



TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOO

Erkki Hummal

**VILJANDI LINNA KAUGE
TÄNAVA PIKENDUSE PROJEKTI
MUUDATUSED**

LÕPUTÖÖ

Ehitusteaduskond
Teedehituse eriala

Tallinn 2012

Tõendan, et lõputöö on minu, Erkki Hummali poolt kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja loome- ja teadustööde seisukohad on viidatud.

Lõputöö koostamine, kaitsmine ja selles sisalduv informatsioon on prima facie õppeotstarbeline ja töö on kaitstud autoriõiguse seadusega, mille kohaselt on autoril töö suhtes mittevoralised õigused.

Juhul, kui seda lõputööd kasutatakse muudel põhjustel kui reprodutseerimine õppe- ja teaduslikel eesmärkidel, mis ei ole ajendatud ärilistest huvidest, siis laienevad lõputöö autorile lisaks mittevoralistele õigustele ka voralised õigused.

Diplomand: Erkki Hummal

(allkiri ja kuupäev)

Üliõpilase kood e08242k

Õpperühm KTEI 81

Lõputöö vastab ülesandele ja kehtivatele nõuetele.

Juhendaja: Rene Pruunsild

(allkiri ja kuupäev)

Konsultant: Lauri Künnapuu

(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmisele lubatud “.....” 20....a

Ehitusteaduskonna dekaan

Jüri Tamm

(allkiri)

SISUKORD

Sissejuhatus	5
1. Projekti koostamise nõuded.....	7
2. Olemasolev olukord.....	8
2.1. Üldosa.....	8
2.2. Geoloogia ja hüdroloogia	10
2.3. OÜ Tinteri poolt koostatud Kauge tn pikenduse projektlahendus	11
3. Kauge tn silla variantide võrdlus	12
3.1. Torusild.....	12
3.1.1. Asukoht.....	13
3.1.2. Dimensioneerimine.....	15
3.1.3. Ehitusmaksumus	19
3.2. Raudbetoonsild	20
3.3. Parima alternatiivi valimine.....	22
4. Projektlahendus	24
4.1. Üldosa.....	24
4.2. Tee lahendus	24
4.3. Torusilla paigaldus	27
4.4. Perspektiivne kergliiklustee tunnel.....	29
5. Projektlahenduse ehituse maksumus	34
Kokkuvõte	38
Summary.....	39
Viidatud allikate loetelu.....	40
Lisad	42
Lisa 1. Kauge tänava viadukti projekteerimistingimused	42
Lisa 2. EMHI andmed Valuoja oja kohta	44
Lisa 3. Viljandi Maaparandusbüroo andmed Valuoja oja kohta	47
Lisa 4. Nomogramm torusilla dimensioneerimiseks	48
Lisa 5. RPK Teede hinnapakumine	49
Joonised	52

Joonis 1. Liikluskorraldus.....	53
Joonis 2. Asendiplaan	54
Joonis 3. Vertikaalplaneering	55
Joonis 4. Tee pikiprofiil.....	56
Joonis 5. Torusilla pikiprofiil	57
Joonis 6. Ristlõiked.....	58

SISSEJUHATUS

Käesolevas lõputöös lahendatakse Viljandi linna Kauge tn. pikendus (Valuoja pst - Leola tn.), mille käigus on tegemist üle 300 m pikkuse uue tänava rajamisega, koos kergliiklusteede ja sillaga.

Töö koostamise alusena on kasutatud 08.01.2012 Viljandi Linnavalitsuse majandusameti poolt väljastatud lähtetingimusi Kauge tänava viadukti projekteerimiseks.

Vastavalt [1:1] koostati 2004 aastal OÜ Tinteri poolt Kauge tänava pikenduse tööprojekt, mis aga ehitamiseni ei jõudnud. Tänapäevaks on Viljandi Linnavalitsus otsustanud, et soovib loobuda Tomuski paisjärve ehitamisest, millega arvestati varemprojekteeritud Kauge tänava pikenduse projektis. Paisjärve asemel soovitakse 2012. aastal vastavalt projekteerimistingimustele silda üle Vaoluja oja. Antud lõputöö põhinebki uutel projekteerimistingimustel ja OÜ Tinteri poolt koostatud Kauge tänava pikenduse projektil.

Lõputöö eesmärgiks on projekteerida üle Valuoja oja sild, mis oleks võimalikult ökonoomne. Üheks silla ehitamise võimaluseks oleks rajada see traditsioonilisest raudbetoonist, kuid võib kasutada ka alternatiivseid lahendusi. Antud töös pakutakse välja alternatiivse lahendusena monteeritav terastorusilla rajamist. Terastorusild on metallplaatidest konstruktsioon, mille kõrgus on laiuusest väiksem ja see tähendab, et ei ole ühest diameetrit nagu ümaral torul.

Leidmaks odavamat võimalust silla rajamiseks, koostatakse monteeritava torusilla eelprojekt, leitakse mahud ja ehitusmaksumus ning võrreldakse seda raudbetoonsilla maksumusega. Vastavalt torusilla tootjate andmetele peaks nende meetod silla ehituseks olema poole odavam, kui raudbetoonist silla ehitus.

Monteeritava torusilla projekteerimiseks on kasutatud Anne Visnapuu poolt koostatud lõputööd „Torusilla projekteerimisjuhend”. Projekteerimise käigus valitakse terastorusillale sobiv asukoht ja dimensioneeritakse torusild vastavalt kohalikele oludele. Võrdlemaks monteeritava terastorusilla ehitusmaksumust raudbetoonsilla omaga koostatakse ka Kauge tänava pikenduse lahendus koos raudbetoonsillaga ning leitakse silla mõõdud, mis teevad võimalikuks hinnata ligikaudselt raudbetoonsilla ehitusmaksumust.

Antud teema on valitud , kuna vastavalt Anne Visnapuu tööle on monteeritava terastorusildade rajamine Eestis ka suhteliselt uudne ja vähekasutatud [2:5]. Lõputöö annabki võimaluse uuride põhjalikumalt torusildade kohta ning võrrelda tema ehitusmaksumust raudbetoonsillaga.

Eelnevalt on töö autor ise külastanud objekti ja teinud fotosid olemasolevast olukorrast ning kogunud projekteerimiseks alusmaterjale Viljandi linnavalitsusest, Maaparandusbüroost, EMHI-st ning küsinud RPK Teedest hinnapakkumise. Kõik töös kasutatud allikad on viidatud.

1. PROJEKTI KOOSTAMISE NÕUDED

Projekti eesmärk on lahendada Kauge tänava pikendus üle Valuoja oru ning projekteerida sild üle Valuoja oja.

Projekti koostamisel on lähtutud Viljandi linnavalitsuse majandusameti poolt 08.01.2012 välja antud projekteerimise tingimustest „Kauge viadukti projekteerimise nõuded”. Projekteerimisnõuded on esitatud lisas 1. Projekteerimisnõuete olulisemad punktid on:

- Projekteerida Kauge tänava pikendus
- Projekteerida Kauge tänava pikendusele sild üle Valuoja oja
- Projekteerimisel ei ole vaja arvestada Tomuski paisjärve rajamisega
- Projekteeritava tee ja sild ei pea täitma tammi ülesannet
- Projekteerimisel kaaluda tee alla kergliiklustunneli rajamist.

Vastavalt projekteerimistingimustele [1:2] tuleb projekteerimisel lähtuda kehtivatest seadusandlikest aktidest, sh Eesti Standard EVS 843:2003 Linnatänavad. Teeprojekt koostada vastavuses teede ja sideministri poolt 28.09.1999.a. kinnitatud määrusega nr. 54 “Teeprojekti suhtes esitatavad nõuded” (RTL 1999, 153, 2156).

Projekteerimise aluseks on võetud OÜ Tineri projekti poolt 2004. aastal koostatud geodeetiline alusplaan [3:1].

Lähteanded projekteerimiseks:

- Projekteerimise lähtetase – hea
- Projektkiirus – 60 km/h
- Tänav liik – juurdepääsu tänav

2. OLEMASOLEV OLUKORD

2.1. Üldosa

Projekteeritav lõik asub Viljandis, Paalalinnas, Valuoja pst ja Leola tänava vahelisel maa-alal. Antud maa-alal asub Valuoja org. Natukene eemale jääb Paala paisjärv. Antud lõik on näidatud punase värviga joonisel 1.



Joonis 1. Asukoha plaan [autori täiendused [4:1]]

Uus tänav saaks ühendama kahte linnaosa – Paalalinna ja kesklinna. Lõik oleks alternatiivseks võimaluseks Paalalinna servas elavatele inimestele ületada Valuoja org, mis eraldab kahte linnajagu. Uus lõik oleks kõige põhjapoolsemaks ühenduseks kahe linnaosa vahel. Hetkel on sisuliselt ainukeseks võimaluseks Paalalinnast Kesklinna suundumisel kasutada Jakobsoni tänavat. See asub Kauge tänava pikendusest ca 800 m. kaugusel. Seega vähendaks uus lõik paljudele sõidumaad ja aega.

Kauge tänava pikenduse maa-ala on tühermaa, kus vastavalt Viljandi Linnavalitsuse projekteerimise nõuetele puuduvad kommunikatsioonid [1:1]. Oru põhjas lasub ehituspraht. Leola tänava poolses kaldal asuvad aiamaa lapid.

Olemasolev Vaaluoja oja voolusäng on looklev ning kohati muutub laiemaks ja sügavamaks seejärel aga jälle kitsamaks ja madalamaks. Valuoja oja laiem voolusäng on näha fotol 1.



Foto 1. Valuoja oja [erakogu]

Kohati on voolusäng prahti täis ja osaliselt kinni kasvanud. Oja pikikalle antud lõigus on 0,08%. Üle oja lähevad üksikud palkidest ajutised purded, mis on näha fotol 2.



Foto 2. Ajutine purre üle Valuoja oja [erakogu]

Vastavalt Viljandi Linnavalitsuse projekteerimistingimustele on geodeetiline alusplaan koostatud OÜ Tinter projekti poolt 2004. aastal projekteeritud Kauge tänava pikenduse tööprojekti raames [1:2].

2.2. Geoloogia ja hüdroloogia

Vastavalt Viljandi Linnavalitsuse projekteerimistingimustele [1:1] asub Valoja oru põhjas turvas, mis ida poolsel kaldal läheb üle kasvupinnaseks. Valuoja puiestee poolsel kaldal lasub kasvupinnase all pehmeplastne liivsavimoreen jämepurru sisaldusega 25...30%. Vastaskaldal lasub keskliiv saviliivast vahekihtidega, mis läheb nõlval üle tolmjaks saviliivaks. Mainitud kihi all lasub kruusliiv, mille kruusasisaldus on 30...40%. Kruusliiva absoluutkõrgus oru keskosas on 77,00 m. ja Valuoja puiestee poolses kaldal 80,00 m.

Aastatel 1949-1955 viis läbi Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia instituut uuringud, mille raames mõõdeti veetasemed ja vooluhulgad Valuojal. Aruandes [5:2] on öeldud, et valgala pindala oli alguses 3,92 km², kuid 1955. aastal suurenes, seoses maaparandustöödega, üle 2 korra ja moodustas 9,25 km². Antud uuringu põhjal esines suurim vooluhulk aastal 1951, kui vooluhulgaks mõõdeti 3,1 m³/s. 1955. Aastal pärast valgala suurenemist mõõdeti vooluhulgaks 2,54 m³/s. Aruande koondtulemused on esitatud lisas 2.

Aastal 1976 on koostatud RPUI Eesti Maaparanduse poolt tööprojekt Valuojale paisjärve rajamiseks. Antud tööprojekti raames läbi viidud uuringutes [6:1] leiti, et kevadine 1%-ne maksimaalne äravool oli 5,5 m³/s. Kevadine 10%-ne maksimaalne äravool oli 2,37 m³/s ja suvine keskmine ehk 50%-ne äravool oli 0,031 m³/s. Kogu saadud materjal on esitatud lisas 3.

Antud Kauge tänava pikenduse silla projekti koostamisel on aluseks võetud 1976. aasta andmed, kuna need on ajaliselt kõige hilisemad. Teiseks põhjuseks nende andmete kasutamisel on see, et antud uuringus on arvutatud 1%-ne kevadine maksimaalne vooluhulk. Varasemas uuringus on esitatud ainult üle 60 aastat tagasi esinenud vooluhulgad ja nende põhjal arvutusliku maksimaalse vooluhulga leidmiseks on vaja täiendavaid andmeid.

2.3. OÜ Tinteri poolt koostatud Kauge tn pikenduse projektlahendus

OÜ Tinter koostas 2004. aastal Kauge tänava pikenduse tööprojekti [7:1], mis ühendaks Kauge tänavat üle Valuoja oru Leola tänavaga. Projektis arvestati Tomuski paisjärve rajamisega. Selleks kindlustati üks kaldapool ja rajati terastoru läbimõõduga 1600 mm. Projektis nähti ette tammi ehitamine, tammile sõidutee ja kõnnitee ehitamine.

Vastavalt [7:1] projekteeriti Kauge tänava pikenduseks kahe rajaline ja kahesuunalise sõidutee laiusega 7,5 m, mis teeb ühe sõiduraja laiuseks 3,75 m. Tee on laiem ühe sõidusuuna arvelt Valuoja puistee poolses otsas parkimisvõimaluse loomiseks Valuoja puistee 26 maja ees. Projekteeritud pikendus moodustas mõlemas otsas kolmeharulise anna teed ristmiku. Valuoja puistee poolses otsas on Kauge tänava suund peateeks ning Leola tänava poolses otsas on Kauge tänava pikendus kõrvalteeks. Leola tänava poolses otsas läheb Kauge tänava pikenduse läbiv sõidurada vasakpöördesse ja täiendavalt tekib ristmikul parempöörde rada Leola tänavale.

Mõlemasse sõidutee serva projekteeriti äärekividega (kõrgus 15 cm) eraldatud kõnnitee laiusega 3,25 m. Kõnnitee serva oli ette nähtud 3 cm kõrgune kõnnitee äärekivi. Sõiduteele nähti ette kahekihiline asfaltbetoonist kate ning kõnniteedele ühekihiline kergasfaltbetoonist kate.

Lisaks teede ehituslikule osale lahendati OÜ Tinteri [7:1] poolt veel sademevee restkaevude paigaldamine, side ja elektrikaablite reservtorude paigaldamine, tänavavalgustust ning gaasi ja kaugküttetorude koridori määramist.

3. KAUGE TN SILLA VARIANTIDE VÕRDLUS

Antud peatükis on kirjeldatud monteeritava terastorusilla projekteerimist ja projektlahendust ning leitud terastorusilla ehitusmaksumus. Seejärel on leitud raudbetoonsilla lahendus ja ehitusmaksumus. Peatüki lõpus on võrreldud kahe alternatiivse lahenduse ehitusmaksumusi ja edasiseks projekteerimiseks valitud sobivama silla lahendus.

3.1. Torusild

Monteeritava torusilla projekteerimisel on aluseks võetud Anne Visnapuu lõputöö Torusildade projekteerimisjuhend, mille järgi peetakse torusilla all silmas konstruktsiooni, mille kõrgus on laiusest väiksem, see tähendab et ei ole ühest diameetrit nagu ümaral torul [2:7]. Monteeritav terastorusild on näidatud fotol 3. Vastavalt samale juhendile [2:7] ei eristata Eestis ava suuruse järgi, kas tegemist on truubi või sillaga. Vastavalt [2:7] on näiteks Soomes aluseks võetud, et toru, mille läbimõõt on alla 3 m on truup ning sellest suuremate mõõtmete korral on tegemist sillaga. Samuti kasutatakse läbimõõdust sõltuvalt ka kõiki norme ja nõudeid vastavalt siis sildade või truupide omadele [2:7].

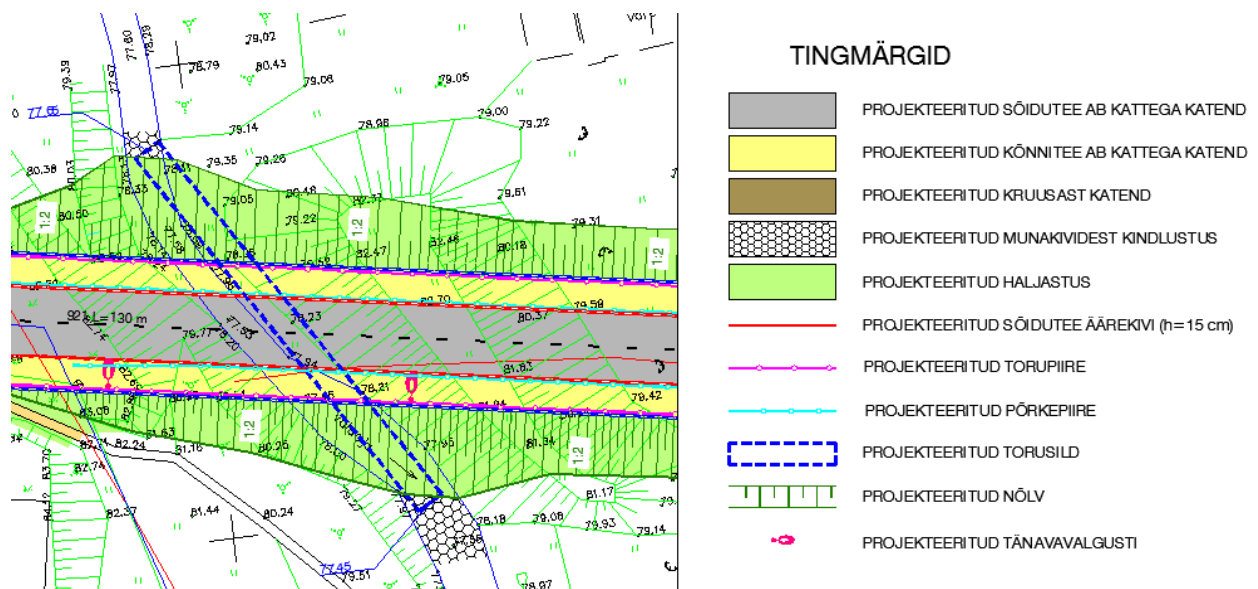


Foto 3. Monteeritav terastorusild [8:1]

3.1.1. Asukoht

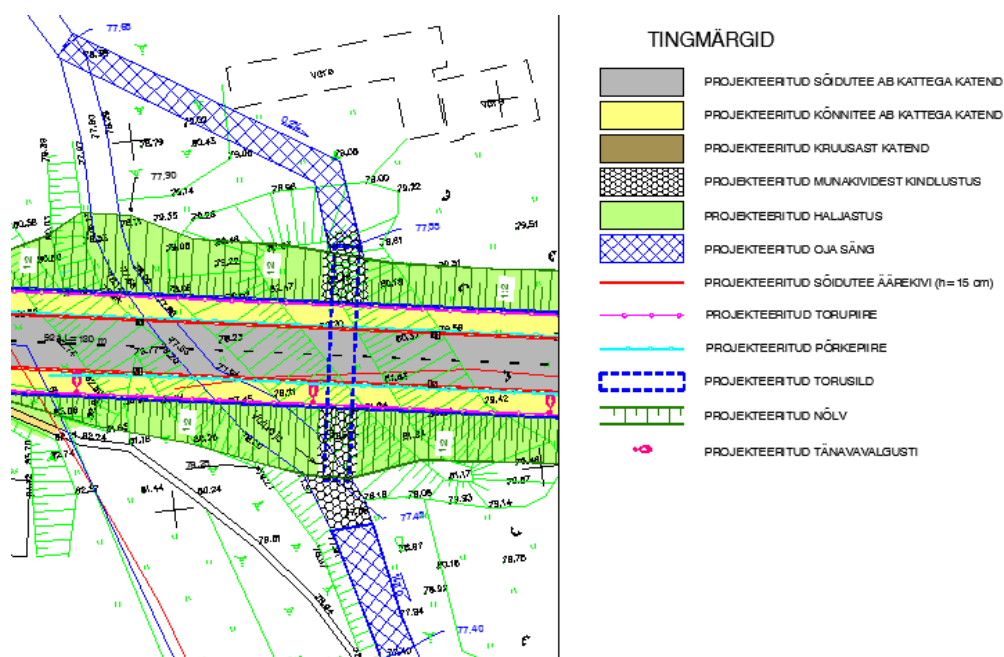
Vastavalt projekteerimise juhendile [2:29] on terastorusilla paigutamise esimene põhimõte valida selline asukoht, et torusillal oleks otsene sisse- ja väljavool. Seda sellespärast, et iga äkiline suunamuudatus ükskõik kummas otsas aeglustab voolu ning tekitab vajaduse suurema konstruktsiooni järele. Kuigi monteeritava torusilla nurga alla paigutamine nõuab pikemat toru, siis on see õigustatud kui hüdraulilised tingimused paranevad.

Antud projekti juures on üheks võimalikuks asukohaks paigalda terastorusild olemasoleva Valuoja oja kohale, kuid sellisel juhul jääb torusild teega võrreldes nurga alla. Torusild olemasoleva oja sängis on näidatud joonisel 2.



Joonis 2. Torusilla võimalik asukoht olemasoleva oja sängis [autor]

Teine alternatiiv oleks paigaldada terastorusild risti projekteeritava teega, ligikaudu samale kohale, kus Tinter OÜ projektis [7:1] on paigaldatud truup. Teega risti paigaldamisel oleks tarvis kaevata täiendavalt oja sängi ja ojale tekiks kaks käänakut, mis võib tulevikus tekitada uhtumist ja voolusängi muutust. See võimalus on näidatud joonisel 3.



Joonis 3. Torusilla võimalik asukoht teega risti [autor]

Monteeritava terastorusilla tehnilised andmed variantide võrdluseks on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Torusilla variantide võrdlus

	Torusilla pikkus (m)	Vana sängi täitmine (m)	Uue sängi kaevamine (m)
Torusild oja sängis	48	51	0
Torusild teega risti	34	73	48

[autor]

Teega risti olev torusild on ca 14 m lühem, kuid see eest tuleb kaevata uut sängi 48 m. Lisaks on vaja oja sängi kohale võimalik tulevikus rajade kergliiklustee tunnel. Kõrguslikult ei oma tähtsust, kumb asukoht valitakse, sest mõlemal juhul on pikikalle väga väike ca 0,3%. Kuna aga terastorusild tuleb oluliselt lühem ehitades risti teega, siis edasiseks tööks on valitud just see variant.

Seoses monteeritava terastorusilla ehitamisega risti teega, tuleb ka projekteerida ca 50 m uut oja sängi. Kuna antud lõigus on Valuoja ojal kalle ainult 0,08%, siis ei ole teist võimalust kui rakendada uue kraavi projekteerimisel erandlikku projekteerimise lähtetaset Maanteede projekteerimismormides. Sellisel juhul on uue ojasängi alguskohast, kuni terastorusilla sissevooluni oja pikikalle 0,2% [9:86]. Sama kalle on ette nähtud oja ka 25 m pikkusel lõigul pärast torusillast väljumist, viimaks torusilda kõrguslikult kokku edasi kulgeva oja sängiga.

3.1.2. Dimensioneerimine

Vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendile [2:18] tuleb esmalt dimensioneerida vooluava. Vooluava dimensioneerimiseks on vaja teada vooluhulkasid ja arvutusliku vooluhulga tõenäosust. Vooluhulgad on võimalik leida väliuuringute käigus või arvutuslikult. Vooluhulga esinemise tõenäosused, millega on vaja projekteerimisel arvestada on esitatud Maantee projekteerimismudel, kus arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosused on toodud vastavalt maantee klassile.

Antud töös on kasutatud Viljandi Maaparandusbüroost saadud andmed, mis koguti 1976. aastal Valuoja paisjärve tööprojekti koostamiseks. Terastorusilla dimensioneerimise aluseks on võetud vastavalt neile andmetele [6:1] kevadine 1%-ne maksimaalne äravool $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Arvutuslik vooluhulga esinemise tõenäosus 1%-le vastab Maantee projekteerimismudelis väikese silla ja truubi kohta kiirteele või I klassi maanteel [9:147]. Antud töös on tegemist jaotustänavaga, mis vastab III või IV klassi maanteele ja mille arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosus tuleks valida 2%. Mainitud andmed on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosus

	Tee klass	Arvutusliku vooluhulga esinemise tõenäosus, %
Väike sild ja truup	Kiirtee, I	1,0
	II ja III	2,0
	IV ja V	3,0

[9:147]

Paremate andmete puudumisel tuleb antud töös jääda arvutusliku vooluhulga 1 % esinemise tõenäosuse juurde ning arvestada, et monteeritav terastorusild saab natukene üle dimensioneeritud.

Torusilla ristlõike ja profiili määramiseks kasutati tootjafirma poolt väljastatud nomogrammi [10:1] (käesolevas töös Asset International'i nomogrammi, mis on esitatud lisa 4). Enne dimensioneerimist on otsustatud, et terastorusilla projekteerimisel paisutus ei ole lubatud, seega on tegemist surveta torusillaga, mis tähendab, et veetaseme kõrgus truubi ees peab olema väiksem, kui 1,2 kordne torusilla kõrgus [10:1]. Lisaks on dimensioneerimisel arvestatud, et toru asub nõlva sees ja lõigatakse nõlvusega 1:2 nõlvaga tasa.

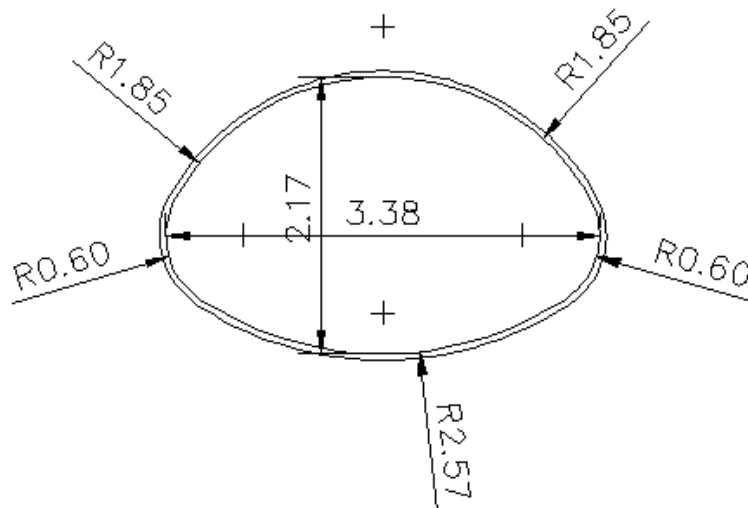
Monteeritava terastorusilla projekteerimisel on valitud lubatud voolukiirus terastorusilla sees vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendil, kus on mainitud, et Maanteeameti poolt väljastatud lähteülesannetes ei lubata torus tõusta üle 2 m/s , et vältida mehaanilisi vigastusi toru sisse- ja

väljavoolul [2:23]. Antud töös on arvestatud lubatud voolukiirusega ligikaudselt, kuna sisse- ja väljavool kindlustatakse munakividega.

Kasutades nomogrammi, mis on esitatud lisas 4, leiti terastorusilla ristlõike pindalaks $5,5 \text{ m}^2$. Asseti [10:1] poolt pakutavate profiilide hulgast valiti toru järgmiste mõõtmetega:

- Laius 3,38 m
- Kõrgus 2,17 m
- Ristlõike pindala $5,60 \text{ m}^2$.

Täpne ristprofiili kuju koos kõikide raadiustega on esitatud joonisel 4.



Joonis 4. Monteeritav terastorusild Assert MP 200 3,38x2,17 [autor]

Järgnevalt kontrolliti terastorusilla sobivust lähteülesandes püstitatud nõuetele, mille järgi peab voolu kiirus jääma alla 2 m/s ning ristlõikest peab läbi mahtuma vooluhulk $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Vastavalt Maanteede projekteerimismõnudele on torusilla/truubi minimaalne põhjalang 1% [9:86]. Kuna antud lõigus on olemasolev oja sāngi pikikalle $0,08\%$ ja seega sisuliselt olematu, siis ei ole ka truubile võimalik projekteerida kallet 1% . Torusilla kõrguste vaheks on reaalne projekteerida 10 cm , mis teeb torusilla pikikaldeks $0,3\%$.

Vooluhulga ja -kiiruse kontrollarvutused on tehtud Torusildade projekteerimisjuhendi järgi, kus terastorusilla konstruktsiooni käsitletakse kui renni/kanalit [2:25-26]. Arvutamiseks mõõdeti esmalt veekihi voolu ristlõike pindala A ja märgpiirde X erinevate veekihi h paksuste juures 20 cm

sammuga. Seejärel arvutati hüdrauliline raadius R ning Chezy moodul C . Lõpuks leiti iga vooluhulga Q juures voolu kiiris v . Arvutuse tulemused terastorusilla 1% kalde korral on esitatud tabelis 3 ja 0,3% languse korral tabelis 4.

Tabel 3. Vooluhulga ja -kiiruse kontrollarvutused torusilla 1% kalde juures

h (m)	A (m ²)	X (m)	R (m)	y	C (m/s)	Q (m ³ /s)	v (m/s)
0,2	0,27	2,04	0,13	0,31	15,14	0,15	0,55
0,4	0,75	2,91	0,26	0,30	18,91	0,72	0,96
0,6	1,34	3,5	0,38	0,30	21,48	1,78	1,33
0,8	2	3,94	0,51	0,29	23,45	3,34	1,67
1,0	2,68	4,34	0,62	0,29	24,89	5,24	1,96
1,2	3,34	4,76	0,70	0,28	25,85	7,23	2,17
1,4	3,97	5,23	0,76	0,28	26,44	9,15	2,30
1,6	4,54	5,75	0,79	0,28	26,74	10,79	2,38
1,8	5,03	6,36	0,79	0,28	26,76	11,97	2,38
2,0	5,42	7,14	0,76	0,28	26,44	12,49	2,30
2,17	5,60	8,75	0,64	0,29	25,15	11,27	2,01

[autor]

Tabelist 3 on näha, et valitud läbimõõduga torusilla maksimaalne vooluhulk on 1% kalde korral 11,27. Arvutusliku vooluhulga 5,5 m³/s juures on voolukiiruseks 2 m/s. Antud tingimustes aga ei ole kahjuks võimalik torusilda 1%-se kaldega projekteerida.

Tabel 4. Vooluhulga ja -kiiruse kontrollarvutused torusilla 0,3% kalde juures

h (m)	A (m ²)	X (m)	R (m)	y	C (m/s)	Q (m ³ /s)	v (m/s)
0,2	0,27	2,04	0,13	0,31	15,14	0,08	0,30
0,4	0,75	2,91	0,26	0,30	18,91	0,39	0,53
0,6	1,34	3,5	0,38	0,30	21,48	0,98	0,73
0,8	2	3,94	0,51	0,29	23,45	1,83	0,92
1,0	2,68	4,34	0,62	0,29	24,89	2,87	1,07
1,2	3,34	4,76	0,70	0,28	25,85	3,96	1,19
1,4	3,97	5,23	0,76	0,28	26,44	5,01	1,26
1,6	4,54	5,75	0,79	0,28	26,74	5,91	1,30
1,8	5,03	6,36	0,79	0,28	26,76	6,56	1,30
2,0	5,42	7,14	0,76	0,28	26,44	6,84	1,26
2,17	5,60	8,75	0,64	0,29	25,15	6,17	1,10

[autor]

Tabelist 4 nähtub, et samade mõõtudega terastorusilla 0,3% kalde all paigaldamisel on maksimaalne vooluhulk 8,84 m³/s. Arvutusliku vooluhulga 5,5 m³/s korral tõuseb vesi terastorusillas ca 1,5 m kõrgusele. Arvutustest on näha, et voolukiirus ei ületa ühegi veetaseme juures kiirust 2 m/s.

Järgnevalt määrati kindlaks monteeritava terastorusilla pikkus. Sõidutee laiuseks antud kohas on 7,0 m ning mõlemal pool sõiduteed on 3,50 m laiune kõnnitee, mille servas on 10 cm laiune äärekivi. Mõlemal poolt kõnniteed on nõlvad nõlvusega 1:2. Projekteeritud tee ja terastorusilla põhja kõrguste vahena arvestati 5 meetrit. Arvutamiseks kasutati Torusildade projekteerimise juhendit.

Monteeritava terastorusilla pikkus L ilma otste lõikamiseta arvutati järgmisest seosest [2:27]:

$$L_1 = h * m * 2 + l = 5 * 2 * 2 + 14,1 = 34,1 \text{ m}$$

Vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendile lõigatakse terastorusild kaldu nõlvaga [2:28]. Kaldu lõigatakse toru alates 1/3 alates torusilla põhjast kuni torusilla laeni. Kaldu lõikamise nõlvus on sama, mis nõlva nõlvus ja seega 1:2.

Toru pikkus pärast kaldu lõikamist on arvutatud valemist [2:28]:

$$L_{all} = (h - h_x) * m * 2 + l = (5 - 0,72) * 2 * 2 + 14,1 = 31,2 \text{ m}$$

Juhendis soovitatakse toru pikkust otste kindlustamise hõlbustamiseks suurendada mõlemalt poolt 20 cm [6:28], mis teeb lõplikuks toru alumise otsa pikkuseks 31,6 m.

Terastorusilla ülemise otsa pikkus on arvutatud valemist [2:28]:

$$L_{ül} = L_{all} - (h_{toru} - h_x) * m * 2 = 31,6 - (2,17 - 0,72) * 2 * 2 = 25,8 \text{ m}$$

Järgnevalt valiti monteeritava terastorusilla seinapaksus. Selleks ei tehtud eraldi tugevusarvutusi, vaid kasutati tootja poolt pakutavaid tabeleid [10:1] nagu on soovitatud juhendis [2:35]. Seinapaksuse leidmiseks on vaja teada kõrguste vahet torusilla lae ja sõidutee vahel, mis antud juhul on 2,8 meetrit. Torusillale diameetriga 3,38 m vastab tabelitest diameeter 3,5 m, mis lubab sellise katendi paksuse korral kasutada 3 mm paksust terasplaati.

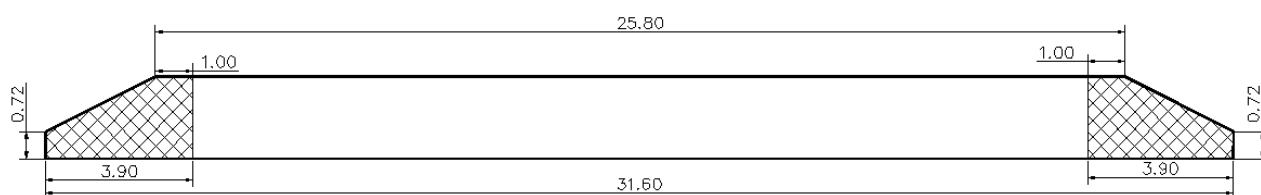
Kuna terastorusild on risti teega, siis otste nurga all lõikamisega arvestada tarvis ei ole. Kõik monteeritava torusilla dimensioneerimisel saadud tulemused on esitatud ülevaatlilikult tabelis 5.

Tabel 5: Torusilla andmed

Torusilla mark	MP 200
Läbimõõt	3,38 m
Kõrgus	2,17 m
Ristlõike pindala	5,60 m ²
Alumine pikkus	31,6 m
Ülemine pikkus	25,8 m
Seina paksus	3 mm
Lained plekis	200x55 mm

[autor]

Vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendile kaetakse terastoru kaitseks korrodeerumise eest 85 µm paksuse tsingi kihiga [2:41]. Samas juhendis öeldud, et soovitav on terastorusild kaitsta täiendavalt Epoxy (EH-100) kaitsekihiga juba tehases, et pikendada toru eluiga [2:43]. Epoxy kaitsekihiga tuleb vastavalt Hydrosealile kaitsta 0,5 m ulatuses seest ja 1 m ulatuses väljapoolt [11:1]. Väljapoolt kaitsmine on näidatud joonisel 5.

**Joonis 5. Torusilla kaitsmine Epoxy kaitsekihiga [autor]**

3.1.3. Ehitusmaksumus

Antud punktis on mõõdetud joonistelt monteeritava terastorusilla ehitusmahud ja seejärel arvutatud ehitusmaksumus. Terastorusilla konstruktsiooni ja Epoxy maksumuse arvutamiseks on küsitud ekspert arvamust torusilla tootjalt Hydroseal [11:1]. Terastorusilla monteerimise ja paigaldamiseks vajalikud ehitusmaksumused on saadud hinnapakkumisest [12:1].

Terastorusilla ehitusmaksumuse juures arvestati torusilla aluse konstruktsiooni ehitusega, torusilla monteerimise, otste lõikamise ja Epoxy katmisega ning kaitsva geotekstiili paigaldamisega. Monteeritava terastorusilla ehitamise mahud koos ühikhindade ja maksumusega on näidatud tabelis 6.

Tabel 6. Torusilla ehitusmaksumus

Makseartikli nimetus	Möödühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
III klassi geotekstiil	m ²	230	1,30	299,00
Paekillusik fr 16/32, h=25 cm	m ²	180	6,50	1 170,00
Paigaldusliiv, h=10 cm	m ²	160	2,20	352,00
II klassi geotekstiil	m ²	270	1,50	405,00
Torusild MP 200 (ristlõike pindala 5,60 m ²)	m	32	1 000,00	31 600,00
Torusilla otste lõikamine	tk	2	255,00	510,00
Epoxy kaitsekiht	m ²	101	26,15	2 647,00

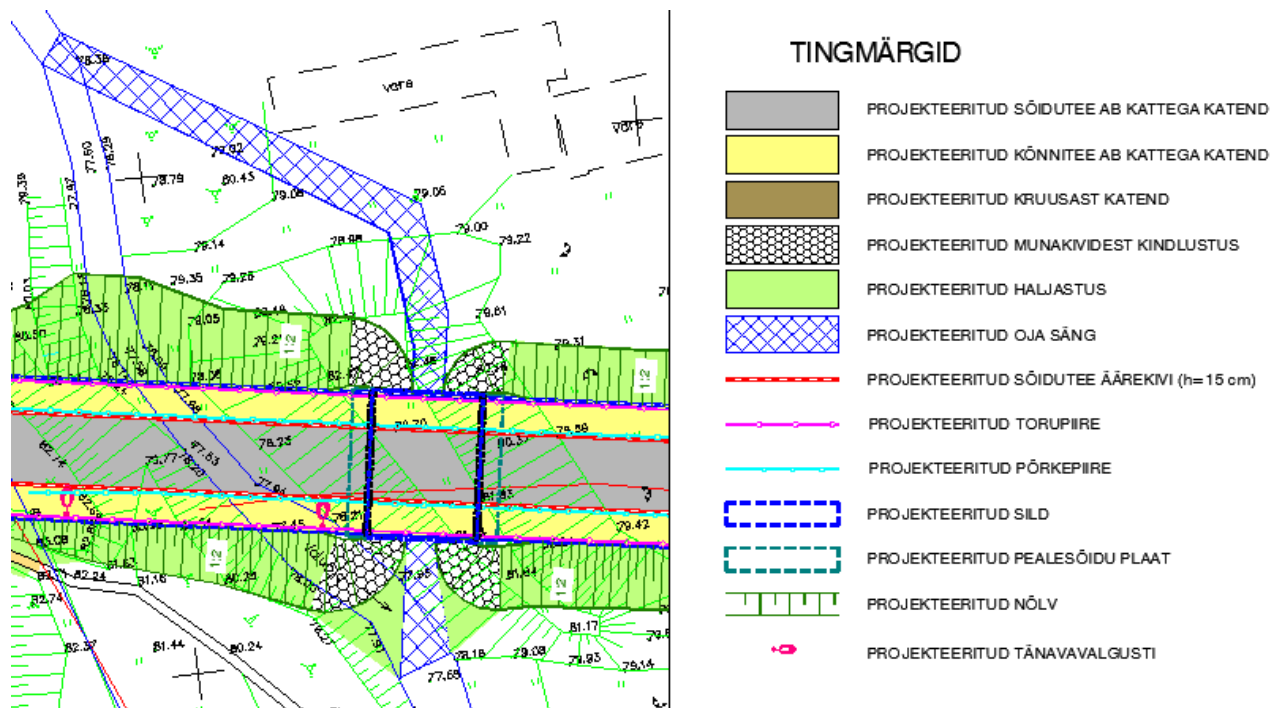
[autor]**KOKKU** 36 983,00

Monteeritava terastorusilla ehitusmaksumuseks saadi ca 37 000 €. Tabelis 6 esitatud mahtudele lisandub veel tee-ehituslikud mahud, mis on leitud viiendas peatükis. Tee-ehituse osas on arvestatud pinnase kaevamisega torusilla paigaldamiseks, olemasoleva ojasäangi täitmisega ning täiendava ojasäangi kaevamisega. Samuti lisanduvad mulde ja katendi ehituse mahud.

3.2. Raudbetoonsild

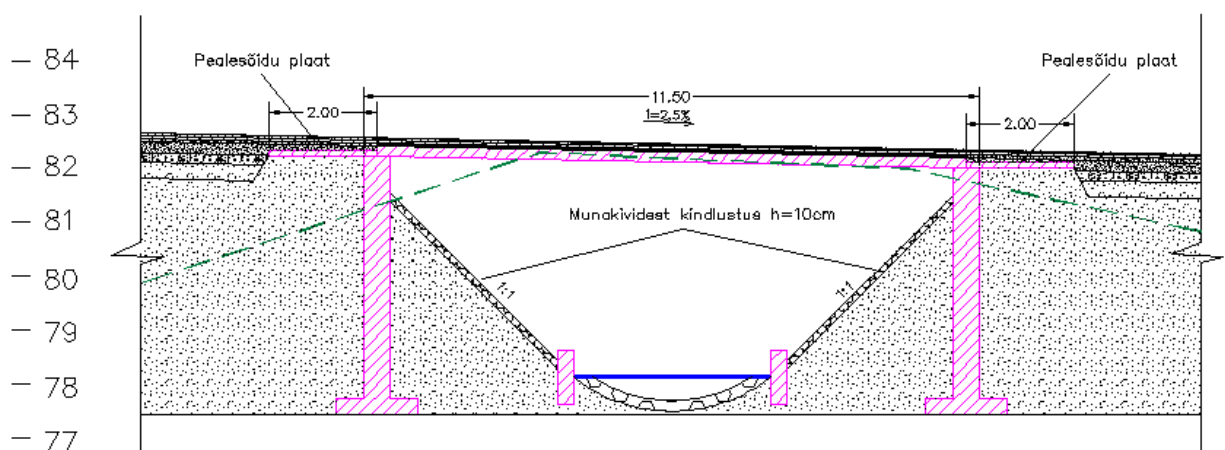
Monteeritava terastorusilla asemel teiseks alternatiivseks lahenduseks on raudbetoonist silla rajamine. Kuna silla tehnilise lahendamise jääb väljapoole töö teemat, siis on lihtsalt valitud põhilised silla karakteristikud ja vastavalt neile on arvutatud ligikaudne ehitusmaksumus.

Võrreldavuse saavutamiseks on raudbetoonsild projekteeritud samasse kohta, kuhu nähti ette ka terastorusild. Selleks tuleb sarnaselt torusilla lahenduse alternatiiviga kaevata täiendavat ojasäangi ca 50 meetrit, kuid selle tulemusena saab ehitada silla risti projekteeritud sõiduteega. Raudbetoonsilla lahenduse korral saab anda uuele oja sängile ka natukene suurema pikikalde, kui terastorusilla alternatiivis, kuna vahelt puudub torusild, mis nõuab suuremat kõrguste vahet. Antud juhul loobuti ka sillal asuval sõiduteel laienduse projekteerimisest, kuna sild on suhteliselt lühike. Ülejäänud osas on raudbetoonsilla alternatiiv võrreldav torusilla alternatiiviga. Raudbetoonsilla asendiplaan on näidatud joonisel 6.



Joonis 6. Raudbetoonsilla asendiplaan [autor]

Raudbetoonsilla projekteerimisel arvestati kahe kaldasamba rajamisega. Silla pikkuseks mõõdeti kaldasammaste tagant 11,5 m ning laiuks 14,9 m, mis kokku teeb silla pindalaks ca 171 m². Mõlemale poolse kaldasammast nähti samuti ette 2 m pikkune peale sõiduplaat. Samuti on mõlemale poole kaldasammaste juurde projekteeritud koonused nõlvusega 1:1. Koonuse kindlustatakse munakividega, mis pannakse betooni peale. Arvestatud silla lõige on näidatud joonisel 7.



Joonis 7. Raudbetoonsilla lõige [autor]

Raubetoon silla projekteerimisel tuleb arvestada ka piirde vajadusega nii sõiduautodele kui jalakäijatele. Põrkepiirdena tuleb kasutada madala toimivusalaga piiret W1. Samuti peab kergliiklejate ohutuse tagamiseks kasutama kõrget ja tihedat torupiiret. Kuna raudbetoonsilla täpset lahendust ei ole antud töös leitud, siis ei ole ka piirdeid täpselt projekteeritud. Lisaks on vaja raudbetoonsilla projekteerimisel täiendavalt lahendada ka varemprojekteeritud kommunikatsioonide ristumine sillaga.

Raudbetoonsilla ehitusmaksumuse arvutamise juures on eeldatud, et silla ruutmeetri hind on 12 000 EEK/m², mis teeb eurodes ligikaudu 767 €/m². See hind sisaldab ainult silla konstruktsiooni ja koonuste kindlustamiseks tehtavaid kulusi, mille all on arvestatud ka pealesõiduplaatide ja kaldasammaste ehitamine. Mullatööde, katendi ja piirete ehitusmaksumus leitakse eraldi. Antud konstruktiivse lahenduse valiku korral on silla pindala 171 m². See teeb raudbetoonsilla ehitusmaksumuseks ca 131 000 €.

Seoses raudbetoonsilla ehitamisega vähenevad ka mulde ehitamise mahu võrreldes monteeritava terastorusilla alternatiiviga ca 500 m³, mille maksumuseks tuleb 9 000 €. Samuti vähenevad drenkihi, kruusiliivast aluskihi, killustikust aluse ning kergimmutuse ehitusmahud nii sõiduteel kui kõnniteel, kuna sillale neid kihte ei rajata. Kõikide nende katendikihtide mahtude vähenemise tulemusena tekib kokkuhoid 2 350 €. Kogu muldekeha ja katendi kihtidelt saadava ehitusmaksumuse vähenemine raudbetoonsilla ehitamisel võrreldes torusillaga on seega 11 350 €.

Arvestades raudbetoonsilla ehitusmaksumust ja tee-ehituse osast tulevat kokkuhoidu on kogu lahenduse ehitusmaksumus, mida hakatakse terastorusilla maksumusega võrdlema 120 000 €.

3.3. Parima alternatiivi valimine

Silla lahenduse valiku tegemisel on aluseks võetud ehitusmaksumus, ehituse kestvus ning konstruktsiooni eluiga.

Üldiselt nõutakse projekteerimistingimustes, et silla või viadukti kasutusiga oleks 50 aastat. Raudbetoonsilla elueana ongi arvestatud 50 aastat. Monteeritava terastorusilla eluiga on arvatud vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendile. Arvutamisel on arvestatud terase kihi paksusega, tsingikihi paksusega ja värvikihi paksusega ning kõigi nende kulumiskiirusega [2:43]. Kulumiskiiruse eeldati, et Kauge tänava pikendus kuulub keskkonnaklassi K3 – tugevasti soolatatav tee.

$$\text{Kasutuskestus} = 0,2 * (3000 : 75) + 1,5 * [(85 : 5) + (100 : 8)] = 52,25 \text{ aastat.}$$

Sellest järeldub, et terastorusillal ja raudbetoonsillal on sarnane eluiga, juhul kui torusild kaitstakse korrektselt selleks ettenähtud vahenditega.

Vastavalt Torusildade Projekteerimisjuhendile on ka torusildade ehitusaeg lühem kui raudbetoonsillal. See saavutatakse tänu sellele, et torusild monteeritakse kokku varem valmistatud terasplaatidest, kuid raudbetoonist sillal on vajalik 21...28 päeva ooteaega, et tagada piisav survetugevus ning madal niiskuse sisaldus [2:12].

Monteeritava terastorusilla ehitusmaksumuseks leiti 37 000 € ning raudbetoonsilla ehitusmaksumuseks 120 000 €. Seega on torusilla ehitusmaksumus ca 83 000 € võrra odavam kui raudbetoonsild. Lisaks on mõlema konstruktsiooni kasutusiga põhimõtteliselt võrdne. Lähtuvalt sellest on jäetud raudbetoonsilla alternatiiv kõrvale ja edasises töös on arvestatud monteeritava terastorusilla rajamisega.

Vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendile võib torusilla maksumus olla kuni 50% odavam betoonsilla ehitamisest. Käesolevas töös osutus monteeritava terastorusilla maksumus ligi 70% odavamaks kui raudbetoonsild. Selle põhjuseks on tõenäoliselt valitud raudbetoonist silla konstruktsioon, mis sai valitud antud tingimustes liiga suur. Ligi 50%-ne ehitusmaksumuste erinevus oleks saavutatud siis, kui oleks projekteeritud 6,5 meetri pikkune sild.

4. PROJEKTLAHENDUS

4.1. Üldosa

Projektlahenduse aluseks on võetud Tinter OÜ poolt koostatud tööprojekt ja Viljandi linna poolt väljastatud projekteerimistingimused. Projekteerimise käigus muudetakse varemkoostatud teede osa projekti vastavalt vajadusele ning uuritakse perspektiivse kergliiklustee tunneli rajamist.

4.2. Tee lahendus

Antud punkti all on kirjeldatud muudatusi, mis tehti OÜ Tinteri poolt koostatud Kauge tänava pikenduse projektis seoses Tomuski paisjärve rajamise plaanist loobumisega, truubi asendamise terastorusillaga ning aja jooksul toimunud standardite muutusega. Kõik muudetud projektjoonised ja uued joonised on toodud antud lõputöö lõpus (joonised 1...6).

Kuna varem planeeritud Tomuski paisjärve rajamisest on tänaseks loobutud, siis on otstarbekas teed Valuoja orus võrreldes varemprojekteerituga alla lasta kuna projekteeritud tee mulle ei pea enam töötama tammina.

Projekteeritud tee allalaskmisel võeti aluseks Valuoja puistee 26, Leola tänav 49 ja Leola tänav 47 asuvate kinnistute juurdepääsude kõrgused. Varemprojekteeritud lahenduses oli ette nähtud, et Kauge tänava pikendus langeb Leola tänava poolt tulles kaldega 2,5 % ja Valuoja puistee poolt tulles kaldega 2% ning Valuoja oru põhja oli projekteeritud nõgus püstkõverik raadiusega 4500 m [7:1].

Uues lahenduses langeb tee Leola tänava poolt tulles esmalt 76 m kaldega 2,5 % ja seejärel on murdekoht ning edasi on tee langus 3,5%. Valuoja puistee poolt tulles on kasutatud analoogset lahendust. Esimese 90 m ulatuses on säilitatud varemprojekteeritud pikikalle 2% ning edasi on pikikaldeks 3%. Vastavalt Linnatänavate standarti kavandile [13:97] ei ole vaja juurdepääsu tänavatel püstkõverikku projekteerida, kui pikiprofiilis üksteisele järgnevate lõikude pikikallete algebraline vahe on alla 1%.

Valuoja oru põhja projekteeriti 4500 m raadiusega nõgusa püstkõvera asemele 1000 m raadiuse ja 60 m pikkusega püstkõver. Projektkiiruse 60km/h tunnis vastab see Linnatänavate standarti kavas projekteerimise lähtetasemele hea [13:99]. Tehtud muudatuste tulemusena vähenes mulde kõrgus maksimaalselt 1,3 m ning see tõi lisaks kaasa projekteeritava terastorusilla pikkuse ligikaudu 5 meetrise lühenemise. Projekteeritud pikiprofiil on esitatud joonisel 4 ja sellele vastav vertikaalplaneering joonisel 3.

Seoses Tomuski paisjärve projekti mitte arvestamisega ja torusilla projekteerimisega ka vastavalt Linnatänavate standarti kavandile vajadus pörkepiirde projekteerimiseks, kuna projekteeritud tee asub rohkem kui 2 m kõrgemal olemasolevast maapinnast [13:130].

Kuna projekteeritud tee ja olemasoleva maapinna kõrguste vahe nõuab piiret, otsustati suurendada ka võrreldes varemprojekteeritud lahendusega mulde nõlvusi. Varem oli Tomuski paisjärve poolse (põhja poolne) nõlva nõlvus 1:3 ja vastasnõlva nõlvus 1:2,5. Uue lahenduse järgi on mõlemad nõlvad nõlvusega 1:2. Antud muudatus toob kaasa projekteeritava torusilla pikkuse lühenemise ca 10 m võrra.

Piirde vajaduse täiendaval analüüsimisel võeti arvesse projekteeritud tee ristlõiget, mulde nõlvust ja mulde kõrgust ning lähtuti Maantee projekteerimisnormide ja sellega seotud määruste korrektuuri joonisest 8.1 Piirde paigaldamise vajadus sõltuvalt mulde kõrgusest ja nõlvusest. Antud joonise järgi tuleb projekteerida pörkepiire projekteerimise lähtetasemel hea nõlvuse 1:2 korral, kui mulde kõrgus on üle 2 m [14:174]. Antud projektis jääb mulde kõrgus enamasti vahemikku 2-3 m ning monteeritava terastorusilla juures on ca 4,5 m. Sellest lähtuvalt otsustati piirde projekteerimise kasuks.

Piirde paigutamiseks tee ristlõikesse vähendati mõlema sõiduraja laiust võrreldes varemprojekteerituga 0,25 m. Uus sõiduraja laius on 3,5 m, mis teeb sõidutee laiuseks 7 m. See on kooskõlas Linnatänavate standarti kava rahuldava projekteerimise tasemega [13:76]. Samuti vähendati kergliiklustee laiust mõlemal pool sõiduteed 0,25 m nii, et varemprojekteeritud kõnnitee äärekivi jäi olemasolevale asukohale. Nende kahe muudatuse tulemusel tekib sõidutee ja kergliiklustee vahele 0,5 m laiune eraldusriba [13:202], mis on Linnatänavate standarti kavas nõutud ning lisaks on sinna eraldusribale võimalik paigaldada pörkepiire.

Piirde tüübiks valiti pooljäik piire, mis on tugevatel postidel (postide samm alla 3 m) ning sissesõidu korral paindub läbi. Piirde asukoht valiti vastavalt Maantee projekteerimisnormide ja

sellega seotud määruste korrektuurile, mille järgi peab äärekivi olemasolu korral jääma pörkepiirde esipind 0,1 m tee telje poole [14:179].

Pörkepiirde toimivusala valikul arvestati, et töölaius oleks võimalikult väike ning otsasõidu korral painduks piire minimaalselt kergliiklusteele. Toimivusala klassiks valiti W1, mille korral toimivusala laius on maksimaalselt 0,6 m [13:128]. Kuna piirde tagaküljel asub mõlemas sõidusuunas kergliiklustee, siis tuleb piirde tagaküljele paigaldada ka hõõveldatud pruss [13:130]. Pörkepiirde postide sammuks valiti 2 m.

Piirde ulatuseks projekteeriti kogu tee pikkus, kus mulde kõrgus on suurem kui 2 m. Piirde lõpuosa pikkuseks on valitud 12 m [14:175]. Piirde lõpuosale anti kõrvalekalle sõiduteest eemale 0,5 m [14:179].

Lisaks on projekteeritud ka kergliiklejatele torupiirde, mis takistab nõvast alla kukkumist. Kergliiklejate torupiirde peab olema 1,1 m kõrgune ning olema kahest torust koosnev kinnine konstruktsioon, et vältida piirde lagunemist otsasõidul ja tekkida võivaid teravast otsast põhjustatud vigastusi.

Seoses Tomuski paisjärge ära jäämisega puudub vajadus ka põhjapoolse nõlva kindlustamiseks kividega ning geotekstiili ja geomembraani paigaldamiseks.

Vahepealsetel aastatel pärast OÜ Tinteri poolt koostatud projekti valmimist on toimunud muutused ka asfaltsegude projekteerimises. Uues projektis säilitati varemprojekteeritud asfaltkihtide paksused, kuid uuendati nende nimetused ja täitematerjali omadused vastavalt Asfaldist katendikihtide ehitamise juhisele 2010-1. Kauge tänava pikenduse projekti raames on rakendatud nõudeid, mis kehtivad aasta keskmise ööpäevase liiklussagedusele, mis jäävad vahemiku 900 kuni 1500 [15:6]. Kõnnitee asfaltkattele kehtivad nõuded, mis vastavad alla 900-le autole ööpäevas [15:6]. Vastavalt sellele juhendile on antud projekti asfaltsegude täitematerjalidele kehtivad nõuded esitatud tabelis 6.

Tabel 7. Asfaltsegude jämetäitematerjalidele esitatavad miinimumnõuded

Segu	AC 16 surf 70/100	AC 8 surf 70/100	AC 16 base 70/100
Minimaalne sideaine sisaldus, B _{min} %	5,1	5,8	3,6
Terastikulise koostise kategooria, G _c	90/15	85/20	85/20
Purustatud pindade vähima sisalduse kategooria, C	50/10	50/30	50/30

Peenosiste suurima sisalduse kategooria, f	2	4	4
Kulumiskindluse kategooria, An	19	-	-
Purunemiskindluse kategooria, LA	30	35	30
Plaatsusteguri kategooria, FI	20	20	20
Külmakindluse kategooria, F	2	4	4
Külmakindluse kategooria NaCl lahuses, FNaCl	4	-	-

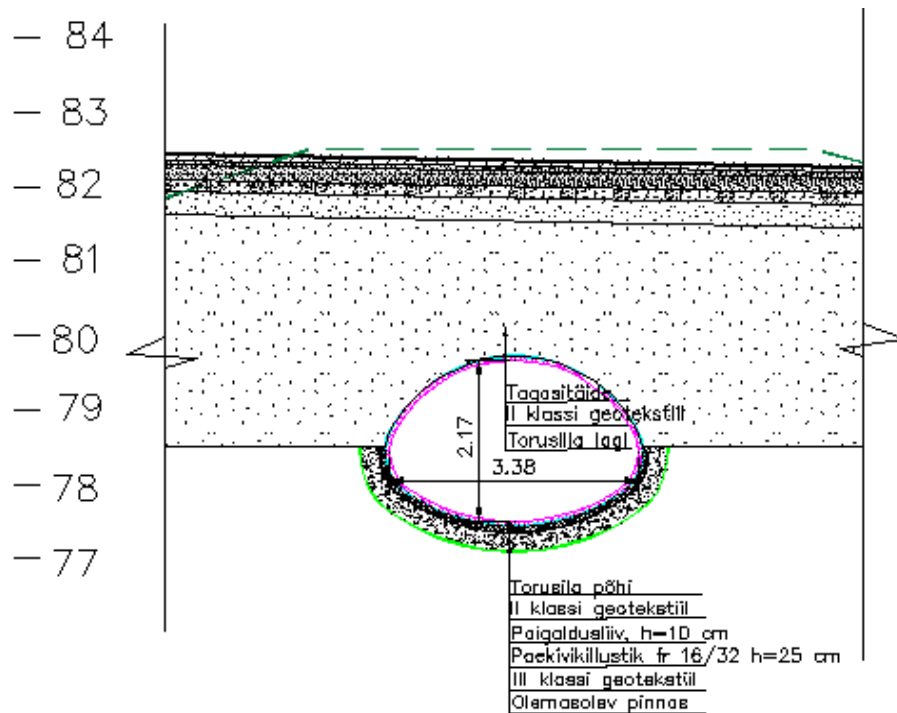
[autor]

Antud lõputöö raames ei ole tegeletud katendi ümber projekteerimisega, kuna puuduvad liiklussageduse andmed koormussageduse arvutamiseks ning geoloogilise situatsiooni kohta oleks tarvis täpsemaid andmeid. Tööprojekti raames oleks kindlasti mõistlik teostada uued katendi arvutused, kuna vahepealsel ajal alates 2004 a. on vähendatud killustiku elastsusmoodulit, mille väärtus hetkel on 280 MPa [16:2]. Antud muudatus mõjutab kindlasti katendi arvutuse tulemusi. Lisaks on katendi arvutusel kasutusele võetud eraldi tarkvara KAP, mis aitab üle saada varem esinenud erinevate programmidega arvutamisel tekkinud hälvetest.

4.3. Torusilla paigaldus

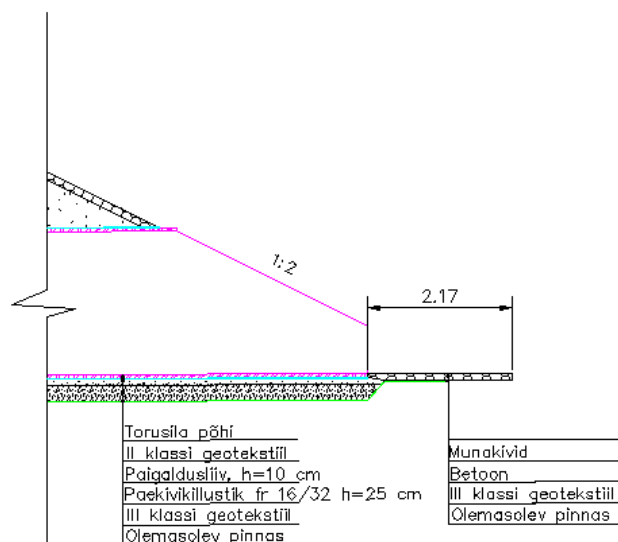
Voolusängist tuleb välja kaevata pinnast aluse paksuse ulatuses [2:38]. Seejuures tuleb jälgida, et monteeritava terastorusilla paigaldamisel valmishitatud alusele oleksid sisse ja väljavool loodusliku voolusängiga samal joonel vältimaks toru ette setete kogumist.

Pärast aluse välja kaevamist paigaldatakse vähemalt III klassi geotekstiil nii, et see jääks ka sisse- ja väljavoolu põhjakindlustuse alla. Järgnevalt paigaldatakse fraktsioneeritud killustikust fr 16/32 alus nii, et selle tihendamise järgne paksus oleks minimaalselt 25 cm. Killustiku peale tuleb rajada 10 cm paksune paigalduskiht tihendamata liivast. Aluse laius valitakse vastavalt terastorusilla läbimõõdule. Lisaks tuleb paigaldada torusilla ümber vähemalt II klassi geotekstiil vältimaks mehaaniliste vigastuste tekkimist eksploatatsiooni ajal tsingitud pinnale [2:39]. Terastorusilla aluse kihid on näidatud joonisel 8.



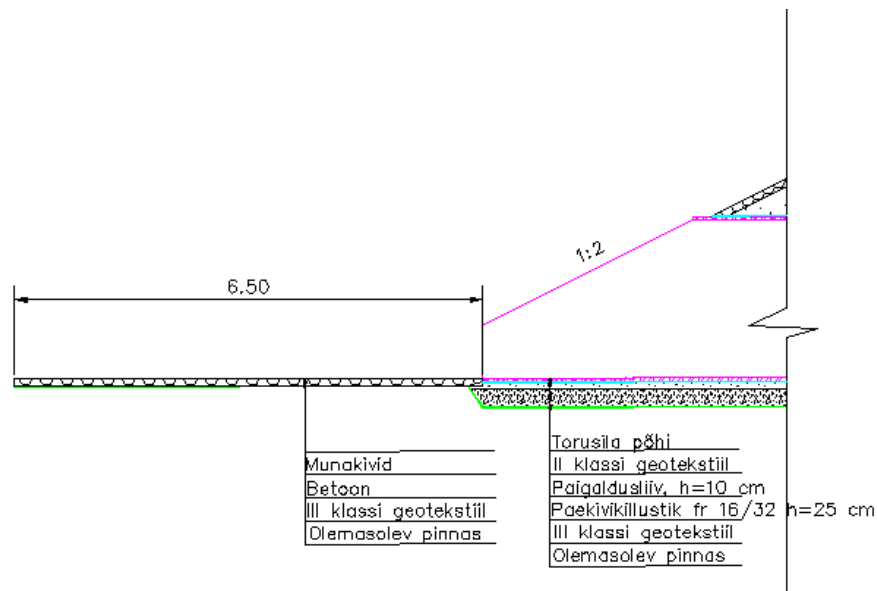
Joonis 8. Torusilla paigaldamine [autor]

Vältimaks vooluhulgast ja -kiirusest tekkida võivaid kahjustusi tuleb terastorusilla sisse- ja väljavool kindlustada munakividega. Kindlustuse rajamiseks tuleb sarnaselt torusillaga pinnast välja kaevata rajatava konstruktsiooni ulatuses. Torusilla sissevoolu pikkuseks tuleb arvestada torusilla üks läbimõõt [2:39]. Sissevoolu kindlustus on näidatud joonisel 8.



Joonis 9. Torusilla sissevoolu kindlustus [autor]

Sarnaselt terastorusilla sissevooluga tuleb ka väljavool kindlustada. Väljavoolu kindlustuse pikkuseks on kolmekordne torusilla ümbermõõt [2:39]. Väljavoolu kindlustus on näidatud joonisel 10.



Joonis 10. Torusilla väljavoolu kindlustus [autor]

Monteeritava terastorusilla tagasitäide tuleb teha 40 cm paksuste kihtide kaupa ja iga kiht tihendada [2:39]. Tagasitäitel tuleb tähelepanu pöörata terastorusilla külgede täitmisele, vältimaks õhuauke, mis hiljem võivad põhjustada katendi vajumisi. Tagasitäitena võib kasutada juurdeveetavat kruusliiva. Väljakaevatava materjali kasutamine tagasitäiteks ei ole soovitatav [2:39].

Lisaks tuleb vastavalt Torusildade projekteerimisjuhendile paigaldada toru ümber vähemalt II klassi geotekstiil kaitsmaks toru ja tsingikihti mehaaniliste vigastuste eest [2:44].

4.4. Perspektiivne kergliiklustee tunnel

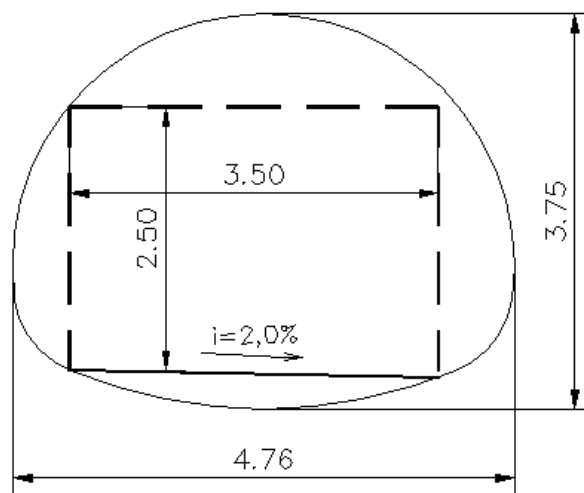
Antud punkti all on uuritud, kuidas on võimalik täita Viljandi Linnavalitsuse nõuet kaaluda Kauge tänava pikenduse alla kergliiklustee tunneli rajamist nii, et üldplaneeringus kajastatud rattatee ei lõikuks tänavaga samas tasapinnas [1:1]. Kergliiklustee tunneli projekteerimisel on arvestatud, et tegemist on perspektiivse lahendusega, mis realiseeritakse tulevikus. Lisaks tunneli lahendusele on leitud ka ligikaudne tunneli ehitusmaksumus tulevikus.

Vastavalt Viljandi linna üldplaneeringule on kavandatud jalgrattaliikluse sidumiseks puhkealaga terviklik sõiduteest täielikult eraldatud kergliiklustee [17:28]. Antud kergliiklustee loob võimaluse

liikuda linna põhjapiiril asuvatest elamualadest ehk varem planeeritud Tomuski paisjärve äärselt alalt läbi Valuoja orgu Viljandi järve ürgoru rohetsooni. Samuti täidab kavandatav kergliiklustee ka kahe suurema linnaosa Paalalinn ja Männimäe ühendamise funktsiooni.

Kergliiklustee tunneli projekteerimiseks valiti esmalt kergliiklustee laius. Selleks eeldati, et kergliiklustee liiklussagedus on alla 100 inimest tunnis. Projekteerimistasemel hea vastab sellisele liiklussagedusele Linnatänavate standardi kavas laius 3,0 m [13:200]. Sama standardi järgi tuleb kergliiklustee laiust suurendada tunnelis 0,5 m võrra, mis teeb kergliiklustee laiuks tunnelis 3,5 m [13:201]. Vastavalt samale standardile on kergliiklustee tunneli minimaalseks kõrgusgabariidiks 2,5 m [13:124].

Leitud gabariitidest nähtub, et kergliiklustee tunnelil peab laius olema suurem kui kõrgus. Tunneli konstruktsiooniks on valitud analoogne torusild kui oja jaoks, kuna see osutus oluliselt odavamaks raudbetoon konstruktsioonist. Tunneli konstruktsioon valiti Asset Internationali toodete hulgas [10:2], kust valiti Multiplate MP 200 Underpass profiil, mis on näidatud joonisel 11.



Joonis 11. Kergliiklustee tunneli ristlõige [autor]

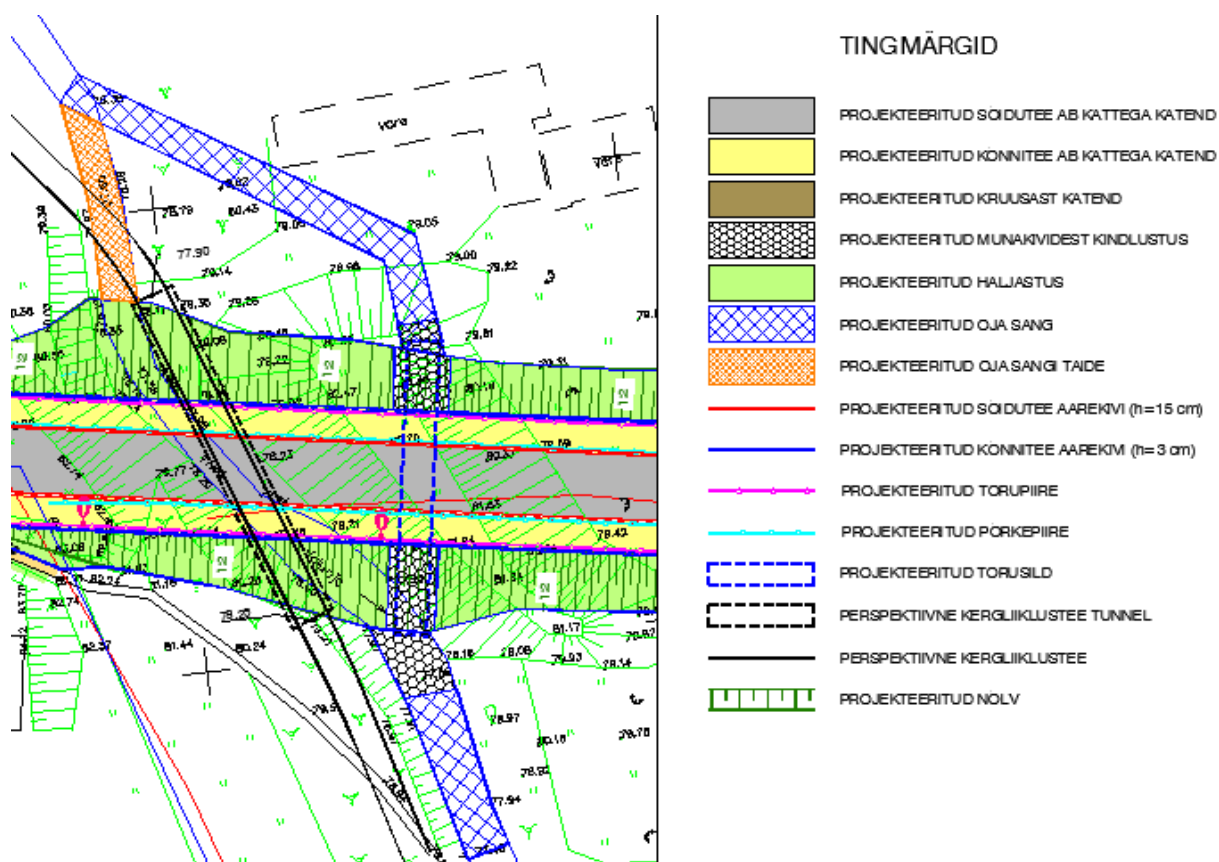
Nagu jooniselt 11 näha jääb tunnelis väljapoolt liikluskabariiti veel ruumi valgustuse rajamiseks.

Tunneli terasplaatide seinapaksuseks on valitud tootja tabelitest 40 mm, mille järgi peab tunneli peale jääma pinnast 1...6,1 m [10:2].

Tunneli asukoha valikul lähtuti sellest, et oleks tagatud vajalik kõrgus 1 m tunneli lae peale. Antud tingimus on kõige paremini täidetud olemasoleva Valuoja oja sängis. Ligikaudu sinna tunnel ka

projekteeriti. Tunnel ei ole küll teega risti ning seega ei ole ta pikkus lühim, aga kõrguslik eelis ning samuti kasutada plaanikõveriku raadiust, mis vastab lähtetasemele hea korvavad selle.

Kergliiklusteele on arvestatud põhjapoolt enne tunnelisse sisenemist plaanikõverik raadiusega 40 m, mis vastab Linnatänavate standardi kavas projekteerimise lähtetasemele hea [13:203]. Plaanikõverik osutus vajalikuks, et vältida Valuoja oja ja perspektiivse kergliiklustee ristumist ja seega täiendava silla rajamist. Kergliiklustee tunnelist väljumisel lõuna poolt on planeeritud plaanikõverik raadiusega 100 m ning edasi on arvestatud, et kergliiklustee külgneb piki oja olemasoleva kruusast teerajaga kohakuti. Tunneli asendiplaan on esitatud joonisel 12.



Joonis 12. Perspektiivse kergliiklustee tunneli asukoht [autor]

Vertikaalselt on arvestatud, et tunneli lae ja sõidutee vahele jääb minimaalselt 1 m. Sellise lahenduse korral oleks põhjapoolt tunnelisse sisenemisel kergliiklustee absoluutkõrgus 77,90 m ja väljumisel 78,25 m. Tunneli pikikaldeks on arvestatud 1% langusega lõuna suunas. Seega jääb tunnel minimaalselt 0,5 m kõrgemale oja sängist.

Sellise lahenduse korral oleks kergliiklustee tunneli pikkuseks ca 35 m ilma otste lõikamiseta. Kuna aga kergliiklustee tunnel asub nõlva sees ja on projekteeritud teega risti, siis tuleb arvestada ka otste lõikamisega, mis vähendavad tunneli pikkust.

Lisaks tunneli täpsemale lahendamise vajadusele tööprojekti tuleb lahendada ka sadeveta kogumine tunneli kõrgemas otsas, et vältida sademevee voolamist läbi tunneli. Antud lahenduseks on võimalik projekteerida tunneli sissepääsu ette renn, kuid see on ebamugav tunneli kasutajatele. Teiseks võimaluseks on juhtida sademeveed põikkaldega haljasalale ning sinna vajadusel kraav projekteerida. Samuti on võimalik tekitada tunneli otsa pikiprofiilis murdekoht nii, et veed ei pääseks üldse tunnelisse. Vajadusel tuleb projekteerida tulevikus ka tunneli valgustus.

Järgmiseks on hinnatud kergliiklustee tunneli ehitusmaksumust. Maksumuse arvutamisel on eeldatud, et tunneli rajamiseks ajaks tulevikus on juba Kauge tänava pikendus projekt realiseeritud. Maksumuse arvutamise juures on aluseks võetud hinnapakumises esitatud ühikhinnad.

Kergliiklustee tunneli ehitustööde juures arvestati olemasoleva asfaltkatte freesimise ja äärekivide eemaldamisega Kauge tänava pikenduselt 15 m ulatuses. Seejärel kooritakse mulde nõlvadelt kasvupinnas ja kaevatakse tee mulle lahti sügavusele, mis võimaldab ehitada tunneli konstruktsiooni alused kihid. Tunneli aluse konstruktsioonina arvestati samasid kihte ning kihtide paksuseid, mida terastorusilla ehituse juures. Seejärel monteeritakse tunnel terasplaatidest kokku ja kaetakse II klassi geotekstiiliga. Järgmiseks taastatakse tee mulle olemasolevale kõrgusele ning rajatakse samad katendikihid ning äärekivid. Kergliiklustee tunnelisse arvestati killustikaluse ja asfaltbetoon AC 8 surf 5 cm paksuse kihi ehitus. Kõik mahud koos maksumustega on ehitatud tabelis 8.

Tabel 8. Perspektiivse tunneli mahud ja ehitusmaksumus

Makseartikli nimetus	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
Äärekivide lammutamine	m	35	2,00	70,00
Kõnnitee äärekivi lammutamine	m	35	2,00	70,00
Olemasoleva sõidutee katendi freesimine	m ²	115	1,80	207,00
Olemasoleva kõnnitee katendi freesimine	m ²	115	1,80	207,00
Kasvupinnase eemaldamine	m ³	100	3,20	320,00
Ehituseks sobiva pinnase kaevandamine	m ³	2 200	3,20	7 040,00
Muldkeha ehitamine olemasolevast pinnasest	m ³	1 100	12,00	13 200,00
Dreenkihi ehitus liivast (K=2 m/ööp), h=30 cm	m ²	100	5,50	550,00
Dreenkihi ehitus liivast (K=2 m/ööp), h=20 cm	m ²	100	4,80	480,00
Killustikaluse ehitamine fr 32/64, h=20 cm	m ²	110	6,20	682,00
Killustikaluse ehitamine fr 16/32, h=12 cm	m ²	247	4,80	1 185,60
Kruusliivast aluskiht, h=17 cm	m ²	105	4,90	514,50

Kergimmutatud killustikalus fr 8/32, h=6 cm	m ²	115	3,00	345,00
Tihedast asfaltbetoonist AC 16 surf kiht, h=4 cm	m ²	115	9,20	1 058,00
Tihedast asfaltbetoonist AC 8 surf kiht, h=5 cm	m ²	252	11,50	2 898,00
Poorsest asfaltbetoonist AC 16 base kiht, h=6 cm	m ²	115	8,80	1 012,00
Betoonäärekivi (1000x150x300) paigaldamine koos alusega	m	35	14,50	507,50
Betoonäärekivi (500x50x250) paigaldamine koos alusega	m	35	10,75	376,25
Muru kasvualuse rajamine ja külv	m ²	100	2,80	280,00
III klassi geotekstiil	m ²	534	1,30	694,20
Paekillustik fr 16/32, h=25 cm	m ²	250	6,50	1 625,00
Paigaldusliiv, h=10 cm	m ²	234	2,20	514,80
II klassi geotekstiil	m ²	281	1,50	421,50
Torusild MP 200 Underpass (ristlõike pindala 14,20 m ²)	m	39	1 000	39 000,00
Torusilla otste lõikamine	tk	2	255,00	510,00
Epoxy kaitsekiht	m ²	534	4,96	2 647,00
[autor]	KOKKU			76 415,35

Kokku tuleb tunneli ehituse maksumuseks ca 76 000€. Lisaks leitud mahtudele lisanduvad veel tänavavalgustusele ja teistele kommunikatsioonidele tehtavad kulutused, mida antud töös perspektiivse kergliiklustee tunneli ehitusmaksumuse juures arvestatud ei ole.

5. PROJEKTLAHENDUSE E HITUSE MAKSUMUS

Antud peatüki all on leitud kogu projekti ehitusmahud ja seejärel arvutatud ehitusmaksumus. Kõigi kommunikatsioonide mahud on võetud OÜ Tinteri poolt koostatud projektist. Teede-ehitusliku osa ja monteeritava terastorusilla ehitusmaksumused on mõõdetud joonistelt. Erinevate mahtude leidmisel on aluseks võetud teetööde tehnilised kirjeldused. Makseartiklite hinnad saadi hinnapakumisest.

Üldistest makseartiklitest arvestati ainult tööde mõõdistamise ja märkimistöödega, mis on esitatud tabelis 8.

Tabel 9. Üldised mahud

Makseartikli nr	Makseartikli nimetus	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	kogusumma	1	1 500,00	1 500,00
[autor]				KOKKU	1 500,00

Järgmiseks valdkonnaks on ehitusobjekti ettevalmistamise mahud, mis sisaldab objekti maa-alal raadamis- ja juurimistöid, teemaa-ala puhastustöid ning äärekivide lammutamist. Raadamise all on arvestatud teemaa alalt võsa ja põõsaste ning mahalangenud puude eemaldamist ja äravedu [18:1]. Raadamine tuleb teha Valuoja orus tühermaal, mis on võsasse kasvanud. Seal asuvad ka mõned likvideeritavad puud. Kuna objekt asub tühermaal, siis olemasoleva äärekivi lammutamise mahud on väikesed. Lammutada on vaja Valuoja puiestee 26 kinnistu ees olema parkla äärekivid ning Leola tn 27 kinnistu juures asuv kõnnitee äärekivi. Samuti asuvad mõlemal poolt Kauge tänava pikendust mõned likvideerimisele kuuluvad liiklusmärgid, mis tuleb eemaldada ja anda üle tellijale.

Vastavalt olemasoleva olukorra kirjeldusele asub objektil ka ehituspraht, mis tuleb enne ehitustööde alustamist ära vedada jäätmete kogumisega tegeleva ettevõtte poolt ettenähtud asukohta. Ehitusobjekti ettevalmistamise mahud koos maksumusega on esitatud tabelis 9.

Tabel 10. Ehitusobjekti ettevalmistamise mahud

Makseartikli nr	Makseartikli nimetus	Mõõdühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
20208	Üksikpuude langetamine koos kändude juurimisega	tk	8	35,00	280,00
20203	Raadamine	m ²	1 098	0,70	768,60
20301	Liiklusmärkide eemaldamine (koos postidega, vundamendiga jne.)	tk	3	35,00	105,00
20313a	Äärekivide lammutamine	m	207	2,00	414,00
20313b	Kõnnitee äärekivi lammutamine	m	33	2,00	66,00
20314	Parkettkivikatte ülesvõtmine	m ²	41	2,00	82,00

[autor] **KOKKU** 1 715,60

Järgmiseks jaotiseks on mullatööd. Esmalt on ette nähtud kasvupinnase eemaldamine ehituse alla jäävalt alalt. Kasvupinnase paksuseks on eeldatud 75 cm. Ehituseks sobimatu pinnase kaevamise all on arvestatud ka Valuoja oru keskel asuva künka likvideerimine ja objektile minema vedu mahus nii, et maapind künka kohal oleks tasane enne mulde ehitamisega alustamist. Uute kraavide kaevamise all arvestati uue voolusäangi kaevamisega oja. Lisaks tuleb olemasolevat oja säangi puhastada. Eraldi toodi välja olemasoleva voolusäangi täitmise maht, kuna voolusäangi tagasitäiteks võib kasutada alal, mis ei jää projekteeritud muldekeha alla, kehvamate omadustega pinnast. Mahud koos ühikhindade ja maksumusega on esitatud tabelis 10.

Tabel 11. Mullatööde mahud

Makseartikli nr	Makseartikli nimetus	Mõõdühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
30101	Kasvupinnase eemaldamine, h= 75 cm	m ³	3 885	3,20	12 432,00
30103	Ehituseks sobimatu pinnase kaevandamine	m ³	5051	3,20	16 163,20
30105	Turba kaevandamine	m ³	10 101	3,20	32 323,20
30107	Uute kraavide kaevamine	m ³	200	4,50	900,00
	Olemasoleva voolusäangi täitmine	m ³	350	3,00	1050,00
30402	Muldekeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest	m ³	19 800	18,00	356 400,00
30501a	Dreenikihi ehitus liivast (K=2 m/ööp), h=30 cm	m ²	6 384	5,50	35 112,00
30501b	Dreenikihi ehitus liivast (K=2 m/ööp), h=20 cm	m ²	3 210	4,80	15 408,00

[autor] **KOKKU** 469 788,40

Olemasoleva sõidutee ja kõnnitee katend tuleb freesida Valuoja pst 26 kinnistul asuvast parklast ja kinnistu juures asuvalt kõnniteelt ning freesipuru tuleb vedade see tellija poolt ettenähtud laoplatsile. Mõlemal poolt Kauge tänava pikendust on ettenähtud tasandusfreesimine projekteeritud katte sidumiseks olemasoleva asfaltkattega. Purustatud kruusast jalgraja ehitamine on ettenähtud Valuoja pst 26 maja juures asuva mahaõõdu juures Valuoja orgu suunduva tee korrastamiseks joonistel näidatud mahus. Munakivi sillutisega kindlustatakse terastorusilla sisse- ja väljavool ning nõlv torusilla ümber. Katendi ehitamise mahud ja maksumus on esitatud tabelis 11.

Tabel 12. Katendi ehitamise mahud

Makseartikli nr	Makseartikli nimetus	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
40101a	Olemasoleva sõidutee katendi freesimine	m ²	1 424	1,80	2 563,20
40101b	Olemasoleva kõnnitee katendi freesimine	m ²	282	1,80	507,60
40102	Oleva katte tasandusfreesimine	m ²	116	1,80	208,80
40501a	Killustikaluse ehitamine fr 32/64, h=20 cm	m ²	3 616	6,20	22 419,20
40501b	Killustikaluse ehitamine fr 16/32, h=12 cm	m ²	2 166	4,80	10 396,80
40501c	Killustikaluse ehitus fr 16/32, h=15 cm	m ²	29	4,80	139,20
40503a	Kergimmutatud killustikalus fr 8/32, h=6 cm	m ²	3 200	3,00	9 600,00
40508	Kruusliivast aluskiht, h=17 cm	m ²	5 318	4,90	26 058,20
50511	Purustatud kruusast jalgrada, h=10 cm	m ²	13	7,50	97,50
43002a	Tihedast asfaltbetoonist AC 16 surf kiht, h=4 cm	m ²	2 931	9,20	26 965,20
43002b	Tihedast asfaltbetoonist AC 8 surf kiht, h=5 cm	m ²	2 015	11,50	23 172,50
43003	Poorsest asfaltbetoonist AC 16 base kiht, h=6 cm	m ²	3 019	8,80	26 567,20
45001a	Betoonäärekiivi (1000x150x300) paigaldamine koos alusega	m	688	14,50	9 976,00
45001b	Betoonäärekiivi (500x50x250) paigaldamine koos alusega	m	923	10,75	9 922,25
45004	Tehiskivist sillutuskatte ehitamine (unikivi, h= 6 cm) koos paigaldusliivaga	m ²	27	22,00	594,00
45005	Munakivi sillutis	m ²	145	55,00	7 975,00
[autor]			KOKKU		177 162,65

Liiklusmärgid tuleb valmistada vastavalt kehtivatele standarditele ning postideks tohib kasutada ainult kuumtsingitud terastoru, mille minimaalne väline läbimõõt on 60 mm ja minimaalne seinapaksus 2,2 mm [18:7]. Tee märgistused tuleb teha spetsiaalse teevärviga, mille klaaskuulide sisaldus on vähemalt 300 g/m² [18:7]. Liikluskorraldus- ja ohutusvahendite mahud koos maksumusega on esitatud tabelis 12.

Tabel 13. Liikluskorraldus- ja ohutusvahendite mahud

Makseartikli nr	Makseartikli nimetus	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
70101	Liiklusmärgid	tk	14	75,00	1 050,00
70201	Teemärgistus värviga	m ²	79	10,00	790,00
70401	Põrkepiire, postide vahekaugus 2 m	m	269	25,50	6 859,50
70411	Torupiire	m	258	14,85	3 831,30
[autor]					KOKKU 12 530,80

Muru kasvualuse rajamise ja külvi maht on mõõdetud joonistelt. Muru külvipind nõlvadel tuleb enne külvi kergelt vaostada kõrgusjoontega samasuunaliste 2...4 cm sügavuste vagudega, umbes 5 cm vaovahega [18:9]. Kasvualuse rajamise ja muru külvi mahud ja maksumus on näidatud tabelis 13.

Tabel 14. Maastikukujundustööde mahud

Makseartikli nr	Makseartikli nimetus	Mõõtühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
90201	Muru kasvualuse rajamine ja külv	m ²	2 000	2,80	5 600,00
[autor]					KOKKU 5 600,00

Lisaks loetletud mahtudele tuleb veel välja ehitada ka kommunikatsioonid. Vastavalt hinnapakumisele on tänavavalgustuse ehituse maksumus 43 290 €, elektri maksumus 40 797 €, side maksumus 17 440 €, kanalisatsiooni ja vee 9 823 € ning sademevee kanalisatsiooni maksumus 276 196 € [12:2]. Täpsed kommunikatsioonide ehitusmahud ja maksumused on esitatud lisas 5 RPK Teedest saadud hinnapakumises. Täiendavalt on veel varemkäsitletud torusilla ehitus, mille maksumus on 36 983 €.

Võttes kokku kõik teede osa mahud, kommunikatsioonide ning torusilla ehitusmahu, siis kokku tuleb projekti ehitusmaksumuseks 1 092 897 €.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärk oli lahendada Viljandi linnas Kauge tänava pikendus, millega rajatakse üle 300 m uut tänavat koos kergliiklusteede ja sillaga.

Silla projekteerimisel töötati läbi kaks alternatiivset lahendust – raudbetoonsild ja monteeritav terastorusild. Projekteerimise käigus valiti terastorusillale optimaalne asukoht ja dimensioneeriti vastavalt vooluhulgale. Samuti projekteeriti põhimõtteline raudbetoonsilla lahendus. Mõlemale alternatiivile leiti konstruktsiooni ehitusmahud ning küsiti hinnapakkumine ehitusmaksumuse arvutamiseks. Lisaks uuriti ka torusilla kasutusiga, milleks leiti 52,25 aastat, mis on sarnane raudbetoonsilla kasutuseale ning mida enamasti nõutakse ka projekteerimise lähtetingimustest. Maksumuste võrdlemisel selgus, et monteeritav terastorusild on ca 70% odavam kui raudbetoonsilla ehitamine. Suure ehitushinna erinevus on tõenäoliselt põhjustatud liiga suure raudbetoonsilla konstruktsiooni valikust.

Antud töös tehti ka mitmeid muudatusi OÜ Tinteri projekti poolt projekteeritud tee-ehituslikus osas. Kauge tänava pikenduse projekti muudatuses osutus otstarbekaks langetada tee pikiprofiili. Selle tegi võimalikuks loobumine Tomuski paisjärve projektiga arvestamisest, mille tulemusena ei pea projekteeritud tee mulle töötama enam tammina. Samuti aitas profiili langetamine vähendada mulde ehitamise mahtusid ja terastorusilla pikkust. Kuna projekteeritav tee mulle on üle 2 m kõrge, siis projekteeriti tee serva pörkepiire ja torupiire. Pörkepiirde projekteerimiseks vähendati sõidutee laiust 0,5 meetri võrra ja tekitati kergliiklustee äärde 0,5 meetri laiune ohutusriba. Lisaks suurendati ka monteeritava terastorusilla pikkuse vähendamiseks tee mulde nõlvust. Samuti uuendati ka asfaltsegude tähised ja täitematerjalide omadused vastavalt kehtivale juhendile.

Täiendavalt uuriti perspektiivse kergliiklustee tunneli sobimist Kauge tänava pikenduse alla. Selleks valiti kergliiklustee ristlõige ja projekteeriti tunnel, mille konstruktsiooniks valiti terasplaatidest monteeritav toru. Tulevikus rajatava tunneli ehitusmaksumuseks saadi ca 76 000€.

Töö lõpuks leiti kogu projekti realiseerimise maksumus, mille all arvestati monteeritava terastorusilla, teede ja kommunikatsioonide ehitust. Kogu projekti ehitusmaksumuseks saadi ca 1 090 000 €.

SUMMARY

The objective of the thesis was to elaborate solution for the Kauge street's extension in Viljandi. The project includes design of the new street with total length over 300 meters, pedestrian roads and a bridge. To find an optimum solution for the bridge, two alternatives were considered – reinforced concrete bridge and corrugated steel pipe.

During design process the optimal location of the corrugated steel pipe was found. The dimensions of the pipe were calculated according to the maximum flow rate. To compare the alternatives, a sketch of the reinforced concrete bridge was carried out. For the both alternatives, the construction volumes were measured and the estimation of construction cost was asked. The life expectancy of the corrugated steel pipe was calculated and found to be 52.25 years which resembles to the life expectancy of the reinforced concrete bridge. Comparison of the construction prices revealed that corrugated steel pipe is about 70% cheaper than the reinforced concrete bridge. The reason for the large price difference probably lays in the reinforced concrete bridge structure, which was selected too large for the current conditions.

In the road project composed by the Tinter Project several changes were done. According to the terms of design there was no need to consider perspective Tomuski artificial lake project and the road embankment does not have to fulfill a dam assignment. This made possible to lower the road longitudinal profile, which helped to reduce the length of the corrugated steel pipe. Since the designed embankment is more than 2 meters high there is a need for crash barrier and pedestrian barrier. The length of the corrugated steel pipe was also reduced by increasing the slop of the embankment.

The suitability of a pedestrian tunnel under the of Kauge street's extension was considered. For this purpose the cross-section of the pedestrian road was selected. For the tunnel a corrugated steel pipe structure was selected. The estimated construction cost of the tunnel was found to be approximately 76 000€.

In the end of the thesis the construction cost of the project was calculated. In addition to the corrugated steel pipe it considers the cost of the road and communication construction. The total cost was estimated to be 1 090 000€.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

1. Viljandi Linnavalitsuse majandusamet. (2012). Kauge viadukti projekteerimise nõuded. Viljandi.
2. Visnapuu, A. (2011). Torusildade projekteerimisjuhend. Tallinna Tehnikakõrgkooli ehitusteaduskond. Tallinn. [Lõputöö].
3. OÜ Tinter projekt (2004). Geodeetiline alusplaan töö nr 363-04-GEO.
4. Maa-ameti geoportaal. [WWW] <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis> (08.05.2012)
5. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut (1949-1955). Tasemed ja vooluhulgad Valuoyal 1949-1955.
6. RPUI Eesti Maaparandusbüroo (1976). Valuoja paisjärve tööprojekt nr 751.
7. OÜ Tinter projekt (2004) Viljandi linn, Kauge tn. Pikendus (Valuoja pst – Leola tn.) töö nr 342-04-PL. Tänavade ehitus. Tööprojekt.
8. Viacon. (2004). Urge sild Pärnumaal.
9. Maanteede projekteerimismid (MKM 11.07.2011 määrus nr 55).
10. Asset International. Design Manual. [WWW] <http://www.assetint.co.uk/design-manual.html> (01.05.2012)
11. Hydroseal (2012). Info torusildade kohta. Elektronkiri Erkki Hummali valduses.
12. RPK Teede hinnapakkumine. (2012).
13. Eesti Standardi kavand prEVS 843 Linnatänavad.
14. Maanteede projekteerimismid ja sellega seotud määruste korrektuur (Mai 2005).
15. Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise 2010-1 (Maanteeameti peadirektori 30.12.2012. a käskkirjaga nr 383).

16. Elastsete teekatendite projekteerimise juhendi 2001-52 parandused ja täiendused. (2009).
17. Viljandi Linnavalitsuse arhitektuuri- ja planeerimisamet. (2010). Viljandi linna üldplaneering. Viljand
18. Teetööde tehnilised kirjeldused. [WWW] <https://www.eesti.ee/portaal/this.index> (04.05.2012).

LISAD

Lisa 1. Kauge tänava viadukti projekteerimistingimused

08.01.2012

Viljandi Linnavalitsuse majandusamet

Linnu tn.2

Viljandi

Lähtetingimused projekteerimiseks

Lähtetingimused Kauge tänava viadukti projekteerimiseks.

1. OLEMASOLEV OLUKORD.

Projekteeritud tamm asub Viljandis, Paalalinnas, Valuoja pst ja Leola tänava vahelisel maa-alal. Proj. tamm asub tühermaal ja kulgeb üle Valuoja oja oru. Kommunikatsioonid tammi maa-alal puuduvad. Kauge tn. 26 maja juures on kanalisatsiooni- ja veetorustik ning side- ja elektrikaablid. Olemasolev asfalt Kauge tn. 26 maja ees on vana ja ebaühtlane. Vesi koguneb loikudesse. Puudub sademetevete kanalisatsioon. Kauge tn. 26 maja ees on 2 tänavavalgustuslaterna posti. Kauge tn. Ja Vikerkaare tänava ristmikul asub eemaldamisele kuuluv vana betoonplaat. Leola tn 47. AS Elion kontorihoone ees on unikividest jalgtee, mis kuulub ümberladumisele. Leola tn. 47 juures pargivad AS Elion töötajate autod Leola tänava suhtes risti.

Oru põhjas turbal lasub ehituspraht – telliskivid jm. Kõrgemal läheb turvas üle mullaks ja Leola tn. Poolisel kaldal asuvad seal aiamaalapid. Valuoja pst. Poolisel kaldal, kasvupinnase all, lasub tolmpas pehmeplastne liivsavimoreen, milles on jämpes puru 25-30% ja vastaskaldal saviliiva vahekihtidega keskliiv, filtratsioonimooduliga 2 m/öö-päevas, mis läheb nõlval üle tolmpas saviliivaks. Nimetatud kihid lasuvad 30-40% kruusasisaldusega kruusliival, mis lammi keskosas on sügavusel 77.00 m ja Valuoja pst poolisel kaldal 80,00 m. Kruusliiva filtratsioonimoodul on 10-20 m/d. [andmed võetud Tomuski paisjärve eskiisprojektist]

2004 a on Tinter-Projekti poolt koostatud Kauge tänava pikenduse tööprojekt – projekt nägi ette tammi rajamist ning arvestas Tomuski paisjärve rajamisega. Täna on otsustatud Tomuski paisjärve mitte rajada ning viadukt ei pea täitma tammi ülessannet.

2. PROJEKTEERIMISTINGIMUSTE ALUSED.

2.1. ÜLDPLANEERING, LIIKLUSSKEEM, TEHNOVÕRKUDE PAIKNEMINE.

Üldplaneeringu liiklusskeemi kohaselt liitub Kauge tänav Leola tänavaga. Projekteerimisel kaaluda viadukti alla ka kergliiklustunneli rajamist, et üldplaneeringu kajastatud rattatee ei lõikuks tänavaga samal tasapinnal.

Üldplaneering ei kehti täpset tehnovõrkude ja rajatiste paigutust määrava dokumendina. Projekteerimisel lähtuda tehnovõrkude valdajate – arendajate poolt väljastatavatest tehnilistest tingimustest.

2.2. GEODEETILINE ALUSPLAAN.

Projekt vormistada tehnovõrkudega geodeetilisele alusplaanile, mis on koostatud vastavuses majandus- ja kommunikatsiooniministri 01.10.2007 määrusega nr 71 „Ehitusgeoloogiliste

uurimistööde tegemise kord“ ning Viljandi Linnavolikogu 26.01.2001 määrusega nr.60 kinnitatud „Geodeetiliste ja katastrimõõdistustööde tegemise nõuded“.

Projekteeritava maa-ala kohta teostatud ehitusgeodeetilised mõõdistused digitaalkujul on lisatud projekteerimistingimuste lisana.

Geodeetilise aluse täiendamisel esitada mõõdistused Viljandi LV arhiivi digitaalselt ja joonisena ühes eksemplaris.

2.3. EHITUSGEOLOOGILINE ALUSMATERJAL.

Ehitusgeoloogilised uuringud on esitatud Tinter-Projekti töös, vajadusel teostada . täiendavaid uuringud.

2.4. KEHTIVAD DETAILPLANEERINGUD.

Detailplaneeringud, mille koosseisus on käsitletud Kauge tn viadukti maa-ala, puuduvad.

2.5. KAUGE TN VIADUKTI MAA-ALA ELEMENDID.

- sõidutee - projekteerida asfaltbetoonkattega, kahe suunalisena, projektis arvestada ristuvate teede kõrgustega, kattematerjalidega, haljasribadega ja muude elementidega ;
- kõnniteed – projekteerida kahele poole sõiduteed kõnnitee laiusega 3,0 m, mis on eraldatud sõiduteest sõidutee äärekiviga;
- haljastus - ehitatava kõnnitee ja olemasoleva pinnase kõrguse vahe tuleb kokku viia lisades kasvumulda;
- sademeveed – sadeveed koguda ja juhtida Valuoja oja. Sademetevete torustik projekteerida arvestusega, et sinna saaks tulevikus veel mujalt sademetevet juurde juhtida.

3. NÕUDED PROJEKTI KOOSTAMISEKS JA VORMISTAMISEKS.

Projekteerimisel lähtuda kehtivatest seadusandlikest aktidest, sh Eesti Standard EVS 843:2003 Linnatänavad. Projekteerimise normdokumendina kasutada „Eesti linnatänavate projekteerimisnormid“ EPN17.EPN 17.

Teeprojekt koostada vastavuses teede ja sideministri poolt 28.09.1999.a. kinnitatud määrusega nr. 54 “Teeprojekti suhtes esitatavad nõuded” (RTL 1999, 153, 2156).

4. TEHNILISED TINGIMUSED.

Projekteerimiseks ja ehitamiseks taotleda tehnilised tingimused projekteeritaval maa-alal asuvate tehnovõrkude valdajatelt. Teeprojekt koostada koostöös tehnovõrkude valdajatega (veevarustuse, kanalisatsiooni, sademetevete ning tänavavalgustus osa Viljandi Veevärk AS, elektriosa OÜ Eesti Energia Jaotusvõrk, nõrkvooluosa Elion Ettevõtte AS).

5. PROJEKTI KOOSKÕLASTAMINE JA ESITAMINE.

5.1. Projekt kooskõlastada tehnovõrkude valdajatega vastavalt väljastatavatele tehnilistele tingimustele.

5.2. Projekt esitada Viljandi Linnavalitsuse majandusametile (Kindral Laidoneri plats 5, tel. 54 740) kahes eksemplaris läbivaatamiseks ja ehitusloa saamiseks. Eelnevalt esitada Viljandi Linnavalitsuse majandusametile kooskõlastamiseks teedelahenduse eskiisprojekt.

Üks eksemplar kooskõlastatud projektist jäetakse Viljandi Linnavalitsuse arhiivi.

Käesolevad nõuded kehtivad projekti esitamiseks ühe aasta jooksul.

Lugupidamisega

Margus Maiste
Peaarhitekt

Lisa 2. EMHI andmed Valuoja oja kohta

VALUOJA-VILJANDI

Andmed kontrolomata

F= 3,92 km² Algus 1949

Aasta	Kuukeskmise vooluhulk, l/s											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1949									16	22	22	103
1950	15	15	80	120	36	5,5	4,4	2,2	47	59	109	74
1951	29	9,0	12	262	25	9,2	9,8	4,1	4,6	3,2	11	26
1952	31	12	7,9	91	50	14	11	14	28	95	82	53
1953	30	18	126	109	13	7,4	6,6	26	97	75	60	33
1954	11	4	32	42	22	6,6	19	34	52	85	94	87
Keskm.	23	12	52	125	29	9	10	16	41	57	63	63
Max	31	18	126	262	50	14	19	34	97	95	109	103
Min	11	4	8	42	13	6	4	2	5	3	11	26

Aastakeskmine vooluhulk, m ³ /s	Aastakeskmine äravoolumoodu I, l/(s*km ²)	Aasta äravoolukiht , mm	Aasta äravoolumah t, mln.m ³	Karakteristikud vooluhulgad, m ³ /s					
				maksimaalse d		suvised		minimaalse d	
				m ³ /s	kuupäev	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	kuupäev
				18	19	20	21	22	23
14	15	16	17						
47	12055,70	380237	1491	411	15.XI	1,1	15-16.VIII	7,6	25.I
34	8607,57	271483	1064	372	30.IV				
41	10393,28	327804	1285	3130	9.IV	1,3	12,15.IX	5,8	18-19.II
50	12776,36	402966	1580	535	13,15.IV	3,4	7.VI	0,6	1.IV
41	10393,28	327804	1285	1100	30.III	0,1	1.VII	11	4.XII.1952
43	10845	342059	1341	244	21.XII	1,5	5.VI	3,0	20.II-4.III
50	12776	402966	1580	131	23-24.III				
34	8608	271483	1064			0,1		0,60	

Aasta	Kuukeskmise vooluhulk, m ³ /s											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

1955 0,041 0,15 0,080 0,32 0,48 0,049 0,055 0,025 0,023 0,072 0,10 0,15

Aastakeskmise vooluhulk, m ³ /s	Aastakeskmise äravoolumoodul, l/(s*km ²)	Aasta äravoolukiht, mm	Aasta äravoolumaht, mln.m ³	Karakteristikud vooluhulgad, m3/s					
				maksimaalsed		suvised		minimaalsed	
				m ³ /s	kuupäev	m ³ /s	kuupäev	m ³ /s	kuupäev
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

0,13 32,84 1036 4 2,54 29.IV 0,013 25.VII 0,021 02.XII.1954

Lisa 3. Viljandi Maaparandusbüroo andmed Valuoja oja kohta

----- Algne kiri -----

Pealkiri: Valuoja sild

Saatja: "Rein Henn" <Rein.Henn@pma.agri.ee>

Kuupäev: E, 23. aprill, 16:29

Saaja: erkki@bestrailgrupp.ee

Koopia: rein.henn@pma.agri.ee

Tere !

Lühidalt ajaloost. 1969-1972.a. tehti Tomuski väetisturba tootmisväljakute ettevalmistamise sildi all

eeltöid paisjärve rajamiseks . Turvas veeti peaaegu täielikult välja .

Takistuseks sai lasketiir , millest

ei tahetud loobuda . Ettevõtmine jäi soiku ja Kauge tn. pikendusest ei saanud asja , lasketiirust on

järel varemed . Valuoja plaanitud veehoidla regulaatori projekti koostas

RPUI Eesti Maaparandus-

projekt 1976.a. Viljandi linnas asuva Valuoja paisjärve tööprojekti

nr. 751 andmetel on põhinäitajad

järgmised :

kevadine max. 1%-ne äravool 5,5 kuupmeetrit sekundis

10 %-ne kevadne max. 2,37 "

suvine keskmine 50%-ne 0,031 "

Dokumentatsiooniga saab tutvuda aadressil Viljandi linn , Vabaduse plats 4 , PMA Viljandi keskus.

Käisin kohapeal asja uurimas . Tundub kallis lugu olevat , sest Leola tn.

47 Elioni poolse ja Kauge tn.

lõpu vahe horisontaalselt on ca 100 m. Vaevalt linnal kunagi sellist raha ehituseks saab olema.

Asja huvides soovitan teha diplomiprojektiks sildregulaatori tööprojekt , see peaks kaitsmisel

kasuks tulema. Võibolla tuleb kunagi selline jõukus , kui veehoidla ehitus teoks saab.

Infot saab ka meie insener-hüdrotehnika peaspetsialist Heikki Ellerilt .

PS Valuoja paisjärvest vastuvoolu asub paisulevooluga tiik.

Eristamiseks : olemasolev Valuoja paisjärv , ehitamata Tomuski paisjärv.

Lugupidamisega

Rein Henn

PMA Viljandi keskuse

peaspetsialist

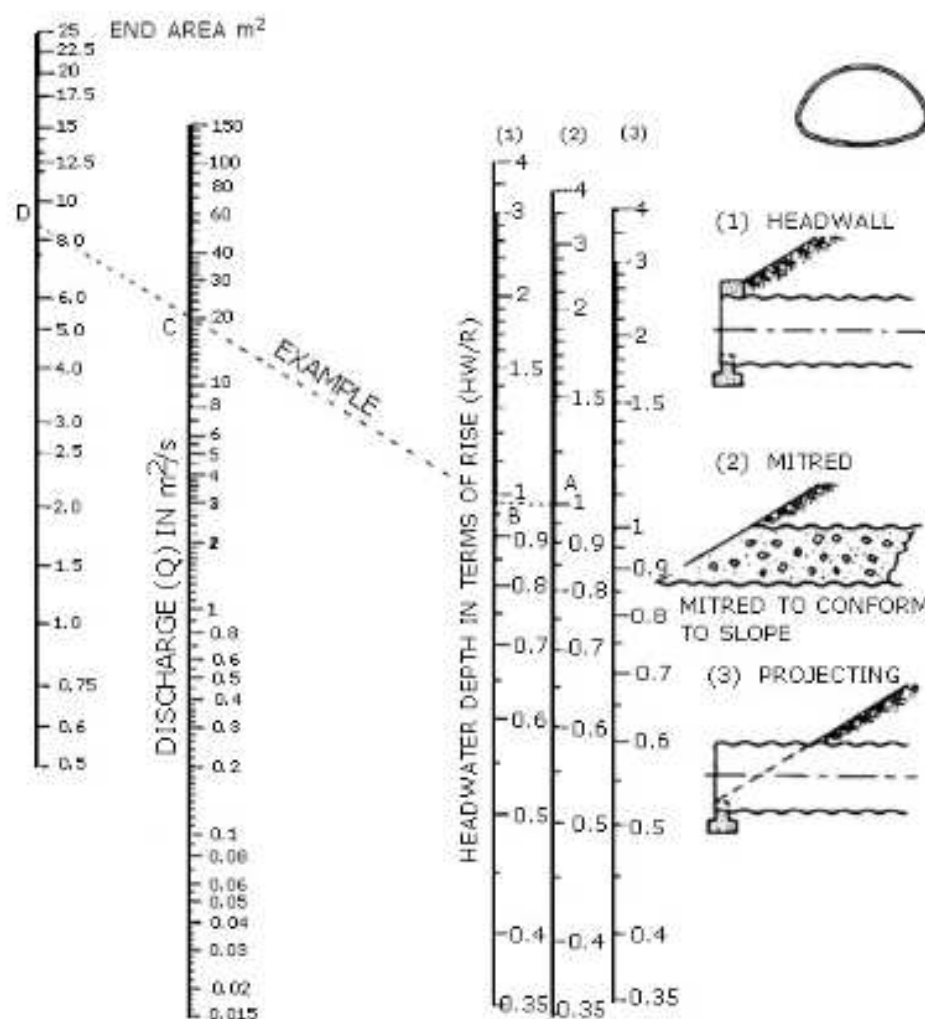
(emeriit)

Lisa 4. Nomogramm torusilla dimensioneerimiseks

MULTIPLATE PIPE CULVERT WITH INLET CONTROL

Nomograph No. 2

Inlet control and headwater depths for pipe arch culverts. Headwater depth should be kept low because pipe-arches generally are used where headroom is limited.



Lisa 5. RPK Teede hinnapakumine

HINNAPAKKUMINE



info@rpktee.ee

Makseartikl i nr	Makseartikli nimetus	Mõõdühik	Maht	Ühikhind	Maksumus
---------------------	----------------------	----------	------	----------	----------

Üldised					
10211	Tööde mõõdistamine ja märkimistööd	kogusumma	1	1 500,00	1 500,00
KOKKU					1 500,00

Ehitusobjekti ettevalmistamine					
20208	Üksikpuude langetamine koos kändude juurimisega	tk	8	35,00	280,00
20203	Raadamine	m ²	1098	0,70	768,60
20301	Liiklusmärkide eemaldamine (koos postidega, vundamendiga jne.)	tk	3	35,00	105,00
20313a	Ääre kivide lammutamine	m	207	2,00	414,00
20313b	Kõnnitee ääre kivi lammutamine	m	33	2,00	66,00
20314	Parkettkivikatte ülesvõtmine	m ²	41	2,00	82,00
KOKKU					1 715,60

Mullatööd					
30101	Kasvupinnase eemaldamine, h= 75 cm	m ³	3885	3,20	12 432,00
30103	Ehituseks sobimatu pinnase kaevandamine	m ³	5051	3,20	16 163,20
30105	Turba kaevandamine	m ³	10101	3,20	32 323,20
30107	Uute kraavide kaevamine	m ³	200	4,50	900,00
	Olemasoleva voolusängi täitmine	m ³	350	3,00	1 050,00
30402	Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest	m ³	19800	18,00	356 400,00
30501a	Dreeni ehitus liivast (K=2 m/ööp), h=30 cm	m ²	6384	5,50	35 112,00
30501b	Dreeni ehitus liivast (K=2 m/ööp), h=20 cm	m ²	3210	4,80	15 408,00
KOKKU					469 788,40

Katend					
40101a	Olemasoleva sõidutee katendi freesimine	m ²	1424	1,80	2 563,20
40101b	Olemasoleva kõnnitee katendi freesimine	m ²	282	1,80	507,60
40102	Oleva katte tasandusfreesimine	m ²	116	1,80	208,80
40501a	Killustikaluse ehitamine fr 32/64, h=20 cm	m ²	3616	6,20	22 419,20
40501b	Killustikaluse ehitamine fr 16/32, h=12 cm	m ²	2166	4,80	10 396,80
40501c	Killustikaluse ehitamine fr 16/32, h=15 cm	m ²	29	4,80	139,20
40503a	Kergimmutatud killustikalus fr 8/32, h=6 cm	m ²	3200	3,00	9 600,00
40508	Kruusliivast aluskiht, h=17 cm	m ²	5318	4,90	26 058,20
50511	Purustatud kruusast jalgrada, h=10 cm	m ²	13	7,50	97,50

43002a	Tihedast asfaltbetoonist AC 16 surf kiht, h=4 cm	m ²	2931	9,20	26 965,20
43002b	Tihedast asfaltbetoonist AC 8 surf kiht, h=5 cm	m ²	2015	11,50	23 172,50
43003	Poorsest asfaltbetoonist AC 16 base kiht, h=6 cm	m ²	3019	8,80	26 567,20
45001a	Betoonäärekivi (1000x150x300) paigaldamine koos alusega	m	688	14,50	9 976,00
45001b	Betoonäärekivi (500x50x250) paigaldamine koos alusega	m	923	10,75	9 922,25
45004	Tehiskivist sillutuskatte ehitamine (unikivi, h= 6 cm) koos paigaldusliivaga	m ²	27	22,00	594,00
45005	Munakivi sillutis	m ²	145	55,00	7975
KOKKU					177 162,65

Liikluskorraldus- ja ohutusvahendid					
70101	Liiklusmärgid	tk	14	75,00	1 050,00
	Pörkepiire, postide vahekaugus 2 m	m	269	25,50	6 859,50
	Torupiire	m	258	14,85	3 831,30
70201	Teemärgistus värviga	m ²	79	10,00	790,00
KOKKU					12 530,80

Maastikukujundustööd					
90201	Muru kasvualuse rajamine ja külv	m ²	2000	2,80	5 600,00
KOKKU					5 600,00

Torusild					
	III klassi geotekstiil	m ²	230	1,30	299,00
	Paekillusik fr 16/32, h=25 cm	m ²	180	6,50	1 170,00
	Paigaldusliiv, h=10 cm	m ²	160	2,20	352,00
	II klassi geotekstiil	m ²	270	1,50	405,00
	Torusild MP 200 (ristlõike pindala 5,60 m ²)	m	32	1 000,00	31 600,00
	Torusilla otste lõikamine	tk	2	255,00	510,00
	Epoxy kaitsekiht	m ²	101	26,15	2 647,00
KOKKU					36 983,00

Tänavavalgustus					
	Tänavavalgustuse ehitus	m	333	130,00	43 290,00
KOKKU					43 290,00

Elekter					
	Elektrikaablite varutoru paigaldamine De 160	m	666	32,00	21 312,00
	Olemasoleva madalpingekaabli A B3x120 ümbertõstmine	m	95	75,00	7 125,00
	Olemasoleva kõrgepingekaabli ACB 3x120 ümbertõstmine	m	103	120,00	12 360,00
KOKKU					40 797,00

Elekter					
	Sidekaablitele varutoru paigaldamine De 160	m	488	32,00	15 616,00
	Sidekaevu KKS3 ehitus	tk	1	285,00	285,00

	Kaablikaitsetoru paigaldamine DN110	m	38	28,00	1 064,00
	Olemasoleva sideposti likvideerimine	tk	1	100,00	100,00
	Olemasolevate sidekaevude kaante viimine proj tasapinda	tk	3	125,00	375,00
				KOKKU	17 440,00

Kanalisatsioon ja vesi					
	Betoonkaevu D1500 ehitus	tk	2	2231,00	4 462,00
	Malmist ujuvluuk	tk	2	158,00	316,00
	Tugirõngas KC0-1 H=70	tk	2	84,00	168,00
	Katteplaat tugvendatud KCP1-15	tk	2	120,00	240,00
	Kaevurake KC15-6 D=1500 H=600	tk	1	235,00	235,00
	Kaevurake KC15-9 D=1500 H=900	tk	6	235,00	1 410,00
	Kaevurake KC7-3 D=700 H=300	tk	2	235,00	470,00
	Põhjaplaat D=1250 H=120	tk	2	175,00	350,00
	Ronirauad	tk	2	75,00	150,00
	Toruhülss PP De 315	jm	16	67,00	1 072,00
	Olemasolevate veekaevude kaante viimine proj tasapinda	tk	2	125,00	250,00
	Olemasolevate kanalisatsiooni kaevude kaante viimine proj tasapinda	tk	5	125,00	625,00
	Olemasolevate veeakraankapete viimine proj tasapinda	tk	1	75,00	75,00
				KOKKU	9 823,00

Sademeteveel ärajuhtimine					
	Kraavkaeviku kaevamine toetuse rajamisega ja pinnase äraveoga	m ³	1967	4,50	8 851,50
	Liivast tagasitäide	m ³	2262	85,00	192 274,25
	Sademeteveetoru PP De315 ehitus	jm	163	85,00	13 855,00
	Sademeteveetoru PP De250 ehitus	jm	207	85,00	17 595,00
	Sademeteveetoru PP De200 ehitus	jm	138	85,00	11 730,00
	Pall tüüpi, 300 l mahuga plastist restkaevu D 560/500 kandilise luugiga ehitus	kmpl.	20	740,00	14 800,00
	Plastkaevu D 560/500 ehitus	kmpl.	7	550,00	3 850,00
	Plastkaevu D 400/315 ehitus	kmpl.	5	550,00	2 750,00
	II klassi mudaõlipüünise E50 ehitus	kmpl.	1	2 500,00	2 500,00
	Drenaazitoru PE De 160	jm	94	85,00	7 990,00
				KOKKU	276 195,75

KÕIK KOKKU	1 092 897,20
-------------------	---------------------

Lugupidamisega
Rain Künnapuu
Gsm 5093249
RPK TEED OÜ
Betooni 8b, Tallinn

15.4.12

JOONISED

Joonis 1. Liikluskorraldus

Joonis 2. Asendiplaan

Joonis 3. Vertikaalplaneering

Joonis 4. Tee pikiprofiil

Joonis 5. Torusilla pikiprofiil

Joonis 6. Ristlõiked