



**TALLINNA
TEHNIKA KÕRGKOO**

Veiko Kurg

TERASTORUSILDADE EHITUSJUHEND

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2015

Veiko Kurg

TERASTORUSILDADE EHITUSJUHEND

LÕPUTÖÖ

Ehitusteaduskond
Teedehituse eriala

Tallinn 2015

Mina, Veiko Kurg tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Lõputöö autor

Veiko Kurg

10.05.2015

Üliõpilase kood 110820522

Õpperühm KTEI71/81

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendaja

Taivo Kurg

10.05.2015

Kaitsmisele lubatud „.....“.....20....a.

Martti Kiisa

Ehitusteaduskonna dekaan

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS.....	6
2. DEFINITSIOONID	7
3. ÜLDISED NÕUDED TERASTORUSILDADELE	8
3.1. Eluiga	8
3.2. Koormustaluvus ja stabiilsus.....	8
3.3. Hüdroloogia ja ava suurus.....	8
3.4. Välimus ja asetus.....	9
3.5. Toru asukoht, suunanurk, langus ja pikkus	9
3.6. Valgustid ja tehnoloogilised sisemised torud.....	9
3.7. Toru kuivus	10
4. METALLTORUSILDADE TÜÜBID.....	11
4.1. Jagunemine.....	11
4.2. Jaotamine kuju järgi	11
5. MATERJALI NÕUDED	15
5.1. Betoon	15
5.2. Metallkonstruktsioon.....	15
5.3. Poldid ja mutrid.....	16
5.4. Aluse ja ümbrusetäide	17
5.5. Aluspinna tingimused.....	18
6. METALLI KAITSEKIHID.....	19
6.1. Kuumtsinkpinne	19
6.1.1. Passiveerimine.....	20

6.2. Värv- ja polümeerpinnad.....	20
6.2.1. Vastavuse kontroll.....	21
7. GEOSÜNTEEDID	22
8. KASUTUSAJA ARVUTUSED	23
9. TERAŠTORU SILLA HÄLBED JA NÕUDED	26
9.1. Üldised nõuded.....	26
9.2. Teraštorusilla järel kontroll	26
9.3. Läbipaindumus	26
9.4. Torule mõjuvad koormused	27
9.5. Lähteandmed tellijalt.....	27
9.6. Kõrvuti asetsevad torud.....	28
10. EHITUS.....	29
10.1. Üldist	29
10.2. Kaevetööd.....	29
10.3. Aluse ehitus	29
10.4. Toru paigaldamine.....	30
10.5. Toru ümbruse täitetööd	30
10.6. Toru otste kaitse, koonused	31
11. GOFREERITUD TERAŠTORUSILDADE ANDMED	32
12. TERAŠTORUSILDADE TÜÜPJONISED PAIGALDAMISEL VASTAVALT PINNASE OMADUSTELE.....	34
KOKKUVÕTE.....	38
SUMMARY	39
VIIDATUD ALLIKAD.....	40

1. SISSEJUHATUS

Tänapäeval on palju erinevaid võimalusi rajada sildu ja viadukte. Näiteks rajatakse talasildu, kivisildu, konsoolsildu jm sildu. Üheks alternatiiviks on kasutada terastorusildasid, mis kannavad sama suuri raskusi nagu teised rajatavad sillad. Terastorusilla rajamine on odavam ja kiirem lahendus võrreldes teiste ehitatavate sildadega ning mida on hakatud viimasel ajal Eestis rohkem kasutama.

Alljärgneva lõputöö vajaduseks on maanteeameti terastorusildade ehitusjuhendi puudumine ning antud töö põhjal võiks alustada terastorusildade juhendi koostamist. Käesolev lõputöö on vajalik terastorusildade nõuete ühtlustamise juhendina.

Käesolevas lõputöö juhendis käsitletakse gofreeritud terastoru kui lainelist terastoru silla, viadukti või tunnelina.

Terastorusildasid kasutatakse tavaliselt jõesildadena ja läbikäiguteedena, need on ehitusel kiiresti ehitatavad ja odavamad kui muust materjalist ehitatud rajatised. Gofreeritud torudel on koos ümbritseva täitega väga head koormustaluvused.

Käesolevas juhendis käsitletakse vähemalt 2-meetrise läbimõõduga (vaba avaga) gofreeritud terastoru sillamaterjalina. Antakse üldisi juhendeid ja kvaliteedinõudeid metallidele, sildade elueale, paigaldusele, projekteerimisele, ehitamisele ning kontrollimisele.

Eestis peamised terastorusildade tarnijad on AS Viacon ja AS Hydroseal.

Eesmärk on koostada terastorusildade ehitusjuhend, mis käsitleb projekteerimist, materjalinõudeid, ehitamist ja tellija lähteandmeid.

Juhendi koostamisel on kasutatud erinevate aastate Soome torusildade ehitusjuhendit „Teräsputkisillat suunnitteluohje“. Samas on kasutatud „Teräsputkisillat suunnitteluohje“ tõlgitud versiooni aastast 2008, juhendaja aastatepikkust töökogemust sillainsenerina ning lisaks oma töökogemusi, mille seas oli Nigula teraskaarsilla rajamine.

2. DEFINITSIOONID

Terastorusild - muldkehasse paigaldatud gofreeritud metalltoru või -kaar, mis töötab koos pinnasega. Metallil paksus on vähemalt 3 mm ja miinimumlääbimõõt 2 m.

Gofreering - teraslehe või -lindi laineline kuju.

Keerdõmblusega terastorusild - keerdõmblusega torukonstruktsioon, mis on valmistatud tsingitud gofreeritud rullterasest / metallist.

Monteeritav terastorusild - gofreeritud lehtterasplaatidest torukonstruktsioon, mis ühendatakse kinnitatakse poltidega, et saada vajalik kuju/konstruktsioon.

Terasvõlvild - gofreeritud terastoru, mis toetub jõe kallastel olevatele vundamentidele.

Toru suunanurk - sõiduraja ja torusilla vaheline nurk.

Keskkonnaklassid - näitab materjalide kulumist teatud tingimustes.

Eluiga - kasutusaeg, mille vältel on tagatud silla kandevõime.

Kandevõime - raskus, mida suudab sild taluda.

Avasuured - kõrgus, laius ja ristlõikepindala vastavalt olukorrale ja nõuetele. Kui on tegu ristega, lisatakse kõrgusvaru 0,5 m, kui ei ole määratud teisiti.

Katte sügavus - toru lae kaugus teepinnani, mis on minimaalselt 50 cm.

3. ÜLDISED NÕUDED TERASTORUSILDADELE

3.1. Eluiga

Terastorusildade kõige tähtsamaks nõudeks on eluiga. Kõige optimaalsem eluiga on vähemalt 50 aastat. Kui sild asub tiheda liiklusega teel ($AK\tilde{O}L \leq 3000$) ning on paigaldatud muldkehasse, mille pinnasepaksus on üle 3 meetri, tuleb projekteerida silla elueaks 100 aastat. Pika eluea tagavad: kvaliteetne ja õige materjal, nõuetele vastav ehitamine ning korrapärane hooldus. [1]

3.2. Koormustaluvus ja stabiilsus

Rajatise vundament, alus ja konstruktsioon peab taluma liikluskooormusest ja tagasitäitest tulenevaid koormusi ning jääma stabiilseks ka ekstreemsetes oludes. Liikluskooormused on vaja välja tuua tellija lähteandmetes.

Metalli paksus võib olla kasutusea lõpuks korrodeerunud kuni 20% ning ta peab kandma etteantud koormusi. Vajadusel toru otsi jäigastatakse betoonist servavööga. Tugevdamiseks ja stabiilsuse parendamiseks võib kasutada veel gofreeritud lisadetaile nii külgedel kui pealispinnal.

3.3. Hüdroloogia ja ava suurus

Konstruktsioon peab vastama sätestatud avanõuetele, võimaldama veel läbida toru sujuvalt ja takistuseta. Jõesilla ava suurus tuleneb hüdrooloogilistest arvutustest, mida tuleb teha igale rajatavale torusillale. Vastavalt vooluhulgale saab dimensioneerida täpse avaga ja kujuga torusilla, vältimaks liiga suure või väikse avaga silda. Tootja oskab välja arvutada vastavalt vooluhulgale, kui suure ristlõikega ja kujuga silda on vaja. Meeles tuleb pidada, et arvutused tuleks teha kevadise veehulga järgi. Ava suuruse valikul tuleb arvestada jõeliiklusega ning vastavalt sellele valida silla tüüp. Vajadusel tuleb kasutada mitut toru kõrvuti.

Liiklustunneli ava suurus oleneb tunnelit läbivate transpordivahendite kõrguse ja laiuse vajadusest. Näiteks kergliiklustunneli gabariit võib olla vastavalt normisele alates 2,4 meetrist. Maanteedel määravad kõrguse vastavad maanteeameti normid.

3.4. Välimus ja asetus

Rajatise lõplik välimus peaks sobima ümbruskonnaga ka arhitektuuriliselt. Eriti tuleks jälgida koonuste materjalide valikut ja sobivust keskkonda. [2]

3.5. Toru asukoht, suunanurk, langus ja pikkus

Toru peab jõesängi suhtes olema otse, et poleks takistatud sisse- ja väljavool. Kui pole võimalik otse ehitada, tuleb kallaste kindlustamisele erilist tähelepanu pöörata, vältimaks uhtumisi. Maanteel on parim lahendus, kui toru asub teega risti. Kui pole võimalik risti ehitada, on lubatud kõrvalekalded $\pm 30^\circ$. [2]

Toru kalle on üldjuhul 1%. Vaadelda tuleks iga toru eraldi. Kui jõe langus on väiksem, siis on otstarbekas rajada kaldega minimaalselt 0,5%, vältimaks settimist. Toru otsad peavad jääma jõe põhjaga (voolusängiga) samale kõrgusele või sügavamale, vältimaks setete tekkimist toru ette ja sisse.

Torusilla pikkuseks nimetatakse põhjapikkuse mõõdet. Viltu lõigatud toru otsad peavad muldest välja ulatuma minimaalselt 150 mm ja maksimaalselt 300 mm. Sirgete otstega sildadel peab üks kolmandik toru kõrgusest jääma teenõlva sisse. Kui toru on sellest lühem, tuleb toru ots toestada kas kõva voodri või tugimüüri. [2]

Arvestada tuleb otste sobilikkusega vastavalt oludele, keskkonnale ja jälgida arhitektuurset välimust. Võiks kasutada viltu lõigatud toruotsi. [2]

Kui terastorusilda kasutatakse ristesillana, peab kõrgusele lisama kokkupõrke vältimiseks 0,5 meetrit, kui ei ole lähteandmetes nõutud teisiti.

3.6. Valgustid ja tehnoloogilised sisemised torud

Liiklustunnelitele on sageli vaja kinnitada valgusteid ja kaablilatte. Valgustid peavad olema löögikindlat tüüpi. Valgustus korraldatakse koostatud valgustusprojekti järgi. See peab sobima kokku rajatise konstruktsiooniga. [2]

Tehnoloogiline käsipuu tuleb projekteerida kõikidele jõetorusildadele, kus on vaja paadiga läbi saada ja mis on nii väikesed, et paat tuleb torust läbi tõmmata. Tehnoloogiline toru aitab ka silla kontrollijat ja suurendab kontrollimistöö ohutust. Tehnoloogiline toru paigaldatakse toru mõlemale

poole, kasutusotstarvet silmas pidades sobivale kõrgusele, HW-pinnast kõrgemale. Tehnoloogiline toru tehakse tsingitud torust, mis kinnitatakse torusilla tarnija paigaldatud kinnituspoltide külge. [2]

3.7. Toru kuivus

Liiklus- ja läbikäigutorusillad tuleb seest hoida kuivana.

Kuivuse tagavad [14]:

- Tee äärtes olevad veerennid,
- Ummistunud või jäätunud vihmaüsteemide puhastamine,
- Takistuste eemaldamine, mis piiravad vee liikuvust toru sees.

4. METALLTORUSILDADE TÜÜBID

4.1. Jagunemine

Torusillad jagatakse oma ehituselt [2]:

- Monteeritav terastorusild
- Keerdõmblusega terastorusild

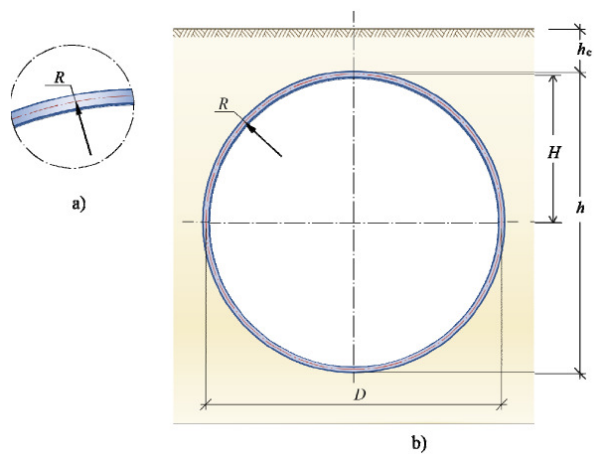
4.2. Jaotamine kuju järgi

Metalltorusildade jaotamine kuju järgi [2]:

- Ümartorusild
- Madal torusild
- Tunneltorusild
- Horisontaalelliptiline torusild
- Vertikaalelliptiline torusild
- Völvtorusild
- Karptorusild

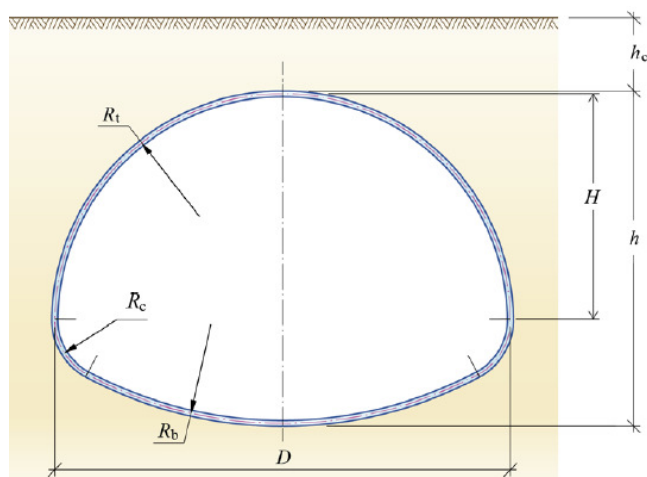
Järgnevalt on toodud näited erinevate torusildade läbilõigetest ja nende võimalikest kasutuskohadest (Joonis 1-8).

Ümarat torusilda võib kasutada jõesillaks [3].



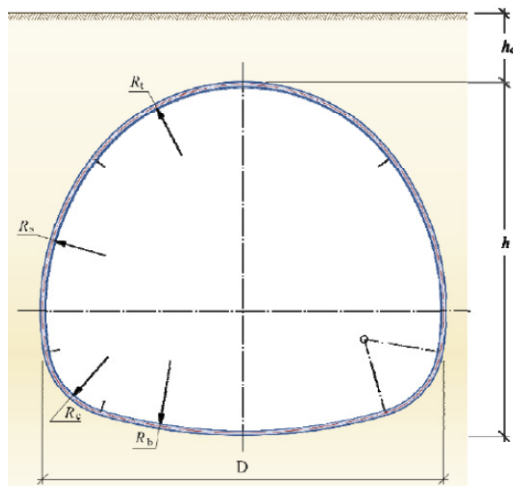
Joonis 1. Ühe raadiusega ümartorusild [3]

Madal torusild sobib tunneliks või madala teetammi jõesillaks [3].



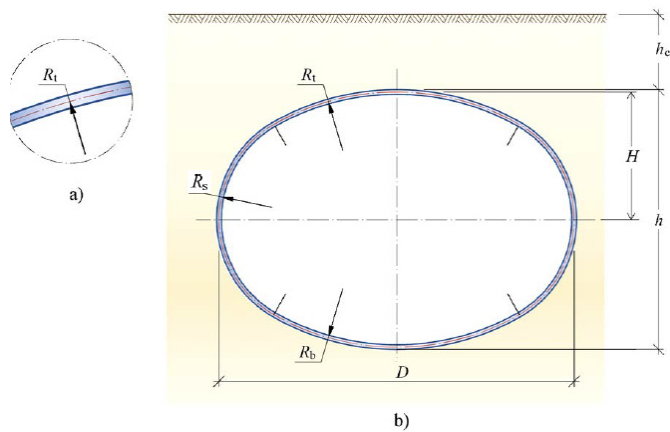
Joonis 2. Torukaarsild, kahe või kolme erineva raadiusega [3]

Tunneltorusilda kasutatakse liiklustunnelina [3].

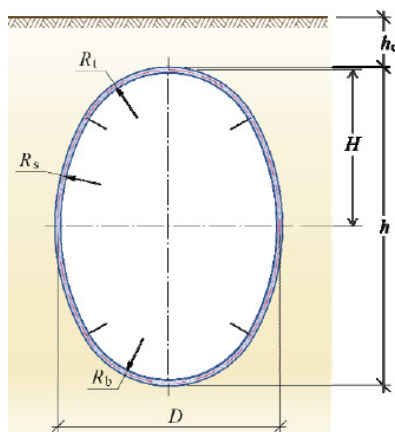


Joonis 3. Torukaarsild, nelja erineva raadiusega [3]

Ellipsikujulist torusilda võib kasutada ümaratoru asemel, tunnelina või madala teetammi jõesillana [3].

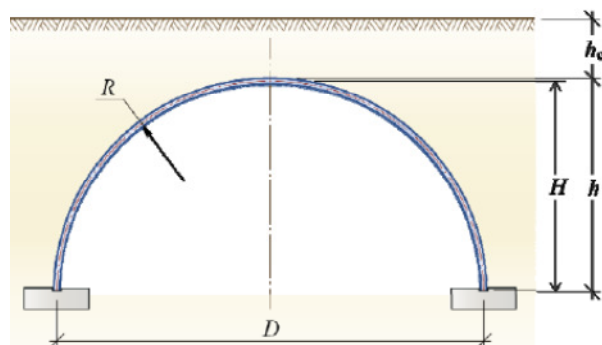


Joonis 4. Horisontaalelliptiline torusild, kahe erineva raadiusega [3]



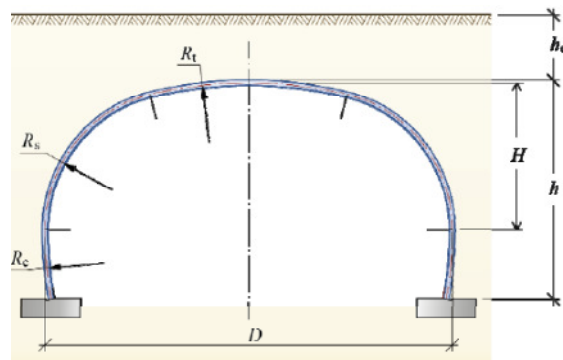
Joonis 5. Vertikaalelliptiline torusild, kahe erineva raadiusega [3]

Võlvtorusillal on raudbetoonist taldmik. Sobib hästi jõesillaks. [3]

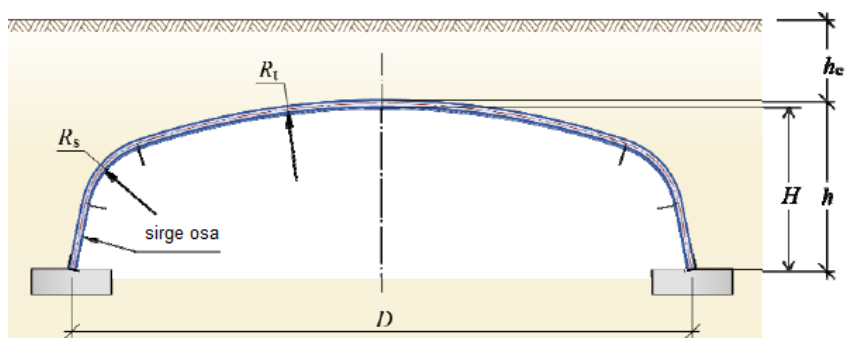


Joonis 6. Kaarsild, ühe raadiusega [3]

Võlv- ja karpsild sobib hästi liiklustunnelsillaks [3].



Joonis 7. Kaarsild, kahe või kolme erineva raadiusega [3]



Joonis 8. Karpsild, kahe erineva raadiusega ja sirge osaga [3]

5. MATERJALI NÕUDED

5.1. Betoon

Betooni nõuded peavad vastama Eesti ja Euroopa standarditele. Vundamentide ja otste betooni miinimum tugevusklass, külmakindlus ja keskkonnaklass peavad olema margiga vähemalt C 30/37 XF4 XD3, kui projektis ei ole muud määratud.

5.2. Metallkonstruktsioon

Teraskonstruktsiooni tootjal peab olema CE märgistus ning määratud tõmbetugevus, voolavuspiir, katkevenivus ja löögisitkus. Lehtterasest konstruktsioon peab vastama standardile EN 10025. Torusildade materjali nõuded paksusega ≤ 6 mm peab olema minimaalselt S 235 J2. Teistel juhtudel S 235 HR. Teedel kasutatavate torusildade metalli paksus on minimaalselt 3 mm. Eriti tuleb jälgida markeeringut J2. Antud markeering näitab, mis standardile on löögisitkuse katse tehtud. Kehtiv standard on EN 10027-1:2005. J2 katse on teostatud -20°C . [16]

Väga tähtis on terase margi keemiline koostis. Metalli sertifikaadis peab olema näha keemilise elemendi räni (Si) protsentuaalne kogus mis mõjutab tsingitavat terast olulisel määral. Kuna teraseid on võimalik toota sorditerastena, tuleb enne terase tootjat informeerida, et toimub hilisem kuumtsinkimine. Kuumtsingitud terase pinnakatte läige ja pinnakatte paksus sõltub terase keemilisest koostisest. Ei saa nõuda, et kõiki teraseid on võimalik kuumtsinkida vastavalt standarditele EVS-EN ISO 14713 ja EVS-EN ISO 1461. [4]

Tähelepanu tuleb juhtida metallilisandite räni ja fosfori sisaldust. Need keemilised ühendid on kuumtsinkimise kvaliteedi peamised määravad. Ilma nende ühenditeta ei ole võimalik kvaliteetset kuumtsingikihti tagada. [4]

Madala räni sisaldusega terased alla 0,03%, tsingikihi paksus kuni 100 mikronit, on välimuselt väga ilusad, aga vastavalt standardile EVS-EN ISO 1461 ei ole kvaliteet tagatud. [4]

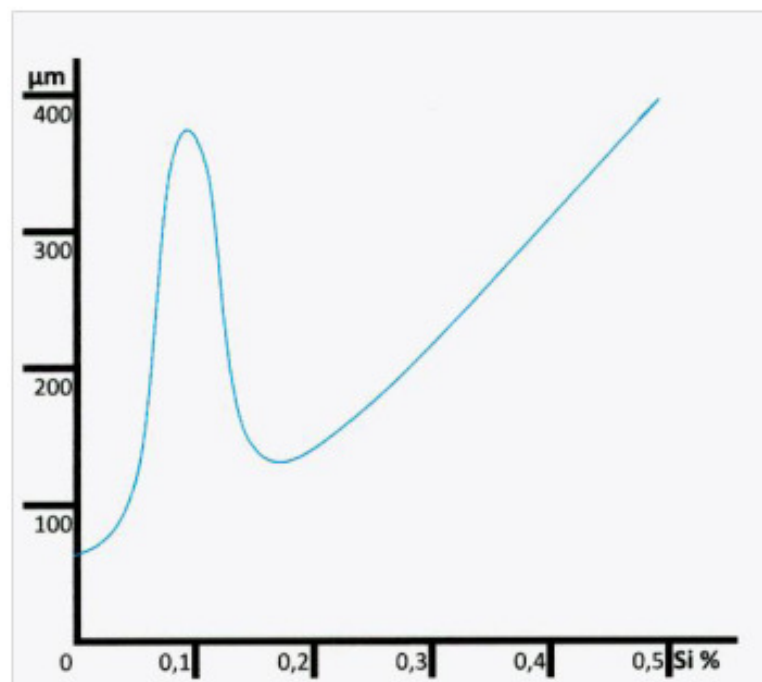
Räni sisaldusega 0,03-0,14% nimetatakse Sandelili nähtuseks. Antud vahemikus räni sisaldusega teras ei sobi kuumtsinkimiseks. Tsingikiht võib lihtsalt lahti kooruda, kuna kihi paksus on väga suur. [4]

Keskmise räni sisaldusega 0,15-0,22% terased on hästi kuumtsingitavad. Nakkuvus ja korrosioonikaitse väga hea, kuigi kuumtsingikiht võib-olla laiguline ja helehalli matja pinnaga. Antud ränisisaldusega teras vastab EVS-EN ISO 1461 nõuetele. [4]

Kõrgendatud räni sisaldusega 0,23 -0,30% terased peale kuumtsinkimist on normist suurema kihi paksusega, nende pinne hapram ja tumehalli värvusega. Võib kasutada kuumtsinkimiseks, kuid tuleb väga hoolikalt kuumtsingitud konstruktsiooniga ümber käija. [4]

Räni sisaldusega üle 0,30% ei soovitata kuumtsinkida. Kui tsingikiht on üle 200 mikroni on see väga habras ja kihi lahtikoorumine peale jahtumist ning mehaanilist vigastust on väga suur. [4]

Soovituslik räni ja fosfori sisaldus peab jääma alla 0,4% (Joonis 9).

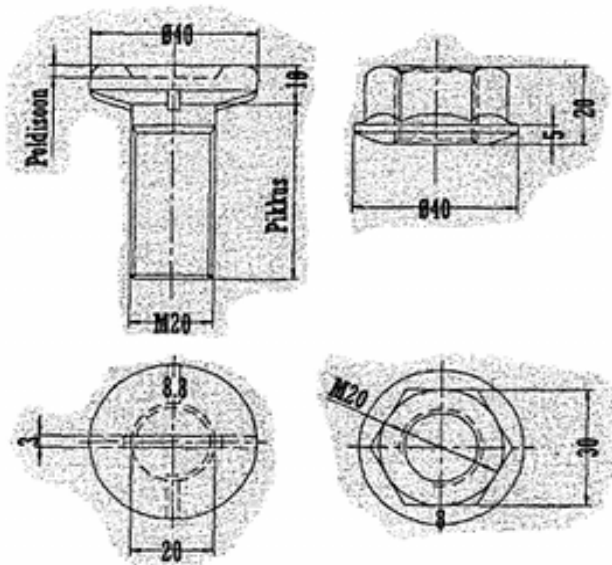


Joonis 9. Teras ränisisalduse ja tsingikatte paksuse suhe [4]

5.3. Poldid ja mutrid

Poldid, seibid ja mutrid peab heaks kiitma terastoru materjali valmistaja ja vastama standardile ISO EN 20898. Hea oleks, kui torusilla tootja annab poldid ja mutrid kaasa. Poldi pea ja mutri

puutepinnad peavad olema vormitud sarnaselt kokkupuutepinnaga, et tekiks ühtne kontakt ja ei tekiks murdumist ega tsingikihi vigastamist (Joonis 10). Poldi suurus minimaalselt M20. Poldi ava suurus võib 4mm suurem olla kui poldi läbimõõt. Teraslehtede vahele jääv pilu suurus peab olema märgitud terastoru tootja nõuetes. Poldid keeratakse kinni jõuga vähemalt 250 Nm ning poldi mark peab olema vähemalt 8,8 (murdumine minimaalselt 800 MPa) ning tsingikihi paksus miinimum 45 µm. Poldi pea peab jääma väljapoole. [2]



Joonis 10. Poldi ja mutri tüüpjoonis [5]

5.4. Aluse ja ümbrusetäide

Aluse täide tuleb teha killustikust ning vajadusel kiiluda, et saada elastsusmoodul vähemalt 130 MPa. Killustikalusele tuleb paigaldada “õhuliselt” peen- või keskliiva kiht paksusega 10-15 cm. Toru ümbrusetäiteks võib kasutada peenliiva, keskliiva, jämeliiva ning kruusa. Soovitav on tagasitäide teha liivaga, sest liiva eritakistus on kõige sobivam. Vt. aluspinna tingimused. Sobib ka looduslik kruus, kuna puuduvad teravad nurgad, mis võivad kahjustada metallpinnet. Maksimaalne tagasitäite fraktsioon on 64 mm, soovitatav on kasutada maksimaalselt 32 mm. Täide ei tohi sisaldada külmunud pinnast, savi, orgaanilisi ja kahjulikke materjale. [6]

Peenliiv ja keskliiv tihendada 95% tihedusest ning jämeliiv ja kruus tihendada elastsusmoodul 90-100 MPa. Ümbrusetäite drenivus peab jääma 0,5-2 m/ööp. Kui filtratsioon on suur võib tekkida uhtumise oht. Uhtumise hoiab ära ka õigete materjalidega ja korralikult ehitatud kindlustatud koonus. Ehitustööde teostamisel sh kaeviku rajamisel, toestamisel ja tagasitäitmisel tuleb arvestada

EVS-EN 1610 nõuetega. Täite materjali kontrollida iga 100 m³ aga mitte rohkem kui 5 korda silla kohta. [14]

5.5. Aluspinna tingimused

„Metalltoru vastupidavus pinnases sõltub mitmest vastastikku mõjuvast näitajast nagu pinnase eritakistus, happelisus (pH), niiskuse sisaldus, soolade ja hapniku sisaldus. Mida suurem on eritakistus, seda suurem on vastupidavus. Tabel 1 toob välja peamiste pinnaste eritakistuse vahemikud.“ [7]

„Enamike pinnaste pH on vahemikus 6...8 ja see on eelistatav vastupidavuse jaoks. Pinnased madala pH väärtusega (happelised), mida leidub piirkondades, kus sajab rohkem vihma, on rohkem korrodeerivad. Sõmerad pinnased, kus vesi liigub kiiresti, suurendavad vastupidavust, vastupidiselt pinnastele, mille niiskusprotsent on üle 20%, mis korrodeerivad. Savisisaldusega pinnased hoiavad niiskust rohkem ning on seega terase vastupidavuse seisukohalt halvemad. Sulfaatide ja kloriidide kõrge sisaldus muudavad samuti pinnase tunduvalt agressiivsemaks.“ [7]

Tabel 1

Pinnaste eritakistused [7]

Pinnas	Eritakistus Ω/cm
Savi	750 – 2000
Liivsavi	2000 – 10000
Kruus	10000 – 30000
Liiv	30000 - 50000
Kivi	50000 – lõpmatus

„Terase vastupidavus on vees tagatud, kui tegemist on seisva veega pH tasemega 4,5...9,5. Kui aga on tegemist voolava veega, siis tekib hõõrdumine, ning hapniku segunemise tagajärjel kiireneb korrodeerumine.“ [7]

6. METALLI KAITSEKIHID

Torusildade metallkaitsekihid on:

- Kuumsinkpinne
- Värvpinne
- Polümeerpinne

Kaitsekihid on vajalikud eluea pikendamiseks. Kaitsekihtide all mõeldakse metallpinde kuumsinkimist (materjale tsingitakse standardite EVS-EN ISO 1461, EVS-EN ISO 14713-2, EN 10327), värvimist kaitsekiht EVS-EN 12944 ja polümeerimist EVS-EN 10169 kohaselt ja lisakaitse kihtide valmistamist kas kohapeal või tehases. [19], [20], [21]

6.1. Kuumsinkpinne

Standardites on välja toodud tsinkpinnete vajalikud pindekogused grammides(mõlema poole kihid kokku) ja kihi paksused mikronites (Tabel 2). EVS-EN ISO 1461. Mutrid ja poldid peavad olema tsinkpindega 45 μm või rohkem. [2]

Monteeritav torusillatsingi kihi nõuded tabel 2 peavad vastama standarditele EVS-EN ISO 1461 ja EVS-EN ISO 14713-2. Tabelis number 2 on tsinkpinna paksused. [2]

Tabel 2

Monteeritava torusilla tsinkpinna paksused [2]

Terase paksus (t)	Keskmine kihipaksus μm
$t \geq 6 \text{ mm}$	85
$3 \leq t < 6 \text{ mm}$	70

Kuumsingi hälve saadakse, kui iga 100 m^2 tagant võetakse 10 m^2 ala, ning sealt tehakse 20 mõõtmist. Ühes mõõtmise punktil võib olla maksimaalselt 20% erinevusi. [10]

Grofeeritud torusilla tsinkpinna väärtused (Tabel 3) standardi EN- 10346 kohaselt.

Tabel 3

Keerdõmblusega toru tsinkpinna margi paksused (*Margiga Z1000 ja Z1200 kontrollimine toimub EVS-EN ISO 1461 standardi kohaselt) [2]

Tsingipind	Keskmine kihipaksus μm
Z 600	42
Z840	60
Z1000*	70
Z1200*	85

Paksuse erinevus võib olla kuni 20% ühes mõõtmispunktis.

6.1.1. Passiveerimine

Metalldetailid tuleb pärast kuumtsinkimist passiveerida ehk katta õhukese korrosioonivastase kihiga. Passiveerimine kaitseb kuumtsinki oksüdeerumise (nn. valge rooste tekkimise) eest, võimaldab tsingikihil uuesti taastada kui on viga saanud ning detailid säilitavad pika aja jooksul oma ilusa kaubandusliku välimuse. [8], [22]

6.2. Värv- ja polümeerpinnad

Mittemetallpinnad on värvid vastavalt standardile EN ISO 12944 ja polümeerpinnad standardiga EN ISO 10169. Need pinnad on tsingitud teraspinde lisakaitsemeetodid. [10]

Värvipinna paksused võetakse tootja / valmistaja spetsifikatsioonidest ja tootekirjeldustest. Näiteks hetkel olevatest värvidest on soovitatav kasutada Tikkurila Temecoat RM 40 või Teknos Teknoplast HS 150. [1]

Värvitav pind peab olema eelnevalt karestatud kerge liivapesuga, kvartsiga, käsitsi lihvides või kasutades vastavaid kemikaale. Igal värvitootjal on omad eeltööjuhised pinna ettevalmistamiseks. [9]

Värvimise parimaks tulemuseks tuleb rangelt jälgida tootja juhendit. Värvitav pind peab olema kuiv. Värvimistöö ja värvi kuivamise ajal peab olema õhu, pinna ja värvi temperatuur üle $+10^{\circ}\text{C}$ ja õhu suhteline niiskus olema alla 80%. Pinna temperatuur peab olema vähemalt 3°C võrra kõrgem õhu kastepinna temperatuurist. Värvi temperatuur peab olema $+15^{\circ}\text{C}$, et saada nõuetekohane lõpptulemus. [9]

Peale tsingikihi puhastust peab värvikihi peale värvima 4 tunniga. Värvimine peab toimuma vastavalt tootja juhendile.

6.2.1. Vastavuse kontroll

Kui pinnakaitsekihtide eluea arvutuste puuduvad projektis, peab minimaalne värvisüsteemi paksus kuumtsinkimata pinnal olema vähemalt 200 μm ja kuumtsingitud metallpinnal 250 μm . Enne värvikihi paksuse mõõtmist lepatakse kokku mõõtmisplaan (kui mitu mõõtmist pinnatüübi kohta tehakse) ja tulemuste fikseerimine. Värvikihi paksust mõõdetakse kivistunud ja kuival värvikihil mõõturiga. Mõõtmiste arv on määratud ISO 19840, kus näiteks iga 100 m^2 kohta valitakse üks 10 m^2 mõõtmiskoht, millel valitakse 20 mõõtmispunkti. Ühel mõõtmispunktil võib kihipaksus jääda alla nominaalpaksuse erinevusega maksimaalselt 20%. Värvikihi paksust kontrollitakse standardi EN ISO 2808 järgi. Värvikihti kontrollitakse ka nakketestiga, mis peab olema minimaalselt 4 MPA standardiga EN ISO 4624. [10]

7. GEOSÜNTEEDID

Terastorusildade rajamisel on vaja kasutada geosünteeete. Geosünteedide valik ja paigaldamine tuleb teostada vastavalt „Geosünteedide kasutamise juhise“ järgi. Materjalid peavad vastama standarditele EVS-EN 13251 ja EVS-EN 3249:2001+A1:2005. [11]

Geotekstiil - on vajalik alus pinnaste eraldamisel, toru kaitsekihtide kaitseks, vajadusel koonuste ehitamisel, kui ehitatakse näiteks munakivikoonus või raudbetoonist koonus. Aluse eraldamiseks on soovitatav kasutada kolmanda klassi geotekstiili. Peen- ja keskliiva täite puhul on samuti mõistlik kasutada teise klassi geotekstiili. Jämeliiva ja kruusaga täites on vajalik kasutada kolmanda klassi geotekstiili.

Geomembraani - kasutatakse toru pealispinnal toru kohal, vältimaks kloriidide sattumist torule. Läbi poldi aukude võib kloriid sattuda ka sisepinnale. Vihmavesi tuleb veerennidega suunata torust eemale.

Geovõrk - kasutatakse täiendavaks tugevdamiseks.

8. KASUTUSAJA ARVUTUSED

Terastorusilla kasutusaeg tuleb alati projektis välja tuua. Vastavalt eluea kestvusele on võimalik välja arvutada metalli ja kaitsekihtide paksused.

Kui AKÖL on üle 3000 auto ööpäevas ja toru paigaldamise sügavus on üle 3 meetri tuleb terastoru silla elueaks arvestada 100 aastat. [1]

Kui voolu kiirus toru sees üle 2 m/s, tuleb teha toru sisse kuni kõrgvee piirini lisakaitse kiht 80µm, vältimaks mehaanilisi vigastusi ja liigset abrasiooni. Veevoolu kiirus sõltub vee sügavusest ja põhja pinnasest. Voolukiirusel üle 4,5 m/s ei ole mõttekas kasutada torusildu.

Samuti tuleb 80 µm lisakaitse kihti lisada kui vee PH on alla 4,5 ja üle 7. [23]

Et silda oleks võimalik projekteerida tuleb teada mis keskkonnaklassi ta kuulub. Klasside määramise põhitingimuseks on keskkonnaklassile vastav asukoht, vee PH ning soolatamine.

Keskkonnaklassist tingitud metalli ja lisakaitse kulumiskiirust µm/aastas saab määrata (Tabel 4) järgnevate olude põhjal.

Tabel 4

Keskkonnaklassid ja materjalide kulumine [2]

Materjal	Keskkonnaklassid				
	C1	C2	C3	C4	C5
	Saate puudub. Atmosfäär on kuiv või külm	Väheste saastega keskkonnad. Maapiirkonnad. Teid ei soolatata.	Keskmise saastega ja väheste soolasisaldusega keskkonnad. Linnad, väheste tööstusega piirkonnad. Teede mõõdukas soolatamine.	Olulise saaste ja keskmise soolasisaldusega keskkonnad. Tööstuspiirkonnad, rannikualad. Soolatatavad teed.	Suure soolasisaldusega rannikupiirkonnad. Põhi ja tugi maanteede liiklustunnelid.
Lehepaksus	-	30	45	75	120
Tsingikiht	-	2	3	5	8
Epoksiid värv	-	4	6	10	15
Vaiguga epoksiid värv	-	3	5	8	12
Polümeer kiht	-	2,5	3,5	6	9,5

Antud tabeli andmetega on võimalik välja arvutada torusilla ligikaudne eluiga järgmiste valemitega (1)(2)(3) [2]:

1. Kui rajatis on ainult tsinkpindega

$$EI = 0,2 * \frac{M}{\mu} + \frac{ZN}{zn\mu}, \quad (1)$$

kus M - metalli paksus mikronites

μ - metalli kulumis kiirus mikronites

ZN - tsingi pinde keskmine paksus mikronites

zn μ - tsink pinde kulumiskiirus mikronites

0,2 - metalli paksus arvestatakse 80% jääkväärtusega (80% metall materjalist peab veel alles olema kasutusea lõppedes).

2. Kui rajatis on kaitstud lisakaitsega (epoksiidvärv, polümeerkate) ning värvimine on teostatud kohapeal objektil.

$$EI = 0,2 * \frac{M}{\mu} + 1 * \left(\frac{ZN}{zn\mu} + \frac{L}{l\mu} \right), \quad (2)$$

kus L - tsink pindele paigaldatav lisakaitse kiht

l - lisakaitsekihi paksus

3. Kui rajatis on kaitstud lisakaitsega (epoksiidvärv, polümeerkate) ning värvimine on teostatud tehases.

$$EI = 0,2 * \frac{M}{\mu} + 1,5 * \left(\frac{ZN}{zn\mu} + \frac{L}{l\mu} \right) \quad (3)$$

Näide: Torusild mida soolatatakse, materjali paksus 6 mm, tsinkpinde paksus 85 μ m. Arvestatav eluiga 50 aastat. Klass C4

$$EI = 0,2 * \frac{M}{\mu} + \frac{ZN}{zn\mu} = 0,2 * \frac{6000}{75} + \frac{85}{5} = 16 + 17 = 33 \text{ a} < 50 \text{ a}$$

Selgub, et tsingi kiht ei taga veel soovitud eluiga.

Torule lisatakse veel tsingikihi 100 μ m epoksiid värvi:

$$EI = 0,2 * \frac{M}{\mu} + 1,5 * \left(\frac{ZN}{zn\mu} + \frac{L}{l\mu} \right) = 0,2 * \frac{6000}{75} + 1,5 * \left(\frac{85}{5} + \frac{100}{8} \right) = 16 + 38 = 54 \text{ a}$$

Arvutustest selgub, et kui silla eluiga peab olema 50 aastat, tuleb tsingikiht viimistleda veel epoksiidvärviga.

9. TERASTORU SILLA HÄLBED JA NÕUDED

9.1. Üldised nõuded

Terastorusildade kvaliteedinõuded peavad projektis olema esitatud mahus, mille järgi on rajatist võimalik lõplikult valmis ehitada ja töid kontrollida ning lubatud hälbed on [12]:

- Sisse- ja väljavoolu kõrgusarv mm ± 50
- Pikikalle % $\pm 0,15$
- Pikitelje hälve sirgjoonest mm ≤ 50
- Toru ja voolusäangi pikitelgede nihe horisontaaltasapinnas mm ≤ 100
- Pikkus mm + 200, -50
- Ava kõrgus ja laius mm ± 50

9.2. Terastorusilla järel kontroll

Terastorusildu tuleb kontrollida kui sild on 15 aastat vana. Jõe sildu tuleb kontrollida madala veeseisu ajal. Kui silda pole võimalik korralikult kontrollida kõrgvee tõttu, tuleb vähemalt 10 aasta jooksul teha uuringud sukeldudes. [13]

Esialgne ülevaatamine toimub silmaga vaatlemisel. Vajadusel kraapides teha kindlaks kas tegemist on süvaroostega või pindmise roostega. Kontrollitakse pinde paksusi toru laest ja toru põhjast nii palju kui võimalik. [13]

9.3. Läbipainduvus

Terastorusillad painduvad teetammi pinnase koormusest rohkem keskelt kui silla ottest. Projekteerida tuleb nii, et läbipainduvus ei tohi kahjustada konstruktsiooni ega mõjutada liiklust. Toru läbipainet võib ennetada eeltõusuga kuni 50% läbipaindest. Kinni tuleb pidada tootja juhendist, kui palju on lubatud läbipainduvus ja eeltõus. [1]

Kui tootja ei ole painuvuse hälbeid välja toonud on soovituslik läbipaine järgmine (Tabel 5):

Tabel 5

Soovituslik läbipaine [1]

Torupikkus m	Lubatud läbipaine mm
10	60 / H_k
15	140 / H_k
20	250 / H_k
30	560 / H_k
60	1250 / H_k
H_k - toru kõrgus m	
Vahearvud interpoleerida	

9.4. Torule mõjuvad koormused

Maanteeamet annab lähteülesandes nõuded, kui suuri koormusi torusild peab taluma. Kui nõuded puuduvad tuleb lähtuda standardist EVS-EN 1991 / NA:2007 ja Eesti standardi rahvusliku lisa koormusmudelitest 2 (2 KM). Kui suuri koormusi terastoru suudab taluda, arvutab välja toote valmistaja. [17]

9.5. Lähteandmed tellijalt

Projekti kompaktsus ja kvaliteet sõltuvad lähteandmetest. Mida konkreetsemad andmed seda kvaliteetsem projekt. Lähteandmetes tellija poolt projekteerimiseks peaksid olema:

- Maantee klass
- Tee laius
- Liikluse intensiivsus
- Projekteerimise lähtetase
- Liikluskoormus, kandevõime
- Katte laius
- Eluiga
- Vastavalt otstarbele ka toru tüüp
- Laevatatavus
- Kõrgus
- Hüdroloogia andmed

- Geoloogia andmed

9.6. Kõrvuti asetsevad torud

Kui mingitel põhjustel peab paigaldama kaks või rohkem kõrvuti asetsevat toru tuleb jälgida, et torude vahele tekiks pinnase külgjõud [2]. Torude vahelist kaugust tuleb järgida tabelile 6 vastavalt.

Tabel 6

Kõrvuti paigaldatud torude miinimum kaugus [1]

Terastoru sild	Min kaugus
$D \leq 10 \text{ m}$	1,0 m
$D > 10 \text{ m}$	$D / 10$
Terasvõlv sild	Min kaugus
$D \leq 6 \text{ m}$	0,6 m
$D > 6 \text{ m}$	$D / 10$

10. EHITUS

10.1. Üldist

Terastorusildade ehitus etapid on:

- Kaevetööd
- Aluse ehitus
- Toru paigaldamine
- Toru ümbruse täitetööd
- Koonused
- Viimistlemine

10.2. Kaevetööd

Toru silla aluse rajamisel tuleb olemasolev pinnas eemaldada etteantud kõrgusele, kobestamata ja struktuuri vigastamata. Kui aluspõhja on tekkinud augud ja lohud tuleb olemas olnud olukord ja kandevõime taastada. Kaeviku laius on toruläbimõõdust minimaalselt 1,2 m laiem pinnase tihendamiseks. [18]

10.3. Aluse ehitus

Terasvõlv silla vundamentide rajamisel juhendatakse EVS- EN 1610 standardist. Tööde käigus tuleb alus hoida kuivana. Tuleb järgida, et ei tekiks läbipaindeid, väändeid ja muid deformatsioone mis võivad takistada rajatise kasutuselevõttu. Vundament rajatakse püsivale killustikalusele ning vajadusel kasutada geosünteeete või vundament ehitatakse vaialusele. [18]

Olemasolevale pinnasele paigaldatakse eralduseks geotekstiilriie klassiga 3 mis ulatub sisse-ja väljavoolu põhjakindlustuse alla ning aluse tugevdamiseks vajadusel kasutada geovõrke. Paigaldatakse killustik sõltuvalt aluspinnaste omadustest ja tihendatakse. Killustikule laotatakse „õhuliselt“ liiva, et gofreering vajuks liiva tihedalt ja ilma õhuvahedeta. Toru kalle peab jääma 1%, kui ei ole nõutud teisiti.

10.4. Toru paigaldamine

Toru monteerimiseks ja paigaldamiseks on kolm viisi [14]:

- Toru toimetatakse objektile valmis olekus
- Toru monteeritakse kokku kaevikust väljaspool
- Toru monteeritakse kokku kaevikus.

Terasplaatidest truubid tuleb monteerida vastavalt tootja juhistele, mis peavad olema saadetud koos materjalidega ning näitama iga plaadi asendit ning paigalduse järjekorda. [6]

Toru paigaldus sõltub toru tüübist, objekti ehitamise oludest, objekti valmimise tähtajast ning kas objektil on võimalik teha tõstetöid. Kui puudub võimalus tõstetöid teha, tuleb detailid koostada kaevikus. [14]

Tõstetöödel tuleb kasutada rihmasi või köisi mis ei riku kaitsekihi pinda. Kasutada võib ka tõstmisel metallist lisalappe mis kinnitatakse toru külge. [14]

Valmis toru paigaldusel tuleb kontrollida poltide kinnitusi. Vajadusel teha järel pingutamine. [14]

10.5. Toru ümbruse täitetööd

Terastoru sild tuleb üleni väljast katta 3 klassi geotekstiiliga. Tagasitäite tööd teha soovituslikult liivaga, vältida terastoru vigastusi ning alustada mõlemalt poolt korraga kuni 30 cm tihendatud kihtidena. Ohutus abinõuna, vältimaks toru kerkimist täitetööde jooksul üles tuleks toru paele paigaldada raskused, kuid need ei tohi rikkuda torukaitse pindeid. Erilist tähelepanu pöörata täitmistööde ja tihendamisel mitte vigastada toru kaitsekihte. Vajadusel kasutada kaeviku külgedel geotekstiili ära hoidmaks teetammi aluse ja toru ümbrusetäite materjali segunemist. Raske tihendustehnikaga tohib tulla maksimaalselt 1000 mm kaugusele. [6]

Toru pealt tohib rasketehnikaga tihendada kui pinnase paksus on minimaalselt 50 cm.

Toru ümbrusetäiteks võib kasutada peenliiva, keskliiva, jämeliiva ning kruusa. Soovitav on tagasitäite teha liivaga, sest liiva eritakistus on kõige sobivam. Tagasitäite maksimumfraktsioon 32 mm, ei tohi sisaldada külmunud pinnast, savi, orgaanilisi ja kahjulikke materjale. [6]

Peenliiv ja keskliiv tihendada 95% tihedusest ning jämeliiv ja kruus tihendada elastsusmoodul 120 - 130 MPa. Ümbrusetäite drenivus võiks jääda 0,5-2 m/ööpäevas. Kui filtratsioon on suur võib tekkida uhtumise oht.

10.6. Toru otste kaitse, koonused

Silla koonused mis jäävad kõrgvee alla, peab nõlvus olema väiksem kui 1:1,5. Üle 12 m kõrguse mulde sillakoonuse nõlvus tuleb määrata püsivuse arvestusega (või vähemalt 1:1,75 kogu koonuse ulatuses). [15]

Silla koonus peab olema kindlustatud kogu koonuse ulatuses. Kui tegemist ei ole jõe sillaga siis toru pealne mulde nõlv tuleb kindlustada kuni ülemise sileda osani (näiteks ökoduktidel). Mulle silla juures ja truubi peal peab olema kindlustatud nii, et kindlustuse ülemine serv ulatuks pealispinnani. Jõesillal peab koonus olema kindlustatud toru pealt vähemalt 1 meeter. Otste kindlustamise osa mis jääb jõe sāngi tuleb sama moodi kindlustada nagu on maanteeameti truupide tüüpjoonisel. Koonuse kindlustuse materjalidena võib kasutada betooni, munakivi, gabioontarinditega konstruktsiooni või muud koonuse kindlustuseks sobivat materjali. Toru metall otstele, mis jäävad muldest väljapoole võib ehitada betoonist serva, kindlustamaks koonust veel paremini. Toru lõigatakse kalde alla alates 1/3 kõrgusest, tagamaks toru stabiilsust.

11. GOFREERITUD TERASTORUSILDADE ANDMED

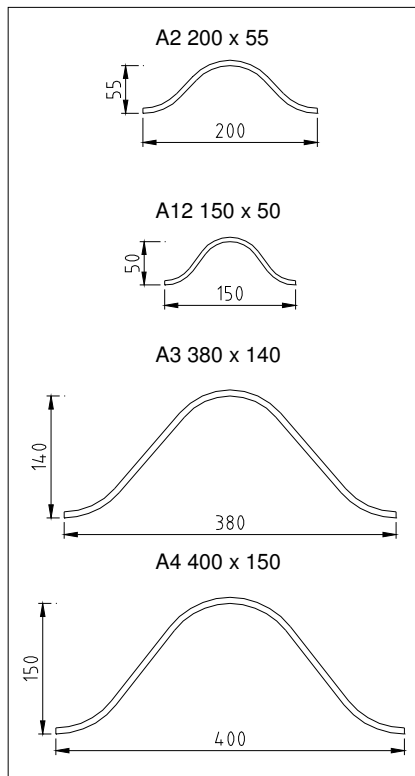
Tabelis 7 on loetletud monteeritava terastoru ja gofreeritud terastoru sildade tüüpilised gofreeringud

Tabel 7

Konstruktsioonide gofreeringud [1]

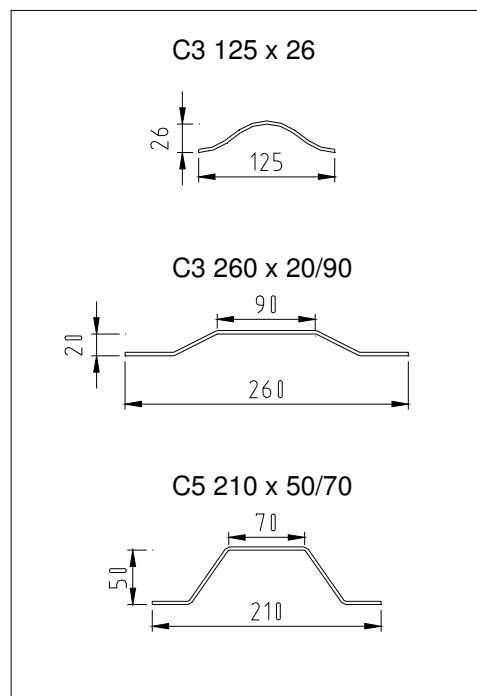
Konstruktsioon	Gofreering l x k
A 12 Lehtteras konstruktsioon	150 x 50
A 2 Lehtteras konstruktsioon	200 x 55 MultiPlate
A 3 Lehtteras konstruktsioon	380 x 140 SuperCor
A 4 Keerdõmblsega teras konstruktsioon	400 x 150 StrenCor
C 3 Keerdõmblusega teras konstruktsioon	125 x 26 , 260 x 20/90
C 5 Keerdõmblusega teras konstruktsioon	210 x 50/70

Monteeritava torusilla tüüp A (Joonis 11) laine kuju tabelis nr 7. [1]



Joonis 11. Tüüp A kuju gofreering [1]

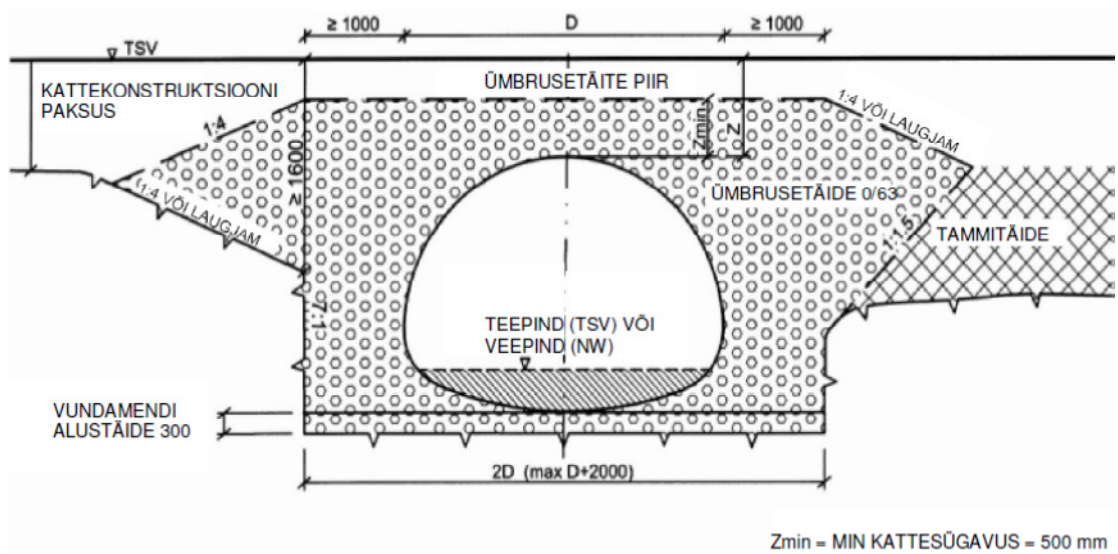
Keerdõmblusega terastoru tüüp C (Joonis 12) laine kuju tabelis nr 7. [1]



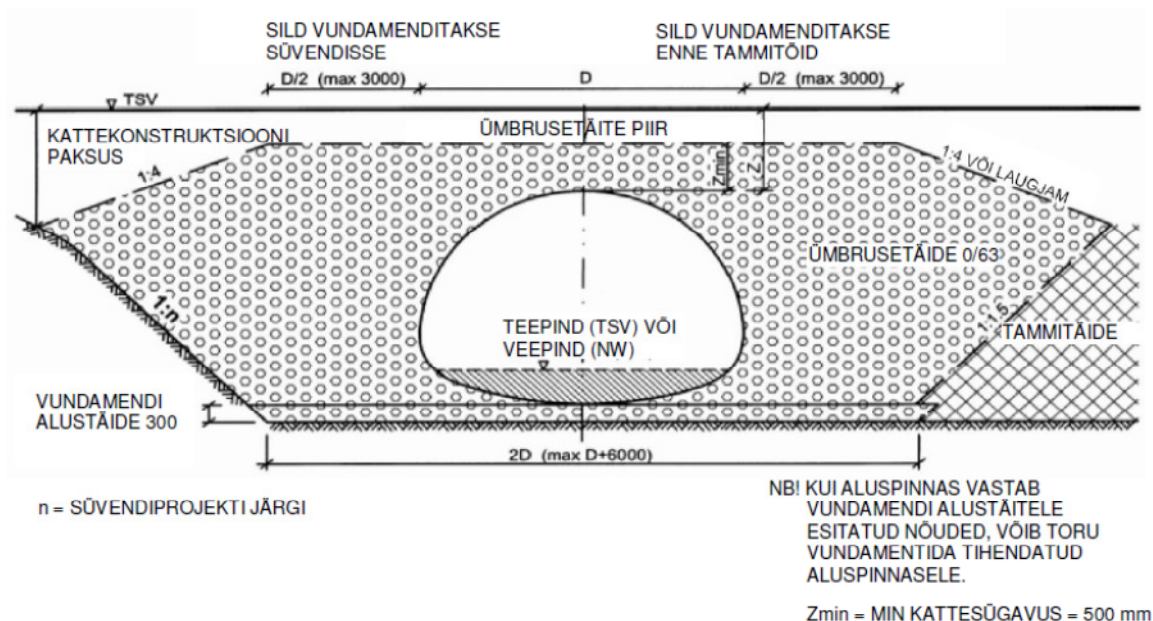
Joonis 12. Tüüp C kuju gofreering [1]

12. TERASTORUSILDADE TÜÜPJONISED PAIGALDAMISEL VASTAVALT PINNASE OMADUSTELE

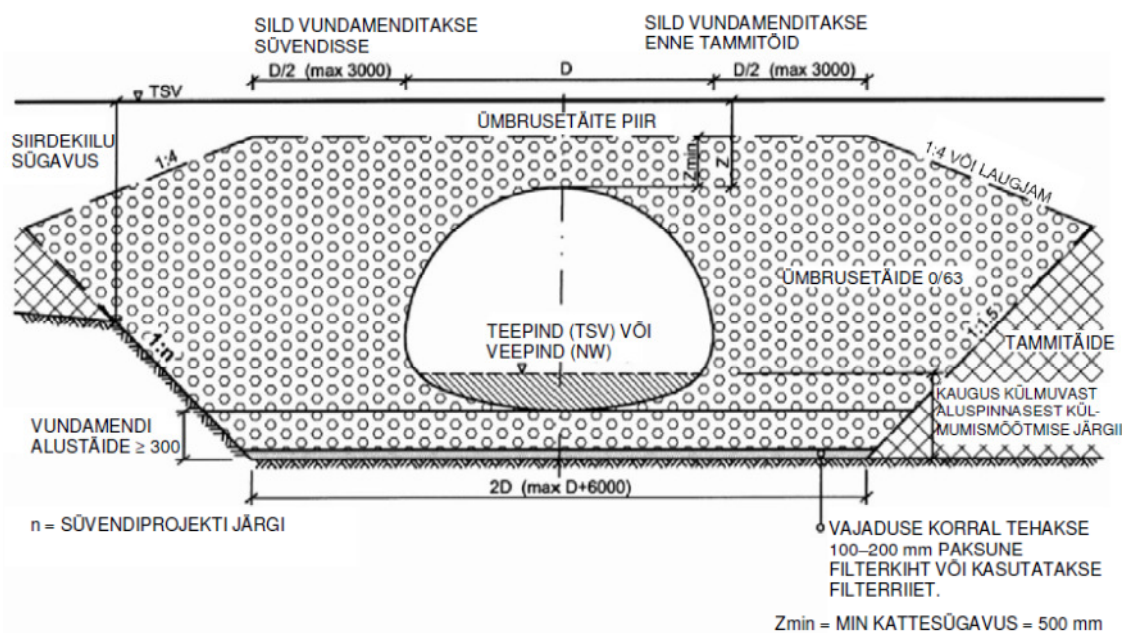
Vastavalt pinnase oludele tuleb ka lähtuda järgnevatest tüüpjoonistest (Joonis 13-17).



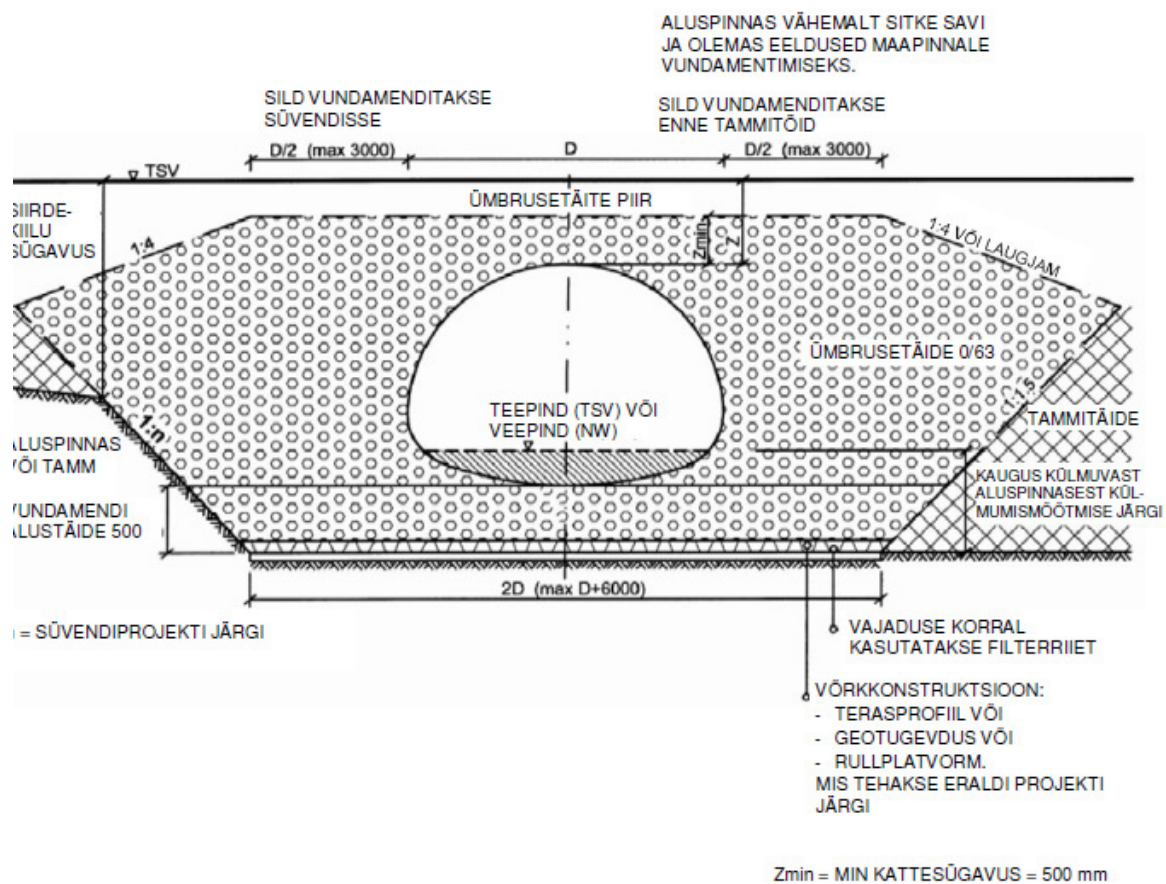
Joonis 13. Toru paigaldamine kivisele pinnasele [2]



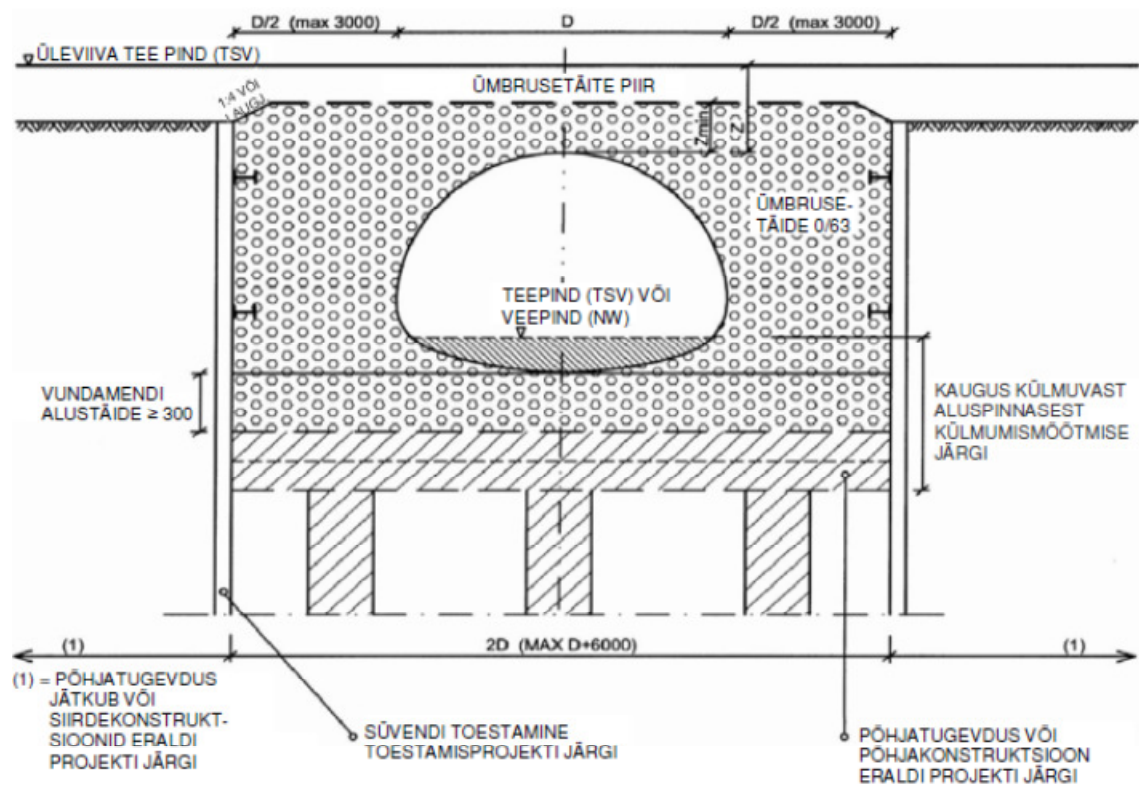
Joonis 14. Toru paigaldamine külmakindlale aluspinnasele [2]



Joonis 15. Toru paigaldamine külmakartlikule aluspinnasele [2]



Joonis 16. Toru paigaldamine pehmele pinnasele [2]



Joonis 17. Toru paigaldamine vaivundamendile [2]

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärk oli koostada terastorusildade ehitamise juhend, mis kehtib alates 2-meetrise läbimõõduga (vaba avaga) torusildadele ja mille materjali paksus on vähemalt 3 millimeetrit, ja anda ülevaade vajalikest nõuetest projekteerijale, tellijale, ehitajale ning järelevalvele.

Töös seletatakse lahti terastorusildade ehituses vajalikud definitsioonid, torusildade tüübid ja torusildade kasutamise mõttekus.

Eestis on probleem torusildade eluea arvutustega, puudub ühene arvutusskeem. Juhendis on välja pakutud arvutused silla eluea määramiseks. Tuuakse välja üldised nõuded terastorusildade elueale, koormustaluvusele, ava suurusele ning asetusele. Seletatakse, mis kujuga ja kuhu antud torusillad sobivad.

Selgitakse metallkonstruktsioonide ja metallide omadusi. Olulised on torude kaitsekihid, tuuakse välja kaitsekihtide nõuded, et torusilla eluiga oleks tagatud.

Tutvustatakse aluspinnasest tingitud metalltorude, torude kaitsekihtide ja geosünteedide valikut. Esitatakse sillaehituse olulised etapid, tehtavad tööd ja kaitsemeetmed.

Tuuakse välja tabelite ja joonistena terastorusildade gofreeringute kujud ning joonised toru paigaldamiseks erinevatele aluspinnastele. Igale torusillale tuleb teha geoloogilised uuringud, et oleks tagatud koormustaluvus ja stabiilsus.

Lõputöö on mõeldud maanteeametile abimaterjalina terastorusildade ehitusjuhendi koostamiseks.

SUMMARY

“Terastorusildade ehitusjuhend” – “Instruction for building steel tube bridges”

The aim of the graduation paper was to prepare an instruction for building steel tube bridges, valid for tube bridges the diameter (free aperture) of which starts from 2 m and the thickness of the material of which is at least 3 mm, and to give an overview of the necessary requirements for the designer, contracting authority, builder and supervision authorities.

The paper accounts for the definitions necessary in the construction of steel tube bridges, types of tube bridges and the reasonability of using tube bridges.

There is a problem in Estonia with calculating the service life of tube bridges since there is no uniform calculation scheme. The instruction offers calculations for determining the service life of bridges. It outlines the general requirements for the service life, load-bearing capacity, aperture size and position of steel tube bridges. The instruction clarifies where tube bridges with certain shapes can be used.

It also accounts for the properties of metal structures and metals. The protection layers of tubes are of great importance, therefore, the requirements for protection layers are outlined in order to assure the service life of tube bridges.

The paper introduces the selection of steel tubes, protection layers of tubes and geosynthetics determined by the subsoil. It also presents the most important stages of bridge construction, performed works and protection measures.

The paper outlines the corrugation shapes of steel tube bridges as tables and figures and figures for installing the tube on different subsoils. Geological surveys must be carried out for every single tube bridge in order to assure their proper load-bearing capacity and stability.

The graduation paper is intended as an auxiliary material for the Road Administration for preparing the construction instructions for steel tube bridges.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „Teräspuutisillat suuniteluohje,“ 2014. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 14.veebruar, 2015].
- [2] „Terastorusillad. Projekteerimisjuhend,“ 2008. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 14.veebruar, 2015].
- [3] „Design of soil steel composite bridges,“ 2007. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 5.märts, 2015].
- [4] GALV-EST AS, „Nõuded tsingitava terase keemilisele koostisele,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.galv-est.ee/index.php?p=4&c=7>. [Kasutatud 5.märts, 2015].
- [5] „Truupide, veeviimarite ehitus,“ 2015. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 26.märts, 2015].
- [6] Eesti.ee, „Teetööde tehniline kirjeldus. Drenaaž. Teras elementidest truup,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.eesti.ee/portaal/!this.query_view_tookirjeldus?tookirjeldusId=13461#. [Kasutatud 27.veebruar, 2015].
- [7] Visnapuu, A., Torusildade projekteerimise juhend, Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2011, p. 40-41.
- [8] AS Paldiski tsingipada, „Teenused,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://zincpot.ee/index.php?page=186>. [Kasutatud 5.märts, 2015].
- [9] Tikkurila, „Tooted,“ [Võrgumaterjal]. Available: http://www.tikkurila.ee/toostusvarvid/metallitoostusvarvid/tooted/temacoat_rm_40.4211.shtml. [Kasutatud 26.märts, 2015].
- [10] Eesti.ee, „Teetööde tehniline kirjeldus. Konstruktsioonid. Värvimine,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.eesti.ee/portaal/!this.query_view_tookirjeldus?tookirjeldusId=13501. [Kasutatud 26.märts, 2015].
- [11] Eesti.ee, „Teetööde tehniline kirjeldus. Mullatööd. Geosünteedid,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.eesti.ee/portaal/!this.query_view_tookirjeldus?tookirjeldusId=13334. [Kasutatud 27.veebruar, 2015].
- [12] Riigiteataja, „Tee ja teetööde kvaliteedinõuded,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/111032014003?leiaKehtiv>. [Kasutatud 1.aprill, 2015].
- [13] „Sillantarkaistuskäsikirja,“ 2013. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 1.aprill, 2015].
- [14] „Teräspuutisillat Rakentamisen laatuvaatimukset,“ 2008. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 1.aprill, 2015].
- [15] Riigiteataja, „Tee projekteerimise normid ja nõuded,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/26215>. [Kasutatud 10.aprill, 2015].

- [16] Eesti.ee, „Teetööde tehniline kirjeldus. Konstruktsioonid. Teraskonstruktsioonid,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.eesti.ee/portaal!/this.query_view_tookirjeldus?tookirjeldusId=13501. [Kasutatud 26.märts, 2015].
- [17] EVS-EN 1991-2:2004+NA:2007, Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktsioonide koormused. Osa 2: Sildade liikluskoormused, Eesti: Eesti Standardikeskus, 2003.
- [18] Eesti.ee, „Teetööde tehniline kirjeldus. Drenaaž. Truupide ehitamine,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.eesti.ee/portaal!/this.query_view_tookirjeldus?tookirjeldusId=13455 [Kasutatud 27.veebruar, 2015].
- [19] EVS-EN 10169:2010+A1:2012, Pidevprotsessis orgaanilise pindega pinnatud (rullis pinnatud) terasest lehttooted. Tehnilised tarnetingimused, Eesti: Eesti Standardikeskus, 2014.
- [20] EVS-EN 1461:2009, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods, Eesti: Eesti Standardikeskus, 2009.
- [21] EVS-EN ISO 12944-5:2007, Värvid ja lakid. Teraskonstruktsioonide korrosioonitõrje värvkattesüsteemidega. Osa 5: Kaitsevärvkattesüsteemid, Eesti: Eesti Standardikeskus, 2015.
- [22] Vikipeedia, „Korrosioon,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/26215>. [Kasutatud 10.aprill, 2015].
- [23] „Metsakuivenduse ja –teede ehitusprojekti näidiskoosseis,“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 03.mai, 2015].