

Terastorutruupide projekteerimise, ehitamise ja hooldamise juhend metsateedel

Versioon 1.0

Töö nr: 4-14/33 (TTK) ja 3-1.5/19 (RMK)

Töö teostaja andmed:

Asutus: Tallinna Tehnikakõrgkool
Registrikood: 70003773
Aadress: Pärnu mnt 62, 10135 Tallinn
Telefon: +372 6664500
E-post: tktk@tktk.ee
Veebiaadress: www.ttkk.ee
Juhendi koostajad: Martti Kiisa (telefon: +372 5299321, e-post: martti.kiisa@tktk.ee)
Karin Lellep (telefon: +372 5255496, e-post: karin.lellep@tktk.ee)

Tellijä andmed:

Asutus: Riigimetsa Majandamise Keskus
Registrikood: 70004459
Aadress: Toompuiestee 24, 10149 Tallinn
Telefon: +372 6767500
E-post: rmk@rmk.ee
Veebiaadress: www.rmk.ee
Kontaktisik: Toomas Kivisto (telefon: +372 5148580, e-post: toomas.kivisto@rmk.ee)

28.12.2016

EESSÕNA

Käesoleva töö eesmärgiks on välja töötada juhend metsateedel paiknevate terastorutruupide projekteerimiseks, ehitamiseks ja hooldamiseks.

Juhendi on välja töötanud Tallinna Tehnikakõrgkool Riigimetsa Majandamise Keskuse tellimusel.

Autorid: Martti Kiisa ja Karin Lellep

Retsensent: Enn Kulp

Konsultandid: Toomas Kivisto ja Artjom Melnikov

Juhendi versioon: 1.0

Kuupäev: 28.12.2016

Juhend on koostatud kokku 47 lehel.

SISUKORD

Eessõna.....	2
Sisukord	3
1. Sissejuhatus	4
1.1. Juhendi eesmärk ja rakendusala	4
1.2. Terminid, lühendid ja tähised.....	5
2. Projekteerimine	6
2.1. Projekteerimise lähteülesanne.....	6
2.2. Projekteerimise alused	7
2.2.1. Üldnõuded projekteerimisel	7
2.2.2. Ehitusprojektile esitatavad nõuded	8
2.2.3. Ehitusprojekti ekspertiis	8
2.3. Truubi dimensioonimine	9
2.3.1. Kasutatavad materjalid	9
2.3.2. Truubi ristlõike kuju.....	10
2.3.3. Truubi paiknemine ja pikkus.....	12
2.3.4. Truubi ristlõike määramine hüdrauliliste arvutustega	14
2.3.5. Truubi ristlõike määramine liiklusnõuetest lähtuvalt	16
2.3.6. Arvutus kande- ja kasutuspiiriseisundis	16
2.4. Pinnas ja vundeerimine	18
2.5. Kasutusea tagamine	20
2.6. Muud konstruktsioonielemendid	26
3. Ehitamine.....	32
4. Hooldamine	35
4.1. Ülevaatus.....	35
4.2. Hooldamise alused ja hooldusjuhend	36
4.3. Jääkkasutusea hindamine.....	37
4.4. Terastoruubi renoveerimine.....	38
Kasutatud kirjandus.....	41
Lisa 1 – Üldülevaatuse ülevaatusakti näidis	44

1. SISSEJUHATUS

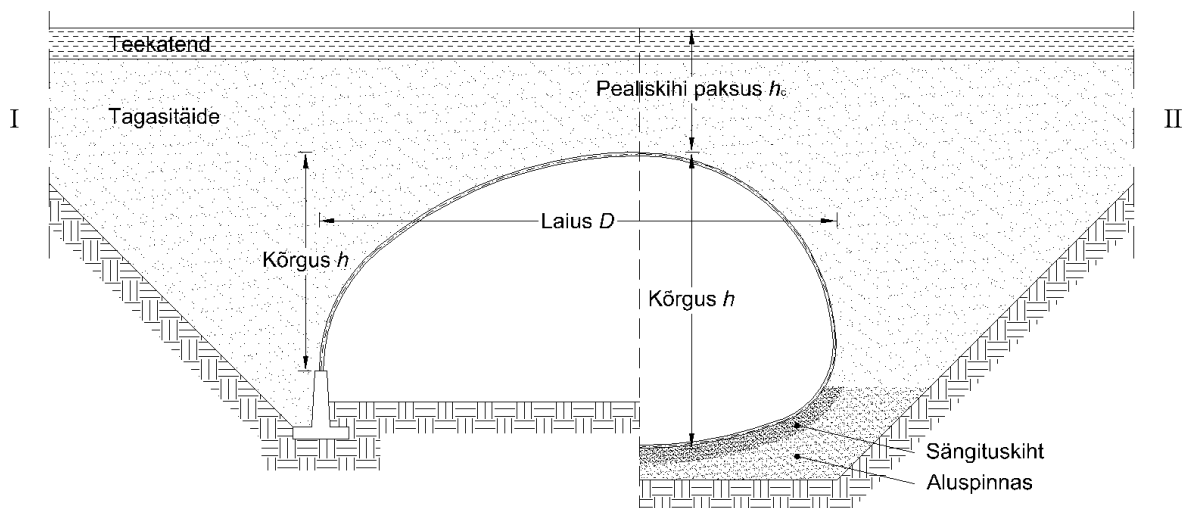
1.1. Juhendi eesmärk ja rakendusala

Käesolevas juhendis on käsitletud metsateedel paiknevate terastoruupide (edaspidi kasutatakse ka lühendatult terminit *truup*) projekteerimist, ehitamist ja hooldamist. Käsitletakse nii monteeritavatest elementidest valmistatavaid kui ka keerdõmblusega torukonstruksioone (joonis 1). Siinkohal on võimalikult vähe püütud kopeerida teisi juhendmaterjale. Kui see on asjakohane ja mõistlik, siis on juhendis esitatud viide mõnele teisele allikale edasiste juhiste saamiseks.

Standarditele viitamisel on kasutatud dateerimata viidet, mis tähendab, et kasutada tuleks kõige uuemat standardiversiooni (koos võimalike muudatustega). Õigusaktide (määrused, ametkondlikud käskkirjad jne) korral on viidatud juhendi valmimise hetkel kehtinud nõuetele, kuid käesoleva juhendi kasutajal tuleb alati lähtuda konkreetsetel ajahetkel kehtivatest õigusaktide redaktsioonidest.

Eesti ehitusalastes õigusaktides ja juhendites on truupi käsitletud mõnevõrra erinevalt. Näiteks riigimaanteedel on truup defineeritud kui vee või loomade tee alt läbijuhtimiseks tee muldkehas olev rajatis, mille läbimõõt on alla 3 meetri ning suurema läbimõõdu korral on tegemist sillaga. Metsateedele sellist erisust ei kohaldata ning käesolevas juhendis käsitletakse truupi kui kinnise perimeetriga mistahes suuruse ja kujuga veeviimarit. Kuna levinud on ka avatud profiiliga kaarkonstruksioonid, siis on siinkohal toodud üldjuhised ka selliste rajatiste jaoks (edaspidi: terastorusild). Samuti on juhendis ära toodud ka üldised põhimõtted tunnelite jaoks.

Terastoruup (*soil steel composite bridge*) on oma olemuselt komposiitkonstruktsioon, kus teraselemendid töötavad koos pinnasega. Oluliseks lisatingimuseks on see, et minimaalne lubatud pealiskihi paksus on $h_c \geq 0,5\text{ m}$.



Joonis 1. Tüüpiline terastorusilla (I) ja -truubi (II) ristlõige

1.2. Terminid, lühendid ja tähised

Terminid:

Terastoru-ruup	Rajatis, mille kandevõime tagatakse (gofreeritud) terastoru ning seda ümbritseva pinnase koostoimel
Truup	Kinnise perimeetriga mistahes suuruse ja kujuga veeviimar
Tunnel	Rajatis jalakäijate, teiste liiklejate või loomade läbilaskmiseks tee alt

Lühendid:

CC	Tagajärgede klass
DSL	Projekteerimise järelevalve tase
EVS	Eesti Vabariigi standard
KKM	Keskkonnaminister
MKM	Majandus- ja kommunikatsiooniminister
MNT	Maanteeamet
MTM	Majandus- ja taristuminister
NGS	<i>NorGeoSpec</i>
PMA	Põllumajandusamet
PMM	Põllumajandusminister
RC	Töökindlusklass
RMK	Riigimetsa Majandamise Keskus
SDM	<i>Swedish design method</i>
SSCB	<i>Soil steel composite bridge</i>

Tähised:

a	Truupide omavaheline kaugus
$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$	Truupi ümbritsevate pinnasekihtide mõõdud
h	Truubi kõrgus
h_1	Truubi otsa vertikaalosa kõrgus
h_c	Pealiskihi paksus
h_{HW}	Veesügavus kevadise maksimaalse vooluhulga ajal
k	filtratsioonimoodul
k_1, k_2, k_3, k_4	Tingimustegurid vastavates klassides
l_1, l_2, l_3, l_4	Truubi pikkusega seotud mõõdud
v_{HW}	Voolukiirus kevadise maksimaalse vooluhulga ajal
φ'	Pinnas e efektiivsisehõõrdenurk
γ'	Pinnase efektiivmahukaal
A	Truubi ristlõikepindala
C_u	Lõimistegur
D	Truubi laius
H	Kõrgus truubi kõige laiemast kohast truubi ülemise punktini (vertikaalsuunaline)
KI	Kasutusiga
R	Truubi raadius (üldtähis)
T_1, T_2, T_3	Vastavalt teraslehe, tsingikihi ja lisakaitse arvutuslik eluiga

2. PROJEKTEERIMINE

2.1. Projekteerimise lähteülesanne

- (1) Enne projekteerimistööde algust koostab tellija projekteerimise lähteülesande. Lähteülesanne peab sisaldama piisavalt informatsiooni lõpliku lahenduse väljatöötamiseks ning olema üheselt arusaadav.
- (2) Lähteülesandes käsitletakse järgmisi teemasid:
 - projekteerimise üldeesmärk (uusehitis, rekonstrueerimine jne);
 - olemasoleva olukorra kirjeldus (sh rajatise asukoht, varasemalt teostatud uuringud ja mõõtmised, olemasolev dokumentatsioon jne);
 - lahendamisele kuuluvate tööde loetelu (sh kasutus- ja hooldusjuhend, ehitusaegne liikluskorraldus jne);
 - tulevase rajatise tüüp ja täiendav funktsionaalsus (laevatatavuse nõuded, kalade läbipääs jne);
 - eelistatav konstruktiivne lahendus;
 - nõutav kasutusiga;
 - nõutavad liikluskoormused;
 - nõutavad uuringud;
 - metsatee esitatavad nõuded peale remont- või ehitustööde teostamist:
 - metsatee järk,
 - projekteerimise lähtetase,
 - kõnniteede olemasolu (vajadusel),
 - piirded (vajadusel),
 - muud nõuded (nt niiskuspakkonna tüüp jne);
 - täiendavad nõuded, kui need on asjakohased:
 - maksimaalne lubatav voolukiirus,
 - sisse- ja väljavoolude kindlustamine,
 - paisutuse lubamine,
 - nõlvakalded,
 - korrosioonikaitse tagamine;
 - nõutavate kooskõlastuste loetelu;
 - kasutatavad normatiivdokumendid;
 - projektile esitatavad nõuded (sh projekteerimise staadium, vormistusnõuded jne),
 - muud nõuded.

2.2. Projekteerimise alused

2.2.1. Üldnõuded projekteerimisel

- (3) Projekteerimine toimub vastavalt projekteerimistingimustele.
- (4) Projekteerimise aluseks tuleb võtta:
- PMM 17.02.2005 määrus nr 18 „[Maaparandussüsteemi projekteerimisnormid](#)“ [1].
- (5) Ehitusprojekti koostamiseks tuleb oluliste ehitustehniliste andmete väljaselgitamiseks teha vajalikud ehitusuuringud, mille teostamisel tuleb aluseks võtta:
- PMM 29.08.2011 määrus nr 75 „[Maaparanduse uurimistööle esitatavad nõuded](#)“ [2].
- (6) Konstruktsioon tuleb projekteerida ja ehitada nii, et see säästlikult:
- talub kõiki ehituse ja kasutusea jooksul esineda võivaid koormusi ja mõjureid ning
 - püsib ettenähtud otstarbeks kasutuskõlblikuna.
- (7) Truubi projektlahendus peab:
- tagama vajaliku vooluhulga läbijuhtimise;
 - tagama sõidukite ja kasutajate ohutu ja sujuva liikluse;
 - tagama rajatise töökindluse, pikaalisuse ja pideva kasutatavuse ettenähtud aja jooksul;
 - tagama materjalide ja energiaressursside ökonoomse kasutamise;
 - arvestama suurvee ja jäämineku ohutu läbilaskmise ja veejuhtme looklevusega;
 - tagama keskkonnakaitsenõuete täitmise;
 - looma rajatise all tingimused ohutuks liikluseks (asjakohastel juhtudel);
 - tagama kalade läbipääsu üles- ja allavoolu (asjakohastel juhtudel);
 - tagama ulukite liikumisvõimaluse (asjakohastel juhtudel);
 - arvestama tellija poolt esitatud täiendavaid tingimusi.
- (8) Liiklustunnelid peavad olema projekteeritud nii, et nad oleksid seest kuivad. Selleks nähakse ette vajalikud veeviimarid ning vajadusel tagatakse toru seina veekindlus.
- (9) Tagajärgede liigitamise kriteerium kirjeldab konstruktsiooni või konstruktsioonielemendi purunemisel tekkivaid võimalikke tagajärgi. Konstruktsiooni üksikosadel võib olla sama, kõrgem või madalam tagajärgede klass kui konstruktsioonil tervikuna. Tagajärgede klassi määramine on aluseks töökindlusklassi, projekteerimise järelevalve taseme ja ehitamise järelevalve taseme määramisel. Töökindluse eristamise eesmärgil kasutatavad tagajärgede klassid CC võib kehtestada, arvestades konstruktsiooni purunemise või halva funktsioneerimise tagajärgi nagu on esitatud tabelis 1. [3]
Üldjuhul tuleks truup liigitada tagajärjeklassi CC1.

Tabel 1. Tagajärgede klasside ja töökindlusklasside liigitus [3]

Tagajärgede klass	Töökindlus-klass	Kirjeldus
CC3	RC3	Rasked tagajärjed inimeselukaotuse suhtes või majanduslikud, sotsiaalsed või keskkonna kahjud on väga suured
CC2	RC2	Keskmiised tagajärjed inimeselukaotuse suhtes või majanduslikud, sotsiaalsed või keskkonna kahjud on arvestatavad
CC1	RC1	Kerged tagajärjed inimeselukaotuse suhtes või majanduslikud, sotsiaalsed või keskkonna kahjud on hüljatavad

- (10) Konstruksioonide töökindlust RC võib eristada näiteks alalise arvutusolukorra põhikombinatsioonis kasutatava koormuse osavaruteguri γ_F või materjali osavaruteguri γ_M kaudu. Töökindlusklassid võivad olla ühenduses tagajärgede klassidega CC nagu on näidatud tabelis 1. [3]
- (11) Projekteerimise järelevalve taseme DSL eristamine sisaldab erinevaid organisatsioonilisi kvaliteediohje meetmeid. Projekteerimise järelevalve tase võib olla seotud töökindlusklassiga (mis on eelistatud) või valitud vastavalt konstruksiooni tähtsusele (tabel 2). [3]

Tabel 2. Projekteerimise järelevalve tasemete liigitus [3]

Projekteerimise järelevalve tase	Näitajad	Minimaalsed soovituslikud nõuded arvutuste, jooniste ja spetsifikatsioonide kontrolliks
DSL3 seoses RC3-ga	Suurendatud järelevalve	Kolmanda poole kontroll: kontrollib organisatsioon, mis ei olnud projekteerija
DSL2 seoses RC2-ga	Tavaline järelevalve	Kontrollivad eri isikud, kes ei ole projektiga seotud, kuid töötavad samas organisatsioonis
DSL1 seoses RC1-ga	Tavaline järelevalve	Omakontroll: kontrollib projekteerija ise

2.2.2. Ehitusprojektile esitatavad nõuded

- (12) Ehitusprojekt peab olema selline, et selle kohaselt ehitatav ehitist vastaks nõuetele, sealhulgas arvestaks ehitise sobivust, kasutatavust ja korrashoiu vajadust. Ehitusprojekti kohaselt peab olema võimalik ehitada, ehitise ja ehitamise nõuetele vastavust kontrollida ning asjakohasel juhul ka ehitist kasutada ja korras hoida. [4]
- (13) Ehitusprojekti koostamisel tuleb aluseks võtta:
- PMM 21.07.2005 määrus nr 82 „[Maaparandussüsteemi ehitusprojekti sisu- ja vorminõuded](#)“ [5];
 - RMK juhatuse liikme 22.01.2015 käskkirj nr 1-5/21 „[Metsakuivenduse ja -teede ehitusprojekti näidiskoesseis 2014](#)“ [6].

2.2.3. Ehitusprojekti ekspertiis

- (14) Ehitusprojekti ekspertiisi käigus kontrollitakse ehitusprojekti kui terviku vastavust nõuetele või ehitusprojekti osa vastavust nõuetele koosmõjus koostatud ehitusprojekti kui tervikuga, sealhulgas vastavust õigusaktidele, ehitusprojekti koostamiseks väljaselgitatud andmetele, planeeringule, projekteerimistingimustele, säästlikule ja põhjendatud lahendusele ning projekteerimise ja ehitamise hea tavale. [7]
- (15) Ehitusprojekti ekspertiis tehakse, kui seda soovib omanik või tellija.
- (16) Ehitusprojekti ekspertiisi teostamisel tuleb aluseks võtta:
- PMM 11.07.2003 määrus nr 69 „[Maaparandussüsteemi ehitusprojekti ekspertiisile esitatavad nõuded ja ekspertiisi tegemise kord](#)“ [8].

2.3. Truubi dimensionimine

2.3.1. Kasutatavad materjalid

- (17) Kõik kasutatavad ehitusmaterjalid ja -tooted (sh kinnitusvahendid) peavad vastama Eestis kehtivatele EVS-EN harmoneeritud standarditele¹. Kui vastav harmoneeritud standard puudub, siis tuleb lähtestandard tellijaga kooskõlastada. Tähtsamad kasutatavad standardid:
- EVS-EN 10025 [Konstruktsiooniterasest kuumvaltsitud tooted](#);
 - EVS-EN 10088 [Roostevaba teras](#);
 - EVS-EN 10139 [Külmalvaltsitud pinnakatteta pehmest terasest kitsad ribad külmsurvevormimiseks. Tehnilised tarnetingimused](#);
 - EVS-EN 10143 [Pidevas kuumsukelprotsessis pinnatud leht- ja lintteras - Mõõtme- ja kujutolerantsid](#);
 - EVS-EN 10149 [Kuumvaltsitud tasapinnalised tooted, mis on tehtud kõrge voolavuspiiriga terasest ning on ette nähtud külmsurvevormimiseks](#);
 - EVS-EN 10169 [Pidevprotsessis orgaanilise pindega pinnatud \(rullis pinnatud\) terasest lehttooted. Tehnilised tarnetingimused](#);
 - EVS-EN 10210 [Kuumalt lõppvaltsitud konstruktsiooni-õõnesprofiilid mittelegeer- ja peenetera-konstruktsiooniterasest](#);
 - EVS-EN 10219 [Külmsurvevormitud keevitatud konstruktsiooni-õõnesprofiilid mittelegeer- ja peeneterasest](#);
 - EVS-EN 10248 [Mittelegeerterasest kuumvaltsitud vaisulundseinad](#);
 - EVS-EN 10268 [Külmvormitavad külmalvaltsitud kõrge voolavuspiiriga terasest lehttooted. Tehnilised tarnetingimused](#);
 - EVS-EN 14399 [Eelpingestatud kõrgtugevad ehituslikud poltliited. Osa 1: Üldnõuded](#);
 - EVS-EN 15048 [Mitte-eelkoormatavad ehituslikud kinnitusmehhanismid. Osa 1: Üldnõuded](#).
- (18) Kasutatavate teraste tähistus peab vastama standardile EVS-EN 10027 [Teraste tähistussüsteem](#).
- (19) Kasutatava terase minimaalsed tugevusklassid:
- kuni 2 m laiune truup: S235;
 - üle 2 m laiune truup: S355.
- (20) Kasutatavatel kinnitusvahenditel peab olema truubi tarnija heakskiit. Poltide minimaalne lubatud voolavuspiir on 320 MPa.

¹ Lisainfo: <https://www.evs.ee/StandardidjaEL/Harmoneeritudstandardid/tabid/168/Default.aspx>.

2.3.2. Truubi ristlõike kuju

(21) Tabelis 3 on toodud peamised gofreeritud terastoruupide tüübid² koos tähtsamate profiili kujule esitavate nõuetega.

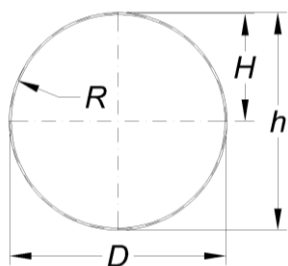
Tabel 3. Terastoruupide tüübid [9]

Tüüp	Tähis	Nimetus	Nõuded	Viide joonisele
Kinnine profiil	A	Ümartoru	$R = \text{const}$	Joonis 2
	B	Horisontaalne ellips	$R_t / R_s \leq 4$ $R_b / R_s \leq 4$	Joonis 3
	C	Vertikaalne ellips	$R_t / R_s \approx 0,8$ $R_b / R_s \approx 0,8$ $1,0 < 2H / D \leq 1,2$	Joonis 4
	D	Lameprofiilne	$R_t / R_c \leq 5,5$ $R_b / R_c \leq 10$	Joonis 5
	E	Madalprofiilne	$R_t / R_c \leq 5,5$ $R_b / R_c \leq 10$ $R_s / R_t \leq 2,0$	Joonis 6
Avatud profiil	F	Kaarprofiil	$R = R_t$	Joonis 7
	G	Võlvprofiil	$R_t / R_s \leq 4$ $1,0 \leq R_c / R_s \leq 4,0$	Joonis 8
	H	Karpprofiil	$R_t / R_s \leq 12$	Joonis 9

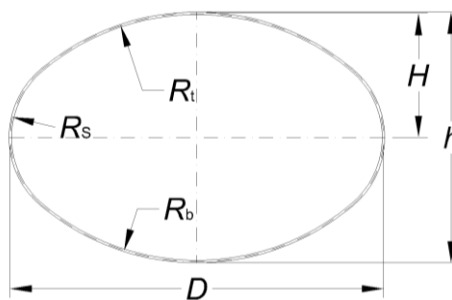
(22) Soovitusi profiili tüübi valikuks (vt tabel 3 ja joonised 2...9):

- laiad ja madalad profiilid (tüübid D ja H) sobivad eelkõige jõgedele ja kohtadesse, kus pealiskihi paksus on piiratud;
- (liiklus)tunnelite korral on sobilikeks lahendusteks tüübid E, F ja G ning suure tunnelikõrguse vajaduse korral ka tüüp C;
- looduslik põhja alusmaterjal ning jõesäangi kuju on kõige paremini säilitatud, kui kasutada avatud profiile (tüübid F, G ja H);
- horisontaalset ellipsprofiili (tüüp B) tuleb võimalusel vältida ja seda kasutatakse ainult erandjuhtudel;
- sama kõrgusega, kuid erineva kujuga truupide korral võib vee läbilaskevõime erineda kuni paar korda (joonis 10).

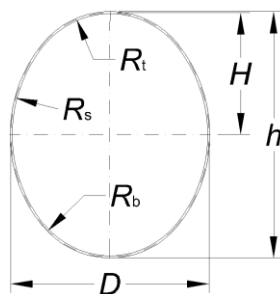
² Erinevates allikates võib kohata ka teistsuguseid liigitusi.



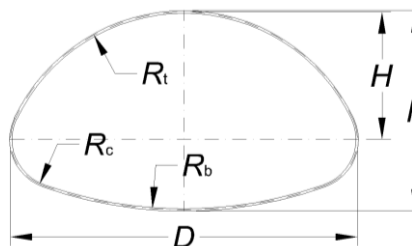
Joonis 2. Terastoruubi tüüp A [9]



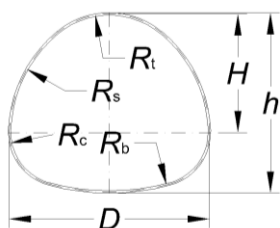
Joonis 3. Terastoruubi tüüp B [9]



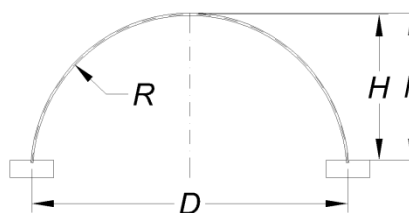
Joonis 4. Terastoruubi tüüp C [9]



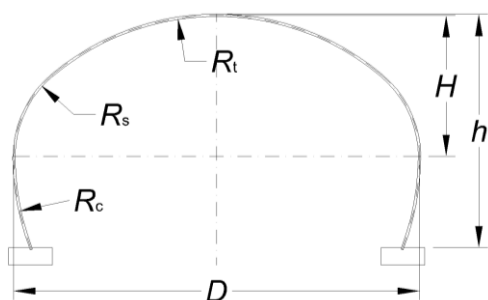
Joonis 5. Terastoruubi tüüp D [9]



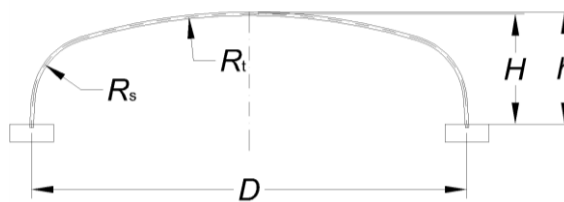
Joonis 6. Terastoruubi tüüp E [9]



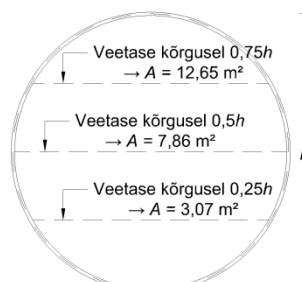
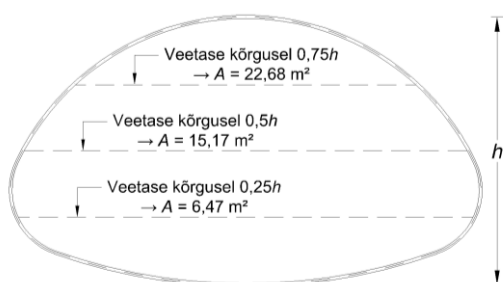
Joonis 7. Terastoruubi tüüp F [9]



Joonis 8. Terastoruubi tüüp G [9]



Joonis 9. Terastoruubi tüüp H [9]



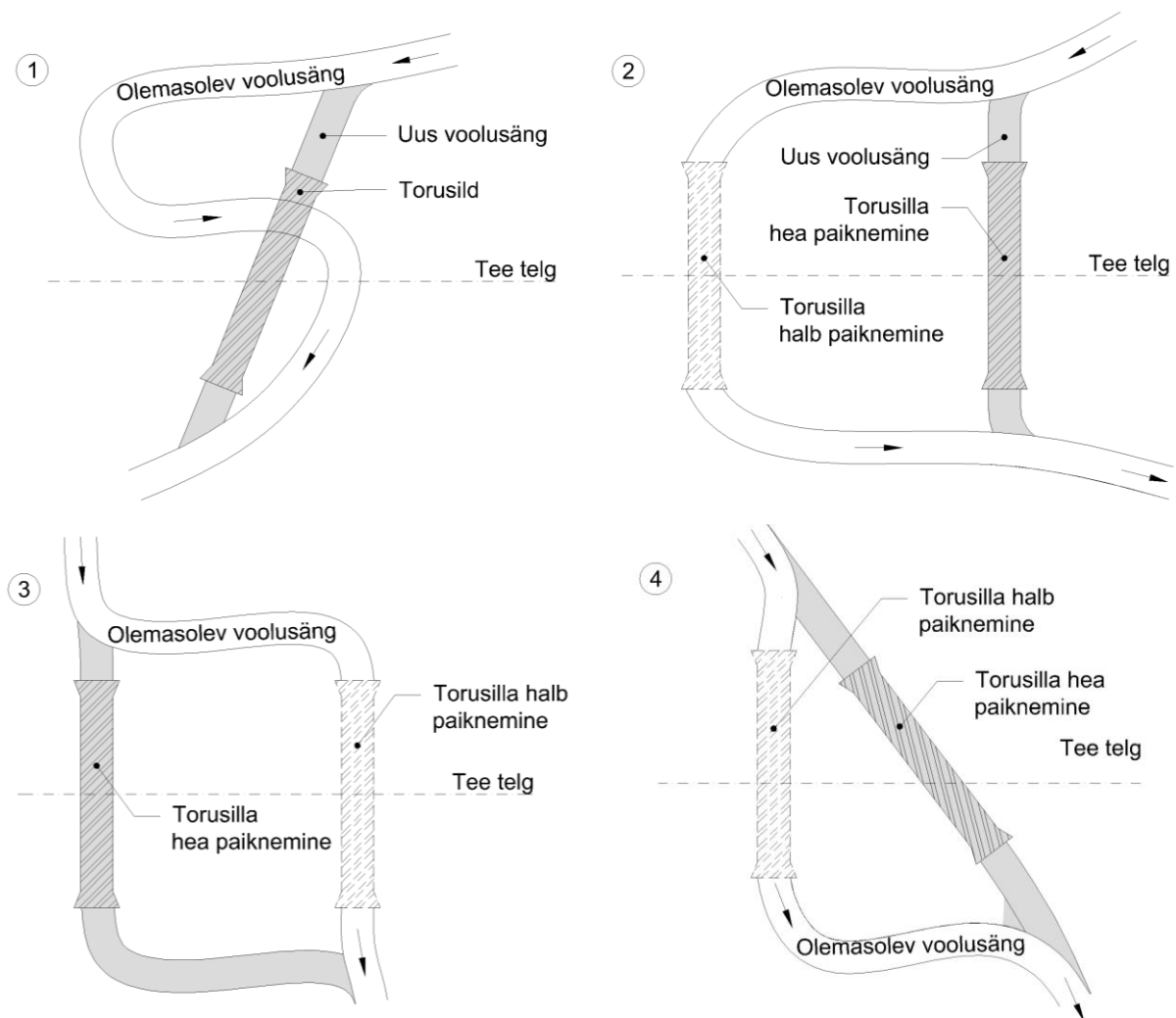
Joonis 10. Näitlik skemaatiline selgitus selle kohta, kui erinevad võivad olla kahe erineva kujuga, kuid sama kõrgusega truupide läbilaskevõime erinevate veetasemete korral

2.3.3. Truubi paiknemine ja pikkus

(23) Teerajatis asukoha valikul, plaani ja pikiprofiili projekteerimisel ning avade määramisel peab arvestama tee trasseerimise nõudeid ning geoloogiliste, hüdromeetriliste, hüdroloogiliste ja jõesängi iseärasustega. [10]

(24) Truubi asukoha määramisel horisontaallõikes tuleb arvestada järgmist:

- truubi asukoht tuleb valida selliselt, et see paikneks võimalikult risti ületatava takistusega, kuid üldjuhul mitte väljaspool 70° kuni 110° lõikumisnurka [10];
- erandjuhul võib eelmises punktis toodud nõuet eirata, kui looduslik voolusäng lõikub teega teravama nurga all ja voolusängi ümberkujundamine ei ole otstarbekas või võimalik – sellisel juhul tuleb kinni pidada truubi tootja poolt esitatavatest täiendavatest nõuetest ning kooskõlastada tegevus tellijaga;
- vooluveekogu sissepääs truupi ja väljapääs truubist peaks olema võimalikult otse [11];
- kui sirget sisse- ja väljapääsu looduslikult ei teki, siis saab vajadusel muuta voolusängi asukohta, truubi suunda või mõlemat [11];
- võimalusel tuleb vältida vooluveekogu suunamuutuseid truubi otste lähedal [11];
- voolusängi muutmisel tuleb arvestada muutuva voolukiirusega;
- soovitusi truubi asukoha määramiseks on toodud joonisel 11.



Joonis 11. Soovitusi truubi asendi määramisel [11]

(25) Truubi asendi määramisel vertikaallõikes tuleb arvestada järgmist:

- truubi vertikaallõike lahendus peaks olema selline, et ei tekiks setteid, liiga suurt vee voolukiirust ega uhtumist;
- truubi vähim pikikalle võib olla 1% [10];
- erandjuhul võib tellijaga kooskõlastatult eelmises punktis toodud nõuet vähendada, kui looduslike eripärade tõttu (nt on jõesängi loomulik langus truubi asukohas praktiliselt olematu) on vähima pikikalde nõude (1%) tagamine raskendatud või ebamõistlik – seejuures tuleks arvestada asjaoluga, et üldjuhul väldib 0,5% pikikalle truubis settimist;
- kui voolusängi looduslik kalle on suurem kui 1%, siis tuleb truubi kalle projekteerida loodusliku kaldega võrdseks [10];
- jalgteetunneli suurim pikikalle on 4% ja põikkalle 2% [10];
- truubi projekteerimisel ja ehitamisel tuleb arvestada võimalike vajumitega.

(26) Truubi pikkuse määramine (joonis 12):

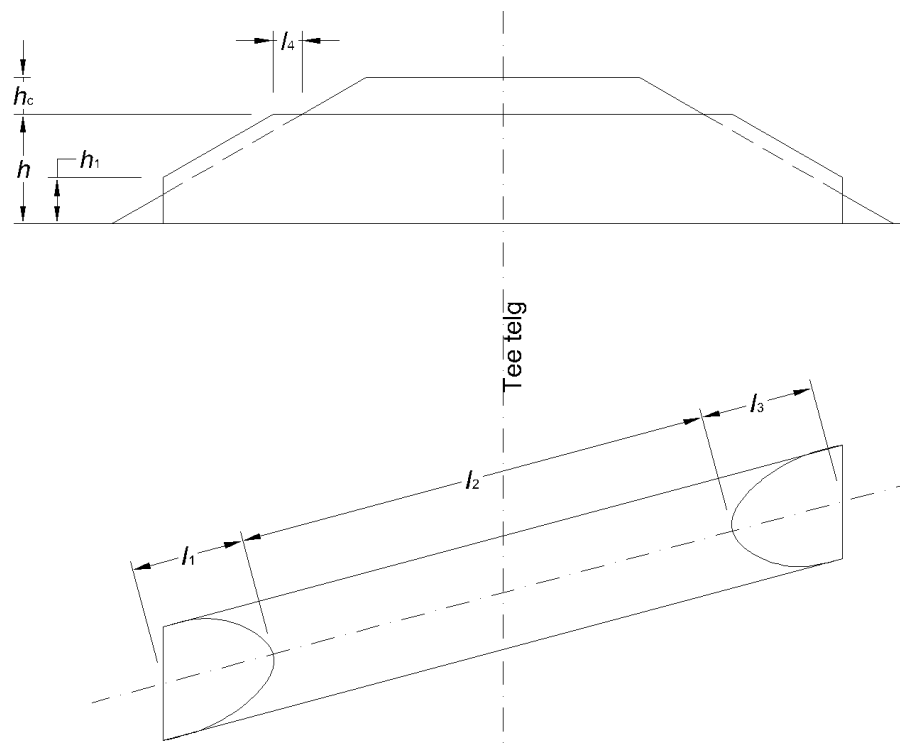
- nii truubi põhjapikkust ($l_1 + l_2 + l_3$) kui ka laepikkust (l_2) mõõdetakse piki truubi pikitelge [12];
- truubi otsa kaldulõikamisel tuleb täita järgmisi nõudeid [12]:

$$l_2 \geq l_1 + l_3,$$

$$h_1 = h/3,$$

$$150 \text{ mm} \leq l_4 \leq 450 \text{ mm};$$

- truubi alumine serv on soovitatav lõigata paralleelseks tee teljega [12];
- laugjate nõlvade korral võib osutuda vajalikuks truubi otste kaldosade täiendav jäigastamine [12].

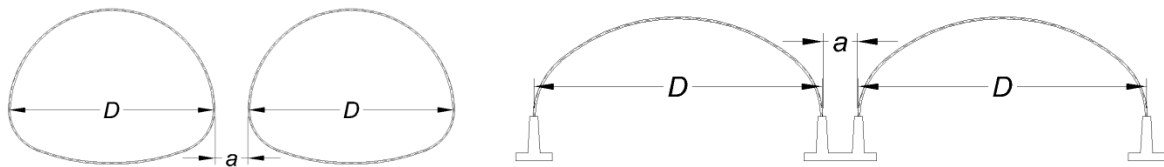


Joonis 12. Truubi pikkuse määramine [12]

(27) Võimalusel tuleks eelistada monokeltruupi. Kahe ja enama kõrvutiasetseva truubi kasutamine on ummistuste suure ohu tõttu erandlik ning selle kasutamine võib olla põhjendatud ainult suurte vooluhulkade ja konstruktsiooni piiratud kõrguse korral.

(28) Kõrvutiasetsevate truupide vahekauguse määramisel tuleb arvestada alljärgnevate nõuetega:

- paralleelsete truupide vahekaugus peab olema piisavalt suur, et tagasitäidet oleks võimalik nõuetekohaselt paigaldada ja tihendada;
- suletud profiilide (tüübid A, B, C, D, E – joonised 2...6) minimaalsed vahekaugused [9], [12]:
$$\begin{cases} a \geq 1,0 \text{ m, kui } D \leq 10 \text{ m} \\ a \geq D/10, \text{ kui } D > 10 \text{ m} \end{cases}$$
kus a – truupide minimaalne vahekaugus ja D – truubi laius (joonis 13);
- avatud profiilide (tüübid F, G, H – joonised 7...9) minimaalsed vahekaugused [9], [12]:
$$\begin{cases} a \geq 0,6 \text{ m, kui } D \leq 6 \text{ m} \\ a \geq D/10, \text{ kui } D > 6 \text{ m} \end{cases}$$
kus a – truupide minimaalne vahekaugus ja D – truubi laius (joonis 13);
- juhul, kui eelnevalt toodud minimaalseid nõudeid ei ole võimalik täita, siis tuleks konstruktsiooni kandevõimet vähendada (võttes aluseks nt juhendi „[Design of soil steel composite bridges](#)“ [9] p.1.2.5).



Joonis 13. Tähisted suletud ja avatud profiilide minimaalse vahekauguse määramiseks kõrvutiasetsevate truupide korral [9]

2.3.4. Truubi ristlõike määramine hüdrauliliste arvutustega³

(29) Vooluveekoguga ristuva rajatise ava suurus ja avade arv ja kindlustamise viis tuleb määrata hüdrauliliste arvutustega, arvestades seejuures [10]:

- rajatise mõju ümbritsetavale keskkonnale;
- paisutust;
- võimalikke uhtumisi.

(30) Hüdrauliliste arvutuste teostamisel on põhimõtteline lahenduskäik järgmine:

- hüdroloogiliste karakteristikute määramine;
- truubi ristlõike dimensionimine.

(31) Hüdroloogilised karakteristikud määratakse [1]:

- hüdromeetriliste vaatlusandmete alusel;
- ebapiisavate hüdromeetriliste vaatlusandmete korral vaatlusrea pikendamise teel analoog-veejuhtme pika vaatlusrea andmete järgi;
- vaatlusandmete puudumise korral seni kasutatud empiiriliste valemite ja asjakohaste kartogrammide abil ning tulemuste võrdlemise teel analoog-veejuhtme vaatlusandmete järgi arvutatud karakteristikutega.

³ Käesoleva juhendi valmimise hetkel oli RMK koostamas eraldi juhendit hüdrauliliste arvutuste teostamiseks. Kuni uue juhendi valmimiseni tuleks lähtuda käesolevas jaotises esitatud nõuetest.

- (32) Kui lähteülesandes ei ole nõutud teisiti, siis tuleb veejuhe ja selle koosseisu kuuluvate ehitiste projekteerimisel nõutavad arvutusperioodid, arvutuslikud veeseisud ja vooluhulgad määrata tabelist 4.

Tabel 4. Kuivendussüsteemi ja selle koosseisu kuuluvate ehitiste projekteerimisel nõutavad arvutusperioodid, arvutuslikud veeseisud ja vooluhulgad [1]

Ehitis	Arvutusliku vooluhulga		Arvutuslikud veeseisud ja vooluhulgad
	arvutusperiood	ületustõenäosus	
Voolusäng	Sügisene (IX, X kuu) keskmine	1	Voolusängi dimensionimine; veeseis peab jääma 0,1 m allapoole drenaažikollektori suudmetoru põhja
Voolusäng	Suve-sügis (vegetatsiooniperioodi) päevakeskmine maksimaalne	10	Dimensionide kontrollimine, veeseis ei tohi paisutada dreene ja kuivenduskraave
Voolusäng	Kevadine päevakeskmine maksimaalne	10	Maksimaalse voolukiiruse ja ülejutuspiirkonna määramine
Ülepääs teel, hüdrotehniline ehitis	Aasta päevakeskmine maksimaalne	3	Dimensionimine

- (33) Üldjuhul tuleks truubi ristlõige määrata nii, et arvutuslik veesügavus kevadise maksimaalse vooluhulga ajal ei ületaks 80% truubi ristlõike kõrgusest. Tellija nõusolekul võib teha erandeid, kui selle nõude täitmine ei ole mõjuvatel asjaoludel otstarbekas.
- (34) Lähteülesandes võib täiendavalt piirata truubis tekkivat maksimaalset voolukiirust (praktilis on see jäänud valdavalt vahemikku 2...4 m/s). Vajadusel tuleb ette näha meetmed voolu rahustamiseks.
- (35) Vooluveekogude kohta on võimalik leida infot (nt valgala pindala, hüdroloogilised vaatlusandmed jne) järgmistest allikatest:
- Keskkonnaregister (<http://register.keskkonnainfo.ee/>);
 - Eesti Looduse Infosüsteemi (EELIS) infoleht (<http://loodus.keskkonnainfo.ee/>);
 - Riigi Ilmateenistus (<http://www.ilmateenistus.ee/>).
- (36) Truubi ristlõike dimensionimisel võib kasutada erinevaid piisava usaldusväärsuse ja täpsusega meetodeid⁴ (sealhulgas analüütilised arvutusmeetodid, nomogrammid, tarkvarad). Näiteks on ristlõike suuruse määramist käsitletud järgmistes allikates:
- „Hüdraulika ja pumbad“ (1995) [13];
 - „Hüdroloogia ja hüdroomeetria“ (2008) [14];
 - „Autoteede projekteerimise meetodiline juhend. III osa, vooluvete juhtimine“ (1989) [15];
 - „Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu“ (2013) [16];
 - „Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products“ (2007) [11].

⁴ Näiteks on erinevaid arvutusmeetodeid võrreldud lõputöös „Teetruupide projekteerimise ja ehitamise probleematika“ (2014) [62] ja „Torusildade projekteerimisjuhend“ (2011) [64].

2.3.5. Truubi ristlõike määramine liiklusnõuetest lähtuvalt

- (37) Kui see on asjakohane, siis võib tellija vajadusel esitada lähteülesandes nõuded liiklusvahendite, liiklejate, laevade või ulukite liikumisvõimaluste tagamiseks.

2.3.6. Arvutus kande- ja kasutuspiiriseisundis

- (38) Soovitatavad juhendmaterjalid truubi kande- ja kasutuspiiriseisundi kontrollide teostamisel:
- „[Design of soil steel composite bridges](#)“ (2014) [9]⁵;
 - „[Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products](#)“ (2007) [11];
 - tellija nõusolekul võib kasutada ka teisi usaldusväärseid arvutusmeetodeid⁶, sealhulgas ka lõplike elementide meetodil baseeruvaid arvutitarkvarasid.
- (39) Liikluskoormuste määramisel võetakse sõiduki arvutuslikuks teljekoormuseks 100 kN, kui projekteerimistingimustes ei ole ette nähtud teisiti [1]. Telgede arv ja vahekaugus määratakse projekteerimistingimustes. Täiendavalt tuleb truupi kontrollida järgmistes juhendites kirjeldatud koormustele:
- „[RMK metsateede katendite projekteerimise, ehitamise ja hooldamise juhend. Versioon 1.1](#)“ (2014) [17];
 - „[Metsateedel asuvate sildade seisukorra hindamise juhend. Versioon 2.0](#)“ (2015) [18].
- (40) Nõuded kasutuspiiriseisundile määrab tee omanik. Tee omanik võib lubatavate läbivajumite fikseerimisel nõuda toru tarnija kehtestatud nõuetest kinnipidamist. Terastoruupide soovitatavad piirläbipained on toodud tabelis 5.

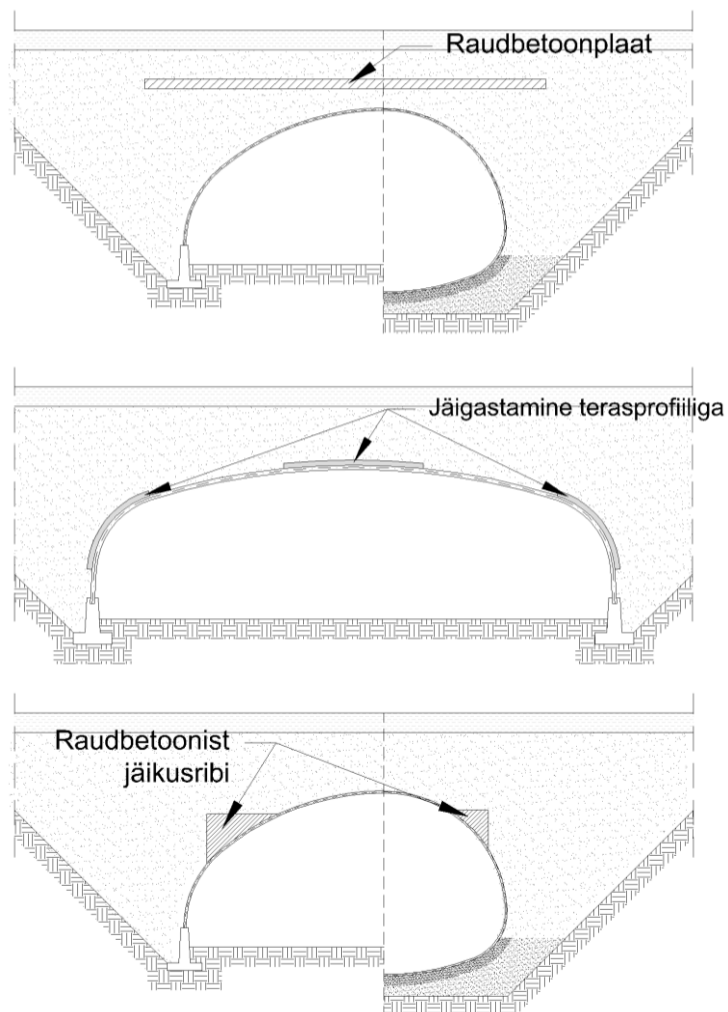
Tabel 5. Terastoruupide soovitatavad piirläbipained [12]

Truubipõhja pikkus [m]	Lubatud läbipaine [mm] ^{1) 2)}
10	60/H
15	140/H
20	250/H
30	560/H
60	1250/H
Märkused:	
¹⁾ H – truubi kogukõrgus [m].	
²⁾ Vahepealsed väärtused interpoleeritakse lineaarselt.	

- (41) Asjakohastel juhtudel on võimalik terastoruubi kandevõimet ja jäikust suurendada. Näiteid kasutatavatest lahendustest on toodud joonisel 14.

⁵ Viidatud allikas on käsiraamatu 5. versioon, mis baseerub eurokoodeksitel. Varasemad versioonid ei ole kasutatavad, kuna põhinesid suures osas Rootsi rahvuslikel standarditel. Rahvusvaheliselt tuntakse seda meetodit kui *Swedish design method* ehk SDM.

⁶ Näiteks on erinevaid arvutusmeetodeid võrreldud magistritöös „[Soil Steel Composite Bridges. A comparison between the Pettersson-Sundquist design method and the Klöppel & Glock design method including finite element modelling](#)“ (2012) [56].



Joonis 14. Terastoruubi võimalikud tugevdamised [19]

2.4. Pinnas ja vundeerimine

- (42) Truup peab olema paigaldatud kindlale kandvale pinnasele. Kohtades, kus aluskiht on nõrgast materjalist, tuleb see asendada tugevama materjaliga, et vältida truubi vajumist. Vajadusel on aluse ehitamiseks võimalik kasutada ka geosüntee⁷, raudbetoonist plaati või vaiasid.
- (43) Vee liikumine truubi all, peal või ümber peab olema takistatud ning selleks vajalikud abinõud rakendatud.
- (44) Erandlikes olukordades, kus veetase võib ajutiselt tõusta truubi laest kõrgemale, peavad vajadusel olema rakendatud meetmed truubi ankurdamiseks.
- (45) Truupi ümbritseva pinnase geomeetriliste mõõtmete tähised on esitatud joonisel 15 ning arväärtused tabelis 6.
- (46) Arvutustes kasutatakse järgmisi pinnaseparameetreid [12]:
- fraktsioon⁸: fr 0...64;
 - efektiivsisehõõrdenurk: $\varphi' = 45^\circ$;
 - efektiivmahukaal: $\gamma' = 21 \text{ kN/m}^3$;
 - lõimistegur: $C_u = d_{60} / d_{10} \geq 5$.
- (47) Pealiskihi paksuse kohta kehtivad järgmised nõuded [12]:
- minimaalne kihi pakus on $h_c \geq 0,5 \text{ m}$ (soovituslikult vähemalt $1,0 \text{ m}$)⁹;
 - minimaalne kihipaksuse nõue peab olema tagatud kogu truubi pikkuse ulatuses, välja arvatud nõlvad;
 - karpprofiili (tüüp H) korral peab pealiskihi pakus soovitatavalt täitma nõudeid¹⁰
 $0,5 \text{ m} \leq h_c \leq 1,5 \text{ m}$;
 - arvutustes kasutatakse h_c ulatuses kihtide ②, ③ ja ④ tiheduse kaalutud keskmist väärtust;
 - arvutustes tuleb arvesse võtta ka kihi h_c paksuse võimalikku vähenemist ehitusprotsessi käigus, kuna tihendamisel tekkiv külgsurve deformeerib truubi lage vertikaalsuunas (kihi pakust h_c tuleb arvutustes vähendada orienteeruvalt väärtuse $0,015 \times D$ võrra¹¹).

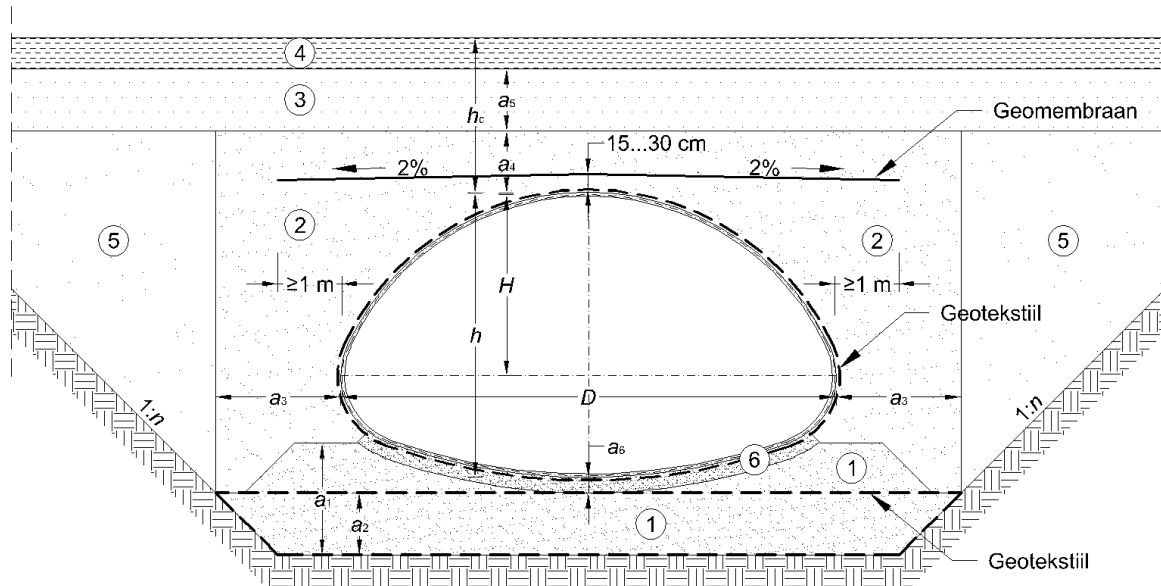
⁷ Geosünteedide kirjeldamisel kasutatakse NorGeoSpec (NGS) süsteemi, mis käsitleb geosünteedide ja geosünteediladsete toodete sertifitseerimist ja määratlemist (www.norgeospec.org). Põhjalikult on seda teemat käsitlenud Skepast&Puhkim OÜ ning Tallinna Tehnikakõrgkooli poolt Teedeklastri tellimusel 2016. a valminud käsiraamatus „Geosünteedika käsiraamat“ [60], kust võib leida sobilikke tehnilisi lahendusi, arvutusmeetodeid ja -näiteid.

⁸ Projekteerimisel tuleb arvestada, et truupi ümbritseva pinnase fraktsiooni suurus mõjutab arvestataval määral konstruktsiooni kui terviku kandevõimet. Samuti tuleb suurima lubatava fraktsiooni määramisel arvestada toruprofiili tootja võimalikke erinõudeid, mis valdavalt on tingitud gofreeritud terasplaadi laine mõõtmetest.

⁹ Olemasolevate konstruktsioonide, millel $h_c < 0,5 \text{ m}$, arvutamiseks on juhendi „[Design of soil steel composite bridges](#)“ [9] lisas 7 toodud alternatiivne arvutusmeetod.

¹⁰ Kinni tuleb pidada tootja poolt esitatavatest täiendavatest nõuetest, kui need esinevad.

¹¹ Täpsemad juhised on toodud juhendi „[Design of soil steel composite bridges](#)“ [9] lisas 3.



Joonis 15. Pinnas truubi ümber [9]

Tabel 6. Nõuded pinnasele truubi ümber [9]

Pinnase tähis	Nõue	Märkused
①	$a_1 > 0,2D$ $a_2 > 0,3m$	Külmakerkeliste aluste korral võib osutuda vajalikuks mõõtude a_1 ja a_2 suurendamine võrreldes minimaalsete nõuetega. Aluse piirkond on joonisel näidatud ulatuses ümbritsetud geotekstiiliga NGS4.
②	$a_3 = \min \begin{cases} D/2 \\ 3,0m \end{cases}$ $a_4 > 0,1m$	Pinnase omadused peavad olema samasugused, nagu pinnasel ①.
③		Pinnase omadused peavad olema vähemalt samasugused, nagu pinnasel ②.
④		Kandevõime arvutustes kasutatakse h_c ulatuses kihtide ②, ③ ja ④ tiheduse keskmist väärtust.
⑤		Pinnasele ⑤ ja kaldele 1:n esitatavad nõuded ei sõltu truubi mõõtmetest.
⑥	$a_6 > 0,05...0,15m$	Sängituskiht, mida ei tihendata.

2.5. Kasutusea tagamine

(48) Konstruktsioon tuleb projekteerida nii, et tema seisundi halvenemine projekteeritud kasutusea (tabel 7) jooksul ei kahjustaks konstruktsiooni kätust rohkem kui eeldatud, arvestades keskkonda ja ettenähtud hooldustaset [3]. Terastoruubi tavapäraseks projekteeritud kasutuseaks loetakse 50...100 aastat. Nõutav kasutusiga peab olema fikseeritud projekteerimise lähteülesandes ja selle määrab tellija.

Tabel 7. Näitlik projekteeritud kasutusea liigitus [3]

Proj. kasutusea kategooria	Proj. kasutusea kestus (aastad)
1	10
2	10-25
3	15-30
4	50
5	100

(49) Terastoruubi vajaliku kasutusea tagavad peamiselt:

- piisava paksusega teraslehe kasutamine¹²;
- sobilikud ja piisavad pinnakatted (tsinkimine, värvimine jne);
- konstruktiivsed meetodid (katmine geosünteediga, pritsbetoon¹³, katoodkaitse jne).

(50) Erinevate korrosioonikaitse süsteemide detailsed nõuded erinevate pinnakattete korral on kirjeldatud tabelis 8 toodud viitestandardites¹⁴, mida tuleb rakendada sõltuvalt olukorrast.

Tabel 8. Korrosioonikaitse süsteemide nõuded

Pinnakatte tüüp	Viitestandardid korrosioonikaitse tagamiseks
Värvitavad pinnad	EVS-EN ISO 12944 Värvid ja lakid. Teraskonstruktsioonide korrosioonitõrje värvkattesüsteemidega
Kuumpihustusmeetodiga metallpinnatavad pinnad	EVS-EN ISO 12679 Thermal spraying - Recommendations for thermal spraying
	EVS-EN ISO 12670 Thermal spraying - Components with thermally sprayed coatings - Technical supply conditions
Metall-sukelkatttega kaetavad pinnad	EVS-EN ISO 1461 Teraslehe kantavad kuumtsinkpinnad (tüktsinkimine). Nõuded ja katsemeetodid
	EVS-EN ISO 14713 Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures - Zinc coatings
Polümeerkilega kaetud pinnad	EVS-EN 10169 Pidevprotsessis orgaanilise pindega pinnatud (rullis pinnatud) terasest lehttooted. Tehnilised tarnetingimused

¹² Sagedane tüüp viga on see, et eluea suurendamiseks on põhjendamatult suurendatud terastoru seinapaksust. Üldjuhul on odavam ja efektiivsem kasutada vastavaid pinnakatteid.

¹³ Pritsbetooni võib kasutada truupide põhjapiirkonna kaitsmiseks tugevast voolust tekkiva kulumise eest. Üldiselt kasutatakse pritsbetooni ainult kasutusea pikendamiseks mõeldud parandusmeetodina.

¹⁴ Tabelis toodud meetodite ja standardite nimekiri ei ole lõplik. Kasutada võib ka teisi (innovaatilisi) pinnakattetüüpe, kui nende kohta on olemas usaldusväärsed andmed ning on tagatud vastupidavus keskkonna- ja muudele ettenähtud mõjudele.

(51) Korrosioonikaitsealastes nõuetes tuleb projektis määratlada:

- info, kas soovitatakse värvimist, termilist pihustamist, tsinkimist või nende kombinatsioone;
- korrosiooniklass ehk keskkonna saasteklass (tabelid 9 ja 10) – [EVS-EN ISO 12944-2](#) ja [EVS-EN ISO 14713-1](#);
- korrosioonikaitse kestusklass (tabel 11) – [EVS-EN ISO 12944-1](#) ja [EVS-EN ISO 14713-1](#);
- pindade eeltöötlus ehk puhastusklass (tabel 12) ja ettevalmistusklass (tabel 13) – [EVS-EN ISO 8501-1...4](#);
- tingimusklass;
- kontrolli ja järelevalve erinõuded;
- vajadusel muud erinõuded ([EVS-EN 1090-2](#) lisa F).

Tabel 9. Korrosiooniklassid õhu käes olevatele konstruktsioonidele (või –osadele) [20], [21]

Korrosiooniklass (keskkonna saasteklass)	Korrosiooniklassi ligikaudne kirjeldus
C1 ¹⁾ eriti leebe	Külmad ja kuivad piirkonnad, kus on väga madal õhusaaste
C2 leebe	Puhas maaõhk, kus saasteainete kogus on tühine
C3 ²⁾ mõõdukas	Mõõduka SO ₂ saastega linna- ja tööstuspiirkonnad, vähesel soolasisaldusega mereõhk
C4 ³⁾ agressiivne	Keskmise soolasisaldusega tööstus- ja mereäärsed alad
C5 ¹⁾ eriti agressiivne	Niisked ja saastatud õhuga tööstus-piirkonnad; kõrge soolasisaldusega ranniku- ja merealad
CX ¹⁾ ekstreemne	Troopilised ja lähistroopilised piirkonnad; väga kõrge õhusaastega piirkonnad
Märkused: ¹⁾ Väliskeskkonnana Eestis korrosiooniklasse C1, C5 ja CX ei esine. ²⁾ Mittesoolatatavatel teedel võib korrosiooniklassiks võtta C3. ³⁾ Soolatatavatel teedel võib korrosiooniklassiks võtta C4.	

Tabel 10. Korrosiooniklassid pinnases või vees olevatele konstruktsioonidele (või –osadele) [20], [21]

Korrosiooniklass (keskkonna saasteklass)	Korrosiooniklassi ligikaudne kirjeldus
Im1	Puhtas vees asuvad konstruktsioonid
Im2	Merevees või soolases vees asuvad konstruktsioonid
Im3	Maasees asuvad konstruktsioonid

Tabel 11. Korrosioonikaitse oodatav kestusklass [22], [21]

Korrosioonikaitse kestusklass ¹⁾	Korrosioonikaitse kestus aastates	
	Värvimisel	Tsinkimisel
Väga madal (very low – VL)	< 2	< 2
Madal (low – L)	2...5	2...5
Keskmine (medium – M)	5...15	5...10
Kõrge (high – H)	> 15	10...20
Väga kõrge (very high – VH)	-	> 20
Märkused: ¹⁾ Kestusklass ei garanteeri seda, et ettenähtud aja jooksul korrosiooni üldse ei esine; kui erinõudeid ei esitata, siis ettenähtud aja jooksul on lubatud maksimaalselt 1% pinna roostetamist.		

Tabel 12. Pinna puhastusklass [23], [24], [25], [26]

Pinna puhastamise meetod ¹⁾	Võimalikud puhastusklassid
Pritspuhastamine ²⁾	Sa 1, Sa 2, Sa 2½, Sa 3
Käsitsi- ja seadmetega puhastamine ²⁾	St 1, St 2, St 3
Leekpuhastamine ²⁾	Fl
Vesipuhastamine ³⁾	Wa 1, Wa 2, Wa 2½
Märkused: ¹⁾ Nõuded pinna eeltöötluksle sõltuvad väga suurel määral konkreetsest pinnakatte tootjast, seega tootja määrab klassi ja projekteerija fikseerib selle projektis. ²⁾ Täpsem kirjeldus on toodud standardis EVS-EN ISO 8501-1 . ³⁾ Täpsem kirjeldus on toodud standardis EVS-EN ISO 8501-4 .	

Tabel 13. Pinna ettevalmistusklass [23], [24], [25], [26]

Oodatav korrosioonikaitse kestus ^{1) 2)}	Korrosiooniklass (keskkonna saasteklass) ²⁾	Ettevalmistusklass ^{3) 4)}
> 15 aasta	C1 / C2	P1
	üle C2	P2
5...15 aastat	C1...C3	P1
	üle C3	P2
< 5 aasta	C1...C4	P1
	C5...Im	P2
Märkused: ¹⁾ Nõuded pinna eeltöötluksle sõltuvad väga suurel määral konkreetsest pinnakatte tootjast, seega tootja määrab klassi ja projekteerija fikseerib selle projektis. ²⁾ Korrosioonikaitse oodatava kestusaja ja korrodeeruvusklassi osas viidatakse asjakohastele standarditele EVS-EN ISO 12944 ja EVS-EN ISO 14713 . ³⁾ Eeltöötluksastet P3 võib eeldada erijuhtudel. ⁴⁾ Ettevalmistusklasside täpsemad kirjeldused on toodud standardis EVS-EN ISO 8501-3 .		

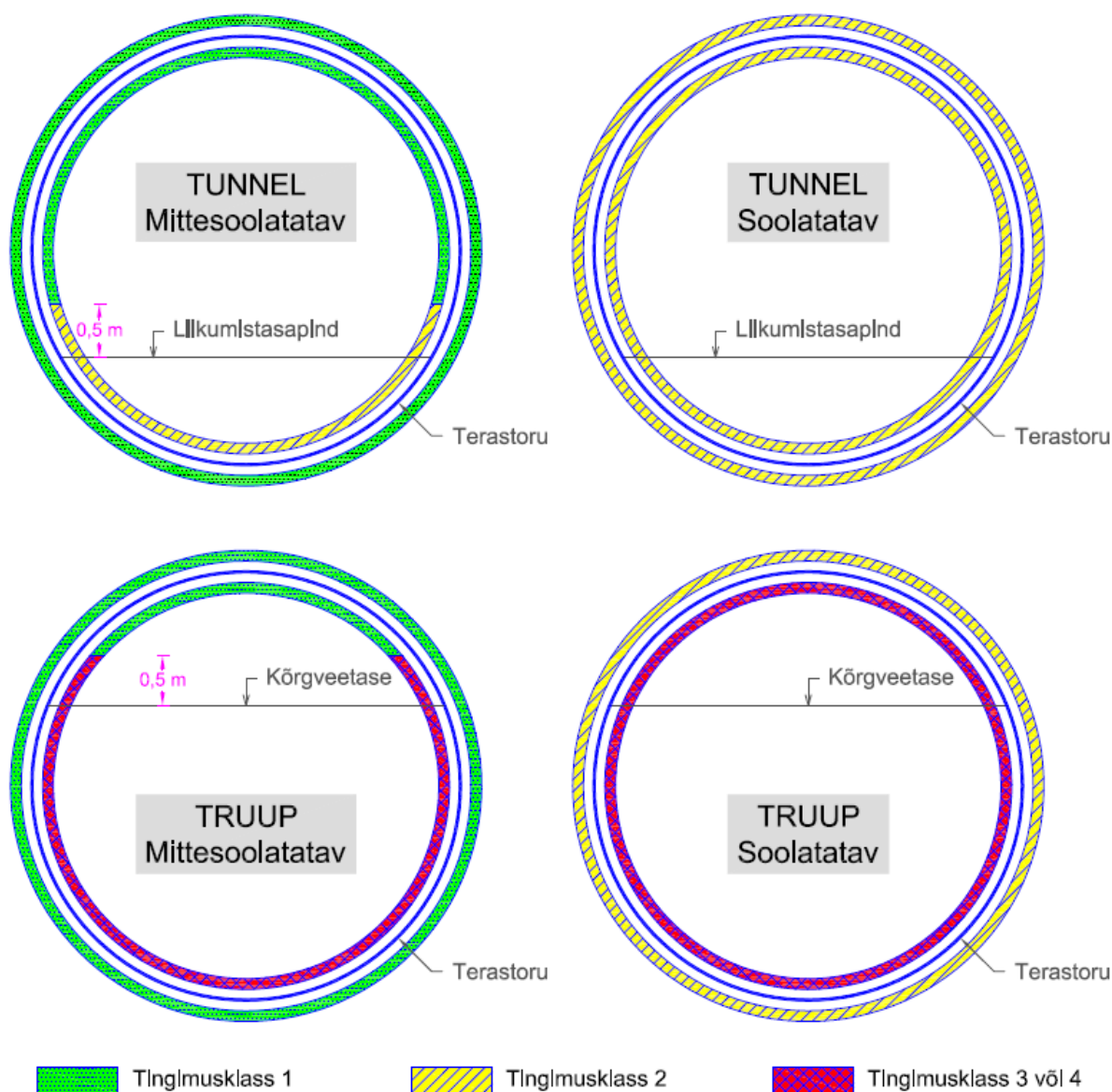
(52) Konstruktsiooni kasutusea (KI) määramise aluseks on tingimusklassi määramine¹⁵:

- tingimusklassid on kokku 4 ning need võtavad arvesse konstruktsiooni keskkonnatingimusi (sh pinnase ja vee omadused), kasutusotstarvet ja talihoolduse iseärasusi;
- tingimusklassid tuleb määrata joonise 16 ja tabeli 14 alusel;
- konstruktsiooni erinevad piirkonnad võib liigitada erinevatesse tingimusklassidesse.

(53) Tingimusklassi ei määrata ja ehitise projekteeritakse erijuhtumina, kui täidetud on üks või mitu järgnevatest nõuetest [12], [27], [28]:

- vesi:
 - pH-tase on < 3 või ≥ 11,
 - voolukiirus kevadise maksimaalse vooluhulga ajal on ≥ 4,5 m/sek,
 - vool on väga kulutav,
 - kloriidioonide Cl⁻ sisaldus on ≥ 0,025%,
 - veeslahustuvate sulfaatioonide SO₄²⁻ sisaldus on ≥ 0,60 g/l;
- pinnas:
 - pH-tase on < 3 või ≥ 11,
 - kloriidioonide Cl⁻ sisaldus on ≥ 0,050%,
 - veeslahustuvate sulfaatioonide SO₄²⁻ sisaldus on ≥ 1,20 g/l,
 - elektritakistus on ≤ 1 Ωm.

¹⁵ Siintoodud meetodika baseerub juhendil „[Teräspuutkisillat, suunnitelluohje, 25.2.2014](#)“ (2014) [12], mida on väikeses ulatuses täiendatud (kuid mitte vastuollu mindud) – lisatud on vee ja pinnase omadusi (nt kloriid- ja sulfiitioonide sisaldus jne).



Joonis 16. Tingimusklasside määramise tüüpjuhtumid (eeldusel, et tabelis 14 toodud tingimusklasside nõuded on täidetud)

Tabel 14. Tingimusklassidele esitatavad nõuded [12], [27], [28]

Parameeter		Tingimusklass				Erijuhtum
		1	2	3	4	
VESI	pH-tase	-	-	≥ 4 ja < 10	≥ 3 ja < 4 või ≥ 10 ja < 11	< 3 või ≥ 11
	Voolukiirus kevadise maksimaalse vooluhulga ajal v_{HW} [m/s]	-	-	$< 1,5$ ja $< 1,2 + \ln(h_{HW}) / 4$	$\geq 1,5$ ja $< 4,5$ ning $< 3,1 + \ln(h_{HW})$	$\geq 4,5$
	Voolu iseloom	-	-	Pisut kulutav vool, liivapõhi	Mõõdukalt kulutav vool, liiva- või kruusapõhi	Väga kulutav vool
PIN-NAS	pH-tase	≥ 4 ja < 10	≥ 3 ja < 4 või ≥ 10 ja < 11	-	-	< 3 või ≥ 11

(54) Tingimustegur k_i ($i = 1...4$) määratakse sõltuvalt tingimusklassist ning see on vajalik korrosiooni- ja kulumiskiiruse määramiseks. Tingimustegur näitab toru ja selle kaitsekihtide kulumiskiirust võrrelduna tingimusklassiga 1 [12]:

- tingimusklass 1 $\rightarrow k_1 = 1,0$;
- tingimusklass 2 $\rightarrow k_2 = 1,5$;
- tingimusklass 3 $\rightarrow k_3 = 2,5$;
- tingimusklass 4 $\rightarrow k_4 = 4,0$.

(55) Kasutusiga arvutatakse lähtuvalt määratud tingimusklassi(de)st ning tingimusteguri(te)st:

- kasutusea arvutusvalemid¹⁶ [12]:
 - tsiingitud terastorud ilma lisakaitseta (aastates):

$$KI = T_1 + T_2,$$
 - tsiingitud terastorud koos lisakaitsega¹⁷ (aastates):

$$KI = T_1 + 1,5 \times (T_2 + T_3),$$

kus KI – kasutusiga, T_1 – teraslehe arvutuslik eluiga, T_2 – tsiingikihi arvutuslik eluiga, T_3 – lisakaitse arvutuslik eluiga;
- iga üksiku kihi arvutuslik eluiga T_i arvutatakse kihipaksuse (teraslehe korral korrosioonivaru) ja korrosioonikiiruse jagatisena;
- erinevate materjalide korrosiooni- ja kulumiskiirused on toodud tabelis 15;
- teraslehe kasutusea arvutustes võib korrosioonivaruks arvestada 20% toru terasseina paksusest, jagades selle sise- ja välispinna vahel võrdselt¹⁸;
- siintoodud arvutusmetoodika ei ole täpne, mistõttu arvutatud kasutusaja võrdlemisel sihtkasutusajaga on lubatud hälve -2 aastat.

Tabel 15. Kasutusaja arvutamisel kasutatavad korrosiooni- ja kulumiskiirused erinevates tingimusklassides [12]

Materjal	Materjali aastane korrosiooni- ja kulumiskiirus [$\mu\text{m/a}$]			
	Tingimusklass 1	Tingimusklass 2	Tingimusklass 3	Tingimusklass 4
Terasleht	30	45	75	120
Tsinkpinne	2	3	5	8
Epoksüpigi- või epoksütõrvavärv	4	6	10	15
Vaiguga modifitseeritud epoksüvärv	3	5	8	12
Muu polümeerpinne	2,5	3,5	6,0	9,5

(56) Terastoru ruubi põhiline kaitsmine toimub tsinkimise teel. Kõik ülejäänud pinnakaitsekihid on lisakaitsemeetodid¹⁹, mille vajadus selgitatakse välja kasutusea arvutuste teel. Lisaks on ruup alati vaja kaitsta geosüntetidega ja osalise värvimisega²⁰ (kirjeldatud järgmistes punktides), mille peamine eesmärk on vältida mehaanilisi vigastusi ehitamise ja eksploatatsiooni ajal.

¹⁶ Kasutusea arvutusnäiteid võib leida juhendi „[Teräspuutisillat, suunnitteluohje, 25.2.2014](#)“ (2014) [12] jaotisest 3.12.6.

¹⁷ Tsiingi ja lisakaitsega moodustatud kombineeritud pinde arvutuslik eluiga on pikem, kui üksikute kihtide kokkuliidetud eluead. Arvutustes võetakse seda arvesse teguriga 1,5 [12].

¹⁸ Terastoru kasutusiga on võimalik tõsta ka teraslehe paksuse suurendamise teel, kuigi see ei ole ökonoomne lahendus.

¹⁹ Eelistada tuleks tehases paigaldatud lisakaitsekihte. Kui töid teostatakse ehitusobjektidel, siis tuleb rangelt kinni pidada tootjapoolsetest nõuetest (aluspinna ettevalmistus jne).

²⁰ Värvida ei tule, kui toru on kaetud lisaks tsiingile ka polümeerpindega.

(57) Minimaalsed nõuded epoksüvärviga katmisel (lisaks tsinkimisele):

- truubi välispind tuleb katta minimaalselt 1,5 m ulatuses otstest, kuid vähemalt nii, et kaitstud pind jääb vähemalt ühe meetri ulatuses pinnase sisse;
- tunnelite sisekülg tuleb katta vähemalt kõrguseni 2 m üle liikumistasapinna;
- truubi sisekülg tuleb katta vähemalt kõrguseni 0,5 m üle kõrgvee pinnataseme (kevadise maksimaalse vooluhulga ajal).

(58) Truubi kaitsmine geosünteedidega (joonis 15):

- truup tuleb vigastuste vältimiseks kaitsta geotekstiiliga NGS1 või NGS2 (sõltuvalt ümbritseva pinnase terasuurusest);
- truubi kohale tuleb paigaldada geomembraan²¹, mis:
 - on vähemalt 1,0 mm paksune,
 - asub 15...30 cm kõrgusel truubist,
 - on kahepoolse kaldega (2%),
 - ulatub truubi kummastki servast vähemalt 1 m kaugemale,
 - on täiendavalt kaitstud (nt geotekstiiliga) võimalike vigastuste eest (vajadusel).

²¹ Muldkeha nendes piirkondades, kus piirded rammitakse maasse läbi geomembraani, võib geomembraani asendada või täiendada bentoniitmatiga, mille minimaalne kaal on 4000 g/m².

2.6. Muud konstruktsioonelemendid

(59) Nõlvad peavad olema projekteeritud ja ehitatud nii, et oleks tagatud nende stabiilsus ja välditud erosioonioht²² (näiteid võimalikest lahendustest on toodud fotodel 1...10). Kindlustused peavad olema rajatud ulatuses, mis tagavad nõlvade püsimise kõrgveepinna korral (võimalusel vähemalt 0,5 m kõrgemale kõrgveetasemest, mis esineb kevadise maksimaalse vooluhulga ajal).

Nõlvade kindlustamise peamised võimalused (täiendav info vt tabelist 16):

- taimestikuga katmine;
- erosioonitõkkematt;
- geokärg;
- lahtine (muna)kivisillutis;
- betoonseguga seotud (muna)kivisillutis;
- gabioontarind;
- tugiseinad.



Foto 1. Muruga kindlustamine
(foto: Gediminas Viršilas [29])



Foto 2. Muruga kindlustamine
(foto: Gediminas Viršilas [29])



Foto 3. Lahtise kivisillutisega kindlustamine
(foto: Sten-Eric Lager [29])



Foto 4. Betoonalusel munakividega kindlustamine
(foto: Sten-Eric Lager [29])

²² Tehniliste lahenduste näiteid võib leida lõputööst „[Nõlvade erosioonitõkked](#)“ (2015) [63].



Foto 5. Gabioonidega kindlustamine
(foto: Ingemar Skogö [29])



Foto 6. Gabioonidega kindlustamine
(foto: Stephen MacKinnon [29])



Foto 7. Kiviplokkidega kindlustamine
(foto: Stephen MacKinnon [29])



Foto 8. Kiviplokkidega kindlustamine
(foto: Gediminas Viršilas [29])



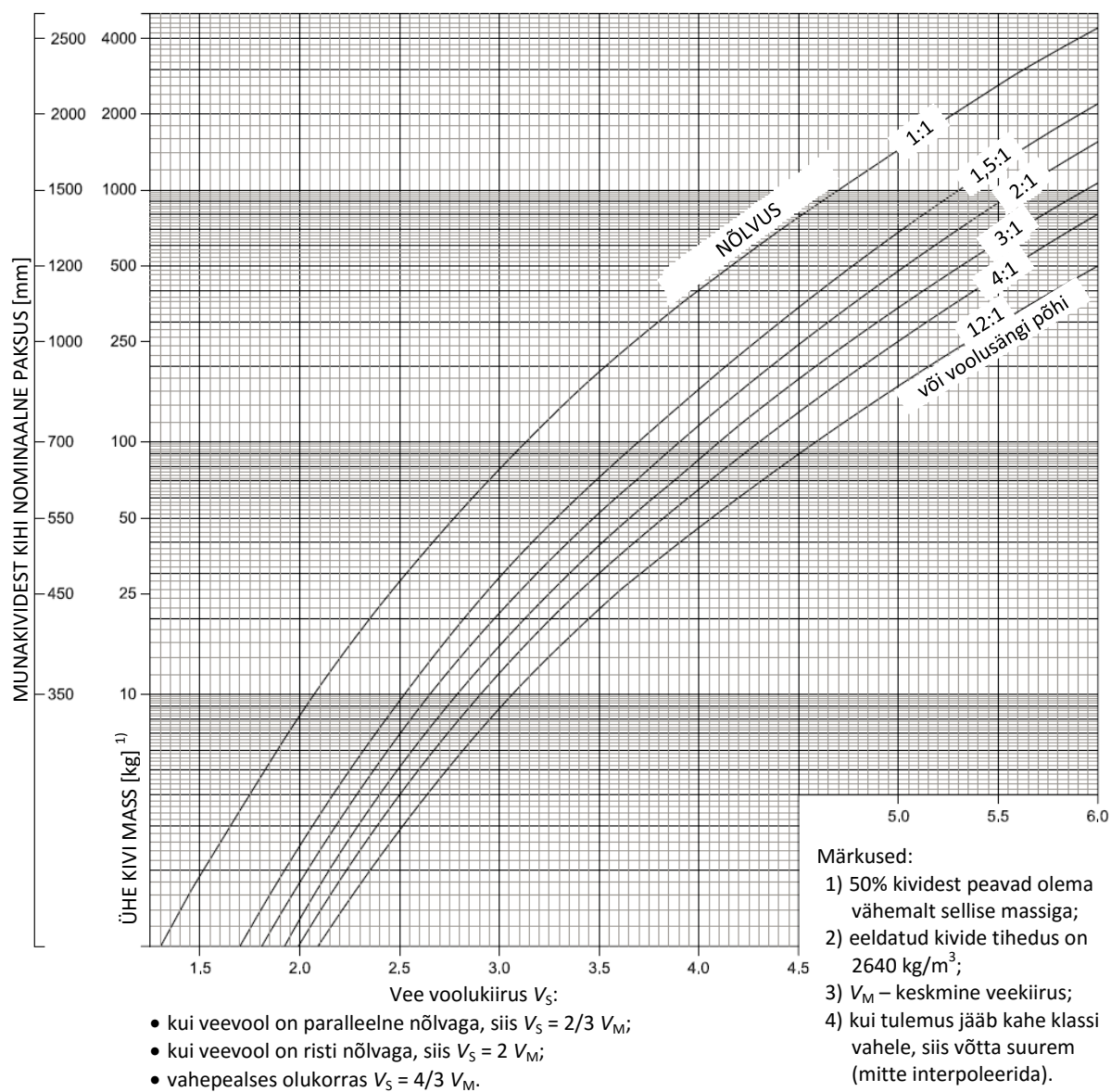
Foto 9. Betoonseinaga kindlustamine
(foto: ViaCon Polska)



Foto 10. Betoonseinaga kindlustamine
(foto: Einar Hafliðason [29])

Tabel 16. Nõlvade kindlustamise võimalusi

Meetod	Märkused
Taimestikuga katmine	<p>Erosiooni tõkestamine taimedega (muru ja mättad) on üks kõige odavamaid meetodeid, kuid vooluveekogudele enamasti ei sobi. Sageli kasutatakse ajutiseks nõlva stabiliseerimiseks (kuni taimede juurdumiseni) biolagunevaid matte ja võrke (kookoskiududest, põhust, džudist). Kuna juurdumiseni on tegemist väga erosiooniohtliku nõlvaga, siis tohib sellist meetodit kasutada ainult tellijaga kooskõlastatult.</p> <p>Murukülvi kasutatakse ainult madalate ja laugete nõlvade korral.</p> <p>Mätaste korral kasutatakse lausmätastust ja seinmätastust. Mätastuse korral tuleb mättad ankurdada vaiadega (soovitavalt kasutatakse puitvaiu, sest metallvaiad võivad aja jooksul tõusta maapinnale ja vigastada niidukit). Lausmätastuse paigaldamise korral paigaldatakse mättad omavahel tihedalt üksteise kõrvale. Seinmätastuse korral tuleb järskudel nõlvadel (kalle suurem kui 1:1) mättad laduda üksteise peale, laugematel nõlvadel võivad mättad paikneda astmeliselt (nihutusega ¼ mätta laiusest).</p> <p>Palju kasutatakse ka hüdrokülvi, kus lisaks veele ja muruseemnele kasutatakse pabermulsi, väetist ning värvainet. Segule on võimalik lisada ka erinevaid lisandeid, nagu näiteks liimainet, kopolümeeri, fiiberkiudu jne.</p>
Erosioonitõkkematt	<p>Erosioonitõkkematte kasutatakse tänapäeval kiireks ja kergeks katmiseks varemkasutatud töomahuka lausmätastuse asemel. Erosioonitõkkemattide alla paigaldatakse 5...10 cm paksune huumusrikas pinnasekiht ja teostatakse murukülv (minimaalne muruseemne kogus on 30 g/m²). Erosioonitõkkemattide paigaldamist alustatakse vastu veevoolu ning kallakutel kõrgemalt kallakuosalt madalamale. Erosioonitõkkemattidega kaetava ala välispiiridele tehakse ca 20 cm sügavused ankurduskraavid, kuhu matt kinnitatakse (puit)vaiadega.</p> <p>Tehniliste lahenduste näiteid võib leida juhendist „Maaparandusrajatiste tüüpjoonised“ (2013) [30].</p>
Geokärg	<p>Geokärg paigaldatakse eelnevalt tasandatud nõlvale. Enamasti kasutatakse perforeeritud seinaga (paksus vähemalt 1,5 mm) kärke kõrgusega 75...150 mm, mille alla asetatakse geotekstiil (minimaalselt NGS2) ja mis täidetakse killustikuga (fraktsioon sõltub kärke kõrgusest, jäädes vahemikku 16 kuni 64 mm). Seejuures peab täide ulatuma üle kärke vähemalt 2 cm kõrguselt. Geokärje ankurdamine peab olema ära näidatud projektis (enamasti paigaldatakse vaiad kärke ülemises servas igasse avasse ja nõlva peal vähemalt iga meetri järel, kasutades vähemalt 50 cm pikkuseid ümarterasest kinnitusvaidasid min Ø10 mm, mille ülemine ots keeratakse geokärje libisemise vältimiseks tagasi). Geokärje paanid kinnitatakse omavahel UV-kindlate plast-kinnitusklambritega.</p> <p>Tehniliste lahenduste näiteid võib leida juhendist „Maaparandusrajatiste tüüpjoonised“ (2013) [30].</p>
Lahtine kivisillutis	<p>Otse pinnasel asuvat munakivisillutist tuleks vältida, kuna lahenduse puhul ei ole takistatud kivide vajumine olemasolevasse pinda ja kivialuse pinna erosioon. Lahtine munakivisillutis paigaldatakse geotekstiilile (minimaalselt NGS2), kusjuures vajalik kivide kogus on võimalik määrata jooniselt 17. Tahutud kividest sillutise korral kasutatakse tavaliselt graniitkivist tahutud kuubikukujulisi kive, mille mõõtmed varieeruvad vahemikus 5×5...14×14 cm. Tahutud kivide alla paigaldatakse geotekstiil ja kuivbetoon, mis ajapikku niiskusega kivistub, tekitades tugeva aluse. Tahutud kivil on kokkupuutepind üksteise ja alusega suurem, kui munakivil. Tänu kivide ühtlasemale paksusele on kivide alla jääv betoonalus ka oluliselt ühtlasema paksusega ning stabiilsem.</p>
Betoonseguga seotud kivisillutis	<p>Betoonseguga seotud kivisillutise korral kasutatakse valdavalt munakive läbimõõduga Ø15...30 cm, mille alla paigaldatakse geotekstiil (minimaalselt NGS2).</p>
Gabioontarind	<p>Gabioonid on ristkülikukujulised kambritega tsingitud või plastmasskattega terasest valmistatud võrkmahutid, mis täidetakse rusikasuuruste kividega. Võib osutada vajalikuks konstruktsiooni armeerimine geosünteedidega.</p>
Tugiseinad	<p>Tugiseinu rajatakse valdavalt raudbetoonist, kiviplakkidest ja gabioonidest. Tugiseinte korral tuleb teostada kõik vajalikud kontrollarvutused (ümberlükkele, stabiilsusele jne) ning võib osutada vajalikuks konstruktsiooni armeerimine geosünteedidega.</p>



Joonis 17. Kivide kogus lahtise kivilutisega kindlustamisel [31]

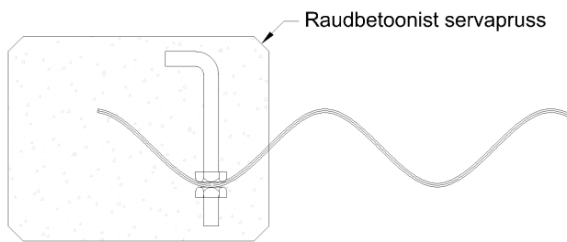
- (60) Jõesäng sisse- ja väljavoolul tuleb kindlustada (analoogselt nõlvadega). Voolusängi kindlustuse vajalikkuse määrab voolukiirus ja sängi loodusliku pinnase uhtekindlus, mida võib määrata tabelis 17 toodud andmete alusel. Sisse- ja väljavoolukindlustuse pikkus tuleb arvutada igal konkreetsel juhul eraldi.

Tabel 17. Uhtekindlate voolukiiruste piirväärtused erinevate pinnaste (kindlustusviiside) ja veesügavuste korral [15]

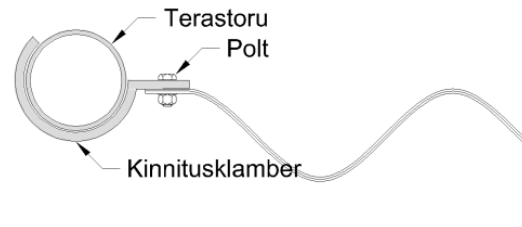
Pinnas, kindlustusviis	Tera suurus [mm]	Uhtekindel voolukiirus vastavalt sügavusele [m/s]					
		0,3 m	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	3,0 m
Muda, tolmlüiv	0,005...0,5	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40
Peenliiv	0,05...0,25	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,50
Keskliiv	0,25...1,00	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Jämeliiv	1,0...2,5	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
Peenkruus	2,5...5,0	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95
Keskkruus	5...10	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	1,10
Jämekruus	10...15	0,80	0,90	1,00	1,10	1,15	1,25
Peenpurd	15...25	0,95	1,05	1,20	1,30	1,35	1,50
Keskpurd	25...40	1,05	1,20	1,35	1,45	1,55	1,70
Jämevõrd	40...75	1,20	1,30	1,50	1,60	1,70	1,90
Peenveeris	75...100	1,50	1,65	1,90	2,00	2,15	2,35
Keskveeris	100...150	1,65	1,85	2,10	2,25	2,40	2,70
Jämeveeris	150...200	1,80	2,00	2,30	2,50	2,65	3,00
Voolav saviliiv	-	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
Saviliiv	-	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
Kerge liivsavi	-	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95
Keskmine liivsavi	-	0,70	0,80	0,90	0,95	1,00	1,10
Raske liivsavi	-	0,85	0,95	1,05	1,15	1,20	1,30
Savi	-	0,90	1,00	1,10	1,20	1,25	1,35
Tihendatud savi	-	1,15	1,30	1,45	1,55	1,65	1,80
Voolav savi	-	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Kihiline või poorne lubjakivi	-	1,95	2,20	2,50	3,00	3,50	4,50
Monoliitne lubjakivi, dolomiit	-	3,90	4,35	5,00	5,45	6,00	7,00
Mätas lapiti (võrsed)	-	0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	1,00
Mätas lapiti (juurdunud)	-	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30
Killustik	40...75	1,20	1,30	1,50	1,70	1,80	2,00
Killustik kruusal	40...75	1,40	1,50	1,80	1,90	2,00	2,20
Ühekordne kiviluutis geotekstiilil	150...200	1,50	1,70	2,00	2,10	2,20	2,50
Ühekordne kiviluutis geotekstiilil	200...300	1,70	1,90	2,20	2,40	2,50	2,70
Ühekordne kiviluutis kruusal	150...200	1,90	2,20	2,50	2,70	2,80	3,10
Ühekordne kiviluutis kruusal	200...300	2,30	2,60	3,00	3,20	3,40	3,70
Raudbetoonplaadid kruusal	-	2,50	2,80	3,20	3,50	3,70	4,20
Monoliitbetoon	-	4,70	5,20	6,00	6,50	6,90	7,50

- (61) Vee liikumine truubi all, peal või ümber peab olema takistatud ning selleks vajalikud abinõud rakendatud. Selleks võib kasutada näiteks geosünteeete, bentoniitpulbrit (nn savilukk) või betooni, millest moodustatakse truubi perimeetrile nõ barjäär. Üldjuhul paigutatakse vastav barjäär truubi sissevoolupoolse otsa piirkonda selliselt, et teetamm oleks kaitstud kõrgveepinna veeala ulatuses (nii kõrguses kui ka laiusel).

- (62) Truubi väljaulatuvad servad tuleb vajadusel täiendavalt kaitsta. Selleks võib kasutada näiteks kas raudbetoonist servaprussi, spetsiaalset kummiprofiili või klambritega kinnitatavat terastoru. Valik kasutatavaid lahendusi on toodud joonistel 18 ja 19 ning fotodel 11 ja 12.



Joonis 18. Serva kaitsmine raudbetoonist servaprussiga [11]



Joonis 19. Serva kaitsmine terastoruga [12]



Foto 11. Serva kaitsmine raudbetoonist servaprussiga
(foto: Martti Kiisa)



Foto 12. Serva kaitsmine kummiprofiiliga
(foto: Martti Kiisa)

3. EHITAMINE

- (63) Kõik tööd peavad olema teostatud vastavalt ehitusprojektile, mis peab olema koostatud tööprojekti mahus.
- (64) Üldnõuded teostatavatele töödele ja nende kontrollimisele on toodud järgmistes allikates:
- PMM 13.03.2009 määrus nr 35 „[Maaparandussüsteemi ehitamise tehnilised nõuded](#)“ [32];
 - PMM 18.06.2003 määrus nr 57 „[Maaparandussüsteemi omanikujärelevalve tegemise kord](#)“ [33];
 - PMM 11.07.2003 määrus nr 70 „[Maaparandussüsteemi ekspertiisile esitatavad nõuded ja ekspertiisi tegemise kord](#)“ [34];
 - PMM 16.06.2003 määrus nr 56 „[Maaparandussüsteemi ehitamise tehniliste dokumentide koostamise kord ning sisu- ja vorminõuded](#)“ [35].
- (65) Kõik kasutatavad ehitustooted peavad vastama Eestis kehtivatele EVS-EN standarditele ja omama CE märgistust. Juhul kui töös kavatakse kasutada materjali või toodet, millel puudub CE märgistus, siis see tuleb eelnevalt kooskõlastada omanikujärelevalve teostaja või tellijaga.
- (66) Nõuded tarindite tolerantsidele ja kvaliteedile peavad olema määratletud ehitusprojekti. Üldjuhul viidatakse projektis vastavatele klassidele koos viitestandarditega.
- (67) Materjalide ja toodete transport, ladustamine ning paigaldamine (sh elementide kokkumonteerimine) peab toimuma vastavalt tootja juhiste²³.
- (68) Kui truubi mõõdud seda võimaldavad, siis paigaldatakse truubile kontrollmõõtmiste tegemiseks 3 reeperit. Reeperid on kuumtsingitud poldid M10×20, mis kinnitatakse truubi keskjoonele lakke puuritud avasse Ø12 mm. Truubi pikisuunas paigutatakse reeperid toru mõlemasse otsa ja keskkoha nii, et poldi pea on toru sisekülje laineharjal ja mutter toru välisküljel lainepõhjal. [12]
- (69) Terastoruubi lubatavad deformatsioonid ehitamise ajal (sh tagasitõite teostamisel) määratakse projektis. Lähtuda tuleb konkreetse torukonstruksiooni tootja poolt esitatud nõuetest. Kui nõudeid ei ole esitatud, siis ristlõike maksimaalsed lubatavad deformatsioonid on 2% algkujust (ükskõik, millises suunas).
- (70) Ehitusplatsil tuleb võimalusel vältida terastoruubi pinnakattetööde teostamist. Kui seda siiski tehakse (sh vigastuste likvideerimine), siis tuleb seda teha peatükis „Kasutusea tagamine“ toodud standardite kohaselt²⁴. Erilist tähelepanu tuleb pöörata kvaliteediplaani koostamisele, kus muuhulgas määratletakse [36]:
- taotletavad kvaliteedieesmärgid (nt värvitoon, kihipaksus jne);
 - vastutuse ja volituste detailne jaotus projekti eri etappidel;
 - rakendatavad üksikasjalikud meetodid, töövõtted ja –juhised;
 - sobivad kvaliteedikontrolli meetodid eri etappidel ning meetodid puuduste kõrvaldamiseks;
 - meetodid muudatuste ja paranduste tegemiseks plaanis vastavalt projekti edenemisele;
 - tööde dokumenteerimine.

²³ Soovitusi truupide ehitamiseks on toodud näiteks juhendites „[Putkisillan kasaaminen ja asentaminen kohteeseen](#)“ (2014) [58] ja „[Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products](#)“ (2007) [11].

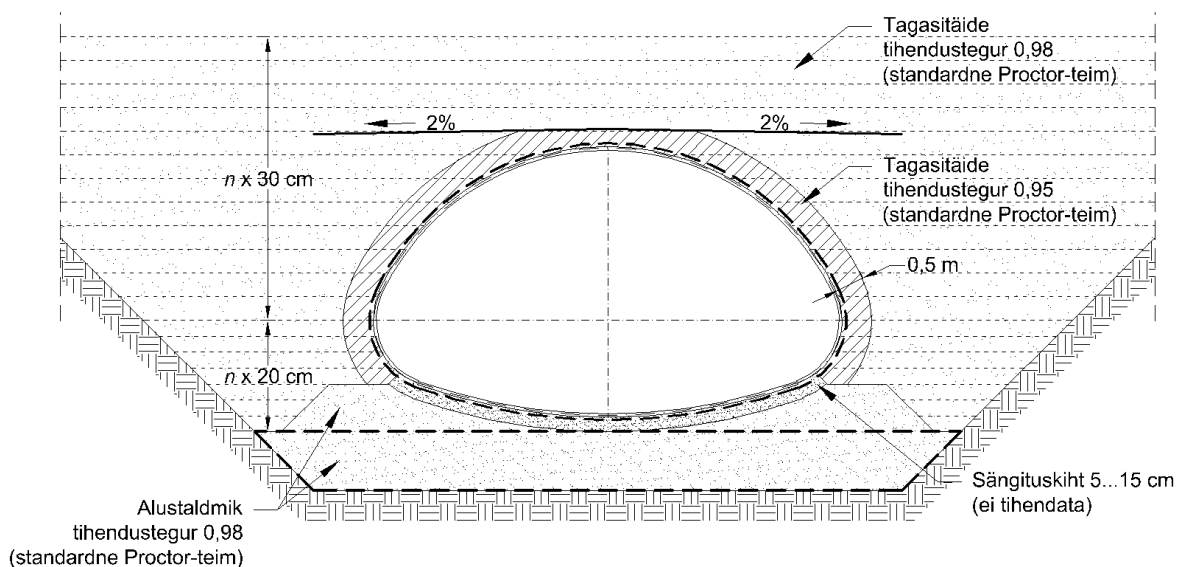
²⁴ Kokkuvõtliku lühiülevaate saamiseks võib kasutada ka erinevate värvitootjate poolt väljatöötatud käsiraamatuid, nt „[Korrosioonitõrjevärvimise käsiraamat](#)“ (2012) [36].

- (71) Enne tööde vastuvõtmist kontrollitakse terastoruutruubi pinnakatete kvaliteeti^{25,26}:
- tsingikihi paksus – EVS-EN ISO 1461 [Terasle kantavad kuumsinkpind \(tüktsinkimine\). Nõuded ja katsemeetodid](#);
 - värvikihi paksus – EVS-EN ISO 2808 [Värvid ja lakid. Kihi paksuse määramine](#);
 - polümeerkile paksus – EVS-EN 13523-1 [Coil coated metals - Test methods - Part 1: Film thickness](#);
 - värvikihi nake – EVS-EN ISO 4624 [Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion](#).
- (72) Monteeritavatest teraselementidest konstruktsioonide korral tuleb kasutada tootjapoolseid kinnitusvahendeid.
- (73) Terasest ja betoonist konstruktsioonide ehitamisel tuleb aluseks võtta järgmised standardid:
- EVS-EN 1090 [Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine](#);
 - EVS-EN 13670 [Betoonkonstruktsioonide ehitamine](#).
- (74) Geotehniliste tööde teostamisel on soovitatav lähtuda järgmistest asjakohastest standarditest:
- EVS-EN 1536 [Geotehnilise eritöö teostamine. Puurvaiaid](#);
 - EVS-EN 1537 [Geotehniliste eritööde tegemine. Pinnaseankrud](#);
 - EVS-EN 1538 [Execution of special geotechnical work - Diaphragm walls](#);
 - EVS-EN 12063 [Geotehniliste eritööde tegemine. Sulundseinad](#);
 - EVS-EN 12699 [Execution of special geotechnical works - Displacement piles](#);
 - EVS-EN 12715 [Execution of special geotechnical works - Grouting](#);
 - EVS-EN 12716 [Execution of special geotechnical works - Jet Grouting](#);
 - EVS-EN 14199 [Execution of special geotechnical works - Micropiles](#);
 - EVS-EN 14475 [Execution of special geotechnical works - Reinforced fill](#);
 - EVS-EN 14490 [Execution of special geotechnical works - Soil nailing](#);
 - EVS-EN 14679 [Geotehniliste eritööde teostamine. Süvastabiliseerimine](#);
 - EVS-EN 14731 [Execution of special geotechnical works - Ground treatment by deep vibration](#);
 - EVS-EN 15237 [Execution of special geotechnical works - Vertical drainage](#).
- (75) Truupi ümbritsevatel pinnastel peavad olema kontrollitud ja mõõdetavad omadused:
- pinnase tugevus- ja deformatsiooniomadusi mõõdetakse truubi seinast vähemalt 0,5 m kaugusel;
 - aluse tihendustegur: 0,98 (standardne Proctor-teim);
 - tagasitäite tihendustegur: 0,98 (standardne Proctor-teim), välja arvatud seina vahetus läheduses 0,5 m ulatuses (seal on lubatud 0,95);
 - pinnase fraktsioon peab vastama projektis määratule, kuna sellest sõltub olulisel määral konstruktsiooni kandevõime.
- (76) Aluspinnase ja tagasitäite ehitamine ning tihendamine (joonised 20 ja 21):
- tööde aluseks tuleb võtta juhend „[RMK metsateede katendite projekteerimise, ehitamise ja hooldamise juhend. Versioon 1.1](#)“ (2014) [17];
 - ehitustööde teostamisel sh kaeviku rajamisel, toestamisel ja tagasitäitmisel tuleb muuhulgas arvestada standardi [EVS-EN 1610](#) nõuetega;

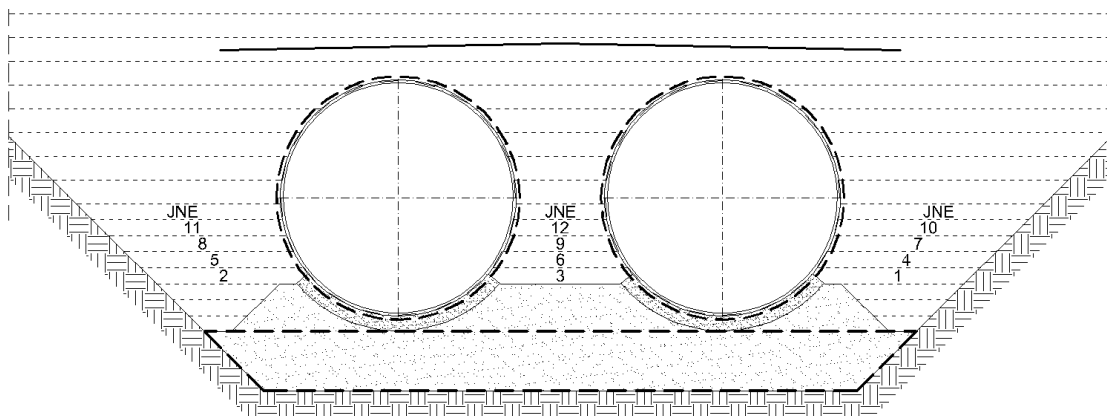
²⁵ Ülevaate erinevatest paksuse mõõtmise meetoditest on toodud standardis [EVS-EN ISO 3882](#).

²⁶ Tsingi ja alusmetalli vahelist naket ei kontrollita, kuna praegu puuduvad asjakohased rahvusvahelised standardid vastava testi läbiviimiseks. Üldjuhul vajadus selle katse järele puudub, kuna piisav nake on kuumsinkimisprotsessile iseloomulik.

- aluse- ja tagasitäitematerjalid peavad vastama projektile;
- kasutatavate geosünteedide kohta on nõuded toodud peatükis „Pinnas ja vundeerimine“;
- alus peab sobima truubi põhjaga ning moodustama kindla ja ühtse kandealuse kogu truubi pikkuses;
- pinnasekihtide tihendamine peab olema teostatud ühtlaselt ja kvaliteetselt, kuna see on üks tähtsamaid faktoreid vajaliku kande võime ja eluea saavutamiseks;
- kõrvutiasetsevate truupide tagasitäite tihendamise põhimõtteline järjekord on näidatud joonisel 21;
- tihendatavate kihtide maksimaalne paksus tohib olla 20 cm (truubi maksimaalsest laiuselt allapoole jääv piirkond) või 30 cm (truubi maksimaalsest laiuselt ülespoole jääv piirkond);
- ehitamise ajal tohib truubi erinevatel külgedel olla pinnase kõrguse erinevus maksimaalselt üks kihipaksus (20...30 cm);
- raske tihendustehnikaga (üle 500 kg) ei tohi truubi seinale minna lähemal kui 1 m;
- truubi seinale lähemal kui 1 m ja truubi kohal tohib tihendada ainult käsi-tüüpi tihendajatega;
- tagasitäite tegemisel ja tihendamisel ei tohi vigastada truupi ning deformatsioonid peavad jääma lubatud piiridesse;
- kasutada ei tohi külmunud või tihendamiseks liiga märga materjali.



Joonis 20. Nõuded tihendamisel



Joonis 21. Kahe kõrvutiasetseva truubi tagasitäite tihendamise järjekord

4. HOOLDAMINE

4.1. Ülevaatus

(77) Truubi seisundit kontrollitakse:

- regulaarsel ülevaatusel;
- üldülevaatusel;
- erakorralisel ülevaatusel.

(78) Regulaarset ülevaatus viib läbi hooldustöid või hooldustööde järelevalvet teostav isik ning selle käigus kontrollitakse:

- truubi seisundit, võttes aluseks KKM 11.06.2015 määruse nr 34 „[Metsatee seisundi kohta esitatavad nõuded](#)“ [37];
- teisi nõudeid, mis on fikseeritud vastavates hooldelepingutes.

(79) Üldülevaatus teostatakse soovitatavalt üks kord kuue aasta jooksul ning selle kohta vormistatakse ülevaatusakt²⁷, mis on muuhulgas varustatud ülevaatliku pildi- ja videomaterjaliga olukorra illustreerimiseks. Üldülevaatus akt peab andma konkreetse info edasiste tegevuste kohta (kas ja mida on vaja teha ning millal). Üldülevaatusel käsitletakse lisaks regulaarse ülevaatus nõuetele järgmisi aspekte:

- nõlvade ja otste seisukord;
- jõesängi seisukord ja puhtus (setted, praht, langenud puud, jää);
- truubi põhja puhtus (setted, kivid, praht);
- truubi geomeetria (sh väljaulatumine muldkehast) ja esinevad deformatsioonid;
- truubi vigastused;
- truubi korrosioonikahjustused ja pinnakatete seisukord;
- kinnitusvahendite seisukord;
- truubi kui terviku koostekvaliteet;
- vete ärajuhtimissüsteemi toimivus;
- piirete ja liikluskorraldusvahendite seisukord;
- teostatakse lihtsamad mõõtmistööd (teraslehe paksus, pinnakatete paksus, vee pH-tase, betooni karboniseerumine jne);
- pinnase vajumid truubi kohal (tee deformatsioonid);
- kui truubi kohta ei ole varasemalt dokumenteeritud kogu infot, siis tuleb teostada vajalikud mõõtmistööd andmebaasi täiendamiseks (ehitise geomeetrilised mõõtmised jne).

(80) Erakorraline ülevaatus (ehitise audit või ekspertiis) teostatakse juhul, kui on tekkinud kahtlus truubi kande- või kasutuspiiriseisundi, funktsionaalsuse või muude nõuete täitmise osas. Erakorralise ülevaatus käigus kontrollitakse ehitist kui tervikut või ehitise osa koosmõjus ehitise kui tervikuga vastavalt lähteülesandele ning aluseks võetakse:

- PMM 11.07.2003 määrus nr 70 „[Maaparandussüsteemi ekspertiisile esitatavad nõuded ja ekspertiisi tegemise kord](#)“ [34];
- MTM 24.09.2015 määrus nr 116 „[Ehitise auditi tegemise kord](#)“ [38].

²⁷ Akti näidis on toodud lisas 1.

4.2. Hooldamise alused ja hooldusjuhend

- (81) Ehitise olemasolu vältel tuleb tagada selle ohutu seisund ja kui asjakohane, siis ka visuaalne korrasolek. Ehitist tuleb kasutada heaperemehelikult ja kasutusotstarbe kohaselt. Ehitise kasutusea ajal tuleb tagada ehitise püsivuseks ja ohutuks kasutamiseks vajalik asjatundlik korrashoid. Nõuded ehitise kasutamisele ja korrashoiule tulenevad heast tavast, õigusaktist või ehitise kohta koostatud kasutus- ja hooldusjuhendist. [4]
- (82) Ehitise kasutus- ja hooldusjuhend (edaspidi *hooldusjuhend*) tuleb koostada selliselt, et sellest juhendites on võimalik mõistliku kulu ja pingutusega ehitist kasutada, tuvastada ehitise ja selle osade omadused ning nende säilitamiseks vajalik tegevus kogu ehitise kasutusea ajal. [39]
- (83) Hooldusjuhendis sisalduvad ehitisse paigutatud materjali, seadme või toote tootja poolt ettenähtud kasutamise- ja korrashoiunõuded, arvestades ehitise kasutamisega seonduvat eripära. Hooldusjuhend võib sisaldada ka teavet ehitise auditi kohustuslikkuse kohta ja ehitise korrashoiuks vajalikku muud teavet. Hooldusjuhendi koostab ehitusprojekti koostaja või tee omaniku määratud isik. Kui ehitises tehakse muudatusi, tuleb vajaduse korral hooldusjuhendit muuta. [4]
- (84) Hooldusjuhendi koostamise aluseks võib näiteks võtta:
- MNT 08.05.2015 testversioon „[Kasutus- ja hooldusjuhendi koostamise põhimõtted](#)“ [40].
- (85) Hooldustööd peavad olema teostatud selliselt, et oleks tagatud alltoodud õigusaktides kehtestatud nõuded:
- PMM 25.07.2003 määrus nr 75 „[Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded](#)“ [41];
 - KKM 11.06.2015 määrus nr 34 „[Metsatee seisundi kohta esitatavad nõuded](#)“ [37].

4.3. Jääkkasutusea hindamine

- (86) Truubi jääkkasutusea hindamine peab tuginema realselt mõõdetud usaldusväärsel parameetritel (pinnakihtide paksused, pinnaseomadused jne) ja oludele vastaval arvutusmetoodikal. Seejuures tuleb arvestada, et iga arvutusmeetod sisaldab lihtsustusi ning arvutustulemused võivad olulisel määral erineda²⁸. Seetõttu on vastutusrikkamatel juhtudel arvutuste usaldusväärsuse tõstmiseks soovitatav kasutada korraga vähemalt kahte erinevat meetodit.
- (87) Peamise meetodina tuleb truubi jääkkasutusea hindamiseks kasutada käesoleva juhendi peatükis „Kasutusea tagamine“ toodud metoodikat. Võrdleva meetodina on soovitatavad juhendmaterjalid järgmised:
- „[CSP Durability Guide](#)“ (2000) [42];
 - „[Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products](#)“ (2007) [11].
- (88) Olemasoleva konstruktsiooni jääkkandevõime arvutamisel on soovitatavaks juhendmaterjaliks käsiraamatu „[Design of soil steel composite bridges](#)“ (2014) [9] lisa 7.




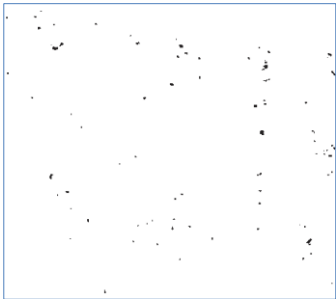
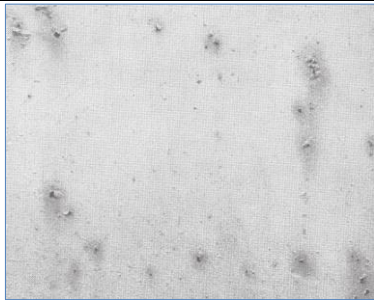
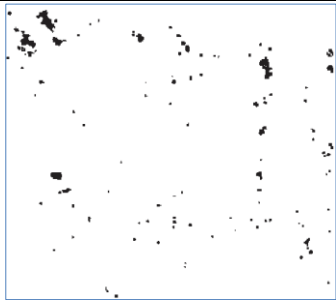
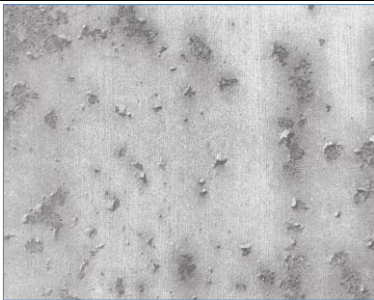
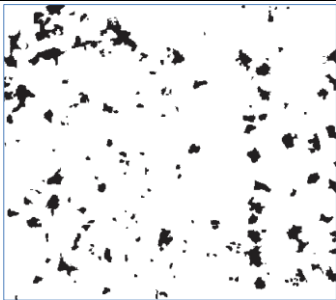
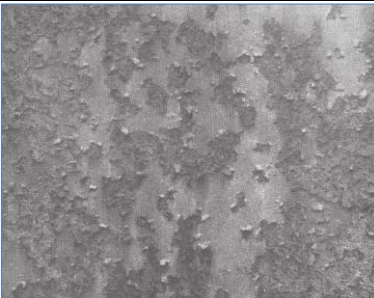

²⁸ Erinevate arvutusmetoodikate võrdlust on käsitletud näiteks magistritöös „[Monteeritavate terastorusildade tehnilise seisukorra hindamine](#)“ (2013) [65].

4.4. Terastoruubi renoveerimine

- (89) Terastoruubi renoveerimise meetod valitakse sõltuvalt ehitise kahjustuste ulatusest (nt fotod 13 ja 14). Peamised rakendatavad meetodid²⁹:
- pinnakatete taastamine hooldusvärvimisega;
 - truubi alaosa taastamine pritsbetooniga;
 - truubi alaosa taastamine uue terasprofiili lisamisega ning koos täisbetoneerimisega;
 - uue truubi paigaldamine vana konstruktsiooni sisse;
 - truubi asendamine.
- (90) Renoveerimistööde käigus võib vajalikuks osutuda truubi avariitoestamine (foto 15).
- (91) Pindade kahjustuste hulga ja suuruse klassifitseerimiseks kasutatakse standardiseeriat [EVS-EN ISO 4628](#), kus on muuhulgas kirjeldatud kuute roostetusastme taset Ri 0 kuni Ri 5 (tabel 18). Hooldusvärvimine tehakse parandusvärvimisena roostetusastmete Ri 0 – Ri 3 korral. Roostetusastmete Ri 4 ja Ri 5 korral on värv kaotanud kaitsevõime ning pind tuleb tervikuna puhastada ja üle värvida (eeldusel, et konstruktsioonil on säilinud vajalik kandevõime).
- (92) Pinnakatete taastamisel tuleb lähtuda standardi [EVS-EN 1090-2](#) lisas F esitatud nõuetest ja sealtoodud viitestandarditest. Standardis on muuhulgas käsitletud pindamismeetodeid, pindade ettevalmistamist, parandustööde läbiviimist ja kvaliteedi kontrollimist.
- (93) Pritsbetooniga alaosa taastamist kasutatakse juhul, kui hooldusvärvimine ei ole enam otstarbekas (foto 16). Uus betoonist kaitsekiht (5 kuni 10 cm) armeeritakse võrksarrusega ($\emptyset 5 \dots 6$ mm, $s = 150 \dots 300$ mm). Uue kaitsekihi võib teha ka fiiberbetoonist. Aluspind puhastatakse enamasti puhastusklassini Sa 2 ([EVS-EN ISO 8501-1](#)). Seda meetodit saab kasutada vaid siis, kui korrosioonikahjustused ei ole mõjutanud konstruktsiooni kandevõimet. Enamasti pikendatakse terastoruubi eluiga selliselt kuni 15 aastat.
- (94) Truubi alaosa suurte kahjustuste korral võib lisada vana truubi põhja kuju kopeeriv uus terasprofiili segment (fotod 17 ja 18). Vana ja uue seina vaheline osa injekteeeritakse betooniga umbes 5 cm paksuse kihina täis. Vajaliku kandevõime saavutamiseks tuleb erinevad kihid ühendada omavahel nihkekindlalt. Nihkekindla ühendamise korral võib uus kasutusiga olla kuni 50 aastat.
- (95) Vanale konstruktsioonile võib sisse paigaldada ka uue terastoru (fotod 19 ja 20). Uue ja vana konstruktsiooni vahele peaks jääma vahe vähemalt 15 cm, mis hiljem täidetakse tihedalt betooniga. Kasutatakse nii uue toru sissetõmbamist (ei sobi vana konstruktsiooni suurte deformatsioonide korral) kui ka plaatide kohapealset monteerimist.

²⁹ Soovitusi ja näiteid renoveerimistööde läbiviimiseks võib leida juhenditest „[SILKO 2.341 Teräsputkisillan korjaaminen](#)“ (2006) [45] ja „[SILKO 2.354 Vanhan ja uuden sinkkipinnoitteen maalaus](#)“ (2005) [61].

Tabel 18. Roostetusastmete kirjeldused [43]

Roostetus- aste	Roostetanud pindala suurus	Illustratsioon	
Ri 0	0%	-	-
Ri 1	0,05%		
Ri 2	0,5%		
Ri 3	1%		
Ri 4	8%		
Ri 5	40-50%		

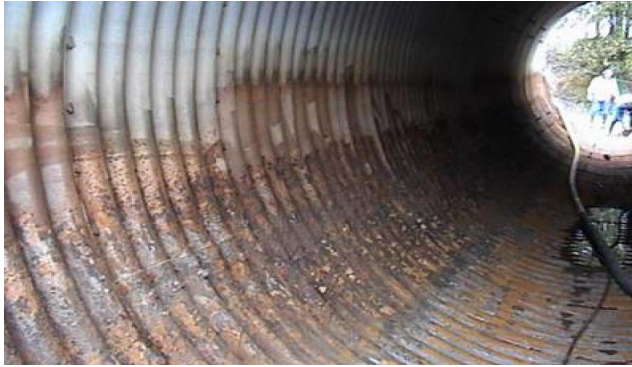


Foto 13. Pöördumatult kahjustatud truubi alaosa [29]



Foto 14. Truubi hävinenud põhi [44]



Foto 15. Truubi avariitoetus [44]



Foto 16. Truubi alaosa renoveerimine pritsbetooniga [45]



Foto 17. Truubi renoveerimine uue põhja ehitamisega [29]



Foto 18. Truubi renoveerimine uue põhja ehitamisega [29]



Foto 19. Uue toru asetamine vana toru sisse [45]



Foto 20. Uue toru asetamine vana toru sisse [45]

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Maaparandussüsteemi projekteerimismid, Põllumajandusministri määrus nr 18, 17.02.2005 (RT I, 28.05.2011, 5).
- [2] Maaparanduse uurimistööle esitatavad nõuded, Põllumajandusministri määrus nr 75, 29.08.2011 (RT I, 31.08.2011, 1).
- [3] EVS-EN 1990:2002+NA:2002 Eurokoodeks. Ehituskonstruktsioonide projekteerimise alused.
- [4] Ehitusseadustik, Riigikogu seadus, 11.02.2015 (RT I, 30.12.2015, 11).
- [5] Maaparandussüsteemi ehitusprojekti sisu- ja vorminõuded, Põllumajandusministri määrus nr 82, 21.07.2005 (RT I, 10.08.2011, 5).
- [6] Metsakuivenduse ja -teede ehitusprojekti näidiskoesseis 2014, Riigimetsa Majandamise Keskuse juhatus liikme käskkirj nr 1-5/21, 22.01.2015.
- [7] Nõuded ehitusprojekti ekspertiisile, Majandus- ja taristuministri määrus nr 62, 08.06.2015 (RT I, 09.06.2015, 25).
- [8] Maaparandussüsteemi ehitusprojekti ekspertiisile esitatavad nõuded ja ekspertiisi tegemise kord, Põllumajandusministri määrus nr 69, 11.07.2003 (RTL 2003, 88, 1292).
- [9] L. Pettersson ja H. Sundquist, Design of soil steel composite bridges, KTH, Civil and Architectural Engineering, 2014.
- [10] Tee projekteerimise normid, Majandus- ja taristuministri määrus nr 106, 05.08.2015 (RT I, 07.08.2015, 14).
- [11] Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products, Corrugated Steel Pipe Institute, 2007.
- [12] Teräspuutisillat, suunnitteluohje, 25.2.2014, Liikennevirasto, 2014.
- [13] A. Maastik, H. Haldre, T. Koppel ja L. Paal, Hüdraulika ja pumbad, Greif, 1995.
- [14] A. Maastik, Hüdroloogia ja hüdroomeetria, Eesti Maaülikool, 2008.
- [15] T. Metsvahi, Autoteede projekteerimise metoodiline juhend. III osa, vooluvete juhtimine, Tallinna Polütehniline Instituut, 1989.
- [16] Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu, Liikennevirasto, 2013.
- [17] S. Sillamäe, RMK metsateede katendite projekteerimise, ehitamise ja hooldamise juhend. Versioon 1.1, Tallinna Tehnikakõrgkool, 2014.
- [18] M. Kiisa ja K. Lellep, Metsateedel asuvate sildade seisukorra hindamise juhend. Versioon 2.0, Tallinna Tehnikakõrgkool, 2015.
- [19] Zalecenia projektowe i technologiczne dla podatnych konstrukcji inżynierskich z blach falistych, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, 2004.
- [20] EVS-EN ISO 12944-2:2000 Värvid ja lakid. Teraskonstruktsioonide korrosioonitõrje värvkattesüsteemidega. Osa 2: Keskkondade liigitus.
- [21] EVS-EN ISO 14713-1:2010 Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures - Zinc coatings - Part 1: General principles of design and corrosion resistance.
- [22] EVS-EN ISO 12944-1:2000 Värvid ja lakid. Teraskonstruktsioonide korrosioonitõrje värvkattesüsteemidega. Osa 1: Üldtutvustus.
- [23] EVS-EN ISO 8501-1:2007 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after ove.
- [24] EVS-EN ISO 8501-2:2002 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 2: Preparation grades of previously coated steel substrates after localized removal of previous coat.
- [25] EVS-EN ISO 8501-3:2008 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections.
- [26] EVS-EN ISO 8501-4:2008 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 4: Initial surface conditions, preparation grades and flashrust grades in connection with high-pressure.

- [27] Design Manual for Roads and Bridges. Volume 2, Section 2, Part 6 - BD 12/01 Design of Corrugated Steel Buried Structures with Spans Greater Than 0.9 Metres and up to 8.0 Metres, 2001.
- [28] ВСН 176-78 Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб, Минтрансстрой СССР, 1978.
- [29] Steel Pipe Bridges, NordBalt-seminar in Stockholm 2007 (Seminar Presentations).
- [30] Maaparandusrajatiste tüüpjoonised, Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium, 2013.
- [31] BC Supplement to TAC Geometric Design Guide, Ministry of Transportation (British Columbia), 2007.
- [32] Maaparandussüsteemi ehitamise tehnilised nõuded, Põllumajandusministri määrus nr 35, 13.03.2009 (RT I, 14.12.2010, 11).
- [33] Maaparandussüsteemi omanikujärelevalve tegemise kord, Põllumajandusministri määrus nr 57, 18.06.2003 (RTL 2003, 74, 1092).
- [34] Maaparandussüsteemi ekspertiisile esitatavad nõuded ja ekspertiisi tegemise kord, Põllumajandusministri määrus nr 70, 11.07.2003 (RTL 2003, 88, 1293).
- [35] Maaparandussüsteemi ehitamise tehniliste dokumentide koostamise kord ning sisu- ja vorminõuded, Põllumajandusministri määrus nr 56, 16.06.2003 (RTL 2003, 73, 1077).
- [36] Korrosioonitõrjevärvimise käsiraamat, Teknos, 2012.
- [37] Metsatee seisundi kohta esitatavad nõuded, Keskkonnaministri määrus nr 34, 11.06.2015 (RT I, 16.06.2015, 3).
- [38] Ehitise auditi tegemise kord, Majandus- ja taristuministri määrus nr 116, 24.09.2015 (RT I, 25.09.2015, 9).
- [39] Ehitamise dokumenteerimisele, ehitusdokumentide säilitamisele ja üleandmisele esitatavad nõuded ning hooldusjuhendile, selle hoidmisele ja esitamisele esitatavad nõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 115, 04.09.2015 (RT I, 09.09.2015, 3).
- [40] Kasutus- ja hooldusjuhendi koostamise põhimõtted, Maanteeameti testversioon, 08.05.2015.
- [41] Maaparandushoiutöödele esitatavad nõuded, Põllumajandusministri määrus nr 75, 25.07.2003 (RT I, 14.12.2010, 10).
- [42] CSP Durability Guide, National Corrugated Steel Pipe Association, 2000.
- [43] EVS-EN ISO 4628-3:2016 Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings - Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance - Part 3: Assessment of degree of rusting (ISO 4628-3:2016).
- [44] Criteria for Inspection, Life Extension and Rehabilitation of Circular Corrugated Metal Culverts, State of Queensland (Department of Transport and Main Roads), 2015.
- [45] SILKO 2.341 Teräsputkisillan korjaaminen, Tiehallinto, 2006.
- [46] Teede ehituse ja remondi kvaliteedi ja tööprogrammi tagamise plaani koostamise ja täitmise juhend, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0181, 25.06.2015.
- [47] Omanikujärelevalve kvaliteedi tagamise plaani koostamise ja täitmise juhend, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0067, 16.03.2015.
- [48] Muldkeha ja drenikihi projekteerimise, ehitamise ja remondi juhis, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0001, 05.01.2016.
- [49] Geotehniliste pinnaseuuringute juhend, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0002, 05.01.2016.
- [50] Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 264, 29.12.2006.
- [51] Geosünteedide kasutamise juhis, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 264, 29.12.2006.
- [52] Teehoiutöödel kasutatava killustiku purunemiskindluse määramine, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 98, 18.04.2006.
- [53] Teehoiutööde garantiiaegse ülevaatuse ja puuduste kõrvaldamise juhis, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0333, 14.12.2014.
- [54] Riigimaantee ehitus- ja remonttööde vastuvõtu eeskiri, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0016, 19.01.2016.
- [55] Täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel, Maanteeameti

peadirektori käskkiri nr 102, 13.05.2008.

- [56] A. H. H. Wadi, Soil Steel Composite Bridges. A comparison between the Pettersson-Sundquist design method and the Klöppel & Glock design method including finite element modelling, 2012.
- [57] Riigimaanteedel asuvate sildade, viaduktide, truupide ja tunnelite projekteerimisnõuete täpsustamine, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 55, 29.02.2008.
- [58] S. Markkanen, Putkisillan kasaaminen ja asentaminen kohteeseen, 2014.
- [59] EVS-EN 1090-2:2008+A1:2011 Teras- ja alumiiniumkonstruktsioonide valmistamine. Osa 2: Tehnilised nõuded teraskonstruktsioonidele.
- [60] Geosüntetika käsiraamat, Skepast&Puhkim OÜ ja Tallinna Tehnikakõrgkool, 2016.
- [61] SILKO 2.354 Vanhan ja uuden sinkkipinnoitteen maalaus, Tiehallinto, 2005.
- [62] E. Laks, Teetruupide projekteerimise ja ehitamise problemaatika [lõputöö], Tallinna Tehnikaülikool, 2014.
- [63] R. Sagor, Nõlvade erosioonitõkked [lõputöö], Tallinna Tehnikakõrgkool, 2015.
- [64] A. Visnapuu, Torusildade projekteerimisjuhend [lõputöö], Tallinna Tehnikakõrgkool, 2011.
- [65] R. Võimre, Monteeritavate terastorusildade tehnilise seisukorra hindamine [lõputöö], Eesti Maaülikool, 2013.
- [66] Tee seisundinõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 92, 14.07.2015 (RT I, 15.07.2015, 13).
- [67] Tee ehitusprojektile esitatavad nõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 82, 02.07.2015 (RT I, 03.07.2015, 29).
- [68] Tee ehitamise kvaliteedi nõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 101, 03.08.2015 (RT I, 08.04.2016, 4).
- [69] Omanikujärelevalve tegemise kord, Majandus- ja taristuministri määrus nr 80, 02.07.2015 (RT I, 03.07.2015, 27).
- [70] Ehitusgeoloogilisele uuringule esitatavad nõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 32, 24.04.2015 (RT I, 28.04.2015, 12).
- [71] Tee-ehitustööde kontroll- ja vastuvõtu toimingute loetelu, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0085, 06.04.2016.
- [72] Maaparandusseadus, Riigikogu seadus, 22.01.2003 (RT I, 01.09.2015, 22).
- [73] Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded, Majandus- ja taristuministri määrus nr 34, 14.04.2016 (RT I, 19.04.2016, 3).
- [74] Teetööde tehniline kirjeldus, Maanteeameti peadirektori käskkiri nr 0234, 06.12.2016.

LISA 1 – ÜLDÜLEVAATUSE ÜLEVAATUSAKTI NÄIDIS

TRUUBI ÜLDÜLEVAATUSAKT	
Ülevaatuse kuupäev	
Ilmastikuolud	
Teostajad	

Truubi üldinfo	
Truubi nimetus ja number	
Asukoht	
Koordinaadid L-EST süsteemis	
Tee nimetus	
Ületatav takistus	
Ehitusaasta	
Renoveerimisaasta	
Truubi konstruktiivne lahendus	
Truubi materjal ja kaitsekihid	
Projektkoormus	
Märkused	

Projektdokumentatsiooni info	
Projekti nimi ja number	
Projekti koostamise aasta	
Projekteerija	
Projekti asukoht	
Märkused	

Truubi tehnilised andmed		
	Projektne	Tegelik
Truubi laius D		
Truubi kõrgus h		
Truubi põhjapikkus $L_{\text{põhi}}$		
Truubi laepikkus L_{lagi}		
Pealiskihi orienteeruv paksus h_c		
Truubi ristumisnurk teega		
Truupide omavaheline kaugus a		
Truubi ristlõikepindala A		
Truubi otste geomeetria		
Truubi pikikalle i		
Vee sügavus truubis sissevoolul		
Vee sügavus truubis väljavoolul		
Terase paksus		
Tsingikihi paksus		
Värvikihi paksus		
Värvikihi ulatus truubi põhjast		
Vee happelisus		

Visuaalne vaatlus	
Nõlva seisukord sissevoolul	
Nõlva seisukord väljavoolul	
Jõesäangi seisukord sissevoolul	
Jõesäangi seisukord väljavoolul	
Truubi põhja puhtus	
Vigastused	
Truubi korrodeerumine	
Truubi deformeerumine	
Tsingikihi olukord	
Värvikihi olukord	
Piirded	
Muu	

Kõikide kaitsekihtide kogupaksus [μm]				
Mõõte-punkt	Mõõtmise number			Mõõtepunkti keskmine
	1	2	3	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
Summaarne keskmine				

Tsingikihi paksus [μm]				
Mõõte-punkt	Mõõtmise number			Mõõtepunkti keskmine
	1	2	3	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Summaarne keskmine				

Terase paksus [mm]			
Mõõtmise number			Keskmine
1	2	3	

Truubi pikikalle [%]			
Mõõtmise number			Keskmine
1	2	3	

Vee happelisus [pH]			
Mõõtmise number			Keskmine
1	2	3	