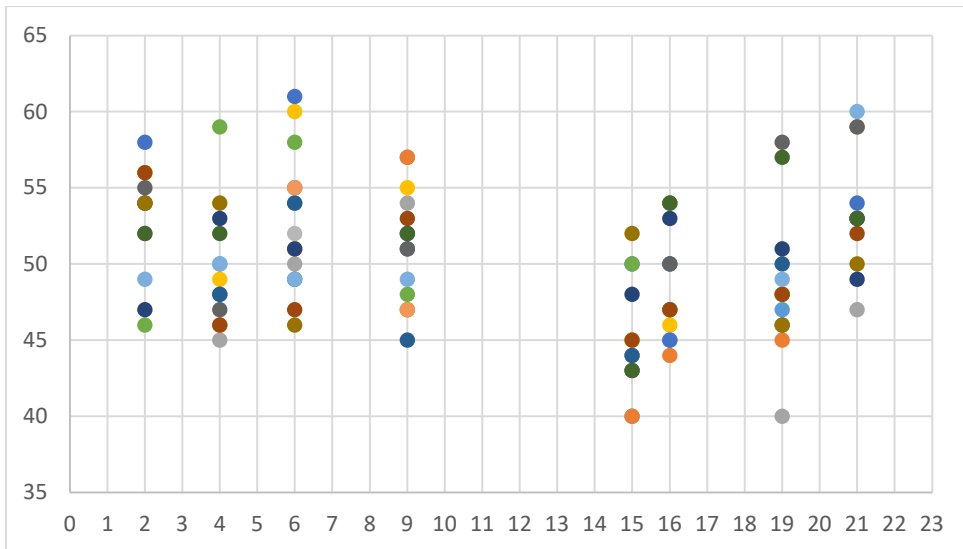
Katse on õnnestunud ja selle tulemus usaldusväärne. Katse näitude ulatus on suurim (15).



Graafik nr. 26. Kaldasammaste katsete näidud

Tabel nr. 21. Kaldasammaste katsete kokkuvõte.

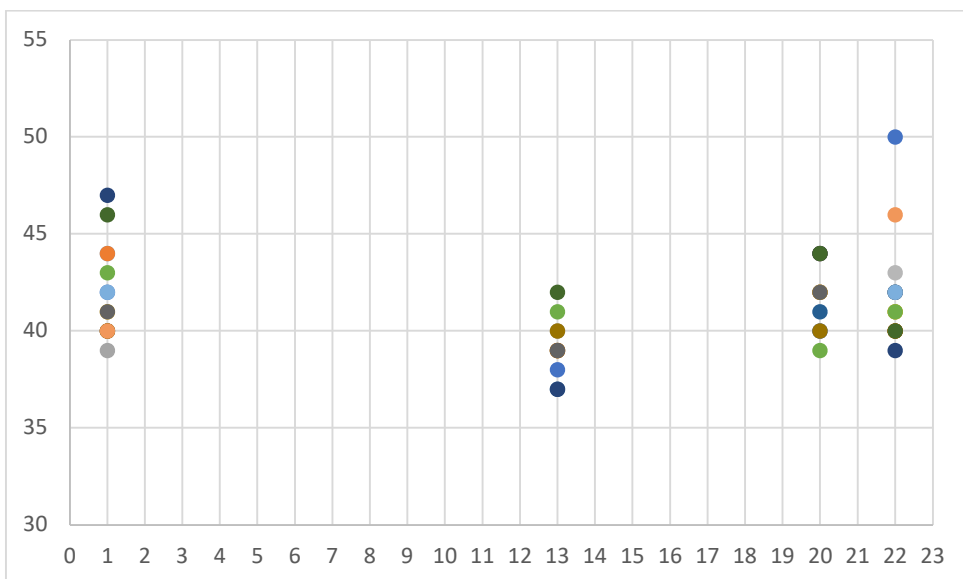
Katsekoht	3	5	7	8	10	11	12	14	17	18
fck N/mm ²	51	64	54	52	36	56	51	43	66	51
Tugevusklass proj.	C50/60	C60/75	C50/60	C50/60	C35/45	C55/67	C50/60	C40/50	C60/75	C50/60
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Katse Teede tehn.	C60/75	C30/37	C50/60	C60/75				C60/75	C30/37	C50/60
Katse TTÜ		C60/75	C60/75						C60/75	C60/75
fck Standardhälve										8,8



Graafik nr. 27. Tekiplaadi katsete näidud

Tabel nr. 22. Tekiplaadi katsete kokkuvõte.

Katsekoht	2	4	6	9	15	16	19	21
fck N/mm ²	61	51	57	57	42	47	49	59
Tugevusklass proj.	C60/75	C50/60	C55/67	C55/67	C40/50	C45/55	C45/55	C55/67
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
	fck Standardhälve							6,6



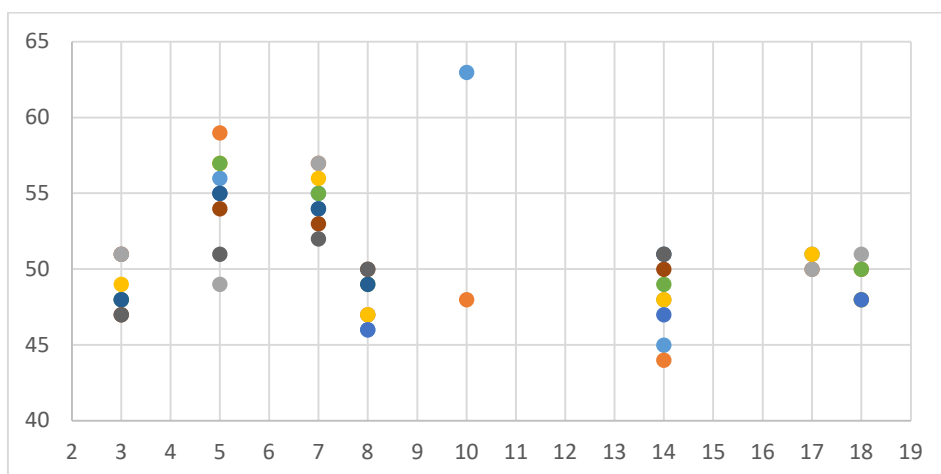
Graafik nr. 28. Servaprusside katsete näidud

Tabel nr. 23. Servaprusside katsete kokkuvõte.

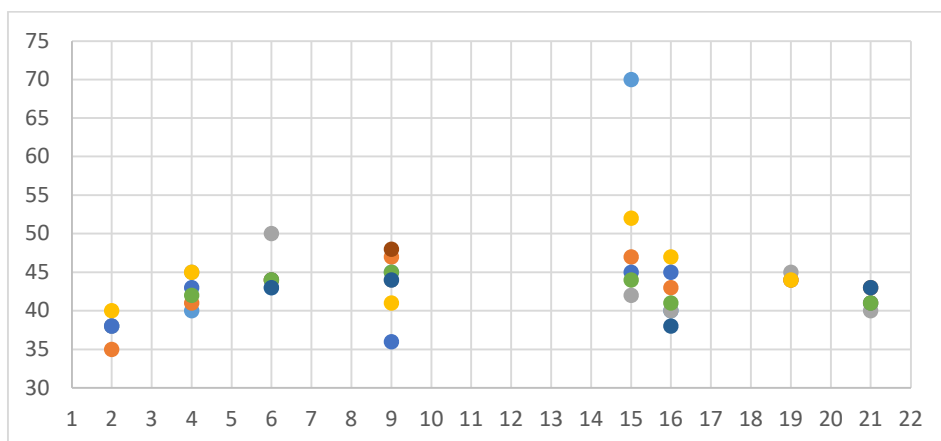
Katsekoht	1	13	20	22		
fck N/mm ²	43	38	43	42	Standardhälve	2,4
Tugevusklass proj.	C40/50	C35/45	C40/50	C40/50		
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45		
Katse Teede tehn.			C60/75			

5.3.7 Sarruse betoonist kaitsekihi mõõtmine..

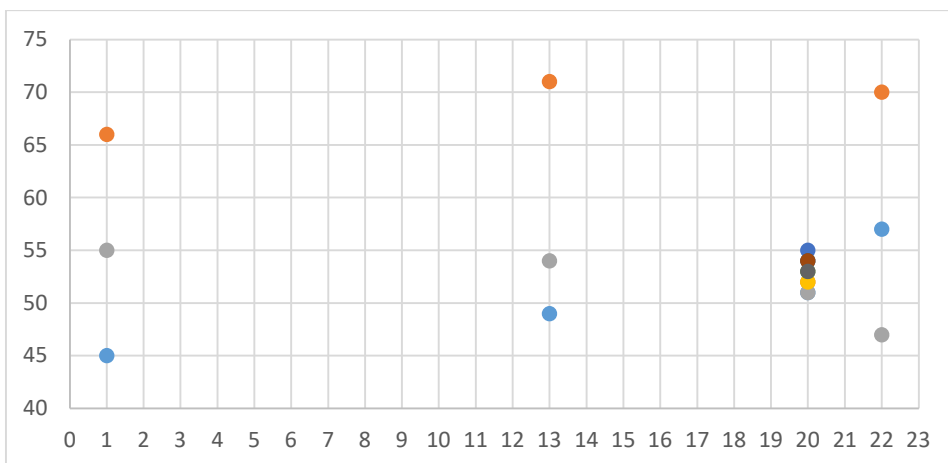
Sarruse betoonist kaitsekihti mõõdeti, sarnaselt eelnevalt katsetatud kahe sillaga, kõikides katsekohtades kus tehti katseid pörkevasaraga. Kuna katsekohtadel nr. 11, 12, 23 ja 24 puudus projekti kohane info sarruse läbimõõdu ja sammu kohta, siis seal mõõtmisi ei tehtud. Sarruse usaldusväärse kaitsekihi mõõtmiseks on kasutatava seadmega vajalik teada sarruse läbimõõtu.



Graafik nr. 29. Sammaste sarruse asetuse



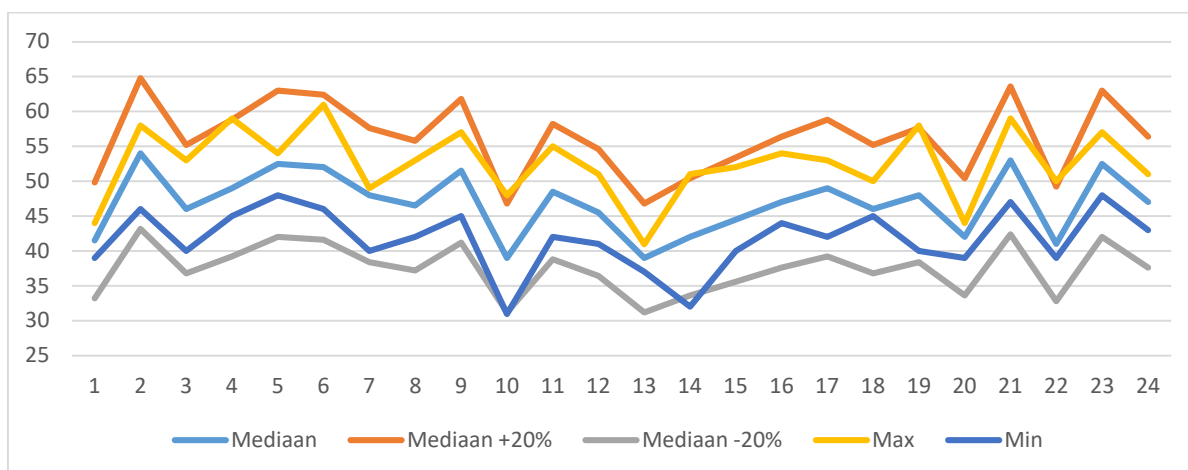
Graafik nr. 30. Tekiplaadi sarruste asetuse



Graafik nr. 31. Servavprussi sarruste asetus

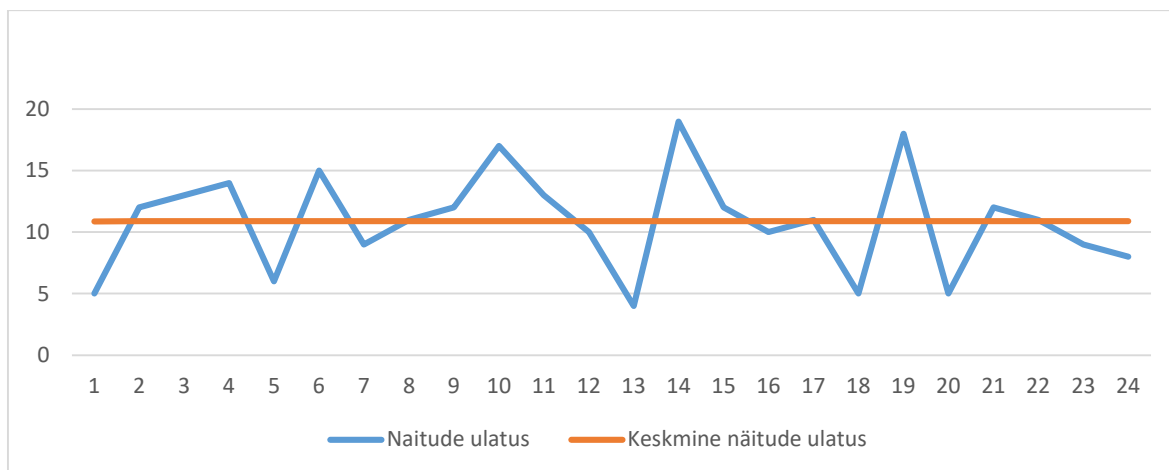
5.3.8 Põrkevasara katsete analüüs

Kõik tulemused vastasid standardis EVS-EN 12504-2:2021 toodud nõuetele ja nende tulemused on usaldusväärsed.



Graafik nr.32 . Põrkevasara katsete ulatus.

Katsekohtades 10 ja 14 on tulemusi mis ületavad +20% ja -20% piire. Katsekohas nr. 10 ületab üks näit lubatud maksimumi piire 1 ühiku võrra. Katsekohast on võetud 15 lugemist ja $\pm 20\%$ piiri ületab 1 lugem ehk 6%. Katsekohas nr 10 on üks väikseim lugem väiksem 2 ühiku võrra ja üks suurim lugem suurem 1 ühiku võrra. Katsekohast on võetud 15 lugemist ja $\pm 20\%$ piiri ületab 2 lugemist ehk 13%. Keskmiselt ületas maksimaalne näit mediaani 12% ja minimaalne näit jäi mediaanist madalamaks 11%.

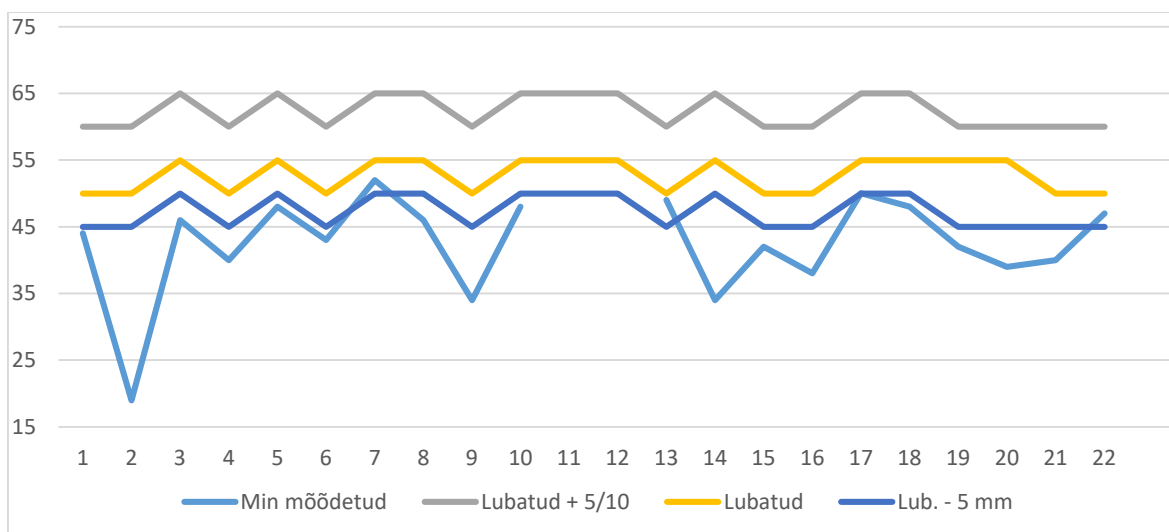


Graafik nr. 33. Näitude ulatus katsekohtades võrreldes keskmisega.

Tabel nr. 24. Keskmine näitude ulatus elementigruppide kaupa.

Elem. ninetus	Keskmine näitude ulatus
Sambad	10,4
Tekiplaat	13,1
Servaprussid	8,4

5.3.9 Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemuste analüüs



Graafik nr. 34. Sarruse kaitsekihi minimaalsed näidud katsekohtades.

Sarruse kaitsekiht oli lubatust väiksem kaheksateistkümnes katsekohas. Neljas katsekohas olid kõik mõõdetud sarrused nõuetekohase betoonist kaitsekihiga.

5.3.10 Katsetulemuste kokkuvõte.

Lintsi sillal tehti kokku 24 katsekohas 311 pörkekatsed. Nendest kaks katse ületas $\pm 20\%$ mediaantulemust. Suuremat näitu võis põhjustada betooni pinna lähedal olev üksik üldisest koostisest kõvem objekt. Väiksema näidu ulatus on väike ja selle põhjuseks võib olla betooni ebaühtlus. Muus osas oli betoon ühtlane. Keskmiselt on ühe katsekoha maksimaalne tulemus üle mediaani 13,9% ja minimaalne tulemus alla mediaani 10,3%. Katsekohas nr. 16 on katsega saadud tugevusklass ühe klassi võrra väiksem kui projektis toodud tulemus. Ühes katsekohas on saadud projekteeritud tugevusklassiga võrdne tulemus. Kõikides ülejäänud kohtades on katsega saadud tulemused suuremad.

Silla sammaste puhul on projekteeritud betooni tugevusklass C35/45. Keskkonnaklassid XC4, XD3 ja XF4. Külmaskindlusklass on KK4. Lubatud betooni kaitsekiht on 50 mm. Lubatud hälve on -5...+10mm. Keskkonnaklassid XC4, XD3 ja XF4. Külmaskindlusklass on KK4. Lubatud betooni kaitsekiht on 55 mm. Lubatud hälve on -5...+5 mm.[2.16]

Tekiplaadi puhul on projekteeritud betooni tugevusklass C35/45. Keskkonnaklassid XC4, XD3 ja XF4. Külmaskindlusklass on KK4. Lubatud betooni kaitsekiht on 50 mm. Lubatud hälve on -5...+10mm. Keskkonnaklassid XC4, XD3 ja XF4. Külmaskindlusklass on KK4. Lubatud betooni kaitsekiht on 55 mm. Lubatud hälve on -5...+10 mm.[2.16]

Sarruse asetus betoonis on ebaühtlane. Minimaalne lubatud kaitsekiht kõikidel mõõdetud sarrustel on tagatud katsekohtades 17 ja 7. Kõige väiksem kaitsekiht on 2. katsekohas. Seal on betooni kihi minimaalne paksuseks 19 mm. Kõige suurem minimaalne kaitsekiht on katsekohas nr. 7 ja seal on on 52 mm. Selline tulemus näitab ebaühtlast sarruste asetust. Asetus on palju ebaühtlasem kui teiste silla puhul.

Kokkuvõte

Käesoleva lõputöö teema on „Mitte purustavate meetodite kasutamine raudbetoonsildadel garantiiaegsel kontrollil“. Garantiiaja mõisted on toodud võlaõigusseadusest, ehitusseadustikust ja maanteeameti poolt välja antud „Teetööde garantiiaegse ülevaatuse ja puuduste kõrvaldamise juhise“. Töö eesmärk on kasutada mittepurustavad meetodeid uuringuteks ja elementide parameetrite määramiseks mis ei olnud ehitustööde ajal võimalik. Täpsemalt on tegu betooni tugevusklassi kontrolliiga pörkevasaraga ja sarruse asetuse kontrolliga sarruse detektorsüsteemiga. Lõputöös on kasutatud erinevaid teadustöid, mis käsitlevad erinevaid mittepurustavaid meetodeid, nende kasutusvõimalusi, töö kiirust ja hinda. Selle tulemusel on valitud välja käesolevas töös kasutatav kombinatsioon sarruse detektorist ja pörkevasarast. Töös on käsitletud ka erinevaid purustavaid meetodeid võrdlemaks nende hinda, sobivust ja täpsust. Vaatluse all on betooni survetugevuse ja sarruse asetuse ühtlus. Kuna pörkevasar pole betooni tugevusklassi hindamiseks kõige täpsem lahendus, siis on selle töö eesmärgiks rohkem tulemuste võrdlemine ja pörkekatsete tulemuste ühtluse hindamine. Sarruse detektorit hinnatakse teadustöodes täpselt, kiireks ja odavaks kasutada. Nende kahe uurimisvõtte koostöös on võimalik hinnata kas tulemus vastab projekteeritule ja kas selle kasutusiga on vastav projektile. Ka saab välja tuua võimalikud puudustega piirkonnad ja planeerida nende renoveerimist. Vajadusel saab planeerida täiendavaid uuringuid piirkondades kus tulemused on ebaühtlased või projektidele mitte vastavad. Katsete teostamiseks oli kasutada mehaaniline pörkevasar koos kontrollalasiga ja elektrooniline detektorsüsteem. Detektorsüsteemi kasutati võimalikult lihtsas seades (ilma vankrita). Sellest tulenevalt oli katsete teostamise ajal vajalik assistent. Assistent kirjutas üles katsete näidud väliprotokolli ja aitas kohapeal katsete organiseerimisega. Tööde planeerimiseks oli kasutada kõigi kolme silla projektid. Projektide põhjal tehti eeltöö võimalike piirkondade andmetega kus on võimalik katseid läbi viia. Selline eeltöö on vajalik selleks et objektil töö aega vähendada. Vasalemma silla puhul oli kasutada betooni saatelehed ja nende kokkuvõtte exeli tabeline. Lintsi silla puhul oli kasutada exeli tabelina kokkuvõtte tehtud laborikatsetest. Laboritena oli kasutatud Teede Tehnokeskuse ja TTÜ laboreid. Uuritud oli keskkonnakindlust ja tugevust. Tugevus näitajad olid antud keskmise tulemusena (f_{ck} N/mm²). Neid andmeid sai hiljem võrreldud saadud katseandmetega.

Valitud oli kolm erineva konstruktsiooniga ja suurusega silda. Sellise valiku põhuseks on see et tuua välja erinevad probleemid ja töövõtted erinevatel konstruktsioonidel.

Valitud sildadeks on Vasalemma sild, Rae kanali sild ja Lintsi sild. Kõik sillad on projekteerinud erinevad ettevõtted (erinevad inimesed). Ka ehitamine ja betooni tarnimine on toimunud erinevate ettevõtete poolt.

Vasalemma sild on kõige väiksem katsetatutest. Sillal on võrreldes teiste sildadega kõige rohkem elemente. Katsekohtade valikul sai silmas peetud seda, et katseid oleks tehtud kõikidel elementidel. Kuna silla alt läheb läbi kõnnitee, siis on katsekohad valitud nii, et nende ettevalmistamisel muudetud pinna struktuur ei oleks silmapaistev. Katsekohad on postide taga, maapinna lähedal ja kohtades kuhu jalakäia tavaliselt ei näe.

Põrkevasaraga tehtud katsete tulemused olid ühtlased. Ainult üksikud näidud on suurema erinevusega. Suurima standardhälbega on tekiplaat. Ülejäänud standardhälbed on väiksemad. Ainult kaks põrkekatsset erinesid lubatust. Selline tulemus andis kõikidele katsekohtadele usaldusväärse tulemuse. Betoon oli ühtlane ja põrkekatsuga saadud tugevusklass oli vaid ühes kohas väiksem projekteeritud tugevusklassist. Ülejäänud katsekohtades oli betooni tugevusklass suurem. Sarruse kaitsekihi mõõtmisel saadud tulemused olid enamasti ühtlased ja vastasid projektis toodu nõuetele. Kahes katsekohas oli ühe sarruse kaitsekiht lubatust väiksem. Ühel juhul mahtus see mõõtmise vea piiridesse. Teisel juhul oli tegu suurema veaga. Rae kanali sild on kõige suurem. Kuna seal puudus avalik kõnnitee ja saalungina oli kasutatud vineeri, siis ei muudetud katse ettevalmistamisel pinna struktuuri. Siledat pinda oli vaja lihvida minimaalselt. Tekiplaadi osas oli ettevalmistus sarnane teiste sildadega (laua muster). Sellel sillal sai katseid tehtud kõrgema vee tasemega ja kõikide elementide juurde ei pääsenud. Vähem sai uuritud tartu mnt. poolset osa tekiplaadist ja kaldasammast. Ka siin on betooni katsed ühtlased. Ühes katsekohas oli üks lugem suurem standardiga lubatust. Kõik katsetega saadud tugevusklassid on suuremad projektis toodud tugevusklassidest. Sarruse kontrollis selgus et enamuse katsekohtades on minimaalsed kaitsekihid projektis toodust väiksemad. Kõige paremad tulemused on kaldasammaste puhul. Ülejäänud konstruktsioonidel on katse sees kõikumised suuremad. Rae kanali sild vajaks täiendavad uuringut. Käesolevas töös tulid välja probleemid sarruse kaitsekihiga. Täiendava uuringu käigus on vaja teha suurem hulk katseid detektorsüsteemiga. Vajalik on välja tuua piirkonnad mis vajavad kontrolli.

Lintsi sild on keskmise suurusega ja kõige vähemate elementidega. Sillale oli ligipääs igalt poolt olemas. Vee tase oli madal. Silla alt on küll läbipääs, aga tegu pole kõnniteega. Ka seal oli sarnaselt Rae kanali sillaga tekiplaat laua mustri ja ülejäänud asjad siledad. Silla projektis oli üks osa puudu ja külgeinte sarruse betoonist kaitsekihti ei olnud võimalik usaldusväärselt mõõta. Nende katsekohtades tehti ainult põrkevasaraga katseid. Kõige ühtlasema tulemuse andsid servaprussi

katsed. Ülejäänud osades on katsete sees kõikumised ühed suuremad. TTÜ laboris tehtud katsed oli kas võrdsed või lähedasemad nendele tulemustele mis oli saadud kohapeal katseid tehes. Sarruse kaitsekihti kontrollides selgus, et enamustes katsekohtades on see projektis toodust väiksem.

Selline katsetusmeetod on sobilik raudbetoonsildade kontrolliks. Katsed saab läbi viia väikse ajakuluga. Ajakulu võib vähendada elektroonilise põrkevasaraga ja sarrusedetektoriga mis salvestab andmed. Sellisel juhul saab lihtsamaid sildasi katsetada üks inimene. Katse andmeid saab kasutada täiendavate uuringute ja remontide planeerimisel.

Katsetada saab seda osa millele on vaba ligipääs. Katseid ei saa teostada pinnases ja tee katendi all olevate konstruktsioonidele. Katseid ei saa teha talvisel ajal kui konstruktsioonid on läbi külmunud.

Summary

The topic of the master's thesis is "Use of non-destructive methods for reinforced concrete bridges during warranty inspection". The definitions of the warranty period are given in the Law of Obligations Act, the Building Code and the "Guidelines for Inspection of Road Works During the Warranty Period and Elimination of Defects" issued by the Transport Administration. The aim of the master's thesis is to use non-destructive methods for research and determination of the parameters of the elements, which was not possible during the bridge's construction works. More specifically, it is control of strength class of concrete using bounce hammer and control of reinforcement position in concrete using reinforcement detector system.

In the master's thesis have been used various research of different non-destructive methods, their uses, work speed and cost. As a result, the combination of reinforcement detector and bounce hammer used in this work, has been selected. The work also disserts different destructive methods to compare their cost, suitability and accuracy. The uniformity of the compressive strength of concrete and the position of the reinforcement in concrete is under observation. As the bounce hammer is not the most accurate solution for assessing the strength class of concrete, the aim is more to compare the results and to evaluate the uniformity of the results of the bounce hammer tests. The reinforcement detector is assessed to be accurate, fast and inexpensive to use in research. In cooperation with these two research methods, it is possible to assess whether the result corresponds to the project and whether bridge's lifetime corresponds to the project. Areas with potential defects can also be identified and plan their renovation accordingly. If necessary, additional research can be planned in areas where the results are inconsistent or not in line with the project. The tests were performed using a mechanical bounce hammer with a control anvil and an electronic detector system. The detector system was used in the simplest possible setting (without a carriage). Consequently, an assistant was needed during the tests. The assistant recorded the test results in an external protocol and helped to organize the tests in-site. All tree bridge projects were used to plan the works. Based on the projects, preliminary work was carried out with data about possible areas where experiments could be carried out. Such preliminary work is necessary in order to reduce the working time in-site. In the case of Bridge of Vasalemma, delivery notes of concrete and their summaries in excel file were used. For the Bridge of Lintsi, a summary in excel file of performed laboratory tests was used. For laboratory tests were used laboratories of the Technical Centre of Estonian Roads and Tallinn University of Technology. In laboratory's tests environmental sustainability and strength were studied. Strength values were given as

average result (f_{ck} N / mm²). These data were later compared with the data that were obtained from tests.

Three bridges with different constructions and sizes were selected. The reason for such choice was to highlight different problems and techniques on different constructions. The selected bridges are Bridges of Vasalemma, Rae Canal and Lintsi. All bridges are designed by different companies and different engineer-constructors. Construction and delivery of concrete have also taken place by various companies.

The Bridge of Vasalemma was the smallest under tests. The bridge has the most elements compared to other bridges. The choice of test sites was based on the fact that all bridge elements were tested. As the sidewalk passes under the bridge, the test sites have been chosen so that the structure of the surface that was changed during the test preparation would not be so visible. The test sites are behind the posts, close to the ground and in places which pedestrians usually don't see or look. The results of the bounce hammer tests were uniform. Only a few readings had a larger difference. The deck plate has the largest standard deviation. The remaining standard deviations were smaller. Only two bounce tests differed from the permitted ones. This result gave a reliable result for all the test sites. The concrete was homogeneous, and the strength class of concrete obtained by the bounce test was lower than the strength class of concrete given in project, only in one place. In the remaining test sites, the strength class of concrete was higher. The results obtained when measuring the protective layer of the reinforcement were mostly uniform and met the requirements of the project. In two test sites, the protective layer of one reinforcement was smaller than allowed. In one case, it was within the permitted limits of measurement error. In the second case, it was a bigger error.

The Bridge of the Rae Canal is the largest. As there was no public sidewalk and plywood was used as a form for concrete, the surface structure was not changed during the preparation of the tests. Minimal sanding was required as surface was quite smooth. In terms of deck plate, the preparation was similar to other bridges (table pattern). This bridge was tested with a higher water level and not all the bridge elements could be accessed. Part of the deck plate and the shore pillar in then Road of Tartu side was less studied. Here too, the concrete tests were uniform. In one test site, one reading was higher than allowed by the standard. All strength classes obtained by the experiments are higher than the strength classes of concrete given in the project. The reinforcement inspection revealed that in most test sites the minimum protection layers are smaller than specified in the design. The best results are for the shore pillars. The remaining constructions have larger fluctuations during the test. The Bridge of the Rae Canal would require further investigations. In the present master's thesis, problems with the protective layer of the reinforcement were revealed. Further testing will require more

experiments with the detector system. It is necessary to bring out areas that need to be controlled.

The Bridge of Lintsi is medium size and has the smallest number of elements. There was access to the bridge from everywhere. The water level was low. There is a passage under the bridge, but it is not a sidewalk. There was a deck plate with a table pattern, like the Bridge of the Rae Canal and the rest of the things were smooth. One part of the bridge project was missing and the concrete protective layer of the side wall reinforcement could not be reliably measured. Only bounce hammer tests were performed at these test sites. The most uniform results were obtained by edge beam tests. In the remaining parts, the fluctuations within the tests are one of the largest. The tests performed in the laboratory of Tallinn University of Technology were either equal to or closer to the results obtained during the in-site experiments. The inspection of the protective layer of the reinforcement revealed that in most of the test sites it is smaller than specified in the project.

This testing method is suitable for inspecting reinforced concrete bridges. The tests can be performed in a short time. Time can be reduced with an electronic bounce hammer and a reinforcement detector that stores the data. In this case, simple bridges can be tested by one person. Test data can be used to plan additional tests and renovations.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

Standardid ja normdokumendid

- [1.2] EVS-EN 1992-1-1:2005+NA:2007 Eurokoodeks 2: Betoonkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonetele.
- [1.4] EVS-EN 206-1:2014+Ä2:2021 Betoon. Spetsifitseerimine, toimivus, tootmine ja vastavus.
- [1.5] EVS-EN 12504-2:2021 Konstruktsiooni Betooni Katsetamine. Osa 2: Mittepurustav katsetamine. Põrkearvu määramine.
- [1.6] EVS-EN 13791:2020 Betooni survetugevuse hindamine konstruktsioonides ja valmistoodetes.
- [1.7] EVS-EN 13369:2018 Betoonitoodete üldeeskirjad
- [1.8] EVS-ISO 13822:2011 Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused. Olemasolevate konstruktsioonide seisukorra hindamine.

Seadused, artikli ja uurimustööd

- [2.1] <https://www.nachi.org> „The History of Concrete“ by Nick Gromicko, CMI® and Kenton Shepard
- [2.2] „The Lowdown on Concrete: Pozzolane and Heroism in the History of Science“ Chandra Mukerji. Science and Technology Studies UC Davis.
- [2.3] <https://tarktee.ee>
- [2.4] <https://www.transpordiamet.ee>
- [2.5] Teetööde garantiiaegse ülevaatuse ja puuduste kõrvaldamise juhised. Maanteeamet MA 2016-014
- [2.6] Мокба Стройиздат 1985. Неразрушающие методы испытания бетона.
- [2.7] Võlaõigusseadus
- [2.8] Regulaarne sildade kontrollimise andmete parandamine mitte purustaval meetodil.
M. Kušar *Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia*
N. Galvão *Civil Engineering Department, Minho University, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal*

S. Sein Department of Civil Engineering and Architecture, Tallinn University of Technology, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Estonia

[2.9] Prodeq, Profometer 5+ manuaal

[2.10] Põrkevasara graafikud mediaannäidust kuubikulise tugevuse tuletamiseks.

[2.11] <https://register.keskkonnaportaal.ee/>

[2.12] Vasalemma silla betooni tarne kontroll-lehed.

[2.13] Lintsi silla betooni katsetamiste protokollide kokkuvõte

[2.14] Vasalemma silla projekt

[2.15] Rae kanali silla projekt

[2.16] Lintsi silla projekt

LISAD

Katsetulemuste tabelid

1 Vasalemma sild

Tabel nr. 25. Põrkevasara katsete tulemused.

Betoonkonstruktsiooni nimetus	Hae kanali sild																Elem. ninetus
Põrkevasara tunnus	Mehaaniline Matesti põrkevasar nr. 2H0903, Mudel N Iöögienergiaga 2,207 Nm																Sambad
Katsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus	Katsepiirkond on lihvitud tasaseks ja puhastatud tolmust.																Postid
Betoon ja selle seisundi kirjeldus	Lauamustrina betoonpinnad üksikute pindmistete tühimikega																Tekiplaad
Katsetamise kuupäev	19.04.2021.																Kaared
Katse laaviia	IarmoSteinfeld ja Martin Steinfeld																Servaprussid
Katsekohad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Suund	Kõrvale	Kõrvale	Kõrvale	Kõrvale	Kõrvale	Kõrvale	Alt	Kõrvale	Kõrvale	Kõrvale	Kõrvale	Alt	Alt	Kõrvale	Ülevalt	Ülevalt	Ülevalt
1	50	62	53	56	54	45	50	49	54	51	54	56	58	54	36	36	34
2	52	52	47	52	60	46	46	48	48	43	55	46	58	53	37	36	41
3	43	53	51	55	53	45	46	43	46	54	49	50	50	51	35	38	36
4	50	54	57	53	54	49	51	48	42	46	51	54	53	51	44	34	37
5	50	48	45	57	50	45	58	52	48	45	55	55	58	48	37	35	39
6	47	42	56	54	59	47	61	50	48	45	51	52	55	50	36	35	42
7	42	45	45	58	55	50	57	49	50	44	55	54	59	55	40	35	38
8	55	50	44	55	53	48	46	50	53	42	52	50	58	58	46	39	38
9	52	50	41	53	57	44	50	48	48	40	53	55	57	52	43	35	36
10	43	52	44	58	53	44	48	47	58	51	51	57	53	53	45	37	41
11	55	44	44	58	59	44	49	50	48	43	50	49	49	46	40	36	38
12	47	47					59	51		50	53	55	52	54	49	40	40
13	52						62	44		44	49			52			
14							66	41						48			
15							58										
16							50										
Mediaan	50	52	45	55	57	45	51	49	48	45	52	54	56	52	40	36	38
Mediaan +20%	60	62,4	54	66	68,4	54	60,6	58,2	57,6	54	62,4	64,8	67,2	62,4	48	43,2	45,6
Mediaan -20%	40	41,6	36	44	45,6	36	40,4	38,8	38,4	36	41,6	43,2	44,8	41,6	32	28,8	30,4
Max	55	62	57	58	60	50	66	52	58	54	55	57	59	58	46	49	42
Min	42	42	41	52	50	44	46	43	42	40	49	46	50	48	35	34	34
Naitude ulatus	13	20	16	6	10	6	20	9	16	14	6	11	9	10	11	15	8
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
fck N/mm²	58	62	49	68	63	49	55	55	55	49	64	61	63	60	45	38	41
Tugevusklass	C55/67	C60/70	C45/55	C60/70	C60/70	C45/55	C55/67	C55/67	C55/67	C45/55	C50/75	C60/75	C60/75	C60/75	C45/55	C35/45	C40/50
Proj tugevusklass	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50
Tarnitud betoon	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50	C40/50

Tabel nr. 26. Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemused.

Katsekohas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Hor. või ristl	52	61	56	42	38	55	37	48	25	45	42	39	45	70	47	45	55
	52	54	60	42	37	40	37	40	36	48	44	38	44	68	47	52	58
	48	52	61	41	34	44	38	47	39	49	42	38	43		48	52	57
	43	55	63	37	38	40	40	48	44	47	44	37	46		47	51	54
	43	51	62		40	40	41	50		49	41	40	44		49	54	
	43											40	42			56	
Min	43	51	56	37	34	40	37	40	25	45	41	37	42	68	47	45	54
Max	52	61	63	42	38	55	41	50	44	49	44	40	46	70	49	56	58
Lub. Min +5 mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Lub. minim.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Lub. min. -5 mm	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
Suhe minimumi	8	16	21	2	-1	5	2	5	-10	10	6	2	7	33	12	14	19
Suhe maksimumi	-7	-16	-18	3	7	-10	4	-5	1	-4	1	5	-1	-25	-4	-11	-13
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Vert. või pikk	49	61	68	55	52	40	44	62	38	48	54	52	54	41	64	65	70
	46	54	69	54	48	51	45	37	39	48	58	51	55	40	59	60	65
	46	52		53	48	54	50	56	41	49	58	52	55	44	61		
	45	55		54	46	55	40	57	41	49	56	51	55	44			
		51		53	45		49	55		49	56	50	58	43			
										48	55	52	52				
												50					
Min	45	51	64	53	45	51	45	37	39	48	55	50	50	40	59	60	65
Max	46	55	69	54	48	55	50	57	41	49	58	52	55	44	61	60	65
Lub. Min +5 mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Lub. minim.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Lub. min. -5 mm	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Kõik lubatu piires:	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
Suhe minimumi	10	16	34	18	10	16	11	2	4	13	20	15	17	5	24	25	30
Suhe maksimumi	-1	-10	-24	-9	-3	-10	-5	-12	4	-4	-13	-7	-10	1	-16	-15	-20

2 Rae kanali sild

Tabel nr. 27. Põrkevasara katsete tulemused, 1. tabel.

Betoonekonstruktsiooni nimetus		Rae kanali sild																Elem. nimetus	
Põrkevasara tunnus		Mehaaniline Matesti põrkevasar nr. 2110203, Mudel N looõigenergiaga 2,207 Nm																Sambad	
Katsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus		Katsepiirkond on lihvitud tasaseks ja puhastatud tolmust.																Tekiplaat	
Beton ja selle seisundi kirjeldus		Lauamustriga betoonpinnad ja siledad betoonpinnad tühimikega																Servaprussid	
Katsetamise kuupäev		17.10.2021.																	
Katse läbiviija		Tarmo Steinfeld ja Martin Steinfeld																	
Katsekohad		Tarmo Steinfeld ja Martin Steinfeld																	
Suund		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Kõrvalt	Alt	
1	44	54	48	50	52	54	49	46	57	39	52	44	39	42	40	Kõrvalt	Alt		
2	44	54	51	46	50	51	48	53	57	40	54	47	39	42	40	Kõrvalt	Alt		
3	39	52	40	45	53	50	47	49	54	39	55	51	40	51	44	Kõrvalt	Alt		
4	41	56	41	49	52	60	40	42	55	38	48	42	39	36	45	Kõrvalt	Alt		
5	42	58	47	48	48	61	40	47	51	38	44	43	38	44	50	Kõrvalt	Alt		
6	43	46	45	59	53	58	47	43	48	41	47	47	41	32	50	Kõrvalt	Alt		
7	40	54	42	48	53	54	48	45	45	48	42	41	37	37	44	Kõrvalt	Alt		
8	40	56	44	46	54	47	49	46	53	40	49	45	39	45	45	Kõrvalt	Alt		
9	41	55	53	47	52	55	43	46	51	37	52	41	39	34	43	Kõrvalt	Alt		
10	40	54	51	54	53	46	48	47	47	31	52	46	40	33	52	Kõrvalt	Alt		
11	47	47	46	53	54	51	52	48	52	46	45	46	37	45	48	Kõrvalt	Alt		
12	46	52	46	52	50	49	45	48	52	41	48	47	42	46	43	Kõrvalt	Alt		
13	42	49		50		49	49		49	39				35		Kõrvalt	Alt		
14	40					55	45		47	35				43		Kõrvalt	Alt		
15						52	50			42				42		Kõrvalt	Alt		
16							48									Kõrvalt	Alt		
Mediaan	42	54	46	49	53	52	48	47	52	39	49	46	39	42	45	Kõrvalt	Alt		
Mediaan +20%	50	65	55	59	63	62	58	56	62	47	58	55	47	50	53	Kõrvalt	Alt		
Mediaan -20%	33	43	37	39	42	42	38	37	41	31	39	36	31	34	36	Kõrvalt	Alt		
Max	44	58	53	59	54	61	49	53	57	48	55	51	41	51	52	Kõrvalt	Alt		
Min	39	46	40	45	48	46	40	42	45	31	42	41	37	32	40	Kõrvalt	Alt		
Naitude ulatus	5	17	13	14	6	15	9	11	17	17	13	10	4	19	17	Kõrvalt	Alt		
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	Kõrvalt	Alt		
fck N/mm ²	43	61	51	51	64	57	54	52	57	36	56	51	38	43	42	Kõrvalt	Alt		
Tugevusklass proj.	C40/50	C60/75	C50/60	C50/60	C60/75	C55/67	C50/60	C50/60	C55/67	C35/45	C55/67	C50/60	C35/45	C40/50	C40/50	Kõrvalt	Alt		
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	Kõrvalt	Alt		
Katse Teede tehn.			C60/75		C30/37		C50/60	C60/75						C60/75		Kõrvalt	Alt		
Katse TTÜ					C60/75		C60/75									Kõrvalt	Alt		

Tabel nr. 28. Põrkevasara katsete tulemused, 2. tabel.

Katsekohad	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Suund	Alt	Kõrvalt	Kõrvalt	Alt	Kõrvalt	Alt	Kõrvalt	Kõrvalt	Kõrvalt
1	45	53	45	47	42	53	42	50	43
2	44	48	48	45	42	59	40	49	46
3	47	48	47	40	40	47	41	57	47
4	46	52	45	48	42	53	41	55	48
5	45	53	46	46	40	54	50	51	43
6	47	46	46	48	39	53	41	52	45
7	50	42	46	50	41	53	42	55	51
8	47	53	50	48	44	52	40	54	50
9	50	50	45	58	42	59	42	51	47
10	54	45	46	46	40	50	40	48	47
11	53	52	46	51	44	49	39	53	44
12	54	46	46	57	44	53	40	54	
13				49		60	42		
14							46		
15							43		
16									
Mediaan	47	49	46	48	42	53	41	53	47
Mediaan +20%	56	59	55	58	50	64	49	63	56
Mediaan -20%	38	39	37	38	34	42	33	42	38
Max	54	53	50	58	44	59	50	57	51
Min	44	42	45	40	39	47	39	48	43
Naitude ulatus	10	11	5	18	5	12	11	9	8
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE
fck N/mm ²	47	66	51	49	43	59	42	64	52
Tugevusklass proj.	C45/55	C60/75	C50/60	C45/55	C40/50	C55/67	C40/50	C60/75	C50/60
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Katse Teede tehn.		C30/37	C50/60		C60/75				
Katse TTÜ		C60/75	C60/75						

Tabel nr. 29. Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemused, 1. tabel.

Katsekohad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hor. või ristli	45	38	51	40	56	43	55	46	45	63			49	45	70
	66	35	51	41	59	44	57	47	47	48			71	44	47
	55	38	51	45	49	50	57	47	44				54	48	42
		40	49	45	57	44	56	47	41					48	52
		38	48	43	55	44	54	46	36					47	45
			48	42	57	44	55	49	45					49	44
			48		55	43	54	49	44					51	44
			47		54		53	50	48					50	
			47		51		52	50						51	
Min	45	35	47	40	49	43	52	46	36	48			49	44	42
Max	66	40	51	45	59	50	57	50	48	63			71	51	70
Lub. Min +10 mm	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			60	60	60
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50	50	50
Lub. min. -5 mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45			45	45	45
Kõik lubatu piires	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE			TRUE	FALSE	FALSE
Suhe minimumi	0	-10	2	-5	4	-2	7	1	-9	3			4	-1	-3
Suhe maksimumi	-6	20	9	15	1	10	3	10	12	-3			-11	9	-10
Vert. või pikki	45	57	46	60	61	69	67	52	56	59			56	53	63
	44	56	58	61	61	53	64	55	56	57			57	50	62
	47	59	61	52	65	68	64	55	55	57			56	54	62
	45	37	61	59	67	71	62	69	56	58			57	34	63
	48	19	60	59	54	75	57	72	53	61			55	56	62
	47	20		59	50	69	55	65	34	60			55	58	51
					49	69	52		53	60			54	58	63
					48	64			55	59			54		58
					59				52	60			53		
Min	44	19	58	52	49	53	52	55	34	57			54	34	51
Max	48	59	61	61	67	75	64	72	56	61			57	58	63
Lub. Min +5 mm	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			60	60	60
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50	50	50
Lub. min. -5 mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45			45	45	45
Kõik lubatu piires	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE			TRUE	FALSE	TRUE
Suhe minimumi	-1	-26	13	7	4	8	7	10	-11	12			9	-11	6
Suhe maksimumi	12	1	-1	-3	-7	-15	-4	-12	4	-1			3	2	-3

Tabel nr. 30. Sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemused, 2. tabel.

Katsekohad	16	17	18	19	20	21	22	
Hor. või risti	40	51	48	44	51	43	57	
	43	50	50	44	52	43	70	
	40	50	51	45	51	40	47	
	47	51	48	44	52	41		
	45	51	48	42	55	41		
	41	52	50	46	53	41		
	38	53	51		54	43		
		53	51		54			
		52	50		53			
Min		50	48	42	51	40	47	
Max		53	51	46	55	43	70	
Lub. Min + 10 mm	60	60	60	60	60	60	60	
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50	
Lub. min. -5 mm	45	45	45	45	45	45	45	
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE	
Suhe minimumi	5	3	3	-3	6	-5	2	
Suhe maksimumi	7	9	9	14	5	17	-10	
Vert. või pikki	71	68	62	67	42	53	59	
	62	67	60	68	42	51	63	
	71	60	57	66	40	53	60	
	51	58	59	66	42	51	59	
	72	55	56	51	40	52	58	
	68		56	61	39	51	58	
	65		57	62	41	52	58	
				66	44	52	59	
					42	47	57	
Min	51	55	56	51	39	51	58	
Max	72	67	60	68	42	53	63	
Lub. Min + 5 mm	60	60	60	60	60	60	60	
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50	
Lub. min. -5 mm	45	45	45	45	45	45	45	
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	
Suhe minimumi	6	10	11	6	-6	6	13	
Suhe maksimumi	-12	-7	0	-8	18	7	-3	

2 Lintsi sild

Tabel nr. 31. Põrkevasara katsete tulemused, 1. tabel.

Betoonkonstruktsiooni nimetus		Rae kanali sild																Elem. ninetus	
Põrkevasara tunnus		Mehaaniline Matesti põrkevasar nr. 2H0903, Mudel N loogienergiaga 2,207 Nm																Sambad	
Katsepiirkonna ettevalmistamise kirjeldus		Katsepiirkond on lihvitud tasaseks ja puhastatud tolmust.																Tekiplaad	
Betoon ja selle seisundi kirjeldus		Lauamustriga betoonpinnad ja silledad betoonpinnad tühimikega																Servaprussid	
Katsetamise kuupäev		17.10.2021.																	
Katse läbiviia		Tarmo Steinfeld ja Martin Steinfeld																	
Katsekohad																			
Suund	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
	Kõrvalt	Alit	Kõrvalt	Alit	Kõrvalt	Alit	Kõrvalt	Kõrvalt	Alit	Kõrvalt	Kõrvalt	Kõrvalt	Kõrvalt	Kõrvalt	Alit	Kõrvalt	Alit		
1	44	54	48	50	52	54	49	46	57	39	52	44	39	42	40				
2	44	54	51	46	50	51	48	53	57	40	54	47	39	42	40				
3	39	52	40	45	53	50	47	49	54	39	55	51	40	51	44				
4	41	56	41	49	52	60	40	42	55	38	48	42	39	36	45				
5	42	58	47	48	48	61	40	47	51	38	44	43	38	44	50				
6	43	46	45	59	53	58	47	43	48	41	47	47	41	32	50				
7	40	54	42	48	53	54	48	45	45	48	42	41	37	37	44				
8	40	56	44	46	54	47	49	46	53	40	49	45	39	45	45				
9	41	55	53	47	52	55	43	46	51	37	52	41	39	34	43				
10	40	54	51	54	53	46	48	47	47	31	52	46	40	33	52				
11	47	47	46	53	54	51	52	48	52	46	45	46	37	45	48				
12	46	52	46	52	50	49	45	48	52	41	48	47	42	46	43				
13	42	49		50		49	49		49	39				35					
14	40					55	45		47	35				43					
15						52	50			42				42					
16							48												
Mediaan	42	54	46	49	53	52	48	47	52	39	49	46	39	42	45				
Mediaan +20%	50	65	55	59	63	62	58	56	62	47	58	55	47	50	53				
Mediaan -20%	33	43	37	39	42	42	38	37	41	31	39	36	31	34	36				
Max	44	58	53	59	54	61	49	53	57	48	55	51	41	51	52				
Min	39	46	40	45	48	46	40	42	45	31	42	41	37	32	40				
Naitude ulatus	5	12	13	14	6	15	9	11	12	17	13	10	4	19	12				
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE				
fck N/mm ²	43	61	51	51	64	57	54	52	57	36	56	51	38	43	42				
Tugevusklass proj.	C40/50	C60/75	C50/60	C50/60	C60/75	C55/67	C50/60	C50/60	C55/67	C35/45	C55/67	C50/60	C35/45	C40/50	C40/50				
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45				
Katse Teede tehnik			C60/75		C30/37		C50/60	C60/75						C60/75					
Katse TTÜ					C60/75		C60/75												

Tabel nr. 32. Põrkevasara katsete tulemused, 2. tabel.

Katsekohad	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Suund	Alt	Kõrvalt	Kõrvalt	Alt	Kõrvalt	Alt	Kõrvalt	Kõrvalt	Kõrvalt
1	45	53	45	47	42	53	42	50	43
2	44	48	48	45	42	59	40	49	46
3	47	48	47	40	40	47	41	57	47
4	46	52	45	48	42	53	41	55	48
5	45	53	46	46	40	54	50	51	43
6	47	46	46	48	39	53	41	52	45
7	50	42	46	50	41	53	42	55	51
8	47	53	50	48	44	52	40	54	50
9	50	50	45	58	42	59	42	51	47
10	54	45	46	46	40	50	40	48	47
11	53	52	46	51	44	49	39	53	44
12	54	46	46	57	44	53	40	54	
13				49		60	42		
14							46		
15							43		
16									
Mediaan	47	49	46	48	42	53	41	53	47
Mediaan +20%	56	59	55	58	50	64	49	63	56
Mediaan -20%	38	39	37	38	34	42	33	42	38
Max	54	53	50	58	44	59	50	57	51
Min	44	42	45	40	39	47	39	48	43
Naitude ulatus	10	11	5	18	5	12	11	9	8
Kõik lubatu piires	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE
fck N/mm ²	47	66	51	49	43	59	42	64	52
Tugevusklass proj.	C45/55	C60/75	C50/60	C45/55	C40/50	C55/67	C40/50	C60/75	C50/60
Tugevusklass katse	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Katse Teede tehnl.		C30/37	C50/60		C60/75				
Katse TTÜ		C60/75	C60/75						

Tabel nr. 33. Lintsi silla sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemused, 1. tabel.

Katsekohad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hor. või rist	45	38	51	40	56	43	55	46	45	63			49	45	70
	66	35	51	41	59	44	57	47	47	48			71	44	47
	55	38	51	45	49	50	57	47	44				54	48	42
		40	49	45	57	44	56	47	41					48	52
		38	48	43	55	44	54	46	36					47	45
			48	42	57	44	55	49	45					49	44
			48		55	43	54	49	44					51	44
			47		54		53	50	48					50	
			47		51		52	50						51	
Min	45	35	47	40	49	43	52	46	36	48			49	44	42
Max	66	40	51	45	59	50	57	50	48	63			71	51	70
Lub. Min + 10 mm	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			60	60	60
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50	50	50
Lub. min. -5 mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45			45	45	45
Kõik lubatu piires	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE			TRUE	FALSE	FALSE
Suhe minimumi	0	-10	2	-5	4	-2	7	1	-9	3			4	-1	-3
Suhe maksimumi	-6	20	9	15	1	10	3	10	12	-3			-11	9	-10
Vert. või pikki	45	57	46	60	61	69	67	52	56	59			56	53	63
	44	56	58	61	61	53	64	55	56	57			57	50	62
	47	59	61	52	65	68	64	55	55	57			56	54	62
	45	37	61	59	67	71	62	69	56	58			57	34	63
	48	19	60	59	54	75	57	72	53	61			55	56	62
	47	20		59	50	69	55	65	34	60			55	58	51
					49	69	52		53	60			54	58	63
					48	64			55	59			54		58
					59				52	60			53		
Min	44	19	58	52	49	53	52	55	34	57			54	34	51
Max	48	59	61	61	67	75	64	72	56	61			57	58	63
Lub. Min + 5 mm	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			60	60	60
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			50	50	50
Lub. min. -5 mm	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45			45	45	45
Kõik lubatu piires	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE			TRUE	FALSE	TRUE
Suhe minimumi	-1	-26	13	7	4	8	7	10	-11	12			9	-11	6
Suhe maksimumi	12	1	-1	-1	-7	-15	-4	-12	4	-1			3	2	-3

Tabel nr. 34. Lintsi silla sarruse kaitsekihi mõõtmise tulemused, 2. tabel.

Katsekohad	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Hor. või risti	40	51	48	44	51	43	57		
	43	50	50	44	52	43	70		
	40	50	51	45	51	40	47		
	47	51	48	44	52	41			
	45	51	48	42	55	41			
	41	52	50	46	53	41			
	38	53	51		54	43			
		53	51		54				
		52	50		53				
Min		50	48	42	51	40	47		
Max		53	51	46	55	43	70		
Lub. Min + 10 mm	60	60	60	60	60	60	60		
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50		
Lub. min. - 5 mm	45	45	45	45	45	45	45		
Kõik lubatu piires		TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE		
Suhe minimumi		5	3	-3	6	-5	2		
Suhe maksimumi		7	9	14	5	17	-10		
Vert. või pikki	71	68	62	67	42	53	59		
	62	67	60	68	42	51	63		
	71	60	57	66	40	53	60		
	51	58	59	66	42	51	59		
	72	55	56	51	40	52	58		
	68		56	61	39	51	58		
	65		57	62	41	52	58		
				66	44	52	59		
					42	47	57		
Min		55	56	51	39	51	58		
Max		72	60	68	42	53	63		
Lub. Min + 5 mm	60	60	60	60	60	60	60		
Lub. minim.	50	50	50	50	50	50	50		
Lub. min. - 5 mm	45	45	45	45	45	45	45		
Kõik lubatu piires		TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE		
Suhe minimumi	6	10	11	6	-6	6	13		
Suhe maksimumi	-12	-7	0	-8	18	7	-3		

Betooni andmed

1 Vasalemma silla betooni saatelehtede kokkuvõte

Tabel nr. 35. Saatelehtede kokkuvõte 06.06. 2019.

JÄRELPINGE INSENERIBÜROO OÜ										Betooni kontrolli			B-40/1
Jrk nr	Tamija	Saatelehe nr	Auto nr	Betooni kogus m ³	Valmistamise aeg	Etteandmine	Tugevus-klass	Klassid Keskkonna-klassid	Kellaeg	Valgustus cm	Õhu sisaldus %	Katse-kehad	Markused
1.	HC Betoon	169018	497MHS	7,5	08.36	Pumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	9-47	6	4,8%		
2.	HC Betoon	169025	256BVX	7,5	09.39	Pumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	10-52	7	5,5%	4 tk	
3.	HC Betoon	169028	514BXX	11,0	10.43	Pumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	11-58	5	5,2%	4 tk	
4.	HC Betoon	169029	592BRZ	6,0	11.38	Pumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	14-06	6	5,8%	3 tk	
5.	HC Betoon	169031	453MRC	5,0	12.42	Pumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	14-47	7	5,0%		
6.													
7.													
8.													
9.													
10.													
		Kpv	06.06.2019										
		Objekt	Vasalemma sild										
		Element	Silla Keila poolkaared										
		Koristas	M. Uusen										

Tabel nr. 37. Saatelehtede kokkuvõte 20.06. 2019.

JÄRELPLIINICE INSENERI BÜROO OÜ												
Betonit kontrollient											E-40/1	
Jrk nr	Tamija	Saatelehte nr	Auto nr	Betooni kogus m ³	Valmistamise aeg	Elite-andmine	Tugevusklass	Klassid	Katsetamine objektis			Markused
									Kellaeg	Valgustus cm	Õhu sisaldus %	Katse-kehad
1.	HC Betoon	169394	514BX	11,0	08.23	Pump	C35/45	XC2, XF2	9:36	12	5,6%	
2.	HC Betoon	169398	592JRZ	7,5	09.12	Pump	C35/45	XC2, XF2	9:59	10	5,8%	
3.	HC Betoon	169401	075BTJ	7,5	09.44	Pump	C35/45	XC2, XF2	10:32	12	5,5%	3tk
4.	HC Betoon	169402	9C1MHK	7,5	10.10	Pump	C35/45	XC2, XF2	10:45	12	6,0%	
5.	HC Betoon	169404	759MHR	7,5	10.35	Pump	C35/45	XC2, XF2	11:21	9	4,9%	
6.	HC Betoon	169405	514BX	11,0	11.05	Pump	C35/45	XC2, XF2	11:55	14	6,6%	
7.	HC Betoon	169407	592JRZ	7,5	11.29	Pump	C35/45	XC2, XF2	12:26	10	5,9%	
8.	HC Betoon	169408	159MHX	7,5	11.51	Pump	C35/45	XC2, XF2	12:47	11	5,6%	
9.	HC Betoon	169409	075BTJ	7,4	12.20	Pump	C35/45	XC2, XF2	13:08	8	5,8%	
10.	HC Betoon	169411	453MRC	5,6	14.02	Pump	C35/45	XC2, XF2	13:36	7	5,2%	
Kpv			20.06.2019									
Objekt			Vasemmäe silid									
Element			Kella poolne vundament									
Koostas			M. Luksen									

Tabel nr. 40. Saatelehtede kokkuvõte 11.07. 2019.

JÄRELPINGE INSENERIBÜROO OÜ											Beooni kontrollent		B-401
Jrk nr	Tarn ja	Saatelehe nr	Auto nr	Detooni kogus m3	Valmistamise aeg	Etteandmine	Tugevus-klass	Klassid	Kellaeg	Valgustus cm	Õhu sisaldus %	Katse-kehad	Märkused
1.	HC Betoor	169904	918 MCI	3,9	03:14	Γump	C3E/45	XC2,XF2	8:57	12	5,6%		
2.	HC Detoor	169933	759 MIR	7,5	03:00	Pump	C3E/45	XC2,XF2	0:40	14	5,6%	3 tk	
3.	HC Betoor	169936	514 EXX	11,5	03:42	Pump	C3E/45	XC2,XF2	9:24	12	5,0%		
4.	HC Betoor	169938	497 MHS	7,8	03:12	Pump	C3E/45	XC2,XF2	9:49	9	4,0%		
5.	HC Betoor	169939	159 MHK	7,7	03:28	Pump	C3E/45	XC2,XF2	10:05	10	5,2%		
6.	HC Betoor	169941	006 AXC	7,0	03:50	Pump	C3E/45	XC2,XF2	10:29	12	4,6%		
7.	HC Betoor	169944	904 MHK	7,0	13:38	Pump	C3E/45	XC2,XF2	11:03	11	4,6%		
8.	HC Betoor	169947	759 MHR	7,0	11:13	Pump	C3E/45	XC2,XF2	11:43	14	4,6%		
9.	HC Betoor	169948	514 FXX	11,0	11:36	Pump	C3E/45	XC2,XF2	12:19	12	5,0%		
10.	HC Betoor	169951	075 BTJ	7,0	12:03	Pump	C3E/45	XC2,XF2	12:42	8	4,3%		
11.	HC Betoor	169953	006 AXC	7,0	12:35	Pump	C3E/45	XC2,XF2	13:13	7	4,0%		
12.	HC Betoor	169955	904 MHK	7,0	13:04	Pump	C3E/45	XC2,XF2	13:34	8	4,2%		
	Kpv		10-11.07.2019										
	Objekt		Vasalemma sild										
	Flament		Haansalu p. vundament										
	Koostas		M. Uusen										

Tabel nr. 42. Saatelehtede kokkuvõte 30.07. 2019.

JÄRELPINGE INSENERIBÜROO OÜ											Eeboni kontrollient			E-407
Jrk nr	Tariija	Saatelehe nr	Auto nr	Betooni kogus m3	Valmistamisaeg	Etteandmine	Klassid		Katsetermine objektil			Markused		
							Tugevusklass	Kaskkonna-klassid	Kellaeg	Valgustus cm	Õhu sisaldus %		Katsekehad	
1.	HC Eetocn	170504	054BYS	3,0	07-19	Pümi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	8-03	18	5,1%			
2.	HC Eetocn	170536	294BVC	2,0	12-04	Pümi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	13-06	18,5	5,7%			
	Kpv		30.07.2019											
	Objekt		Vasalemma sild											
	Element		Poolkaarte monoliitimine											
	Koostas		M. Luusen											

Tabel nr. 44. Saatelehtede kokkuvõte 16.08. 2019.

JÄRLLPINGE INSENERIDÜROO OÜ													
			Betooni kontrolli						B-40/1				
Jrk nr	Tarnija	Saatelene nr	Auto nr	Betooni kogus m ³	Valmistamise aeg	Etteandmine	Tugevus-klass	Klassid	Kelalaag	Valgusus cm	Õhu sisaldus %	Katse-kehad	Märkused
1.	HC Beton	171116	054BYS	4,0	08:19	Fumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	9:20	17	5,2%	4 : k	
2.	HC Beton	171121	497MHS	4,0	09:11	Fumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	10:30	15	5,5%	4 : k	
3.	HC Beton	171125	592BRZ	4,0	10:37	Fumi	C40/50	XC3, XD1, XF4, KK4	11:27	14	4,3%	3 : k	
	Kõrv		16.08.2019										
	Objekt		Vasalemma sild										
	Element		Keila poole postid										
	Koostas		M.Uuser										

Tabel nr. 48. Saatelehtede kokkuvõte 02.10. 2019.

JÄRELPINGE INSENERIBÜROO OÜ										Betooni kontrollleht B-40/I			
Jrk nr	Tarnija	Saatelehe nr	Auto nr	Betooni kogus m3	Valmistamise aeg	Etteandmine	Klassid		Katsetamine objektil			Markused	
							Tugevus-klass	Keskonnaklassid	Kellaeg	Valguvus cm	Õhu sisaldus %		Katsekehad
1.	HC Betoon	172452	759MHR	7,5	07:40	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	8:30	12	4,7%		
2.	HC Betoon	172455	497MHS	7,9	08:07	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	8:54	14	4,8%		
3.	HC Betoon	172457	514BXX	11,0	08:31	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	9:16	15	5,5%	3ST+4KK	
4.	HC Betoon	172460	006AXC	7,3	09:01	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	9:55	12	4,6%		
5.	HC Betoon	172461	592BRZ	7,7	09:17	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	10:15	14	4,7%		
6.	HC Betoon	172463	159MHX	7,7	09:38	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	10:32	14	4,8%		
7.	HC Betoon	172464	075BTJ	7,4	09:53	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	10:57	14	6,2%		
8.	HC Betoon	172465	705BHN	7,0	10:10	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	11:25	11	5,0%		
9.	HC Betoon	172466	904MHK	7,6	10:34	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	11:45	12	4,8%		
10.	HC Betoon	172467	759MHR	7,5	10:52	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	12:03	15	5,0%		
11.	HC Betoon	172468	497MHS	7,9	11:15	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	12:23	12	4,6%		
5.	HC Betoon	172469	514BXX	11,0	11:36	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	12:45	10	5,9%		
6.	HC Betoon	172472	006AXC	7,3	12:10	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	13:25	12	4,7%		
7.	HC Betoon	172474	592BRZ	7,7	12:40	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	14:04	16	4,9%		
8.	HC Betoon	172477	075BTJ	7,4	13:30	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	14:50	12	5,1%		
9.	HC Betoon	172482	514BXX	11,0	14:38	Pumi	C40/50	XC4, XD1, XF4, KK4	15:24	12	5,0%		
10.	HC Betoon	172487	006AXC	5,0	15:56	Pumi	C35/45	XC3, XD1, XF3, KK3	16:49	14	4,7%	3ST	
11.	HC Betoon	172488	592BRZ	4,0	16:20	Pumi	C35/45	XC3, XD1, XF3, KK3	17:05	13	4,7%		
	Kõrv		02.10.2019										
	Objekt		Vasalemma siid										
	Element		Tekk ja Haapsalu poolne ps.plaat										
	Koostas		M.Luusen										

Tabel nr. 49. Saatelehtede kokkuvõte 08.10. 2019.

JÄRELPIINGE INSENERIBÜROO OÜ			Betooni kontrollleht B-40/1											
			Tarnija	Saatelehe nr	Auto nr	Betooni kogus m3	Valmistamise aeg	Etteandmine	Tugevus-klass	Klassid	Kellaeg	Valguvus cm	Õhu sisaldus %	Katse-kehad
1.	HC Betoon	172634	006AXC	5,0	12:28	renn	C40/50	XC4_XD3_XF4_KK4	13:10	12	6,5%	3+4+4		
			Kpv				08.10.2019							
			Objekt				Vasalemma sild							
			Element				Tiibade servaprussid							
			Koostas				M.Uusen							

2. Lintsi jõe silla betooni andmed.

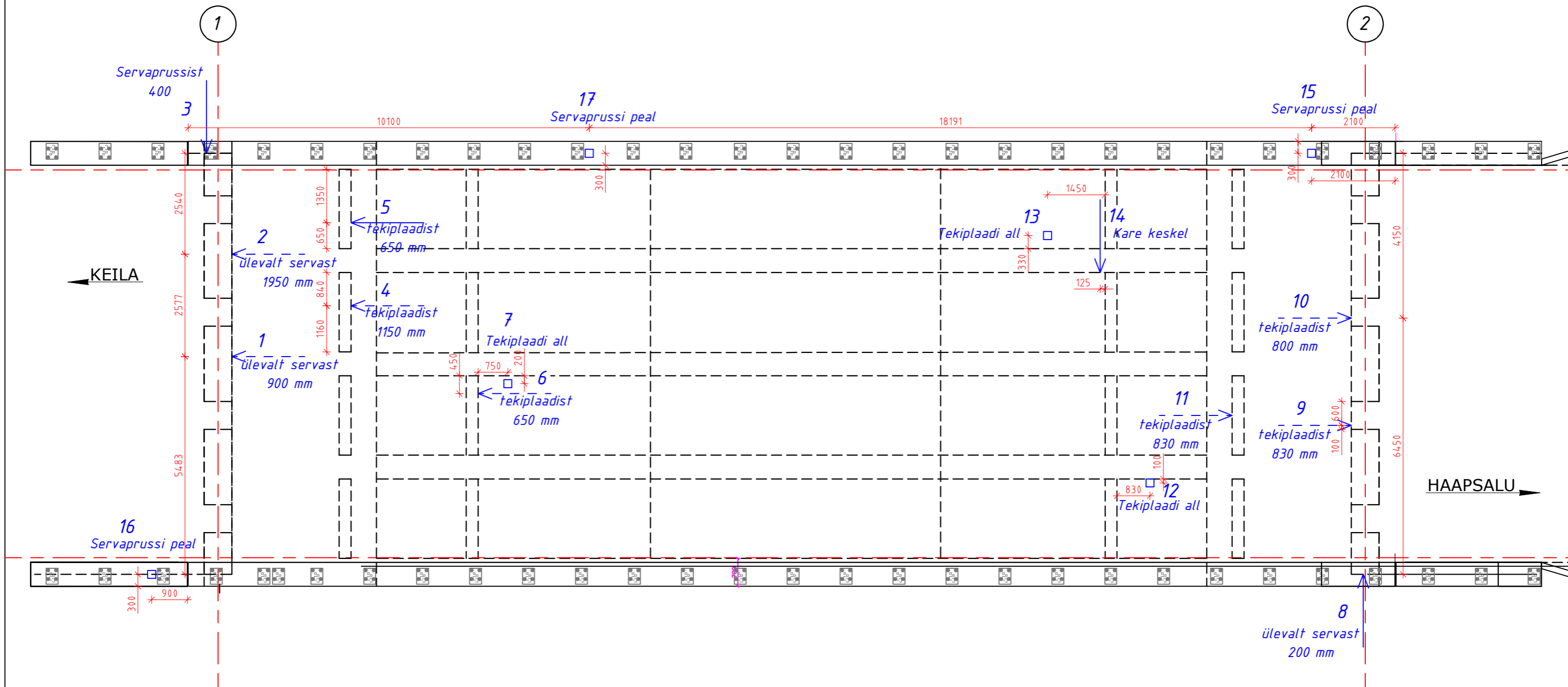
Tabel nr. 50. Lintsi silla betooni katete tulemuste kokkuvõte.

Lintsi jõe sild									
2018									
2734/18	12.07.2018	C30/37	6,06	Lintsi vaiad	Survetugevus	keskm. 50,2	Toode tehnokekus		
4080/18	07.09.2018	C35/45	13,07	Lintsi postid telg A	Survetugevus	keskm. 65,7	Teede tehnokekus		
		C35/45	25,07	Lintsi postid telg B	Survetugevus	keskm. 54,3	Teede tehnokekus		
		C35/45	18,07	Lintsi postid telg D	Survetugevus	keskm. 32,7	Teede tehnokekus		
		C35/45	23,07	Lintsi postid telg E	Survetugevus	keskm. 62,0	Teede tehnokekus		
909/18	07.11.2018	C35/45	18,07	Lintsi postid telg D - B proov	Survetugevus	keskm. 66,2	TTÜ		
5479/18	16.11.2018	C30/37	8,06	Lintsi vaiad	Külmakindlus	XF3 KK3	Teede tehnokekus		
5692/18	30.11.2018	C35/45	18,07	Lintsi postid telg D	Külmakindlus	XI-4 KK4	Teede tehnokekus		
5805/18	13.12.2018	C35/45	13,07	Lintsi postid telg A	Külmakindlus	XF4 KK4	Teede tehnokekus		
5901/18	28.12.2018	C35/45	29,11	Lintsi tekiplaat	Survetugevus	keskm 44,8	Toode tehnokekus		
164/19	08.02.2019	C35/45	25,07	Lintsi silla postid telg B	Külmakindlus	XF4 KK4	Teede tehnokekus		
165/19	08.02.2019	C35/45	23,07	Lintsi silla postid telg E	Külmakindlus	XF4 KK4	Teede tehnokekus		
250/19	12.03.2019	C35/45	18,07	Lintsi postid telg D	Külmakindlus	XF4 KK4	TTÜ		
251/19	12.03.2019	C35/45	13,07	Lintsi postid telg A	Külmakindlus	XF4 KK4	TTÜ		
488/19	29.03.2019	C35/45	29,11	Lintsi tekiplaat	Külmakindlus	XF4 KK4	Teede tehnokekus		
488/19	29.03.2019	C35/45	29,11	Lintsi tekiplaat	Külmakindlus	XF4 KK4	Teede tehnokekus		
3352/19	29.08.2019	C35/45	30,07	Lintsi pealesõiduplaat	Survetugevus	keskm 49,1	Teede tehnokekus		
4987/19	15.11.2019	C35/37	30,07	Lintsi pealesõiduplaat	Külmakindlus	XF4 KK4	Teede tehnokekus		
20/94	15.11.2019	C35/37	30,07	Lintsi pealesõiduplaat	Külmakindlus	XF4 KK4	TTÜ		

GRAAFILINE OSA

1. Katsekohtade asukohad Vasalemma sillal..... 01
2. Katekohtade asukohad Rae kanali tugiseintel.....02
3. Katsekohtade asukohad Rae kanali sillal.....03
4. Katsekohtade asukohad Lintsi sillal..... 04

Silla plaan (M1:100)



Katsekoha number


6

Katsekoht horisontaalsel pinnal

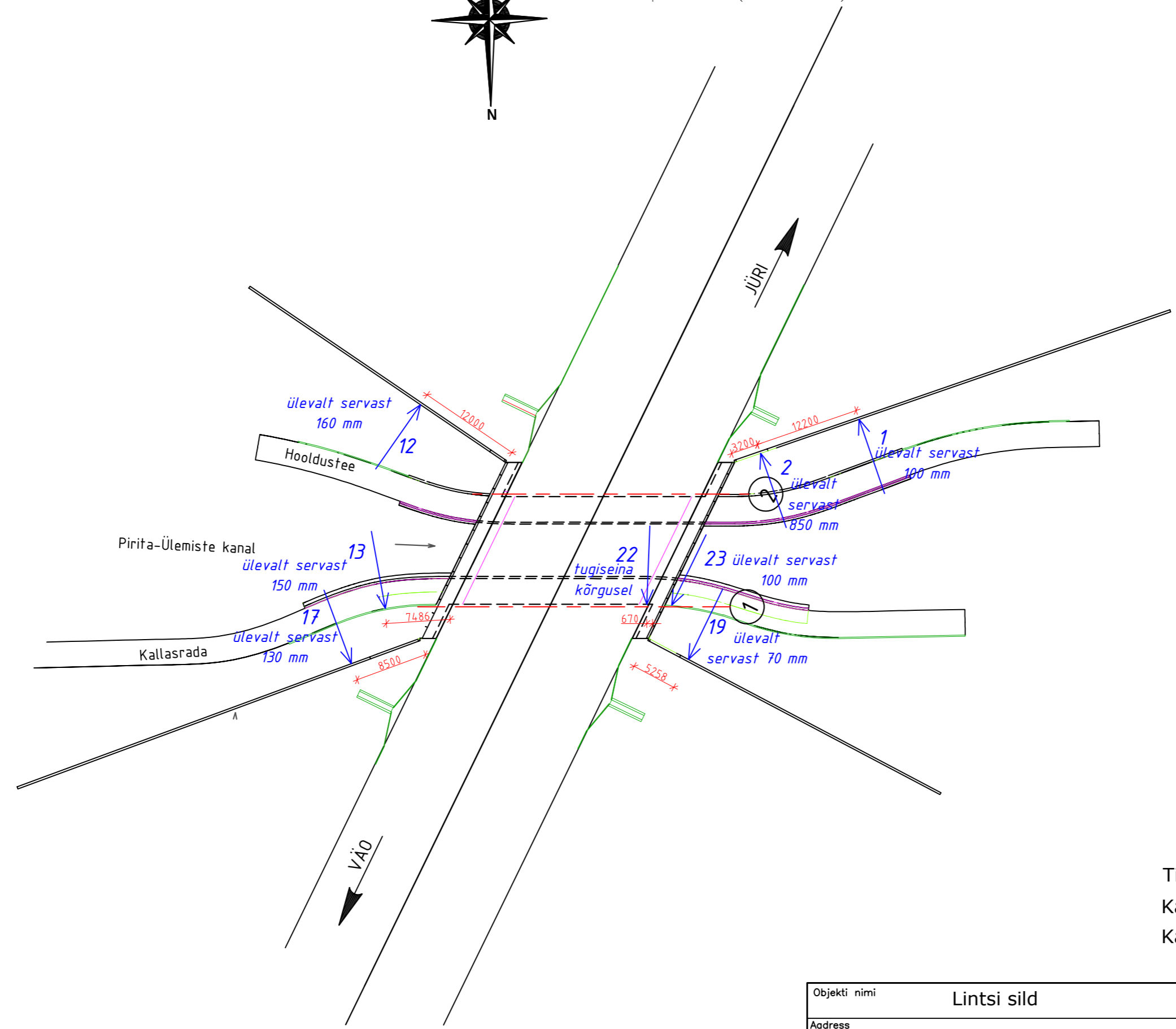
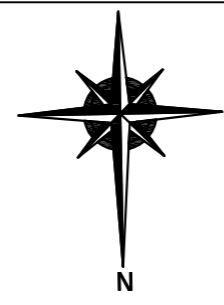


Katsekoht vertikaalsel pinnal



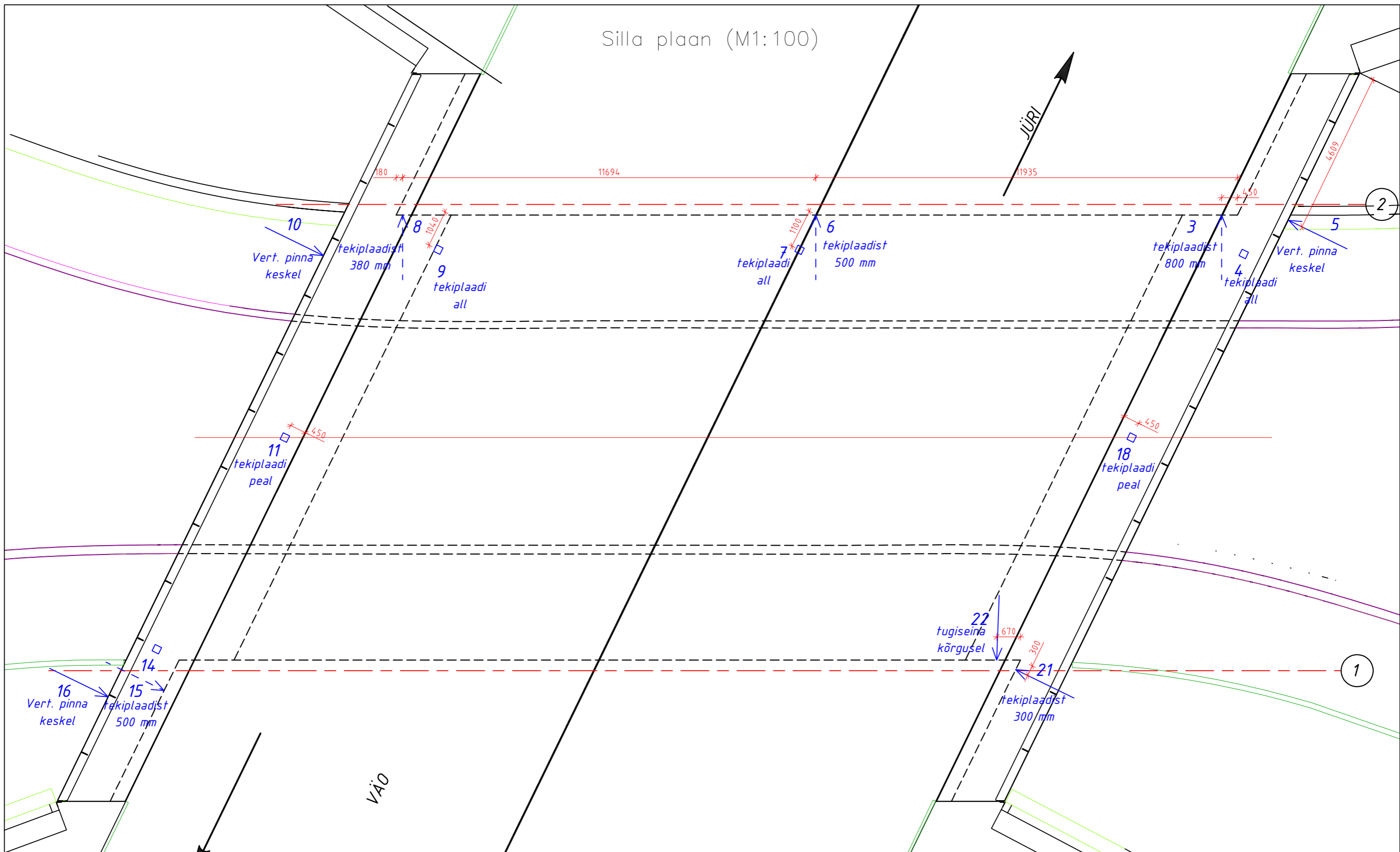
Objekti nimi	Lintsi sild		Joonise nimetus	Mõõtkava
Address	Keila Haapsalu mnt.		Katsekohtade asukohad Vasalemma sillal	M1:100
 Tallinna Tehnikaülikool 19086 Tallinn, Ehitajate tee 5	Projekt	T.STEINFELD	Kuupäev	file
	Üliõpilaskood	183375EAXM	16.05.2022	Stadium
Juhendas	S.SEIN	Joonise nr:	01	Muudatus

Silla plaan (M1:500)



Objekti nimi	Lintsi sild		Joonise nimetus	Mõõtkava
Address	Tallinna ringtee		Katsekohtade asukohad Rae Kanali tugiseintel	M1:100
 Tallinna Tehnikaülikool 19086 Tallinn, Ehitajate tee 5	Projekt	T.STEINFELD	Kuupäev	file
	Üliõpilaskood	183375EAXM	16.05.2022	Staadium
	Juhendas	S.SEIN	Joonise nr:	Muudatus
			02	

Silla plaan (M1:100)



Tingmärgid

Katsekoha number

Katsekoht horisontaalsel pinnal

Katsekoht vertikaalsel pinnal

6

□

←

Objekti nimi	Lintsi sild		Joonise nimetus	Mõõtkava
Address	Tallinna ringtee		Katsekohtade asukohad Rae Kanalali sillal	M1:100
 Tallinna Tehnikaülikool 19086 Tallinn, Ehitajate tee 5	Projekt	T.STEINFELD	Kuupäev	file
	Üliõpilaskood	183375EAXM	16.05.2022	Stadium
Juhendas	S.SEIN	Joonise nr:	03	Muudatus

