

## SISUKORD

1. ÜLDOSA.....	3
1.1. Lähteülesanne ja eesmärk.....	3
1.2. Töö koostamisel aluseks olnud planeeringud, seisukohad jne .....	4
1.3. Kasutatud õigusaktid, standardid ja juhendid.....	4
2. OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS.....	5
3. PROJEKTLAHENDUS .....	6
3.1. Üld- ja tehnilised andmed.....	6
3.2. Projektala ja töö mahtude piiride kirjeldus.....	6
3.3. Koormused ja rajatise eluiga .....	6
4. Eskiisvariantide konstruktsiooniline kirjelduse.....	7
4.1. Terassõrestik.....	7
4.2. Kaarsild .....	7
4.3. Konsoolsild.....	10
5. Pealisehitise maksumuse analüüs .....	11

## **TÖÖ KÖIDETE LOETELU**

1. RAUDTEE ÕGVENDUS – köide I
2. UURINGUD – köide II
3. RAJATISE EHITUSPROJEKT – köide III (*Käesolev Töö osa*)
4. TEHNOVÕRGUD – köide IV

## **KÄESOLEVA KÖITE SISUKORD**

1. Seletuskiri
2. Lisad

## **LISAD (Muud tee ehitusprojekti dokumendid)**

1. Tehniline kirjeldus ja projektala skeem;
2. Tingimused ja seisukohad;
3. Muud tehnilised tingimused;
4. Ehitusmahud ja hoolduskulud.

## 1. ÜLDOSA

### *Objekti nimetus ja asukoht*

Raudteesild üle Emajõe. Tartumaal, Tartu linna lähistel.

### *Objekti seotus teedevõrguga*

Kärkna – Tartu jaamavahel ühe rööpmepaariga liinil, raudtee kilometraaž km 419,930.

### 1.1. Lähteülesanne ja eesmärk

Töö eesmärgiks on suurendada Tallinn-Tartu raudteelõigul liikumiskiirust reisirongidel kuni 135 km/h ja kaubarongidel kuni 80 km/h õgvendades ca 2,2 km ulatuses raudteetrassi (vt Lisa 1.1) ja rajades üle Emajõe uue raudteesilla. Uus raudteesild on planeeritud rajada olemasolevast Jänese raudteesillast kirde poole.

### *Projektlahenduse eessõna*

Raudteesildade puhul on koormusest (nii staatilised kui dünaamilised) ja kõrgendatud nõuetest tulenevalt kujunenud välja järgmised enamlevinud konstruktsiooni tüübid (keskmise pikkusega sillad):

- ✓ Sõrestiksillad;
- ✓ Sõrestik-kaar sillad;
- ✓ Kaarsild (klassikaline);
- ✓ Kaarsild seotud tekikonstruktsiooniga.

Ühine omadus eelnimetud konstruktsioonidel on suur kandevõime ja kõrgendatud läbipaindejäikus. Samuti konstruktsiooni elementide ühtlane koormatus on võimalik tihedasti paiknevate vertikaaltasapinnaliste „varraste“ või rippurite kaudu.

Täiendavalt on argumenteeritud järgnevate konstruktsiooni variante sobivuse üle.

- ✓ Lihttalasillad (Eelpingestatud T-tala, ZIP talad – kuni 40m avad);
- ✓ Konsoolsillad (Järelpingestatud T-tala, karp profiil).

Kõigi esitatud variante puhul on oluline vältida või minimaliseerida jõe kohal ehitamist ja liigsete sammaste rajamist jõkke.

### *Projekteerija kommentaarid ja lahendused*

Eluiga 100.a tagatakse teraskonstruktsioonidel vastavate pinnakaitse vahenditega.

Hoolde vähendamiseks kasutada hõlsasti vahetatavaid tugiosasid. Sõlmed projekteerida ligipääsetavatena.

Silla laiendamine on teostatav määratud sõlmede lahendamisel poltliitena, mis võimaldab demonteerimist.

Kallasraja katkematuks kulgemiseks vajalik silla ava ca 70 m.

## 1.2. Töö koostamisel aluseks olnud planeeringud, seisukohad jne

Tellijal poolt koostatud *Projektala skeem*;

Tellijal poolt esitatud *Tehniline kirjeldus*.

## 1.3. Kasutatud õigusaktid, standardid ja juhendid

Vastavalt Tehnilisele kirjeldusele Uurimis- ja projekteerimistöde läbi viimisel tuleb lähtuda muuhulgas järgmistest enamlevinutest õigusaktidest, juhistest, normatiividest ja standarditest:

- ✓ Ehitusseadustik, RT I 05.03.2015, 1 (redaktsioon 01.01.2019 - ...);
- ✓ Raudteeseadus, RT I 2003, 79, 530 (redaktsioon 01.01.2019 - ...);
- ✓ Teede- ja Sideministri 09.07.1999 määrus nr 39 „Raudtee tehnokasutuseeskirja kinnitamine“ (redaktsioon 23.03.2018 - ...);
- ✓ MTM 17.07.2015 määrus nr 97 „Nõuded ehitusprojektile“;
- ✓ MTM 02.07.2015 määrus nr 82 „Tee ehitusprojektile esitatavad nõuded“;
- ✓ MTM 24.09.2015 määrus nr 116 „Ehitise auditi tegemise kord“;
- ✓ MTM 14.04.2016 määrus nr 34 „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded“;
- ✓ MTM 24.04.2015 määrus nr 32 „Ehitusgeoloogilisele uuringule esitatavad nõuded“;
- ✓ MTM 04.09.2015 määrus nr 115 „Ehitamise dokumenteerimisele, ehitusdokumentide säilitamisele ja üleandmisele esitatavad nõuded ning hooldusjuhendile, selle hoidmisele ja esitamisele esitatavad nõuded“;
- ✓ AS Eesti Raudtee tegevuseeskiri koos lisadega (<http://www.evr.ee/et/arikliendile#eeskirjad-jatavad>);
- ✓ EVS 932:2017 „Ehitusprojekt“;
- ✓ EVS-ISO 13822:2011 „Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused. Olemasolevate konstruksioonide seisukorra hindamine“;
- ✓ EVS 885:2005 „Ehituskulude liigitamine“;
- ✓ Projekteerimist käsitlevad Eurokoodeksid;
- ✓ Ehitamist, sh raudteede ehitamist käsitlevad harmoniseeritud standardid;
- ✓ Ehitustooteid ja –materjale käsitlevad harmoniseeritud standardid;
- ✓ SNiP 2.05.03-84\* „Мосты и трубы“.

## 2. OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS

### *Olemasolev olukord*

Olemasolev üle Emajõe kulgev metallisõrestik raudteesild (edaspidi Jänese raudteesild) paikneb Tartumaal, Tartu vallas ja Tartu linnas, Kärkna – Tartu jaamavahel ühe rööpmepaariga liinil, raudtee kilometraaž km 419,930.



*Joonis 1: Olemasolev raudtee sild (Jänese, 45m sille).*

## 3. PROJEKTLAHENDUS

### 3.1. Üld- ja tehnilised andmed

*Projekteerimise tingimuste kirjeldus:*

- ✓ Silla arvestuslik eluiga 100a;
- ✓ Eelistada hooldevabasisid lahendusi;
- ✓ Silla projekteerimisel arvestada perpektiivse raudtee niidiga projekteeritava ja olemasoleva silla vahel;
- ✓ Silla konstruktsioonid peavad võimaldama silla laiendamist;
- ✓ Projekteerida sillale tehnoloogilised käiguteed (2 tk), käsipuud, kaablikanalid ca 300x300 mm (2 tk), veeäravoolusüsteemid, nõlvatrepid (2 tk) ja muud nõutavad rajatise elemendid vastavalt kehtivatele nõuetele;
- ✓ Projektlahendus peab tagama kallasraja katkematu kulgemise mõlemal pool Emajõge.

### 3.2. Projektala ja töö mahtude piiride kirjeldus

*Projektala piiride kirjeldus*

Projektala on määratud skeemil.

*Töömahtude piiritlemine raudteeprojektiga võrreldes*

Silla ehitusmahtude hulka arvestakse kõik sillakonstruktsioonide rajamiseks vajalikud tööd.

### 3.3. Koormused ja rajatise eluiga

*Tugevus- ja püsivusarvutused*

\*\*Koostatakse põhiprojekti mahus

*Koormusskeemid ja –kombinatsioonid*

Eurokoodeksi koormusmudelid LM71, SW/0, SW/2

SNiP 2.05.03-84 koormusmudel S14

*Nõuded kandevõimele ja elueale*

Silla arvestuslik eluiga vähemalt 100.a.

## 4. Eskiisvariantide konstruktsiooniline kirjelduse

### 4.1. Terassõrestik

#### *Sõrestik konstruktsiooni eelised*

- ✓ konstruktsiooni madal omakaal;
- ✓ objekti asukohast eemal ehitamise võimalikkus;
- ✓ transpordi (maismaa ja vee) võimalikkus;
- ✓ montaaži järgselt omab konstruktsioon lõplikku kandevõimet ja jäikust;
- ✓ elementide ühendamine võimalik keevis ja/või poltliitena. Poltliide lihtsustab demonteerimist;
- ✓ Sõrestikku on lihtsam toota ja paigaldada (võrdlus kaarsillaga).



Joonis 2: Sõrestik konstruktsioon

### 4.2. Kaarsild

#### *Kaarsilla konstruktsiooni eelised*

- ✓ Hea kandevõime;
- ✓ Kõrgendatud paindejäikus;
- ✓ Rippurite arvu ja positsioneerimisega hõlpsasti manipuleeritav jõudude jagunemine;
- ✓ objekti asukohast eemal ehitamise võimalikkus;
- ✓ montaaži järgselt omab konstruktsioon lõplikku kandevõimet ja jäikust;
- ✓ Terase kulu võrreldes sõrestikuga 2x väiksem.

Joonistel 3 – 4 on näidatud erinevad kaare lahendused lähtuvalt konstruktsiooni keerukusest ja disainist. Joonise 3 on toodud klassikalise vertikaalse rippurite paigutusega lahendus. Kaar ja peakandurid on kannu ühenduses jäigalt seotud – kaare poolt vundamendile edasi antav survejõud on tasakaalus peakanduris mõjuva tõmbejõuga.

Joonisel 4 on klassikalise kaarsilla lahendust täiendatud kaari ühendavate põiksidemetega, mis vähendab kaarte nõtkohtu ja võimaldab optimeerida kaare ristlõiget. Teise aspektina on kasutusele võetud



Töö nimetus: Emajõe raudteesilla ja rööbastee õgvenduse mulde põhiprojekti koostamine.  
Emajõe raudteesilla eskiisvariandid. Töö number: P19056. Köide-III

rippurite diagonaalne ja ristuv konfiguratsioon, millega saavutatakse ühtlasem jõudude jagunemine kaare ristlõigetes.



*Joonis 3: Kaarsild (kaar seotud peatalaga)*





Joonis 4: Kaarsild „võrk“ konfiguratsiooniga rippurid, kaar seotud tekiga. (Rannu-Jõesuu, 90m sild, AS Merko Ehitus)

Joonisel 5 on näide disainitud ja optimeeritud ümarprofiilist kaared ja peakandurid.



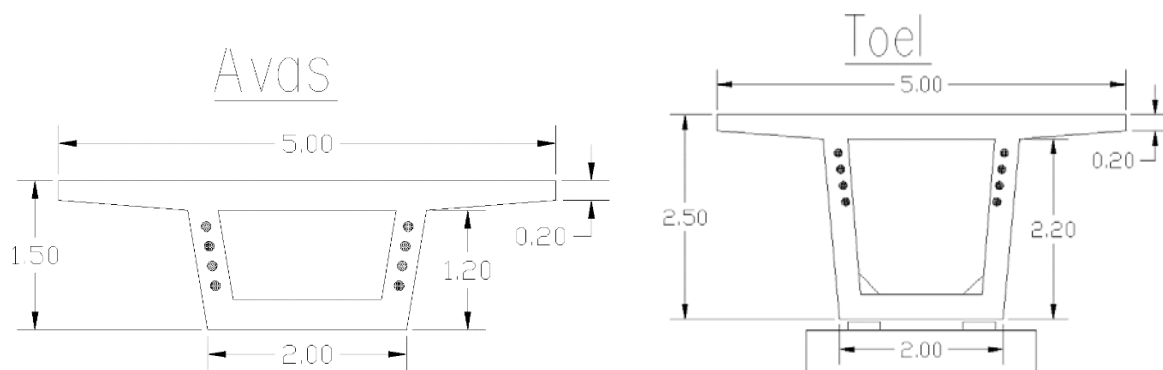
Joonis 5: Kaarsild, kaar seotud peatalaga. (Lippepark Brücke über die Lippe).

Joonis 5 Kaarsilla konstruktsioonile on saavutatud vähim omakaal võimalik, ent valmistamise keerukust suurendavad tasapinnast välja kumerduvad diagonaalid. Diagonaal elemendid töötavad nii survele kui

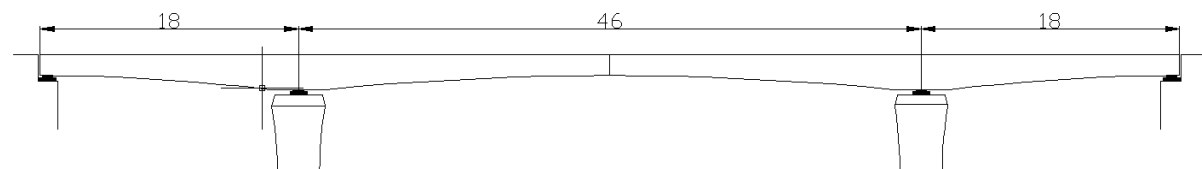
tõmbele (klassikalised rippurid vaid tõmbele), ent erinevalt tavapärasele sõrestikule kannab ülemine vöö (kaar) konstruktsioonis mõjuva survejõu läbi otsa kandade otse alumisele vööle tõmbejõuna (peatalad). Selline koormuste liikumine kaare ja alumise vöö vahel vähendab diagonaalides mõjuvaid jõudusid – omane kaarsilla lahendusele.

### 4.3. Konsoolsild

Kolmanda variandina oleme kaalunud konsoolsilda, mis koosneb järelpingestatud raudbetoon karbist. Konsoolid toetatakse jõkke rajatavatele sammastele, tagades silla keskmine ava min 45 m (Veeteede Ameti nõue).



Joonis 6: Karp profiili ristlõiked



Joonis 7: Konsoolsilla vaade

#### Konsoolsilla eelised

- ✓ Võimalik transportida ja monteerida segmentidena või tervikuna paigaldada;
- ✓ Järelpingestatud konstruktsioon on visuaalselt sale;
- ✓ Raudbetoonist konstruktsioon on odavam kui teras;
- ✓ Raudbetoon on hooldevabam ja korrosioonikindlam kui teraskonstruktsioon;
- ✓ Raudbetoon on tänu suuremale massile vibratsiooni kindlam.

## 5. Pealisehitise maksumuse analüüs

Eskiisvariantide seletuskirja mahus on toodud pealisehitise eeldatavad maksumused. Kaldasammaste rajamine ja mullatood on kalkuleeritud seletuskirja lisas, vt *ehitusmaksumused + hooldus*.

Projekteeritavate teraskonstruktsioonide hinnakalkulatsioonidel on arvestatud:

- ✓ 70 m sille (üheavaline sild)
- ✓ Raudteeviadukt/sild
- ✓ Raudteekoormusmudelid (Eurokood, SNiP)

Projekteeritava raudbetoonkonstruktsiooni hinnakalkulatsioonil on arvestatud:

- ✓ 45 m suurim sille
- ✓ 3-avaline
- ✓ Täiendavad jõesambad

Konsulteerides VMT metallkonstruktsioonide tehasega, tehti suuremahulise teraskonstruktsiooni ehitamiseks järgmised ühikhinna pakkumised:

1. Terassõrestik (konstruktsioon *Joonis 8*):
  - a. Mass = 312 000 kg (sõrestik) + 8000 kg (tekiplaat) = 320 000 kg
  - b. Tootmine + transport + paigaldus = 2,00 €/kg
  - c. Summa = 320 000 \* 2,00 = 640 000 € + käibemaks 20%



*Joonis 8: Sõrestik konstruktsioon, 70 m raudteeviadukt (EKENSBERGSBRON, NCC Construction 2011).*

Töö nimetus: Emajõe raudteesilla ja rööbastee õgvenduse mulde põhiprojekti koostamine.  
Emajõe raudteesilla eskiisvariandid. Töö number: P19056. Köide-III

2. Kaarsild (konstruktsioon *Joonis 3*):

- a. Mass = 95 000 kg (kaared) + 45 000 kg (peatalad) + 10 000 kg (rippurid) + 12 000 kg (põiksidemed) + 8000 kg (tekiplaat) = 170 000 kg
- b. Tootmine + transport + paigaldus = 2,75 €/kg
- c. Summa = 170 000 \* 2,75 = 470 000 € + käibemaks 20%

3. Konsoolsild (raudbetoon karp profiil *Joonis 6 ja 7*)

- a. Maht= 250 m<sup>3</sup> (karp profiil muutuva kõrgusega)
- b. Tootmine + transport + paigaldus = 1000€/m<sup>3</sup>
- c. Summa = 250 \* 1000 = 250 000 €+ käibemaks 20%

*Variandi valiku kriteeriumid*

Ehitus- ja hoolduskulude maksumust arvestades on soodsaim variant ehitada konsoolsild.

Arhitektuursetel kaalutlustel, arvestades, et Tartu linnas on mitmed olevad kaarsillad ja lähim on olev sõrestik raudteesild, oleks sobiv teha valik nende tüüpide kasuks, kavandades kaare kujuga sõrestiksild.