

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Ervinas Ratautas

**SUSISIEKIMO KOMUNIKACIJŲ REKONSTRUKCIJOS TECH-
NOLOGIJŲ TYRIMAI**

Magistro baigiamasis projektas

Vadovas

Lekt. Odeta Viliūnienė

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJŲ KATEDRA

**SUSISIEKIMO KOMUNIKACIJŲ REKONSTRUKCIJOS TECH-
NOLOGIJŲ TYRIMAI**

Magistro baigiamasis projektas
Statyba (612J80001)

Vadovas

Lekt. Odeta Viliūnienė

Recenzentas

Saulius Zadlauskas

Konsultantai

UAB „StalCorp“ direktorius Paulius

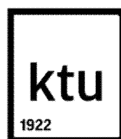
Nuobara

Lietuvos ir Švedijos UAB „ViaCon Bal-
tic“ projektų valdymo skyriaus vadovas
Andrius Žilaitis

Darbą atliko

Ervinas Ratautas

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Ervinas Ratautas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (612J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Susisiekimo komunikacijų rekonstrukcijos technologijų tyrimai“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2018 m. Sausio 03 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Ervino Ratauto** baigiamasis projektas tema „Susisiekimo komunikacijų rekonstrukcijos technologijų tyrimai“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Ervinas Ratautas. Susisiekimo komunikacijų rekonstrukcijos technologijų tyrimai. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas lekt. Odeta Viliūnienė; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: *tiltas, viadukas, rekonstrukcija, technologiniai sprendimai, racionalus.*

Kaunas, 2018. 66 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamojo darbo tema - susisiekimo komunikacijų rekonstrukcijos technologijų tyrimai. Technologijos lyginamos rekonstruojamam geležinkelio tiltui per Minijos upę, kuris yra keturių tarpatriamių, kurių kiekvienas yra 18815, 19260, 19260 ir 18985 mm. Tiltu skerspjūvį sudaro dvi dvitėjo skerspjūvio sijos su vertikaliais ir horizontaliais ryšiais, ant kurių pritvirtinti mediniai pabėgiai bei bėgiai, o šonuose šaltilčio konstrukcijos.

Magistro baigiamajame darbe apžvelgta tiltų bei viadukų statybos istorinė raida. Remiantis literatūra bei tiltų ir viadukų statybos bei rekonstrukcijos projektais, apžvelgti bei aprašyti racionalūs technologiniai sprendimai. Daugiakriteriu metodu, apklausus 28 ekspertus, remiantis literatūroje nurodytais skaičiavimais, išrinktas racionaliausias rekonstrukcijos būdas, kurį taikant rekonstrukcijos procesas taptų efektyvesnis.

Ratautas, Ervinas. *Transport and communications technology research for reconstruction: Master's thesis / supervisor lect. Odeta Viliūnienė. The Faculty of civil engineering and architecture, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: construction

Key words: bridge, viaduct, reconstruction, technological solutions, rational.

Kaunas, 2018. 66 p.

SUMMARY

The subject of the final Master project – transport and communications technology research for reconstruction. The technologies are compared to the reconstructed bridge through the Minija River. The bridge has four spans, each of which is 18815, 19260, 19260 ir 18985 mm in length. The bridge section consists of two I-beam cross-section beams with vertical and horizontal truss, on which wooden sleepers and rails are mounted, and sidewall structures which are connected on the side of main beams.

The master's thesis reviews the historical development of bridges and viaducts. Based on literature and projects for the construction and reconstruction of bridges and viaducts, review and describe rational technological solutions. In a multicriteria method, based on the calculations indicated in the literature, 28 experts were selected, the most rational way of reconstruction was chosen, which would make the reconstruction process more effective.

TURINYS

PAVEIKSLAI	7
LENTELĖS	9
ĮVADAS	10
1. TILTŲ REKONSTRUKCIJOS GALIMYBIŲ TEORINIŲ IR PRAKTINIŲ KLAUSIMŲ ANALIZĖ.....	13
1.1. Tiltų statybos istorinė raida.....	13
1.2. Tiltų rekonstrukcijos teoriniai klausimai ir teisinis reglamentavimas	16
1.3 Tiltų rekonstrukcijos problemos ir sprendimo būdai	29
1.3.1 Problemos sprendimai pasaulyje.....	35
1.3.2 Situacijos Lietuvoje vertinimas.....	39
2. TILTŲ TEORINIAI REKONSTRUKCIJOS SPRENDIMAI.....	41
2.1. Tiltų rekonstrukcijos technologijų ypatumai	41
2.2. Tiltų rekonstrukcijos technologinis modelis.....	44
2.3. Tiltų rekonstravimo technologijų vertinimo metodikos parinkimas.....	47
3. PASIRINKTŲ TILTO REKONSTRUKCIJOS TECHNOLOGIJŲ ALTERNATYVIŲ SPRENDIMŲ VERTINIMAS	49
3.1. Esama tilto situacija	49
3.2. Geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijos rodiklių reikšmingumų nustatymas rangavimo metodu.....	50
3.3. Racionalios technologijos parinkimas Geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijoje taikant daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodą (COPRAS)	53
IŠVADOS	61
LITERATŪRA	62
PRIEDAI.....	65

PAVEIKSLAI

1 pav. Susisiekimo komunikacijų pogrupiai.....	10
2 pav. Gabarito viadukas [20]	14
3 pav. Kvebeko tiltas [21].....	15
4 pav. Runyang Jangdzės upės tiltas su 1385 m. centriniu tarpatramiu [29]	15
5 pav. Pralaidos panaudojimas rekonstruojant nedidelius tiltus [22].....	16
6 pav. Automobilių kelių, gatvių ir geležinkelio tiltų konstrukcijų artumo gabaritai (1, 2, 3 schemas). Naudoti kartu su 3 lent. Automobilių kelių tiltų konstrukcijų artumo gabaritų parametrai [19].....	19
7 pav. Tiltą veikiantys vidiniai ir išoriniai veiksniai	30
8 pav. Virintinių siūlių brokas.	31
9 pav. Ryšio, tarp pagrindinių laikančiųjų sijų įtrūkimas. Delavero upės tiltas, JAV [23].....	32
10 pav. Sugriuvęs plieninis geležinkelio tiltas Naujajame Džersyje, JAV [24].....	32
11 pav. Dažų, saugančių tilto konstrukcijas nuo korozijos, atsiskyrimas nuo plieno [25].....	33
12 pav. Tilto per Semselvo upę rekonstrukcija	36
13 pav. Tilto per Arstavikeno upę rekonstrukcija [26].....	36
14 pav. Pralaidos pagrindų ruošimas po esamu viaduku [27]	37
15 pav. Pralaidų surinkimas bei pastatymas į projektinę padėtį [27].....	38
16 pav. Sumontuotos pralaidos bei paleistas traukinių eismas [27].....	38
17 pav. Rotebro tilto rekonstrukcija	39
18 pav. Vidutinio metinio paros eismo intensyvumo kitimas keliuose nuo 2000-ųjų metų [28].....	40
19 pav. Rangovo trukdžiai statybos darbų vykdymui [11].....	42
20 pav. Bendra technologinė tilto rekonstrukcijos schema	44
21 pav. Technologinė tilto rekonstrukcijos schema, kuomet eismas rekonstruojamu tiltu nutraukiamas maksimaliai mažą laiko tarpą	46
22 pav. Tilto perdangos skersinis pjūvis	49
23 pav. Tilto per Minijos upę Priekulėje situacija.....	50
24 pav. Technologijų rodiklių reikšmingumų grafikas	53
25 pav. Gofruotų plieninių lakštų pralaida	53

26 pav. Laikinojo tilto naudojimas	54
27 pav. Hidraulikos naudojimas	54
28 pav. Technologijų daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo blokinė schema [4]...	55
29 pav. Technologijų reikšmingumas Q_j	57
30 pav. Spraustasienės įrengimas	57
31 pav. Statybvietėje įrengiami pamatai.....	58
32 pav. Gofros lakštų surinkimas ant žemės	58
33 pav. Gofros lakštų surinkimas ant žemės	59
34 pav. Lakštų tvirtinimas prie pamato	59
35 pav. Gofruotos pralaidos užpylimas žemėmis.....	60

LENTELĖS

1 lentelė. Reikalavimai projektuojant tiltus.....	17
2 lentelė. Grunto sluoksnio storis pagal pralaidos ir kelio tipą.....	18
3 lentelė. Automobilių kelių tiltų konstrukcijų artumo gabaritų parametrai	20
4 lentelė. Tiltų techninės priežiūros (TP) privalomi ir paprastojo remonto darbai	21
5 lentelė. Tiltų defektai.....	33
6 lentelė. Rodiklių reikšmingumų skaičiavimų suvestinė	51
7 lentelė. Rodiklių reikšmingumų skaičiavimų suvestinė	51
8 lentelė. Geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos rodiklių reikšmingumas.....	52
9 lentelė. Pradiniai skaičiavimų duomenys, reikalingi efektyvumo laipsniui nustatyti	56
10 lentelė. Alternatyvių tilto rekonstrukcijos technologijų daugiakriterinis įvertinimas	56

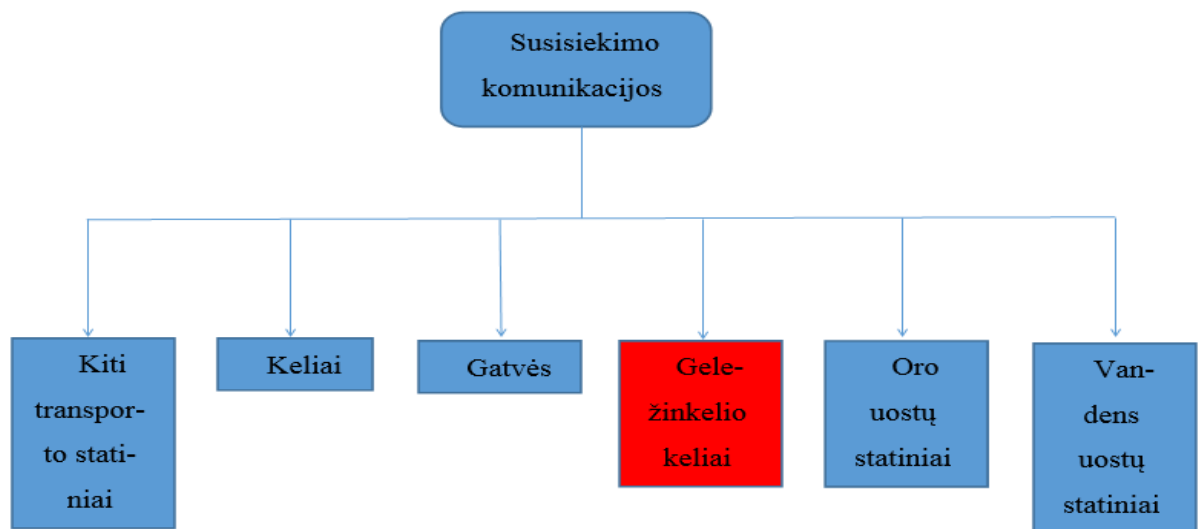
IVADAS

Susisiekimo komunikacijos – objektai, kurie valstybės atžvilgiu yra ekonomiškai svarbūs ir reikalaujantys didžiulių lėšų. Jų plėtra turi įtakos kitoms ūkio šakoms ir veiklos sritims [1], todėl jų plėtojimas yra visapusiškai naudingas kiekvienai šaliai.

Komunikacijų statyba yra taip pat labai imli laikui. Keliams įrenginėti neretai koją pakiša nepalankios klimatinės sąlygos, medžiagų tiekimo trikdžiai, darbuotojų stygius darbų sezono metu. Statant tiltus, susiduriama su tokia pat situacija, tačiau rekonstruojant, atsiranda papildomas trikdys, kuris įrėmina rangovą atlikti darbus per griežtai nustatytą laiko tarpą ir tai yra transporto priemonių eismas.

Lengvųjų bei krovininių automobilių eismas neretai nukreipiamas aplinkiniais keliais, jei tik tam yra galimybė, tačiau dėl šios priežasties patiriama nemažai nuostolių. Traukinių eismą reorganizuoti yra labai sunku, tad tilto rekonstrukcijos darbai dažnai vykdomi per geležinkelius administruojančios įmonės suteiktą traukinių eismo „langą“, kada eismas tiltu nevyksta.

Susisiekimo komunikacijos pagal paskirtį skirstomos į pogrupius [18] (1 pav.):



1 pav. Susisiekimo komunikacijų pogrupiai

Dėl pastaruoju metu Lietuvoje plėtojamų geležinkelių, darbe bus nagrinėjami geležinkelio kelio bene svarbiausieji elementai – tiltai ir viadukai.

Geležinkelio tiltai ir viadukai yra neatsiejamas visos geležinkelio struktūros statinys, be kurių traukinių eismas būtų neįmanomas. Jie statomi per kelius, ežerus, upes bei kitas dirbtinas ir natūralias kliūtis.

Geležinkelio tiltai ir viadukai projektuojami ir statomi eksploatuoti šimtus metų, todėl natūralu, jog laikui bėgant ir keičiantis eismo tendencijoms – juos reikia rekonstruoti. Rekonstrukcijos būdų

yra ne vienas, todėl kaip pasirinkti efektyviausią sprendimą kiekvienu atveju – sunkus ir ilgas procesas, reikalaujantis palyginamųjų skaičiavimų. Šiam tikslui realizuoti pasitelkta literatūros šaltinių mokslinė analizė, publikuotų tyrimų rezultatų apžvalga, bei įgyvendinti Lietuvos ir užsienio projektai. Išsirinkus tinkamiausias rekonstrukcijos technologijas, daugiakriteriniu sprendimų priėmimo metodu, bus nustatytas racionaliausias rekonstrukcijos būdas konkrečiam objektui – geležinkelio tiltui per Minijos upę.

Problema: geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijos metu turi būti pakeistos laikančiosios (plieninės) be atramų. Dėl intensyvaus traukinių eismo – eismas tiltu galėtų būti ribojamas tik tam tikrą laiką.

Darbo tikslas: išanalizuoti susisiektųjų komunikacijų statinių: geležinkelio tiltų, viadukų rekonstrukcijos/ statybos būdus, remiantis moksline literatūra bei rekonstrukcijos/statybos praktika pasaulyje, rasti skirtingas tiltų rekonstrukcijos technologijas, kurios galėtų būti pritaikytos nagrinėjamam objektui. Rekonstrukcijos technologijas palyginti daugiakriteriniu metodu, bei išrinkti racionaliausias.

Uždaviniai:

1. atlikti Lietuvos bei užsienio mokslinės literatūros apžvalgą, išanalizuoti geležinkelio tiltų, viadukų statybos/ rekonstrukcijos metodus. Identifikuoti geležinkelio tiltų, viadukų rekonstrukcijos problemas;

2. išanalizuoti galimus geležinkelio tiltų rekonstrukcijos būdus;

3. išnagrinėti veiksnius, lemiančius geležinkelio tiltų rekonstrukcijos technologijos parinkimą;

4. sukurti geležinkelio tilto rekonstrukcijos schemą;

5. tiriamojoje dalyje pateikti sukurtojo modelio praktinį pritaikymą: pateikti geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijos technologijų analizę, bei pateikti geležinkelio tilto rekonstrukcijos variantus, sudaryti rodiklių sistemą variantų palyginimui, paskaičiuoti variantų techninius – ekonominius bei kokybinius rodiklius. Taikant daugiakriterinio vertinimo metodą (COPRAS) nustatyti racionalų geležinkelio tilto rekonstrukcijos variantą.

Taikomi metodai:

1. mokslinės ir teorinės literatūros šaltinių analizė;

2. geležinkelio tiltų statybos/rekonstrukcijos technologijų analizė;

3. rodiklių, lemiančių geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos parinkimą, analizė;

4. anketinė apklausa, geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos parinkimo rodiklių reikšmingumui nustatyti;

5. geležinkelio tilto racionalios rekonstrukcijos technologijos parinkimas, naudojant daugiakriterinį kompleksinio proporcingumo įvertinimo metodą (COPRAS).

Darbo rezultatu praktinė nauda: technologijų pritaikymas geležinkelio tiltų projektams, siekiant optimizuoti eismo uždarymo laiko bei statybos kaštus.

1. TILTŲ REKONSTRUKCIJOS GALIMYBIŲ TEORINIŲ IR PRAKTINIŲ KLAUSIMŲ ANALIZĖ

1.1. Tiltų statybos istorinė raida

Egipto ir Babilono laikais buvo paskleistos pirmosios rašytinės žinios apie tiltus. Pirmieji griuvėsiai, kurie, pasak archeologų, buvo tilto arkos, rasti Egipte ir jų amžius siekė 3600 m. Romos klestėjimo laikais stipriai suklestėjo kelių, tiltų, viadukų statyba. Pats įžymiausias buvo Klaudijaus akvedukas, kurio ilgis siekė 60 km, o aukštis – 32 m. Iki šių dienų yra išlikę tik 30 romėnų statytų tiltų, iš kurių 6 tebestovi Romoje. Bėgant laikui, jie paseno, dalis jų buvo sugriauti arba sugriuvę patys, tačiau atstatyti kaip architektūriniai paminklai.

Didžioji dalis antikinių tiltų buvo arkiniai. Arkoms mūryti buvo naudojami tašyti akmenys, kurie rėmėsi į masyvius pamatus. Anstatų kraštinės buvo gaminamos iš granito, o tarpams užpildyti naudojami rieduliai bei žvyras. Romos teritorijoje pastatytų arkinių tiltų arkos dažniausiai būdavo pusės apskritimo formos, kurių viršutinė dalis buvo lygi tam, kad ja galima būtų važiuoti arba panaudoti kanalinio vandens tekėjimui.

Viduramžiais tiltų statyba buvo prigesusi, kaip ir meno ir kultūros raida. XI – XII a. vėl juntamas pagyvėjimas šioje srityje ir tai, tikriausiai, lėmė susikūrusios brolių tiltininkų draugijos, kurios veikė tokiose valstybėse kaip Prancūzija, Italija, Vokietija, Danija.

Renesanso laikais vyravęs stilius neaplenkė tiltų statybos. Daugybė įspūdingų tiltų tuo laikotarpiu buvo pastatyti Italijoje. Ant kai kurių iš jų buvo statomi net gyvenamieji ir prekybinės paskirties namai, tai buvo būdinga viduramžių laikams [6].

XIX a. viduryje baigiasi mūrinių arkinių tiltų keleto tūkstantmečių dominavimo era. Lygiagrečiai su mūriniiais arkiniais tiltais dar buvo statomi mediniai tiltai, ypač per mažesnes upes. Tačiau mediniai statiniai nėra ilgaamžiai, jų eksploatavimo laikas retai kada viršydavo pusę amžiaus, be to, jei buvo lengvai pažeidžiami karų metu [9].

Be medinių ir mūrinių tiltų buvo pastatyti ir tiltai iš ketaus. Dėl medžiagos trapumo jie buvo statomi arkiniai. Pirmasis jų buvo (*Coolbrookdale bridge*) pastatytas Anglijoje iš arkinių santvarų per Seevrno upę.

Naujas galimybes 1783 m. atvėrė pagerintų tempimui savybių ketaus sukūrimas – plienas. Pirmieji plieniniai tiltai buvo pastatyti Anglijoje, Prancūzijoje bei Rusijoje XIX a. viduryje. Vienas žymesnių buvo suprojektuotas Eifelio ir pavadintas Gabarito viaduku (2 pav.), kuris buvo aukštesnis nei Paryžiuje esantis Eifelio bokštas. Anot Algirdo Juozapaičio [8], plienas – ne tik kaip vienas iš seniausių, bet ir tvirčiausių bei santykinai lengviausių konstrukcinių medžiagų, suteikė didesnių galimybių. Dėl

plieno plastiškumo savybių, atsparumo nuovargiui ir tempimui, atsirado galimybė gaminti didesnio tarpatramio tiltus bei pritaikyti neįprastas tuometiniams tiltams konstrukcines schemas. XIX a. pab. didžioji dalis plieninių tiltų buvo sijinės gembinės santvarų schemos tiltai. Vienas jų – „Firt of Forto“ Škotijoje (1890 m.) su dviem centriniais tarpatramiais po 521 m. Taip pat ir rekordininkas pasaulyje – Kvebeko tiltas JAV (1917 m.), su centriniu 549 m tarpatramiu (3 pav.).

Žvelgiant į Tolimųjų Rytų pusę, plienas taip pat atvėrė dideles galimybes susisiekimų komunikacijos raidai. Kinijoje 1984 – 2014 m. laikotarpiu buvo pastatyti per 18 tūkstančių tiltų. Dalis jų – ilgesni kaip 1 kilometras tarpatramio (4 pav.). Tokie tiltai buvo statomi per didžiąsias upes bei jūras.



2 pav. Gabarito viadukas [20]



3 pav. Kvebeko tiltas [21]



4 pav. Runyang Jangdzès upės tiltas su 1385 m. centriniu tarpatramiu [29]

Pirmieji Lietuvos geležinkelio tiltai yra tokio pat amžiaus kaip ir pirmasis 1859 metais Rusijoje pradėtas tiesti geležinkelis. Dėl Lietuvoje vykdomo „Rail Baltica“ projekto, tiltai yra statomi iki šių dienų. Šiuo metu Lietuvoje yra pastatytų apie 500 geležinkelio tiltų. Šiame skaičiujame yra 140 tiltų, kurie priskiriami dideliems ir vidutiniams tiltams. Prieš 20 metų bendras tiltų skaičius buvo visu 100 didesnis. Toks žymus pokytis įvyko dėl nedidelių tiltų rekonstrukcijų, po kurių jis tapdavo nebe tiltu, o pralaida (5 pav.).



5 pav. Pralaidos panaudojimas rekonstruojant nedidelius tiltus [22]

1.2. Tiltų rekonstrukcijos teoriniai klausimai ir teisinis reglamentavimas

Lietuvoje tiltų projektavimą, statybą, rekonstrukciją bei eksploatavimą, reglamentuoja šie pagrindiniai norminiai dokumentai:

1. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas.
2. STR 2.06.02.2001 „TILTAI IR TUNELIAI. BENDRIEJI REIKALAVIMAI“.
3. STR 2.05.04.2003 „POVEIKIAI IR APKROVOS“.

4. LST EN 1991-2:2005 lt. Lietuvos standartas. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 2 dalis. Tiltų eismo apkrovos. 2005.

5. EN 1990:2002/A1:2005. Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai. A1 priedas. Taikomas tiltams. 2006.

6. STR 2.05.08:2005. „PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMAS“.

7. STR 2.05.05:2005. „BETONINIŲ IR GELŽBETONINIŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMAS“.

8. LST EN 1992-1-1:2006 lt. Lietuvos standartas. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.

9. LST EN 1992-2:2006 lt. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas 2 dalis, Gelžbetoniniai tiltai. Projektavimo ir konstravimo taisyklės.

10. LST EN 1993-1-1:2006 lt. Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas, 1-1 dalis. Bendrosios pastatų taisyklės. Priedas tiltams.

Toliau pateikiami 2 pagrindiniai dokumentai, kuriais remiantis vykdomas tiltų projektavimas, statyba bei priežiūra:

STR 2.06.02:2001 „TILTAI IR TUNELIAI. BENDRIEJI REIKALAVIMAI“ nustato susisiekimo statinių (tarp jų ir geležinkelio tiltų) projektavimo bendruosius reikalavimus. Reglamentas privalomas visiems tiltų savininkams bei įmonėms, organizacijoms ir asmenims, projektuojantiems naujus ar rekonstruojantiems esamus statinius 1 520 mm vėžės pločio geležinkelyje, visų kategorijų keliuose bei gatvėse [19].

Šiame reglamente yra pateikti bendrieji techniniai reikalavimai, į kuriuos turi būti atsižvelgta projektuojant ar rekonstruojant geležinkelio ir automobilių kelius, gatvių bei pėsčiųjų tiltus, viadukus ir tiltus, pėsčiųjų bei transporto tunelius, pralaidas.

1 lentelė. Reikalavimai projektuojant tiltus.

Reikalavimų tipas	Reikalavimų apibūdinimas
Planas ir profiliai	Aprašoma, į ką atsižvelgti projektuojant statinio plano, skersinio ir išilginio profilio elementus, išilginio profilio geometrija, nurodyti kelių bei gatvių atitinkamos kategorijos pagrindiniai parametrai, prie kurių turi būti priderinti tiltų ir tunelių profiliai, pavaizduoti artumo gabaritų reikalavimai (4, 5 pav.), kurių būtina laikytis projektuojant statyti ar rekonstruoti tiltą, nurodyti grunto storiai (2 lent.), kurie turi būti supilti virš pralaidos esant

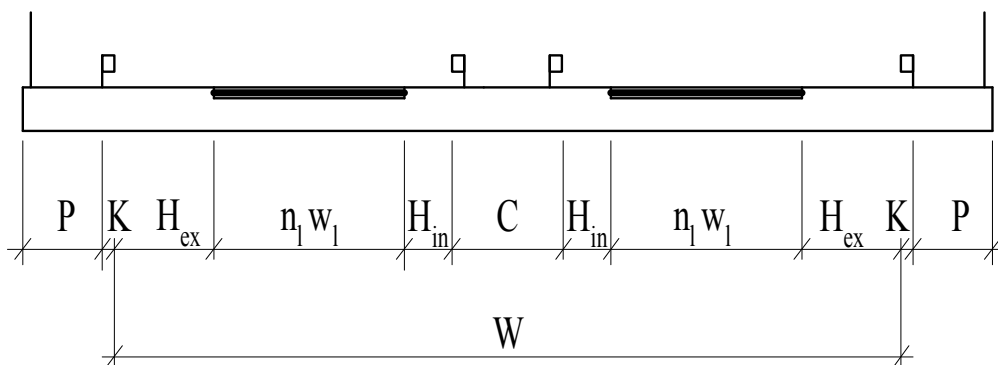
Reikalavimų tipas	Reikalavimų apibūdinimas
	tam tikram eismui viršuje. Taip pat nurodyta, jog projektuojant naują statinį reikia atsižvelgti į žmonių su negalia eisimą (STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“.
Konstruktiniai sprendimai	Aprašomi konstrukciniai sprendimai, kurie turi tenkinti STR bei kitų standartų reikalavimus, o konstrukcinės sistemos - tenkinti gamybos, statybos, montavimo ir priežiūros reikalavimus. Taip pat reikalavimai (stiprumo, stabilumo, patvarumo, tinkamumo eksploatuoti bei ilgaamžiškumo), kuriuos turi atitikti projektuojama konstrukcija. Išvardinti elementai, kurie turi būti numatyti dėl aplinkos veiksnių deformacijos atvejais, deformacinių pjūvių vietas.
Inžinerinės sistemos	Nurodytos sistemos, kurios privalo būti įrengtos bendruoju atveju. Taip pat nurodyti inžineriniai tinklai, kuriuos tiesti per tiltą ar tunelį draudžiama.
Priežiūros įrenginiai	Nurodomos papildomos konstrukcijos, kurių pagalba būtų vykdomas statinio būklės vertinimas ir remontas

2 lentelė. Grunto sluoksnio storis pagal pralaidos ir kelio tipą.

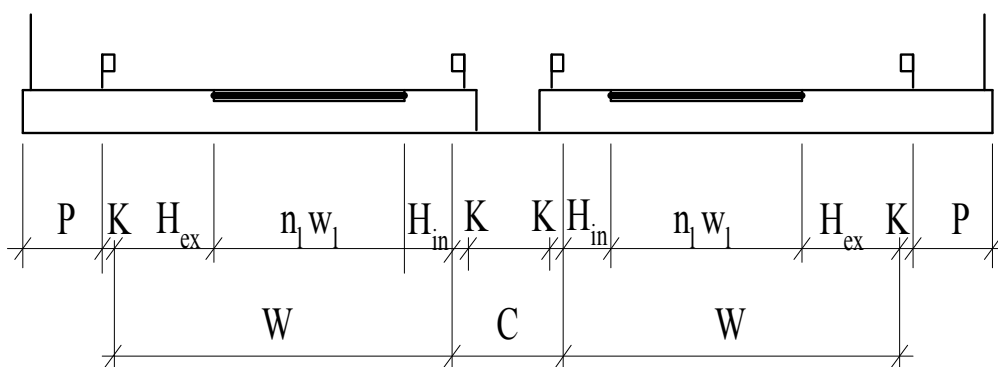
Kelio tipas	Sluoksnio storis, m virš:		
	Gelžbetoninių pralaidų ir tunelių	Gofruoto metalo pralaidų	Tiltų skliautų
Geležinkelio: - bendrojo tinklo ir privažiavimo prie įmonių keliai - vidaus įmonių keliai	1,0	1,2	0,7
	0,4	1,0	0,7
Automobilių keliai ir gatvės, pramonės įmonių automobilių keliai	0,5	0,5 ¹⁾	0,2
Ūkininkų ir žemės ūkio įmonių vidaus keliai	0,2 ²⁾		
Šaligatviai ir želdiniai	0,3		

Pastabos: 1) Ne mažiau kaip 0,8 m iki kelio dangos viršaus.

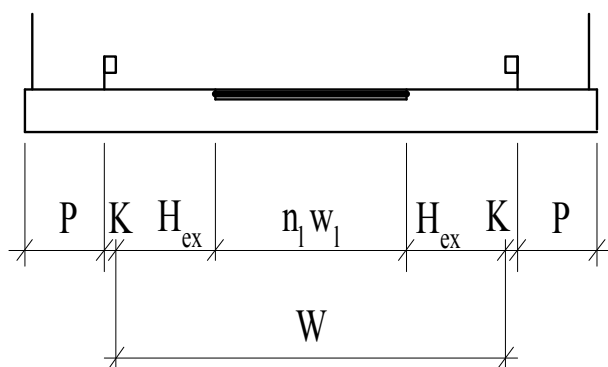
2) Ne mažiau kaip 0,5 m iki žemės sankasos viršaus.



1 schema



2 schema



3 schema

6 pav. Automobilių kelių, gatvių ir geležinkelio tiltų konstrukcijų artumo gabaritai (1, 2, 3 schemas). Naudoti kartu su 3 lent. Automobilių kelių tiltų konstrukcijų artumo gabaritų parametrai [19]

3 lentelė. Automobilių kelių tiltų konstrukcijų artumo gabaritų parametrai

Kelio kategorija	Gabarito plotis, m w	Eismo juostų skaičius n _l	Pločiai, m				
			Eismo juostos, w _l	Važiuojamosios dalies, n _l w _l	Mažiausias skiriamosios juostos, c	Kraštinės juostos	
						išorinės, H _{ex}	vidinės, H _{in}
AM	35,50	2x3	3,75	2x11,25	4,00	3,50	1,00
AM	2x15,75	2x3	3,75	2x11,252x7,50	4,00	3,50	1,00
AM	28,00	2x2	3,75	2x7,50	4,00	3,50	1,00
AM	2x12	2x2	3,75		4,00	3,50	1,00
AI	27,0	2x2	3,75	2x7,50	3,50	3,50	0,75
AI	2x11,75	2x2	3,75	2x7,50	3,50	3,50	0,75
BI	17,00	4	3,75	15,00	-	1,00	-
AII BII CII	10,00	2	3,75	7,50	-	1,25	-
AIII BIII CIII	9,00	2	3,50	7,00	-	1,0	-
AIV BIV CIV	8,00	2	3,25	6,50	-	0,75	-
AV	7,00	2	3,00	6,00	-	0,5	-

Tiltų projektavimui ir statybai neatsiejamas ir eksploatavimą aprašantis dokumentas – tiltų techninės priežiūros (toliau – TP) taisyklės. Šis dokumentas išdėsto valstybinės reikšmės keliuose esančių kelio statinių: tiltų, viadukų, estakadų; pėsčiųjų takuose esančių tiltų, viadukų; tunelių ir tunelinių viadukų techninės priežiūros reikalavimus. Taip pat, vadovaujantis Kelių įstatymu ir kitais teisės ak-

tais ir normatyviniais statybos techniniais dokumentais, išdėsto tik tiltų konstrukcijoms būdingus techninės priežiūros nurodymus, kuriuos turi vykdyti TP [17].

Žemiau pateikiami tilto konstrukcijų atskirų elementų techninės priežiūros darbai, kurie turi būti atlikti.

4 lentelė. Tiltų techninės priežiūros (TP) privalomi ir paprastojo remonto darbai

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
PAKLOTAS	Važiuojamoji dalis	–dangos valymas: <ul style="list-style-type: none"> • vasarą: šlavimas, atsitiktinių daiktų, šiukšlių surinkimas ir išvežimas, purvo, susikaupusio prie atitvarų, nugrandymas, žolės, samanų pašalinimas, • žiemą: sniego valymas, barstymas frikcinėmis medžiagomis, sniego volų pašalinimas, apledėjusios dangos šiurkštinimas; 	1
		–išdaužų užtaisymas, plyšių, provėžų, bangų ištaisymas;	2
		–skersinių ir išilginių dangos profilių nuolydžių ištaisymas;	2
		–paviršiaus apdorojimas;	2
		–plyšių, kurie virš atramų atsiranda dėl nusidėvėjusių, netobulos konstrukcijos deformacinių pjūvių, užtaisymas;	2
		–ruožų prie atitvarų užtaisymas, kai viršutinis dangos sluoksnis paklotas ne per visą važiuojamosios dalies plotį;	2
		–dangos ženklinimo atnaujinimas;	2
	Atitvarai	–valymas: <ul style="list-style-type: none"> • vasarą: dulkių, purvo, naftos produktų dėmių nuplovimas, • žiemą: sniego, ledo nuvalymas nuo atšvaitų; 	1

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
		–mechaninių pažeidimų, atsiradusių gelžbetoninėse ir metalinėse sudėtinėse dalyse, pašalinimas;	2
		–metalinių dalių korozijos židinių pašalinimas, profilaktika;	2
		–pairusio, ištrupėjusio betoninio paviršiaus užtaisymas;	2
		–ženklinimo atnaujinimas;	2
	Šaltilčiai	–valymas: <ul style="list-style-type: none"> • vasarą: šlavimas, atsitiktinių daiktų, šiukšlių surinkimas, purvo, žolės, samanų pašalinimas, • žiemą: sniego valymas, barstymas frikcinėmis medžiagomis, ledo pašalinimas; 	1
PAKLOTAS		–pairusios, ištrupėjusios, nelygios dangos ištaisymas, asfalto arba betono dangos plyšių užtaisymas;	2
		–atsiradusių tarpų (kiaurymių) tarp šaltilčio blokų užsandarinimas;	2
		–nutrupėjusių išorinių kraštų užbetonavimas;	2
		–medinės dangos puvinio židinių iš nedidelių paviršiaus dalių pašalinimas, profilaktika;	2
		–klijuotų medinių elementų defektų pašalinimas;	2
		–metalinių elementų korozijos židinių pašalinimas, profilaktika;	2
	Turėklai	–valymas, plovimas;	1
		–mechaninių pažeidimų pašalinimas;	2
		–klibančių metalinių statramsčių sustiprinimas;	2
		–suirusių gelžbetoninių turėklų elementų pakeitimas;	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
		–nestabilių medinių turėklų statramsčių sutvirtinimas;	2
		–antikorozinės dangos atnaujinimas;	2
		–sulaužytų arba nepataisomai deformuotų metalinių, gelžbetoninių, medinių turėklų pakeitimas;	2
		–turėklų užpildo elementų papildymas, jeigu tarpas tarp elementų didesnis kaip 150 mm;	2
	Hydroizoliacija	<i>PASTABA. Vietinis hidroizoliacijos taisymas neefektyvus, nes sudėtinga užtikrinti naujo hidroizoliacijos sluoksnio (lopo) ir esančio hidroizoliacinio sluoksnio gerą sukibimą bei hermetiškumą. Jeigu pažeistas trečdalis hidroizoliacijos ploto, hidroizoliacijos taisyti nerekomenduojama. Ją reikia pakeisti. Rekomenduojama pakeisti hidroizoliaciją ir tuo atveju, jeigu ji yra įrengta iki 1990 metų. Hidroizoliacijos pakeitimo darbai nepriskiriami paprastajam remontui;</i>	
	Vandens nuleidimo sistema	–vandens surinkimo šulinėlių, grotelių, vamzdžių valymas, sąnašų, šiukšlių pašalinimas ;	1
		–sulaužytų grotelių ir korodavusių vandens nuleidimo vamzdžių pakeitimas, per trumpų vamzdžių pailginimas.	2
PAKLOTAS	Deformaciniai pjūviai	–valymas;	1
		–defektų, nereikalaujančių pjūvio pakeitimo, pašalinimas;	2
	Apšvietimas (įrengtas Kelių direkcijos nurodymu)	–atramų valymas vasarą (dulkių, purvo, naftos produktų dėmių pašalinimas);	1
		–metalinių paviršių korozijos židinių pašalinimas, profilaktika;	2
		–mechaninių pažaidų pašalinimas;	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
		–perdegusių arba sudaužytų lempų, sugadintų šviestuvų pakeitimas;	2
PERDANGA	Pagrindinės konstrukcijos	<p>–<u>gelžbetoninių</u> surenkamų ir monolitinių elementų paviršiai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • betono plyšių užtaisymas, • numuštų arba atplyšusių kampų, briaunų atkūrimas, • defektuoto apsauginio betono sluoksnio (nedidelių paviršiaus dalių) atnaujinimas, apnuogintos armatūros padengimas antikorozinėmis medžiagomis, surūdijusios armatūros pakeitimas nauja, elemento paviršiaus padengimas apsaugine danga, • tuštumų, kavernų užtaisymas, • betono korozijos pažeistų vietų ištaisymas, • elementų (pvz., kraštinių sijų) padengimas apsauginėmis dangomis; 	2
		<p>–<u>metalinių</u> elementų paviršiai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • korozijos defektų (nedidelių paviršiaus dalių) pašalinimas, padengimas antikorozine danga, profilaktika; 	2
		<p>–<u>medinių</u> elementų paviršiai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • medienos puvinų ir (arba) grybelinių pažeidimų (nedidelių paviršiaus dalių) pašalinimas, • medienos plyšių pašalinimas, • atsipalaidavusių jungčių sandūrose priveržimas arba metalinių jungimo priemonių pakeitimas naujomis, • suglemžtos medienos mazguose, kitų paviršiaus pažeidimų pašalinimas, mazgų ir pažeistų plotų stiprinimas; 	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
		<i>PASTABA. Darbus pagal atitinkamų paviršių rūšis ir defektų šalinimą žr. dalyje „Pagrindinės konstrukcijos“.</i>	
	Sujungimo mazgai	–kniedžių defektų pašalinimas: galvučių paviršiaus korozijos židinių panaikinimas, klibančių ar defektuotų kniedžių pakeitimas stipriaisiais varžtais, paviršių perdažymas;	2
		–varžtų defektų pašalinimas: korozijos židinių panaikinimas ir paviršių padengimas antikorozinėmis medžiagomis, atspalaidavusių varžtų priveržimas, patepimas, defektuotų varžtų pakeitimas stipriaisiais varžtais;	2
	Lankstai	–suvirinimo defektų pašalinimas: defektuotų virintinių siūlių pašalinimas ir naujų įrengimas arba jungčių pakeitimas kito tipo jungtimis.	2
		–paviršių valymas, korozijos židinių pašalinimas, patepimas, dažymas;	2
		–lankstų varžtų defektų pašalinimas.	2
ATRAMOS	At-raminiai guoliai	–paviršių valymas, patepimas, korozijos židinių pašalinimas, betoninių balansyrų paviršių defektų ištaisymas;	2
	Atraminės aikštelės, atkaltės, atraminės sienutės, rygeliai, atramų liemenys ir kt. atramų elementai	–purvo, samanų nuvalymas nuo rygelių, galvenų, atraminių aikštelių;	2
		–gelžbetoninių paviršių defektų ištaisymas (t. y. pažeisto apsauginio betono sluoksnio (nedidelių paviršiaus dalių) atkūrimas, armatūros korozijos pašalinimas, paviršių padengimas apsauginėmis dangomis, plyšių injektavimas ir kt.). Darbus pagal atitinkamų defektų šalinimą žr. dalyje „Pagrindinės konstrukcijos“;	2
		–akmenų mūro defektų ištaisymas: ištrupėjusios rišamosios medžiagos tarp akmenų atnaujinimas, vietų, kuriose iškritę akmenys, užpildymas;	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
		–apdailos blokų sujungimo siūlių defektų pašalinimas;	2
		–irstančios apdailos paviršių atnaujinimas, siūlių užtaisymas, apdailos blokų papildymas, pakeitimas;	2
PRIETILČIAI	Sandūra su keliu	<p>–defektų pašalinimas važiuojamosios dalies sandūroje su keliu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jeigu tiltas yra žvyrkelyje, asfalto dangos sluoksnių pabaigų atkūrimas, • įdubos, susidariusios dėl dangos defektų, pašalinimas: esamos dangos nufrezavimas, naujos, storesnio sluoksnio(-ių) įrengimas vietoj jos, • įdubos, susidariusios dėl sankasos nusėdimo arba paplauto grunto po danga, pašalinimas: esamos dangos virš pereinamųjų plokščių išardymas (jei reikia – pasislinkusių pataisymas, suirusių plokščių pakeitimas), dre-nažo įrengimas, sankasos ir asfalto dangos atkūrimas; 	2
		<p>–šaliteljio su kelkraščiu sandūros defektų pašalinimas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • purvo sancaupų, žolės pašalinimas nuo šaliteljio ir kelkraščio sandūros, • šaliteljio ir kelkraščio sandūros užsandarinimas (kad vanduo netekėtų į patiltę) ir nuolaidos, kad pėstieji patogiai patektų į kelkraštį, padarymas, • vandens, kuris dėl jungties defektų patenka ant ramto elementų, nuolaidos įrengimas, jo nukreipimas į kūgio šlaituose esančius latakus; 	2
		<p>–kelio ženklų defektų pašalinimas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sulaužytų atramų atstatymas, • deformuotų, blogai matomų ženklų skydų pakeitimas; 	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
		–atitvarų defektų pašalinimas (darbus žr. dalyje „Transporto priemonių apsauginių atitvarų sistemos elementai“);	2
	Kūgiai, šlaitai	–šiukšlių, atsitiktinių daiktų surinkimas, žolės pjovimas, krūmų, medžių iškirtimas kūgių šlaituose, purvo, žolės, samanų pašalinimas nuo šlaitų sutvirtinimo elementų;	1
PRIETILČIAI		<p>–sankasos briaunos ir šlaitų paviršiaus defektų ištaisymas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • išplovų užtaisymas, briaunos sustiprinimas, • vejos dangos atkūrimas išplovų, nuošliaužų vietose, • tuštumų po gelžbetoninėmis plytelėmis užpildymas, susiklaipusių plytelių ištaisymas (suirusių, dingusių plytelių vietose naujų plytelių paklojimas arba tuščių tarpų užbetonavimas), • atraminių blokų defektų ištaisymas, • plytelėmis arba lauko akmenimis sutvirtintų defektuotų šlaitų siūlių užpildymas, • sutrūkusių ištrupėjusių monolitiniu betonu sutvirtintų vietų atkūrimas, • suirusių lauko akmenimis sutvirtintų vietų atkūrimas; 	2
	Vandens nuleidimo įrenginiai	–sąnašų, atsitiktinių daiktų, purvo, žolių pašalinimas iš vandens surinkimo šulinėlių, nuleidimo latakų, nuo slopintuvų;	1
		–sulūžusių, suirusių elementų pakeitimas, paplautų, išsiklaipusių latakų elementų atkūrimas ir kitų vandens nuleidimo sistemos defektų pašalinimas;	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
	Šlaitiniai laiptai	–valymas: <ul style="list-style-type: none"> • vasarą: atsitiktinių daiktų, šiukšlių surinkimas, purvo pašalinimas, • žiemą: sniego, ledo pašalinimas, barstymas frikciniemis medžiagoms; 	1
	Šlaitiniai laiptai	–laiptų turėklų defektų ištaisymas: <ul style="list-style-type: none"> • trūkstamų porankių, statramsčių, užpildo elementų atkūrimas, • deformuotų, sulaužytų, nusidėvėjusių turėklų atkūrimas, • ?turėklų perdažymas, pašalinus korozijos (mediniuose – puvinio) židinius; 	2
		–laiptų pakopų defektų pašalinimas: <ul style="list-style-type: none"> • pairusio, ištrupėjusio paviršiaus užbetonavimas, • trūkstamų pakopų padarymas, • suirusių, paplautų laiptų atkūrimas, • trūkstamų laiptų įrengimas; 	2
PRIETILČIAI	Upės vaga	–upės vagos valymas, kliūčių vandeniui tekėti pašalinimas;	1
		–stebėseną ledonešio ir potvynio metu, organizaciniai darbai susidariusioms ledų sangrūdoms šalinti.	1
	Tėkmės reguliavimo įrenginiai	–upės vagos, salpų prie atramų, dambų ir traversų išplavimų pašalinimas, akmenų, betono luitų sanpilos įrengimas;	2
		–papildomų vandens tėkmės reguliavimo priemonių įrengimas, jeigu plaunami tilto kūgiai, išplautų vietų atkūrimas, papildomas sutvirtinimas.	2

Konstrukcija	Elementai	Tiltų techninės priežiūros darbai	Sutartinis darbų rūšies žymėjimas
<p>1 – privalomi nuolatiniai techninės priežiūros darbai;</p> <p>2 – paprastojo remonto darbai.</p>			

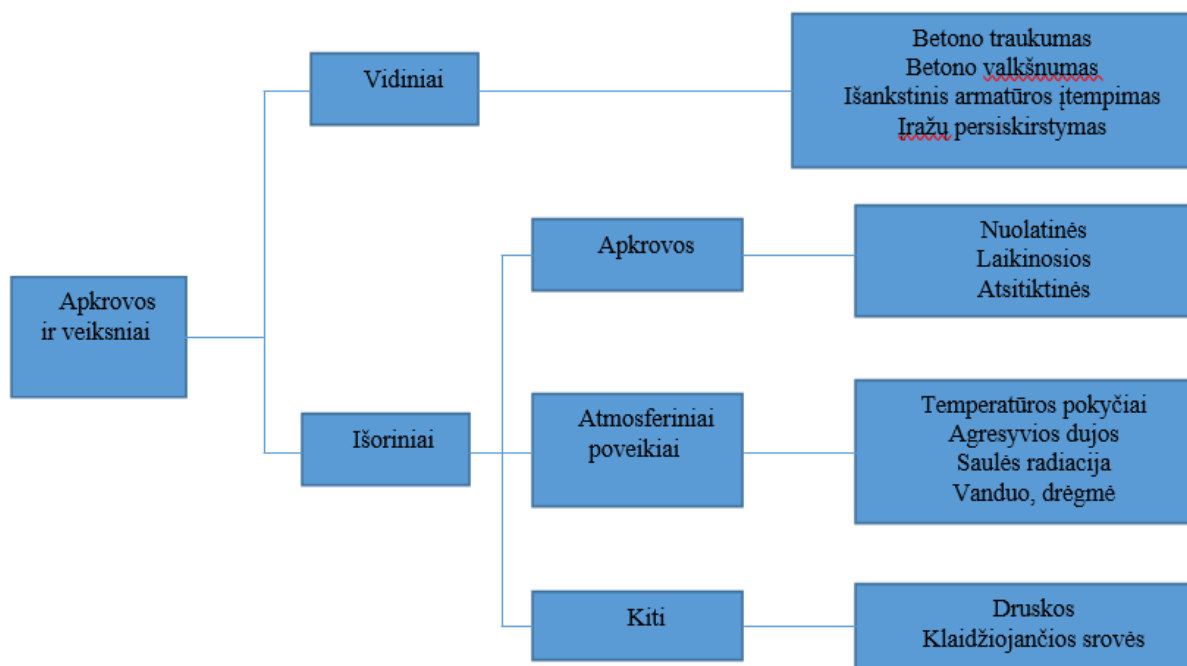
1.3 Tiltų rekonstrukcijos problemos ir sprendimo būdai

Transporto srauto augimas daro įtaką visai kelių transporto infrastruktūrai – keliams, transporto priemonėms, technologiniams įrenginiams, stotims ir kitiems inžineriniams statiniams, iš kurių vieni svarbiausių yra tiltai [15].

Projektuojant ir statant tiltus reikia gerai žinoti statinių eksploatacijos sąlygas, nes tik tada galima parinkti tinkamas statybos medžiagas, konstrukcinius sprendimus, apsaugos priemones, laiku organizuoti tiltų priežiūrą ir remontą. Tačiau tai nėra lengva. Visos apkrovos ir poveikiai yra atsitiktiniai dydžiai, kuriems būdinga statistinė sklaida. Be to, statinius vienu metu gali veikti keletas apkrovų ir veiksnių. Aplinka nėra vienoda net ir vienatipiuose tiltuose. Ji kinta paros ir metų laikotarpiu ir priklauso nuo statybos rajono, tilto paskirties, eismo intensyvumo, orientacijos pasaulio ašių atžvilgiu, gretimųjų apstatymo rūšies arba gatvių ir kelių tinklo bei kitokių sąlygų.

Ypač didelę įtaką aplinkai daro žmogaus veikla. Plėtojant pramonę ir transportą, į aplinką išmetama daug agresyviųjų medžiagų, kurios keičia natūralios aplinkos sudėtį. Tyrimai rodo, kad klimatinės ir agresyvios aplinkos kartais yra pavojingesnės, nei nurodyta projektavimo normose.

Susisiekimo statinius veikiantieji veiksniai parodyti 7 paveikslėlyje.



7 pav. Tiltą veikiantys vidiniai ir išoriniai veiksniai

Ekspluatuojamuose tiltuose laikui bėgant atsiranda pokyčių, dėl kurių blogėja eksploatacinės savybės. Dėl vienų pakitimų gali nukentėti transporto ar pėsčiųjų eismas, dėl kitų, atsiradusių dėl konstrukcijų irimo, gali ištikti tilto avarija; vieni atsiranda ilgainiui, eksploatuojant tiltą, kiti – tik po daugelio metų; vieni yra nesunkiai ir greitai pašalinami, kiti – nepašalinamieji, dėl kurių reikia gaminti/statyti naujas konstrukcijas. Visi minėti pokyčiai daugiau ar mažiau blogina statinių naudojimo rodiklius, todėl sakoma, jog statinys nusidėvi. Tiltu nusidėvėjimas gali būti moralinis ir fizinis.

Moralinis nusidėvėjimas, kada tilto konstrukciniai sprendimai pasensta, nebetenkina vartotojų poreikių, kenkia bendram vietovės vaizdui, tačiau gali būti saugiai eksploatuojamas.

Fizinis nusidėvėjimas, kada tilto eksploatacinės savybės dalinai arba visiškai netenka pradinių, dėl ko statinys visiškai ar dalinai negali funkcionuoti, pavyzdžiui sumažėja laikančiųjų konstrukcijų laikomoji galia, standumas ar pleišėjimo atsparumas, susidėvi izoliacinės medžiagos bei tilto išvaizda.

Defektas – tai tam tikras konstrukcijos (elementų) ir projekto ar normatyvinių dokumentų reikalavimų neatitikimas. Defektai atsiranda statybos (gamybos) metu (8 pav.), nors gali išryškėti tik eksploatuojant. Eksploatuojamos konstrukcijos yra pažeidžiamos. Kai defektai ar pažeidimai staigiai ar pamažu plinta ir tampa neleistini, sakoma, kad elementas yra ribinio būvio arba sugedo ir toliau jo eksploatuoti negalima (9 pav.). Sugedęs elementas gali turėti vieną ar kelis skirtingus neleistino

dydžio defektus. Pirmosios grupės ribiniai būviai – tai konstrukcijos suirimas arba formos ir stabilumo netekimas. Antrosios grupės tinkamumo eksploatuoti (panaudumo) ribiniai būviai – neleistino dydžio deformacijos ir plyšiai (10 pav.). Kartais sunku nustatyti skirtumą tarp defekto ir gedimo. Skirtingai nuo mechaninių ar elektroninių sistemų, kurių elementai genda dažniausiai staigiai, statybinės konstrukcijos ir elementai, plečiantis ir kaupiantis defektams ar pažaidoms, dažniausiai pamažu netenka savo funkcinių savybių. Ką laikyti gedimu, pavyzdžiui, kai yra tiltų dangos, atitvariniai ar apsauginiai elementai? Eksploatacijos metu paviršiaus dangos šiurkštėja, trūkinėja, kaikuriose vietose atsisluoksniuoja ar net atsiskiria nuo padengto paviršiaus. Ant plieninių detalių/konstrukcijų gali atsirasti rūdžių pėdsakų. Šie defektai dažniausiai laikui bėgant plinta ir tampa vis didesniais. Jei nuo plieninio paviršiaus atsoka nuo 5 iki 50% apsauginės dangos, tai laikoma, kad danga nebeveikia ir tokios konstrukcijos nebegalima eksploatuoti. Pastarasis atvejis gali būti vertinamas kaip dalinis gedimas. Dėl gedimų, objektas gali būti toliau eksploatuojamas, tačiau mažėja jo efektyvumas, jį reikia remontuoti. Pavyzdys 11 pav.



8 pav. Virintinių siūlių brokas.



9 pav. Ryšio, tarp pagrindinių laikančiųjų sijų įtrūkimas. Delavero upės tiltas, JAV [23]



10 pav. Sugriuvęs plieninis geležinkelio tiltas Naujajame Džersyje, JAV [24]



11 pav. Dažų, saugančių tilto konstrukcijas nuo korozijos, atsiskyrimas nuo plieno [25]

Atsiradus gedimui, reikia skirti kada tai yra objekto gedimas, o kada – elemento. Tiltai yra kaip ir visi kiti statybos objektai – sudėtingos sistemos, kurių visuma sudaro objektą. Sugedus bent vienam iš sistemos elementų – sugenda ir sekantys nuo jo priklausantys elementai, kad galiausiai reiškia objekto gedimą. Kaip pavyzdį galima paimti tilto perdangą. Kadangi ji yra kaip sistema, susidedanti iš daugelio sluoksnių, tokių kaip hidroizoliacija, kelio dangą ir t.t, tad pavyzdžiui pažeidus hidroizoliaciją tektų keisti kelio dangą ir remontuoti gelžbetoninę perdangą. Taigi, betkoks toks panašus gedimas, kuris atrodo iš pirmo požiūro nerimas, gali galiausiai kainuoti labai daug laiko bei kitų kaštų.

Statinys gali susidėvėti ir pamažu. Pavyzdžiui, pradedant rūdyti atvirai armatūrai, dėl betono valkšnumo didėjant įlinkiams, poslinkiams ir pan. Objekto staigus gedimas gali nutikti dėl stipresnio nei įprastai aplinkos poveikio ar fizinio transporto kontakto su konstrukcijomis. Taigi, tiltų ar jų sudarančių elementų nuovargiai gali būti įvairiai rūšiuojami atsižvelgiant į juos sudarančius veiksnius. Statybinių konstrukcijų gedimų ar defektų klasifikacija pateikta 5 lentelėje.

5 lentelė. Tiltų defektai

Konstrukcijos požymiai	Gedimų rūšis
Atsiradimo ir didėjimo sparta	staigus (nelauktas) lėtinis
Elemento naudojimas po gedimo	visiškas

Konstrukcijos požymiai	Gedimų rūšis
	dalinis
Suradimo požymiai	aiškus paslėptas
Pavojingumo laipsnis	nereikšmingas (nepavojingas) reikšmingas (pavojingas) kritinis (labai pavojingas)
Atsiradimo laikas	statant (montuojant) bandant prisiderinimo laikotarpiu normalaus naudojimo laikotarpiu intensyvaus nusidėvėjimo laikotarpiu
Galimybė pašalinti	pašalinamas nepašalinamas
Konstrukcijos svarbos laipsnis	ekonominės svarbos ne ekonominės svarbos
Galimybė prognozuoti	prognozuojamas neprognozuojamas

Objektą išanalizavus remiantis 5 lentele, galima nustatyti, ar statinys vis dar tinkamas eksploatuoti. Esant kritinei jo būklei – tiltas rekonstruojamas. Rekonstrukcija priklauso nuo konstrukcijos gedimo. Jei rekonstruoti reikia viską nuo pagrindų – vadinasi reikalingos visos naujos sudedamosios statinio dalys, bei prieš tai parengtas pilnas projektas.

Geležinkelio tiltams dažnai užtenka pakeisti fiziškai bei morališkai pasenusias laikančiąsias sijas. Šis procesas nėra ilgas bei sudėtingas. Komplikuočiausia yra perorganizuoti traukinių eismą. Dėl jo specifikos, traukinių eismas yra nenutrūkstamas procesas, todėl visi traukiniai, kurie judėjo tiltu iki jo rekonstrukcijos pradžios, turi būti nukreipti tikslą pasiekti kitais keliais. Dėl pastarosios priežas-

ties prarandama daug laiko bei piniginių kaštų, todėl labai svarbu rekonstrukcijos darbus atlikti greitai bei kokybiškai. Tam rangovinės organizacijos, kurios tuo užsiima, pradeda ieškoti naujų organizacinių būdų užsienio praktikoje, parodose bei kursuose apie naujas medžiagas, konstrukcijas, statybos profilio programines įrangas [2] ir t.t.

Didžiosios Britanijos, Šveicarijos ir kitų šalių mokslininkų tyrimai rodo, kad, įgyvendinus racionalius statybos procesų projektinius sprendimus, statybos išlaidos sumažėja apie 30 procentų, o statybos trukmė sutrumpėja 50 procentų [16]. Lietuvoje taip pat atlikti šie tyrimai, ir anot rezultatų, jie rodo potencines galimybes mažinti statybos aikštelės resursus.

1.3.1 Problemos sprendimai pasaulyje

Situacija su geležinkelio bei automobilių ir pėsčiųjų eismo tiltais bei viadukais pasaulyje niekuo nesiskiria nuo Lietuvos. Eismas kasmet intensyvėja, tiltai dėvisi, o naujų statyba yra labai brangi. Norint apžvelgti rekonstruojamų tiltų sprendimo būdus buvo analizuojami 4-ių tiltų rekonstrukcijų projektai.

Nagrinėjant tiltų statybos technologijas reikia atsižvelgti, kad tai sudėtingas kompleksinis procesas, o kiekviena tiltų statybos kompleksinio proceso sudedamoji dalis gali turėti begales alternatyvų, o šių alternatyvų kombinacijos sudaro dar daugiau kompleksinių procesų, taip kuriamos naujos darbų atlikimo technologijos [12].

Žemiau pateikiamas nagrinėjamų projektų sąrašas bei kiekvienos taikomos technologijos aprašas.

1. Geležinkelio tiltas per Semselvos upę. Norvegija.

2. Geležinkelio tiltas per Arstavikeno upę. Švedija.

3. Geležinkelio viadukas Zelenecas-Kiekras, 8,656 km, Poznanė, Lenkija.

4. Rotebro viadukas. Švedija.

Pirmasis projektas - tiltas per Semselvo upę (12 pav.). Jis rekonstruotas per 48 valandas. Greitą statinio rekonstrukciją lėmė tilto laikančiųjų konstrukcijų skerspjuvis, kuris buvo parinktas lovio formos. Tiltu konstrukcijos (šaliteljiai, komunikacijos, hidroizoliacija) buvo surinktos šalia esamo tilto bei pasiruošus kėlimo techniką sukeistos vietomis su senąja.

Sujungus komunikacijas, supylus balastą bei nutiesus bėgius, buvo paleistas traukinių eismas.



12 pav. Tilto per Semselvo upę rekonstrukcija

Antrasis projektas buvo įgyvendinamas Švedijoje. Tilto per Arstavikeno upę rekonstravimo metu uždaryti nebuvo galima dėl itin intensyvaus eismo. Kadangi reikėjo keisti jo atramines sijas, todėl reikėjo išspręsti eismo problemą. Įrengus krantines atramas, bei nutiesus naują kelio atkarpą, buvo pastatytas laikinas tiltas (13 pav.). Laikiniu tiltu eismas vyko visą laikotarpį, kurį vyko statybos darbai, o po to tiesiog demontuotas ir gražintas.



13 pav. Tilto per Arstavikeno upę rekonstrukcija [26]

Trečiasis objektas yra Lenkijoje ir buvo įvykdytas kardinaliai besiskiriančiu būdu. Po esamo geležinkelio viaduku buvo paruošti pagrindai. Šalia surinkta plieninė gofruota cinkuota ir dažyta pralaida, kuri vėliau ant paruoštų pagrindų nustūmus buvo paguldyta. Kadangi viadukas buvo trijų tarpatramių, du jų buvo užpildyti pralaidomis su sutankintu gruntu aplink. Viena pralaidų buvo skirta automobilių, kita – pėsčiųjų eismui.

Organizuojant darbus šiuo būdų užteko vos vienos nakties nuardyti viaduko laikančiąsias konstrukcijas bei baigti ruošti pagrindą bėgiams.

Gofruota plieninė pralaida kaip alternatyva viaduko konstrukcijoms taip pat parenkama remiantis sąmatiniais skaičiavimais bei gamintojo deklaruojamomis ilgaamžiškumo vertėmis:

1. Metalinės gofruotos pralaidos įrengimas – 4566,53 EUR, ilgaamžiškumas – 90 metų [13].
2. Gelžbetoninės pralaidos įrengimas – 4975,90 Lt, ilgaamžiškumas – 60 metų [13].

Žemiau pateikiama pralaidos įrengimo darbų eiga bei ją iliustruojančios nuotraukos.



14 pav. Pralaidos pagrindų ruošimas po esamu viaduku [27]



15 pav. Pralaidų surinkimas bei pastatymas į projektinę padėtį [27]



16 pav. Sumontuotos pralaidos bei paleistas traukinių eismas [27]

Ketvirtasis projektas – Rotebro viadukas Švedijoje (17 pav.). Jis sudarytas iš dviejų tiltų, kurio kiekvienas turi po 3 eismo juostas automobiliams bei yra virš arterinio Švedijos geležinkelio kelio. Po ekspertizės nuspręsta viadukus griauti ir atstatinėti naujus. Eismo sustabdyti nebuvo leista, tad

projektuotojai bendradarbiaudami su rangovu išsprendė šį klausimą hidraulinio užstūmimo metodu. Šalia esamo vieno iš viadukų buvo pastatytas naujas tiltas ant laikinų atramų. Juo buvo paleistas eismas nuo vieno iš senųjų viadukų ir tuo pat metu pradėti jo griovimo darbai. Jį nugriovus, buvo pastatytas naujas viadukas, kuriuo atnaujintas eismas. Toliau sekė likusiojo seno viaduko griovimo darbai. Pastąčius abu naujus viadukus, vienu buvo paleistas visas abiejų pusių automobilių srautas, kol vienas iš viadukų buvo užstumiamas į projektinę padėtį. Darbai truko ne pilną parą iki kol eismas buvo atstatytas abiem viadukais.



17 pav. Rotebro tilto rekonstrukcija

1.3.2 Situacijos Lietuvoje vertinimas

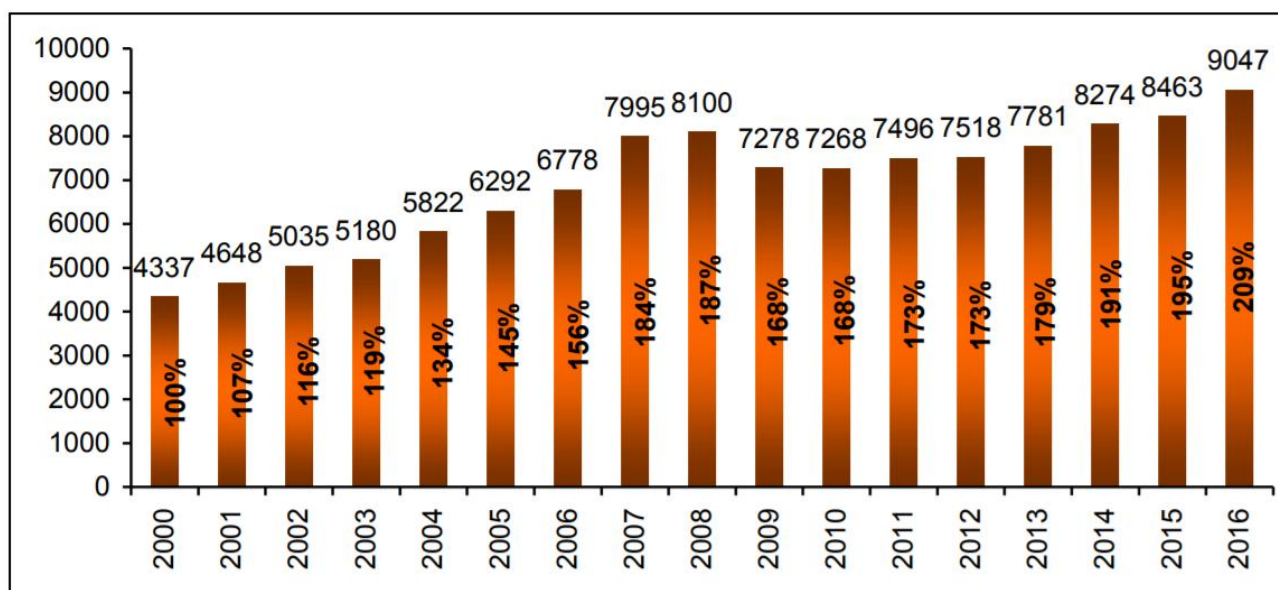
Sovietmečiu statant tiltus neišvengta klaidų, tuo metu galiojusių statybos normų pažeidimų, nes trūko gelžbetoninių konstrukcijų statybos patirties, nebuvo reikiamos technologinės įrangos, mechanizmų [14].

2009-ųjų metų pradžioje kelyje Vilnius-Kaunas esantis tiltas per Nerį ties Kaunu (vadinamas Klebonišio tiltu) įgriuvo. Tiltu atraminiai lankstai neatlaikė ir sulūžo, kas lėmė perdangos susmukimą.

Po šio incidento buvo pradėti aktyviau stebėti sovietmečiu statyti tiltai, o ypač didieji, kurie turi didelę reikšmę susisiekimui.

Anot docento Algirdo Jono Notkaus, kuris yra per savo karjeros metus suprojektavęs per 70 tiltų, tai gali būti ne paskutinis atvejis, kada tiltas patiria avariją. Šių padarinių priežastis yra tuometiniais galiojančiais dokumentais projektuoti ir statyti tiltai. Šiomis dienomis sovietmečiu statyti tiltai pagal šiuo metu galiojančias EURO normas, turi atlaikyti nuo pusantro iki dviejų kartų didesnes apkrovas.

Vien tik per pastaruosius 17 metų eismo intensyvumas padidėjo daugiau kaip du kartus (18 pav.). Be transporto priemonių skaičiaus kelyje – padidėjo ir jų masė. Tai lėmė didesnes apkrovas, kurias turi atlaikyti esami, kai kurie praeito amžiaus projektuoti ir statyti, susisiekimo statiniai.



18 pav. Vidutinio metinio paros eismo intensyvumo kitimas keliuose nuo 2000-ųjų metų [28]

2. TILTŲ TEORINIAI REKONSTRUKCIJOS SPRENDIMAI

Tilto rekonstrukcijos būdas priklauso nuo situacijos bei projektuotojo profesionalumo. Kadangi tiltas yra ypatingai sudėtingas statinys, tad kaskart vis ieškoma kaip efektyviau jį rekonstruoti. Dėl prastos esamų tiltų būklės jei dažnai rekonstruojami kapitališkai, kas reiškia, jog tilto laikančiosios konstrukcijos (paklotos, sijos, atramos) gaminamos ir montuojamos naujos.

2.1. Tiltų rekonstrukcijos technologijų ypatumai

Tilto rekonstrukcijos technologija kiekvienu atveju skiriasi, tačiau jas galima suskirstyti į tris pagrindines apibendrintas rekonstrukcijos technologijas:

1. tilto rekonstrukcija keičiant dėvimąsias konstrukcijų detales;
2. tilto rekonstrukcija keičiant laikančiąsias konstrukcijas;
3. tilto kapitalinis remontas, kuomet griaunamas senasis tiltas ir statomas naujas senojo vietoje.

Kiekvienas būdas taikytinas po tilto būklės įvertinimo bei nusprendimo jį rekonstruoti. Dažniausiai pasitaikanti rekonstrukcija vykdomo pirmuoju būdu, kuomet keičiamos dėvimosios tilto detalės. Detalių sąrašas pateikiamas žemiau:

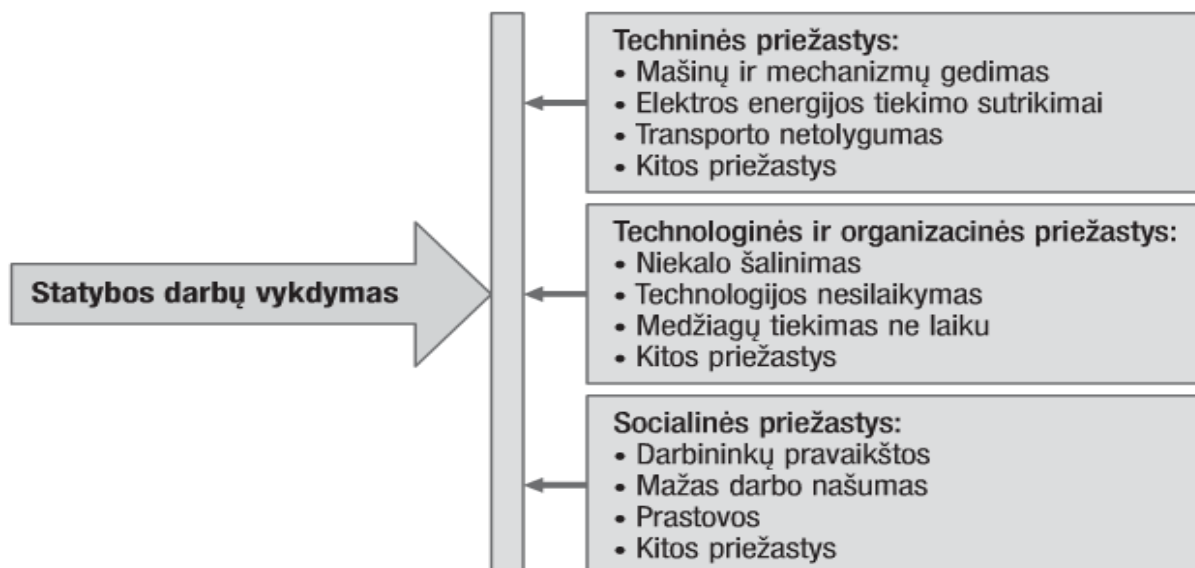
1. deformacinės siūlės;
2. atraminiai guoliai;
3. pakloto viršutinis sluoksnis;
4. hidroizoliacija;
5. vandens surinkimo ir nuvedimo sistemos;
6. saugumo atitvarai;
7. apšvietimas;
8. konstrukcijų įtrūkimai;
9. statinio išvaizda;
10. laikančiųjų sijų stiprinimas.

Antrasis rekonstrukcijos būdas taikytinas tada, kai laikančiosios konstrukcijos yra nebetinkamos naudoti dėl atsiradusių pažeidimų arba neatlaiko joms tenkančių apkrovų. Tokiu atveju gali būti stiprinamos atramos arba keičiamos naujomis, keičiamos arba stiprinamos laikančiosios sijos, kartu keičiant deformacines siūles bei lankstus. Tokios rekonstrukcijos metu privalu kuriam laikui uždaryti

eismą. Automobilių eismo problemos yra išsprendžiamos jį nukreipiant kitu keliu, tačiau traukinių eismo organizavimas yra kur kas sudėtingesnis.

Traukinių eismo grafikas sudaromas metams, koreguojamas žiemos ar vasaros periodui ir įvedamas vienu metu visam geležinkelių tinklui. Remiantis grafiku, sudaromos traukinių eismo tvarkaraštinės, nurodant atvykimo į stotį ir išvykimo iš jos laiką [7].

Dėl aplinkybių, kurias galima nuspėti iš anksto (19 pav.), tačiau ne visada jos būna įvertintos, rangovui visada saugiau yra susiplanuoti tilto rekonstrukcijos darbus su laiko rezervu, kurį būtų galima naudoti iškilus nenumatytiems darbams arba iš anksto galvoti apie traukinių eismo nukreipimą. Šis procesas turi vykti projektavimo metu, kadangi nukreipiant eismą reikia suprojektuoti šalutinius kelius bei numatyti laikinąjį tiltą.



19 pav. Rangovo trukdžiai statybos darbų vykdymui [11]

Vėluojant atidaryti kelią per rekonstruojamąjį tiltą, Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerijos išleistame geležinkelio eismo apraše yra numatytos nuobaudos, kurias rangovas privalėtų mokėti. Baudos su tiksliais sumomis bei situacijomis, kada jos taikomos, pateikiamos žemiau:

Baudų ir kompensacijų dydžiai yra šie:

a. už vieno vietinio susisiekimo keleivinio traukinio vėlavimo kiekvienas 30 minučių – 110 Eur [7];

b. už vieno tarptautinio susisiekimo keleivinio traukinio vėlavimo kiekvienas 30 minučių – 194 Eur [7];

c. už vieno prekinio traukinio vėlavimo kiekvieną valandą – 64 Eur [7];

d. už vieną atšauktą traukinį – avansinė užmokesčio už minimalųjį prieigos paketą dalis – traukinių eismo įmoka, sumokėta Lietuvos Respublikos Vyriausybės patvirtintų Užmokesčio už minimalųjį prieigos paketą dydžio apskaičiavimo ir mokėjimo, konkrečios įmonės mokėtino užmokesčio už minimalųjį prieigos paketą dydžio apskaičiavimo ir mokėjimo taisyklių nustatyta tvarka už atšauktą traukinį [7];

e. už vieną atšaukto vietinio susisiekimo keleivinio traukinio maršruto kilometrą – 1,7 Eur; jeigu vietinio susisiekimo keleivinis traukinys atšaukiamas, nes būtina vykdyti viešosios geležinkelių infrastruktūros remonto darbus, ir viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas apie tai geležinkelio įmonę (vežėją) informavo daugiau kaip prieš 10 dienų iki tarnybiniame traukinių tvarkaraštyje nustatyto vietinio susisiekimo keleivinio traukinio išvykimo laiko, už vieną atšaukto vietinio susisiekimo keleivinio traukinio maršruto kilometrą – 0,5 Eur [7];

f. už vieną atšauktą tarptautinio susisiekimo keleivinį traukinį – 2520 Eur; jeigu tarptautinio susisiekimo keleivinis traukinys atšaukiamas, nes būtina vykdyti viešosios geležinkelių infrastruktūros remonto darbus, ir viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas apie tai įmonę informavo daugiau kaip prieš 60 dienų iki tarnybiniame traukinių tvarkaraštyje nustatyto tarptautinio susisiekimo keleivinio traukinio išvykimo laiko, už vieną atšauktą tarptautinio susisiekimo keleivinį traukinį – 753 Eur[7];

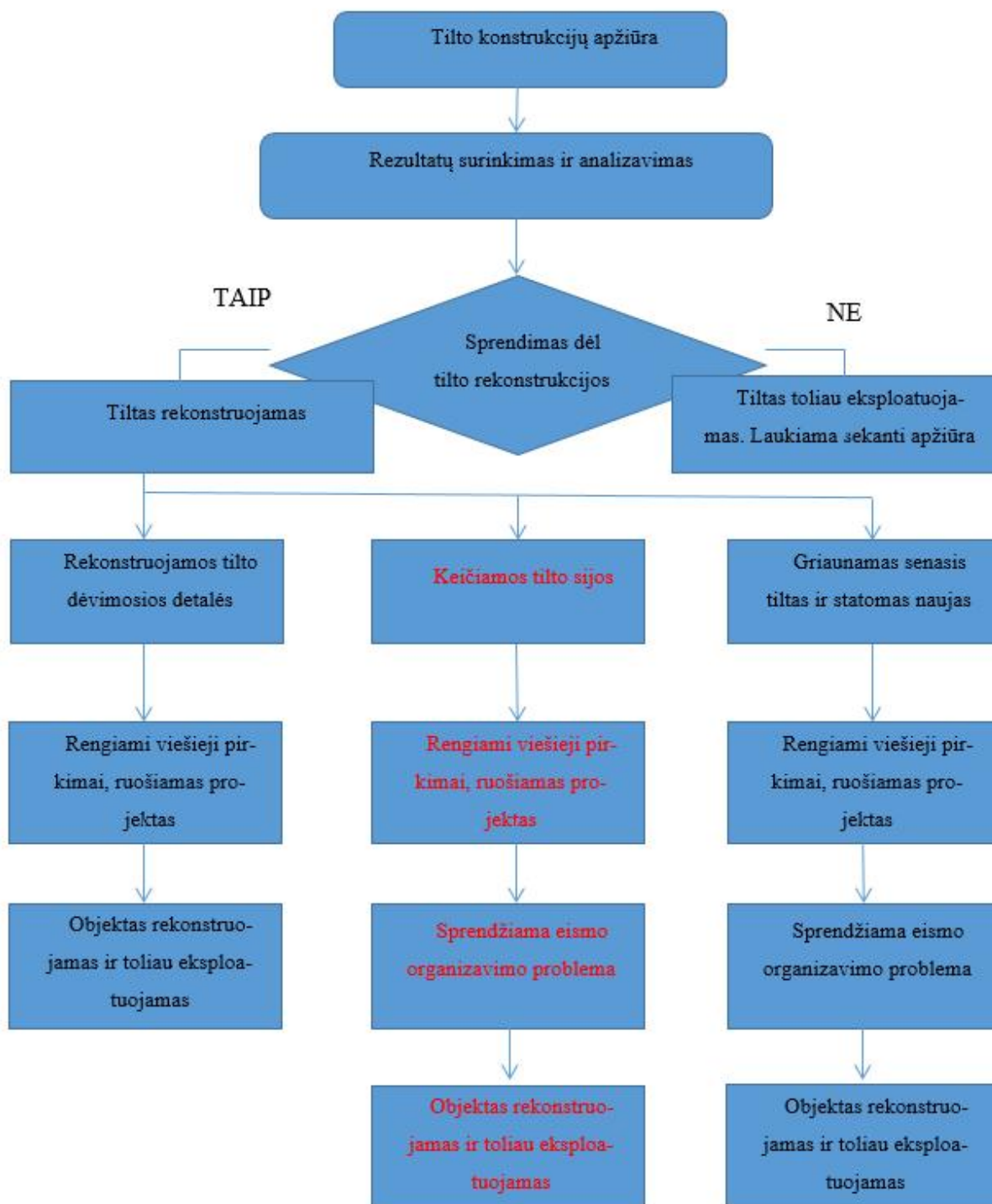
g. už vieną atšaukto prekinio traukinio maršruto kilometrą – 1,7 Eur; viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas atleidžiamas nuo šios baudos mokėjimo tik tuo atveju, jeigu prekinis traukinys atšaukiamas, nes būtina vykdyti viešosios geležinkelių infrastruktūros remonto darbus, ir viešosios geležinkelių infrastruktūros valdytojas apie tai įmonę informavo daugiau kaip prieš 3 dienas iki tarnybiniame traukinių tvarkaraštyje nustatyto prekinio traukinio išvykimo laiko [7].

Atvejais, kada eismas negali būti sustabdytas tiek, kiek turi trukti rekonstrukcijos darbai, numatomi neįprastesni rekonstrukcijos būdai, tokie kaip jau minėto laikinojo tilto panaudojimas, gofruotos plieninės pralaidos naudojimas po tilto laikančiosiomis konstrukcijomis ar net hidraulikos naudojimas užstumiant naują tiltą vietoj demontuoto naujojo. Pastarasis projekto vykdymo metodas yra keliskart brangesnis, negu tiesiog ardyti senąsias konstrukcijas ir jų vietoje statyti naujas, tačiau kai kurioms situacijoms jis būtinas.

Trečiasis rekonstrukcijos būdas, kuomet keičiamos tiek sijos, tiek atramos, yra naudojamas kai visos konstrukcijos yra pripažįstamos nebetinkamomis naudoti. Pastaruoju būdu buvo rekonstruotas ir Panemunės tiltas Kaune. Kadangi šis tiltas yra automobilių eismo, tad eismas buvo nukreiptas aplinkiniais keliais taip išvengiant papildomų kaštų laikinajam tiltui ar brangioms technologijoms užstumiant tiltą.

2.2. Tiltų rekonstrukcijos technologinis modelis

Žemiau pateikiamas tilto modelis, kuris gali būti taikomas tilto rekonstrukcijos organizavimui (20 pav.).

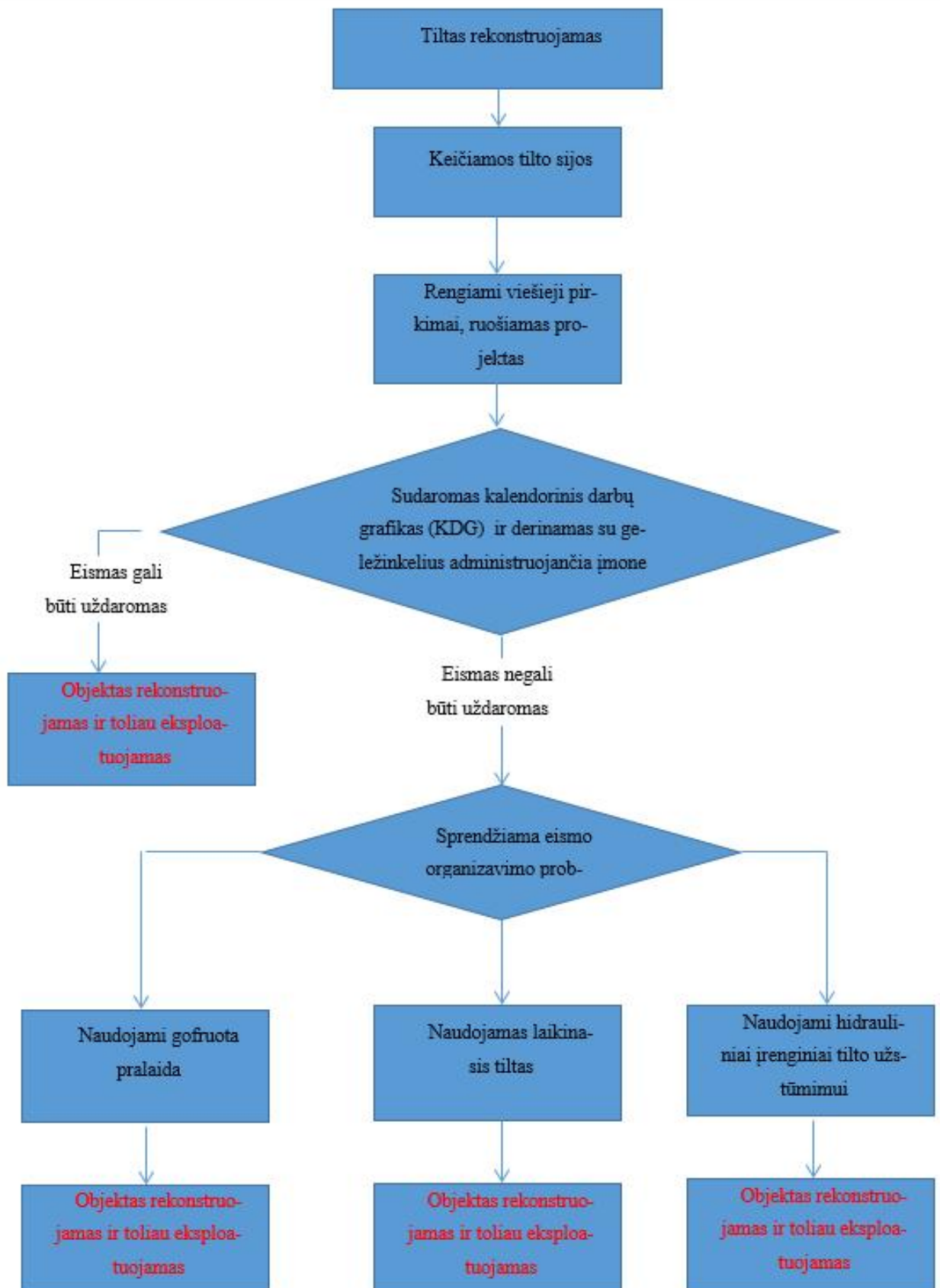


20 pav. Bendra technologinė tilto rekonstrukcijos schema

Modelis sukurtas geležinkelio tiltų rekonstrukcijai, todėl rekonstrukcijos metu keičiant laikančiąsias konstrukcijas arba tiltą rekonstruojant kapitaliai, atsiranda papildomos modelio pozicijos – eismo organizavimas.

Šiame darbe bus analizuojamos technologijos plieninio geležinkelio tilto rekonstrukcijai, kuomet po konstrukcijų apžiūros buvo nuspręsta keisti pagrindines tilto sijas, todėl reikalingas naujas modelis, kuris atspindėtų technologijų pasirinkimą kiekvienu atveju (21 pav.).

Modelyje pavaizduota seka, kuomet tiltas gali/negali būti uždaromas rekonstrukcijos metu. Kadangi tilto remonto darbai keičiant laikančiąsias sijas užima daug laiko, o ruožuose, kur eismas intensyvus, jį sustabdyti sudėtinga, tad tuo atveju renkamosi iš 3 alternatyvų kaip organizuoti statybos darbus nestabdant eismo arba stabdant labai trumpą laiką.



21 pav. Technologinė tilto rekonstrukcijos schema, kuomet eismas rekonstruojamu tiltu nutraukiamas maksimaliai mažą laiko tarpą

Vienos iš trijų technologijų parinkimui bus naudojamas daugiakriterinis geležinkelio tilto rekonstrukcijos vertinimas, kurio dėka bus nustatyta efektyviausia technologija.

2.3. Tiltų rekonstravimo technologijų vertinimo metodikos parinkimas

Daug mokslininkų ekonomistų, sprendimo priėmimo sistemų (toliau SPS) teoretikų yra pasiūlę daugybę metodų, modelių, kuriuos taikydami galime spręsti problemas, kylančias priimant daugiakriterinius sprendimus, kai iš daugybės variantų, aprašomų įvairiomis rodiklių sistemomis, yra išrenkamas efektyviausias variantas [10].

Knygoje „Sprendimų paramos sistemos statyboje“ [3] pažymėta, jog tikslų nustatymo, projektavimo ir statybos procesai bei gauta galutinė statybos produkcija ir toliau vykstantis eksploatavimo procesas sudaro vieną visumą. Gerinant ar bloginant atskirus projektą sudarančius procesus (daromus sprendimus), pasikeičia ir likusių procesų (sprendimų) racionalumas bei suinteresuotų grupių tikslų patenkinimo lygis. Todėl privalu tiksliai įvertinti bei paskaičiuoti kiekvieno pokyčio įtaką galutiniam rezultatui. Tam reikalui taikomas projekto daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas.

Daugiakriterinio metodo nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir jų naudingumas priklauso nuo sistemos, kuri adekvačiai apibūdina kriterijų alternatyvas, kriterijų reikšmes ir reikšmingumus. Kriterijų sistema yra nustatoma, o reikšmės ir reikšmingumai yra apskaičiuojami ekspertų. Visa ši informacija, po surinkimo, gali būti koreguojami suinteresuotų asmenų dirbti šiuo klausimu (užsakovai, projektuotojai, rangovai). Koregavimas vyksta priartėjant su kiekvienu sprendimu prie turimų technologijų, medžiagų, palengvinant ar optimizuojant darbus ir t.t. Tokiu būdu pateiktų alternatyvų įvertinimo rezultatai visapusiškai atspindi apklaustų ekspertų bei suinteresuotų asmenų bendrai pateiktus duomenis [3].

Siekiant paprasčiau įvertinti geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos racionalumą bus naudojamas E. K. Zavadsko ir A. Kaklauskos (1996) pasiūlytas COPRAS metodas.

Naudojantis COPRAS metodu, vienas pagrindinių uždavinių yra nustatyti kriterijų reikšmingumą. Norint tai padaryti – pirmiausia reikia nustatyti kiekvieno kriterijaus reikšmių sumą, o tada kiekvienas kriterijus išreiškiamas atitinkama išraiška, kur priklausomai nuo pasirinkto pradinio kriterijaus reikšmingumo galima koreguoti galutinį kriterijaus reikšmingumą. Gautas kriterijaus galutinis reikšmingumas gali būti apskaičiuotas pagal 2.1 formulę [3].

$$S_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad i = \overline{1, t}, \quad j = \overline{1, t} \quad (2.1)$$

čia x_{ij} - i -tojo kriterijaus reikšmė j -tojo sprendimo variantu; t – kiekybinių kriterijų skaičius; n – lyginamųjų variantų skaičius.

$$P_i = S_i \cdot p_i, i = \overline{1, t} \quad (2.2)$$

čia p_i - i -tojo kriterijaus pradinis reikšmingumas.

$$V = \sum_{i=1}^t P_i, i = \overline{1, t} \quad (2.3)$$

$$q_i = \frac{P_i}{V}, i = \overline{1, t}, \sum_{i=1}^t q_i = 1 \quad (2.4)$$

čia q_i - i -tojo kriterijaus reikšmingumas.

Nagrinėjamų alternatyvų prioritetiškumas ir reikšmingumas skaičiuojami keturiais etapais [5]. Visų pirma, norint palyginti skirtingų dydžių ir matavimo vienetų duomenis – jie normalizuojami, kad gautūsi bedimensiai dydžiai. Normalizuotai ir įvertintai sprendimų matricai sudaryti naudojama 2.5 formulė.

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \quad (2.5)$$

Kriterijaus reikšmingumas yra visa lygus kriterijaus gautų bedimensių įvertintų reikšmių sumai:

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \quad (2.6)$$

čia x_{ij} - i -tojo kriterijaus reikšmė j -tojo sprendimo variantu; m - kriterijų skaičius; n - lyginamųjų variantų skaičius; q_i - i -tojo kriterijaus reikšmingumas.

Technologijos j maksimizuojančios S_{+j} ir minimizuojančios S_{-j} kriterijų sumos apskaičiuojamos taip:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}, S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n} \quad (2.7)$$

Technologijų racionalumas apskaičiuojamas remiantis maksimizuojančių S_{+j} ir minimizuojančios S_{-j} kriterijų savybėmis. Technologijos santykinis racionalumas Q_j apskaičiuojamas pagal 2.8 formulę.

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \cdot \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n} \quad (2.8)$$

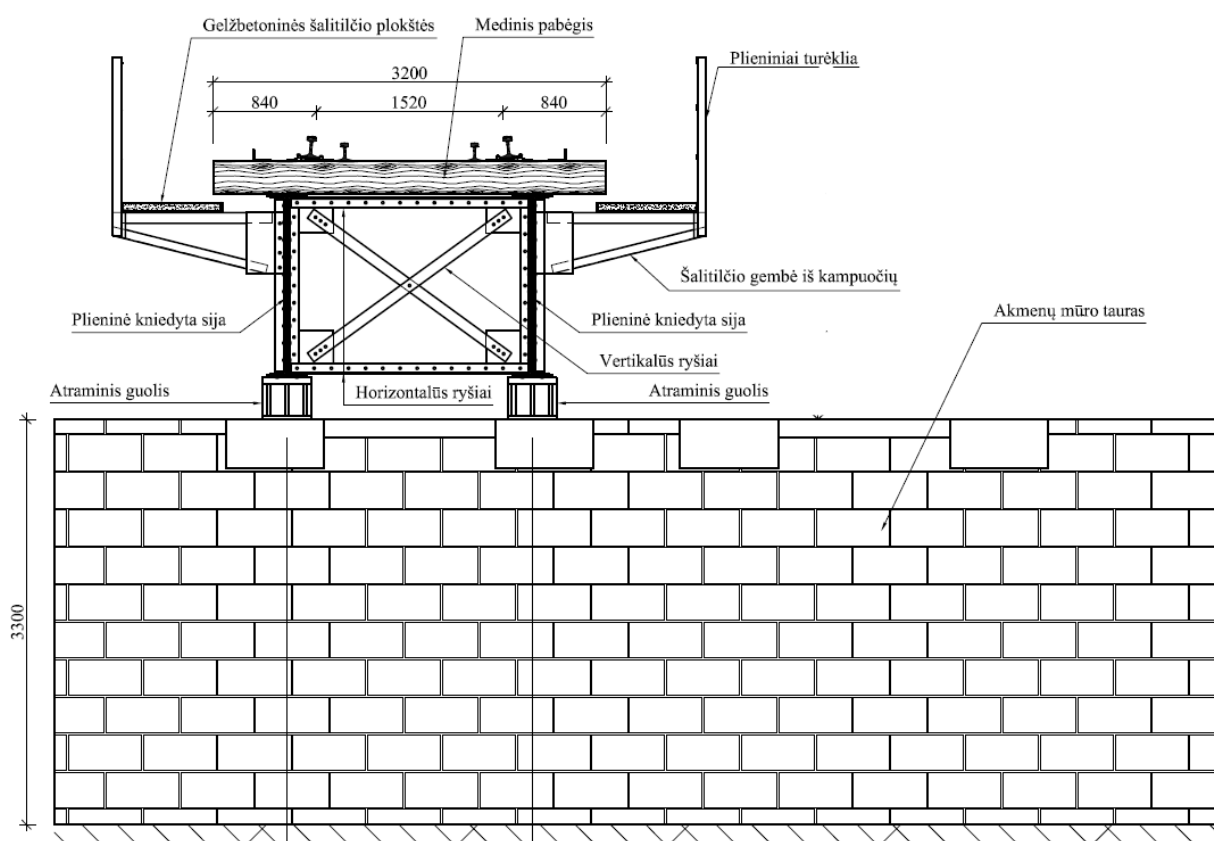
Kuo didesnis dydis Q_j , tuo didesnis j technologijos racionalumas (Zavadskas, Kazlauskas, 1996).

3. PASIRINKTŲ TILTO REKONSTRUKCIJOS TECHNOLOGIJŲ ALTERNATYVIŲ SPRENDIMŲ VERTINIMAS

3.1. Esama tilto situacija

Priekulėje esantis tiltas per Minijos upę yra keturių tarpatramių plieninis – sijinis, atremtas ant akmens mūro atramų. Visi tarpatramiai apytikriai po 20,0 m. Tiltu paklotas įrengtas perdangos viršuje. Pagrindinės laikančiosios konstrukcijos – dvi dvitėjinio skerspjūvio kintamo aukščio kniedytos sijos (sudarytos iš keturių dalių) sujungtos horizontaliais ir vertikaliais ryšiais. Ryšiai gaminami iš plieninių kampuočių (22 pav.).

Geležinkelio tilto bendras ilgis 80,0 m. Tiltas statytas 1875 m., jokios projektinės dokumentacijos apie tilto statybą ir atliktus kapitalinius, einamuosius ir kt. remontus nėra išlikę.



22 pav. Tiltu perdangos skersinis pjūvis

Šalitilčius sudaro gelžbetoninės 80 mm storio plokštės metalinių kampuočių rėmuose. Kampuočiai įtvirtinti ant gembų, kurios yra prijungtos prie sijų standumo briaunų. Šalitilčiai yra 840 mm pločio, be saugos aikštelių.

Perdanga atremta ant tašytų akmenų ramtų ir taurų per plieninius atraminius guolius. Projektuotojams, rengusiems kapitalinio remonto projektą, įvertinus tilto tyrimų ir skaičiavimų rezultatus, nustatyta:

- tilto perdangos būklė yra bloga, jos laikomoji galia nepakankama, vertinant pagal šių dienų eismą atitinkančias apkrovas (LST EN 1991-2 Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 2 dalis. Tiltų eismo apkrovos. Vilnius, 2005m);
- tilto atramų būklė yra gera. Tyrimo metu konstrukcinių pažaidų ir nuosėdžių atramose neaptikta. Laikomoji galia tenkina eismo apkrovas pagal LST EN 1991-2. Be to, atramos suprojektuotos ir pastatytos dviejų kelių geležinkelio bėgiams.



23 pav. Tilto per Minijos upę Priekulėje situacija

3.2. Geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijos rodiklių reikšmingumą nustatymas rangavimo metodu

Pasirinktų rodiklių sistemoje kiekybiniai rodikliai yra du – technologijos kaina ir uždaryto eismo laikas, o kokybiniai trys – ilgaamžiškumas, įrengimo technologijos sudėtingumas ir estetiškas vaizdas (žr. 6 lent.). Rodiklių reikšmingumai bus nustatomi ekspertiniu metodu.

6 lentelė. Rodiklių reikšmingumą skaičiavimų suvestinė

Eil. Nr.	Rodiklis
1	X1 – Įrengimo kaina, EUR
2	X2 – Ilgaamžiškumas, balais
3	X3 – Įrengimo technologijos sudėtingumas, balais
4	X4 – Uždaryto eismo laikas, d.
5	X5 – Estetinis vaizdas, balais

Siekiant iširti ir nustatyti racionalią tilto rekonstrukciją - buvo sudaryta apklausos anketa (žr. 1 priedą).

Siekiant gauti kuo tikslesnius duomenis, buvo apklausti 28 žmonės, dirbantys tiltų gamybos/montavimo/rekonstravimo srityse. Ekspertai vertino kriterijus penkiabalėje sistemoje suteikdami penkis svarbiausiajam ir vieną – mažiausiai svarbiam kriterijui.

Ekspertų apklausos rezultatai pateikti 2-ajame priede. Apklausus ekspertus ir suvedus rezultatus, galima nustatyti kiekvieno iš rodiklių reikšmingumą (6 lent.).

7 lentelė. Rodiklių reikšmingumą skaičiavimų suvestinė

Ekspertas	Rodiklio reikšmingumo vertinimas				
	X1	X2	X3	X4	X5
Rangų suma	124	96	70	99	31
Rangų vidurkis	4,43	3,43	2,50	3,54	1,11
Rodiklių reikšmingumas	0,2952	0,2286	0,1667	0,2357	0,0738
Rodiklių ranguoė	I	III	IV	II	V
Nukrypimas nuo rangų sumos vidurkio	40	12	-14	15	-53
ΔS_i					
Nuokrypių kvadratai	1600	144	196	225	2809
ΔS_i^2					

Žemiau pateikiama rodiklių reikšmingumo nustatymo eiga:

Vidutinio rodiklio įvertinimo reikšmė skaičiuojama pagal 3.1 formulę:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}; \quad (3.1)$$

čia t_{jk} – k -tojo eksperto atliktas j -tojo rodiklio įvertinimas; r – ekspertų skaičius.

Kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal (3.2) formulę:

$$q_j = \frac{\bar{t}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j}; \quad (3.2)$$

Pagal vertinimus, pateiktus 6 lentelėje, gauta rodiklių prioritetiškumo eilė yra:

R1>R4>R2>R3>R5

Norint išsiaiškinti ekspertizės patikimumą, jį išreiškiame ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu. Šiam koeficientui pirmiausia reikia suskaičiuoti kiekvieno rodiklio įvertinimo rezultatų nuokrypio kvadratų sumą S [3].

Tada, pagal (3.3) formulę skaičiuojamas ekspertų nuomonės vieningumas arba konkordancijos koeficientas.

$$w = \frac{12 \cdot S}{m^2(n^3 - n)} \quad (3.3)$$

$$w = \frac{12 \cdot 4974}{28^2(5^3 - 5)} = 0,634$$

čia S – rezultatų nuokrypio kvadratų suma; m – ekspertų skaičius; n – vertinamų kriterijų skaičius. Kadangi koeficientas gaunasi didesnis už 0,6, tad ekspertizė laikoma patikima ir duomenis galima naudoti tolimesniems skaičiavimams [3].

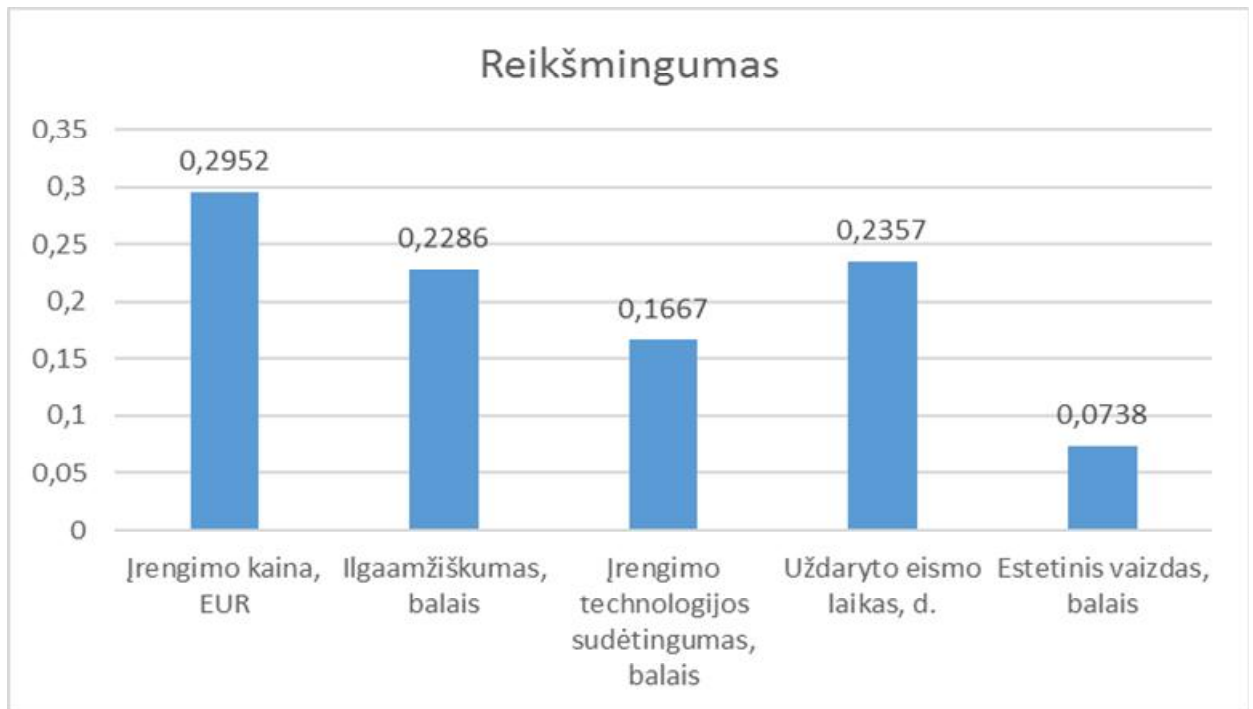
Geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos rodiklių reikšmingumas.

8 lentelė. Geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos rodiklių reikšmingumas.

Eil. Nr.	Rodiklis	Reikšmingumas
1	X1 – Įrengimo kaina, EUR	0,2952
2	X2 – Ilgaamžiškumas, balais	0,2286
3	X3 – Įrengimo technologijos sudėtingumas, balais	0,1667
4	X4 – Uždaryto eismo laikas, d.	0,2357
5	X5 – Estetinis vaizdas, balais	0,0738

Iš 9 lentelės matyti, jog reikšmingiausi rodikliai yra įrengimo kaina (0,2952), įrengimo laikas (0,2357) bei ilgaamžiškumas (0,2286).

Rodiklių reikšmingumai pateikiami grafiškai:



24 pav. Technologijų rodiklių reikšmingumų grafikas

3.3. Racionalios technologijos parinkimas Geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijoje taikant daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodą (COPRAS)

Tilto rekonstrukcijai išrinktos 3 technologijos palyginimui:

A1. Gofruotų plieninių lakštų pralaidų naudojimas surenkant jas po tiltu (25 pav.).



25 pav. Gofruotų plieninių lakštų pralaida

A2. Laikinojo tilto naudojimas rekonstrukcijos metu (26 pav).



26 pav. Laikinojo tilto naudojimas

A3. Hidraulikos naudojimas pastačius tiltą šalia esamo ant laikinų atramų bei demontavus senąjį, užstumti į projektinę padėtį naująjį tiltą.



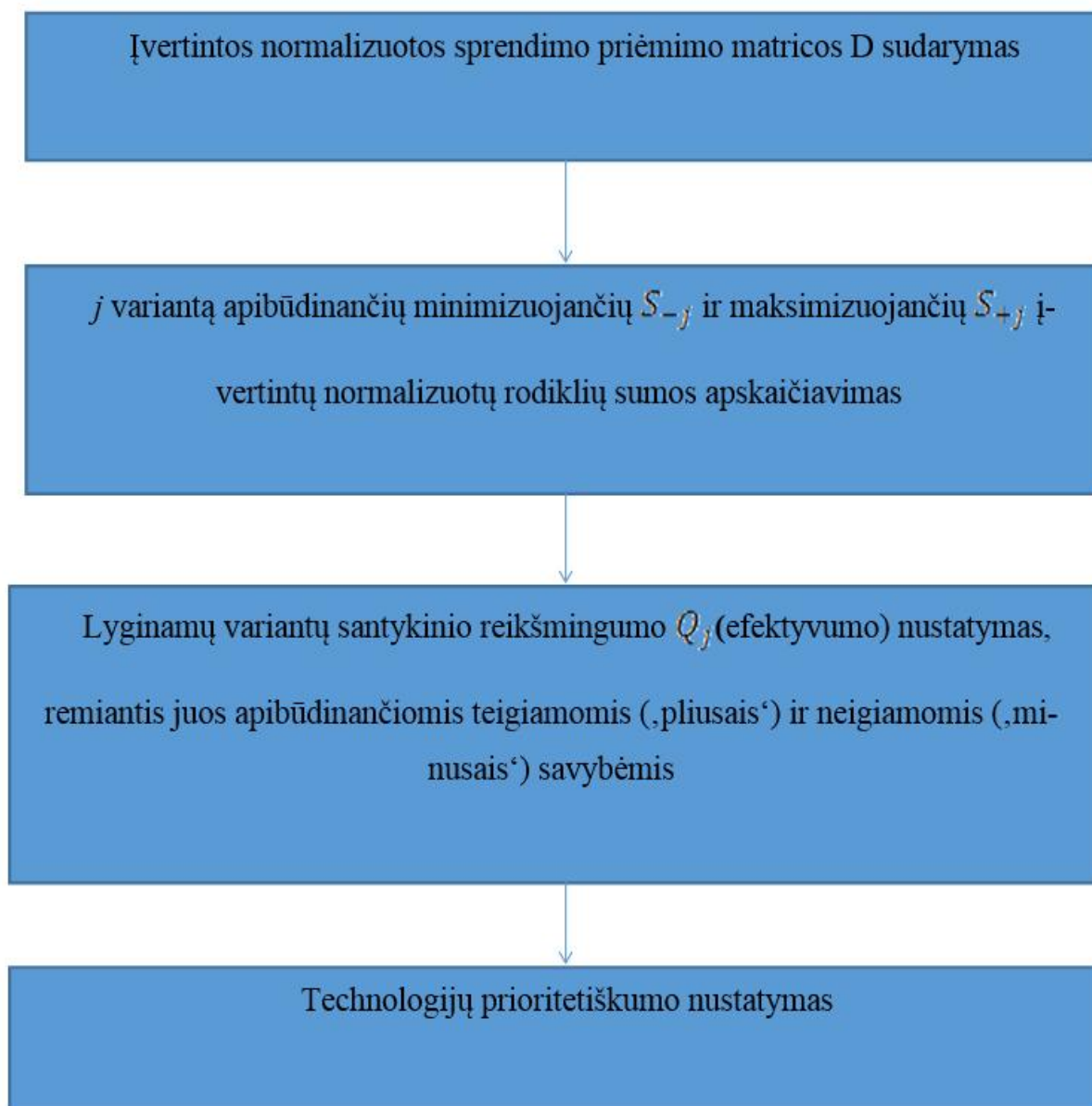
27 pav. Hidraulikos naudojimas

Racionaliausios technologijos suradimui pirmiausia reikia nustatyti kokybinius ir kiekybinius rodiklius. Jiems surasti buvo pasitelkti 28 ekspertai, kurie daugiau ar mažiau būtų susidūrę su nagrinėjamomis technologijomis.

Pradiniai duomenys, kurių reikia daugiakriterinei tilto rekonstrukcijos technologijos parinkimo analizei atlikti, yra pateikti 9 lentelėje.

Daugiakriterinė tilto rekonstrukcijos technologijų parinkimo analizė atliekama remiantis E. K. Zavadsko ir A. Kaklauskio sukurtu COPRAS metodu.

Racionaliausios technologijos parinkimas vykdomas 4-iais etapais, kurie jau yra aprašyti 2.3 skyriuje. Žemiau pateikiama schema, pagal kurią bus parinkta technologija:



28 pav. Technologijų daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo blokinė schema [4]

9 lentelė. Pradiniai skaičiavimų duomenys, reikalingi efektyvumo laipsniui nustatyti

Nagrinėjamų kriterijų pavadinimas	*	Kriterijų matavimo vnt.	Kriterijų reikšmingumas	Technologijas apibūdinančių kriterijų skaitinės reikšmės		
				A1	A2	A3
Įrengimo kaina	-	EUR	0,2952	343128	551844	384123
Ilgamžiškumas	+	Balai	0,2286	3	1	2
Įrengimo technologijos sudėtingumas	-	Balai	0,1667	1	2	3
Uždaryto eismo laikas	-	d.	0,2357	8	2	4
Estetinis vaizdas	+	Balai	0,0738	3	1	2

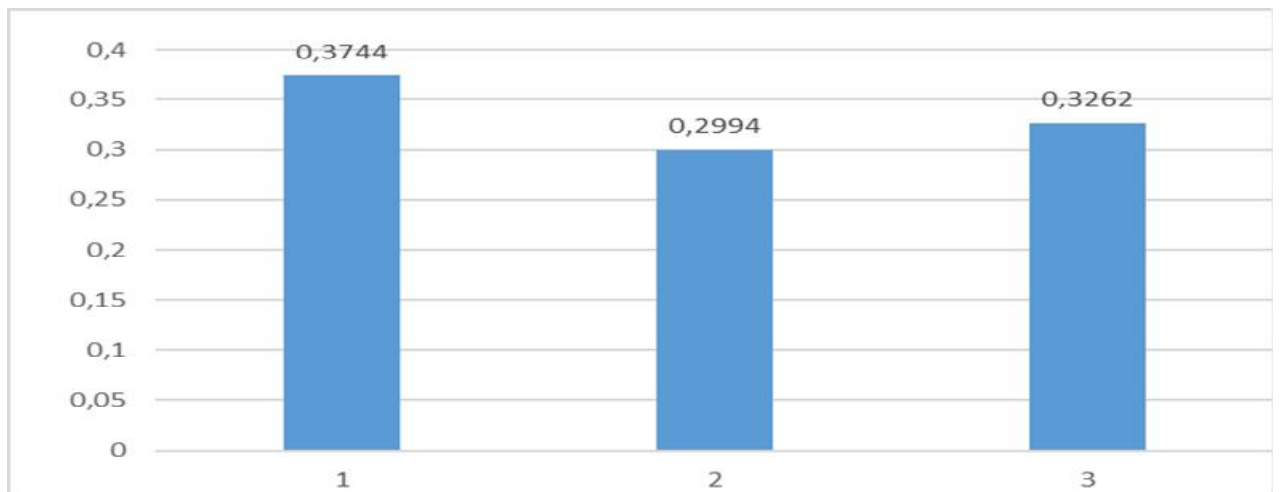
* stulpelyje ženklas + parodo, jog užsakovo teigiama reikšmė, o - jog neigiama reikšmė labiau atitinka užsakovo reikalavimus.

Rezultatai skaičiuojami programa „Microsoft Excel 2017“ remiantis teorija bei pavyzdžiais.

10 lentelė. Alternatyvių tilto rekonstrukcijos technologijų daugiakriterinis įvertinimas

Nagrinėjamų kriterijų pavadinimas	*	Kriterijų matavimo vnt.	Kriterijų reikšmingumas	Technologijas apibūdinančių kriterijų skaitinės reikšmės		
				A1	A2	A3
Įrengimo kaina	-	EUR	0,2952	0,0792	0,1274	0,0887
Ilgamžiškumas	+	Balai	0,2286	0,1143	0,0381	0,0762
Įrengimo technologijos sudėtingumas	-	Balai	0,1667	0,0278	0,0556	0,0834
Uždaryto eismo laikas	-	d.	0,2357	0,1347	0,0337	0,0673
Estetinis vaizdas	+	Balai	0,0738	0,0369	0,0123	0,0246
Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma S_{+j}				0,1512	0,0504	0,1008
Minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma S_{-j}				0,2417	0,2166	0,2393
Varianto reikšmingumas Q_j				0,3744	0,2994	0,3262
Varianto prioritetiškumas				1	3	2
Varianto naudingumo laipsnis N_j , proc.				100	79	87

Iš 10 lentelės matyti technologijų racionalumo eilė, kuri išsidėsto taip: $Q_1 > Q_3 > Q_2$. Matome, jog gofruoto lakšto pralaidų naudojimas vietoj plieninių laikančiųjų sijų yra racionaliausias. Antroje vietoje liko hidraulikos naudojimas užstumiant tiltą ir paskutinis – laikinojo tilto naudojimas eismo reorganizavimui. Prioritetiškumas taip pat matomas 29 pav.



29 pav. Technologijų reikšmingumas Q_j

Dėl nuolat pavasariais išbėgančios į krantus Minijos upės, bendradarbiaujant su pralaidų tiekėju, buvo nuspręsta naudoti dvi 16 m pločio pralaidas, kuriomis pratekančio vandens debitas bus didesnis nei reikalaujamas patvinsios upės.

Atlikus tyrimus ir skaičiavimus, gautai racionaliausiai technologijai (plieninių gofruotų pralaidų naudojimas), remiantis gamintojo bei tiekėjo rekomendacijomis bei pateikta literatūra, sudaroma montavimo schema.

1. Statybvieta.

Dėl nedidelių konstrukcijų gabaritų, nereikia įrenginėti didelio ploto statybvietsės. Kadangi pralaida surenkama po tiltu, tad jos būsimą vietą reikia atitverti spraustasienėmis.



30 pav. Spraustasienės įrengimas

2. Pamatai.

Įrengiami pagrindai bei pamatai. Pamatai gali būti įrengiami statybvietėje arba gamykloje, iš kurios bus atvežti tiesiai į statybvietę ir montuojami į projektinę padėtį. Antrasis variantas yra brangesnis, tačiau gerokai greitesnis. Pamatai lovinio skerspjūvio, į kuriuos statomi surinkti pralaidos lankai bei chemiškai arba mechaniškai tvirtinami.



31 pav. Statybvietėje įrengiami pamatai

3. Konstrukcijos surinkimas ir kėlimas.

Surinkimas pradamas nuo dviejų žiedų surinkimo ant žemės bei iki galo priveržimo (32 pav.). Tada juos reikia įstatyti į vietą ant konstrukcijos įtekėjimo galo (34 pav.). Kiekvienas sekantis žiedas turi būti perdengiamas “šiferio“ principu.

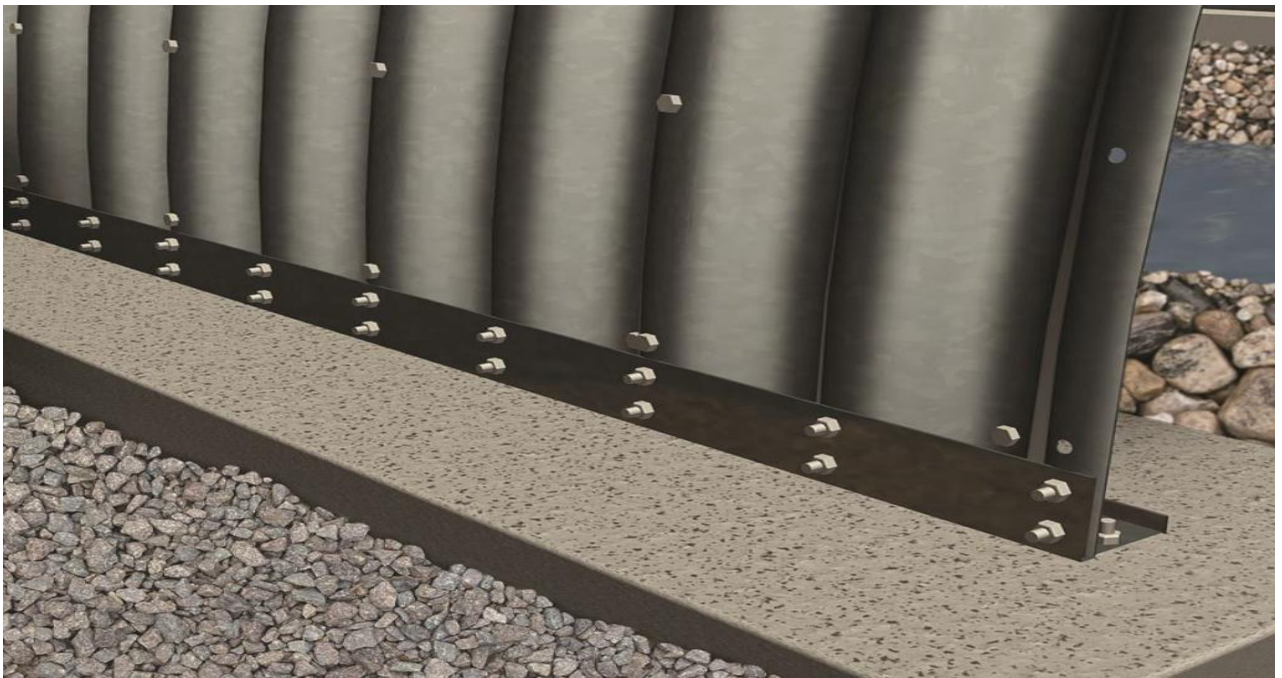
Žiedai į vietą perkeliami keturiomis kėlimo apkabomis sujungtomis dviem atskirais kabeliais ar grandinėmis (33 pav.).



32 pav. Gofros lakštų surinkimas ant žemės



33 pav. Gofros lakštų surinkimas ant žemės

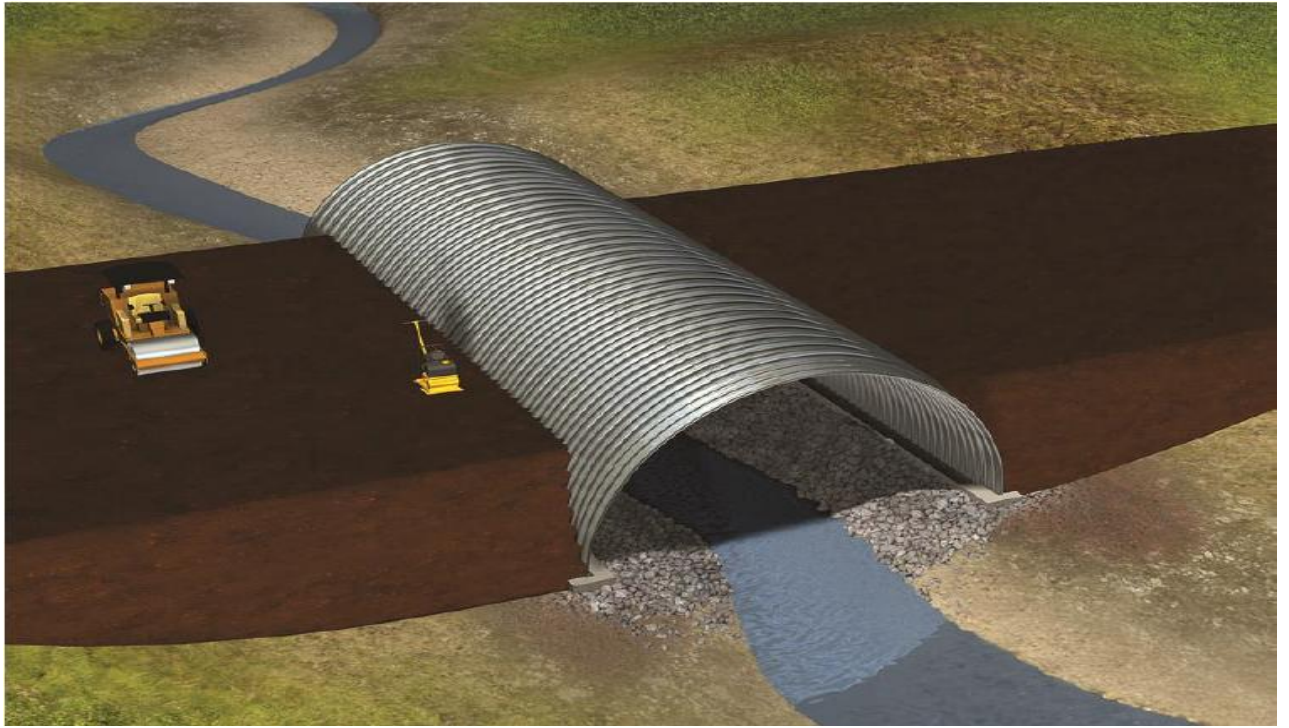


34 pav. Lakštų tvirtinimas prie pamato

4. Konstrukcijos užpylimas žemėmis.

Vienas sudėtingiausių procesų viso pralaidos montavimo metu yra žemių užpylimas bei tankinimas. Kadangi pralaida bus įrengiama po tiltu, tad, pilamas aplink konstrukciją žemes, bus galima sutankinti tik iki tam tikro aukščio. Iki galo žemės bus sutankintos nuardžius tilto konstrukcijas.

Gruntas tolygiai pilamas iš abiejų konstrukcijos pusių. Jį reikalaujama sutankinti ne mažiau kaip kas 200 mm, kad pasiekti reikiamą rezultatą. Tinkamo užpylimo schema pavaizduota 35 pav.



35 pav. Gofruotos pralaidos užpylimas žemėmis

Lygiai tokia pačia seka surenkama antroji pralaida. Nuardžius tilto konstrukcijas, baigiamos pilti bei tankinti žemės, supilama sankasa bei nutiesiami bėgiai. Atstačius traukinių eismą galimi aplinkos tvarkymo darbai, šlaitų formavimas.

IŠVADOS

1. Išanalizavus Lietuvos ir užsienio praktiką statant/ rekonstruojant tiltus pasirinkti trys galimi geležinkelio tilto rekonstrukcijos variantai, kuriuos taikant eismo ribojimas per tiltą būtų minimalus:
 - gofruotų plieninių lakštų pralaidos naudojimas surenkant ją po tiltų;
 - laikinojo tilto naudojimas rekonstrukcijos metu;
 - hidraulikos naudojimas pastačius tiltą šalia esamo ant laikinų atramų bei demontavus senąjį, užstumi į projektinę padėtį naująjį tiltą.
2. Ekspertų apklausos tyrimo duomenimis didžiausią įtaką geležinkelio tilto rekonstrukcijai turi įrengimo kainą – 29,52 %; eismo ribojimo laikas -23,57 %, ilgaamžiškumas – 22,86%, įrengimo technologijos sudėtingumas – 16,67 %, estetiškas vaizdas – 7,38%.
3. Sukurtas tiltų rekonstrukcijos technologinė schema, tinkama rekonstrukcijos efektyvumui nustatyti.
4. Atlikus tyrimus ir įvertinus geležinkelio darbo metu patiriamas išlaidas, nustatyta, kad parenkant rekonstrukcijų rodiklius būtina optimizuoti laiko ir statybos kaštus, nes tik tada gaunama didžiausia ekonominė nauda.
5. Remiantis rodiklių sistema, taikant daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodą (COPRAS), buvo nustatytas racionaliausias geležinkelio tilto per Minijos upę rekonstrukcijos variantas - A1 -Gofruotų plieninių lakštų pralaidų naudojimas surenkant jas po tiltu. Naudojant šį rekonstrukcijos metodą traukinių eismo ribojimo ir įrengimo kainos santykis yra mažiausias.

Pateiktas tiltų daugiakriterinio vertinimo modelis, naudojant kompleksinio proporcingo įvertinimo metodą (COPRAS), gali būti sėkmingai taikomas statant/rekonstruojant įvairaus tipo geležinkelio tiltus, taip pat jis gali būti adaptuotas statant/rekonstruojant kitiems susisiekimo komunikacijų statiniams.

LITERATŪRA

Knygos:

1. JUODIS, Arvydas. *STATYBA EUROPOJE*. Kaunas: Technologija, 2001. ISBN 9955-09-110-X.
2. JUODIS, Arvydas. *Statybos procesų matematinis modeliavimas ir optimizavimas*. Kaunas: Technologija, 2005. ISBN 9955-09-781-7.
3. ZAVADSKAS, E. K., L. Simanauskas, A. Kaklauskas. *Sprendimų paramos sistemos statyboje: monografija*. Vilnius: „Technika“, 1999. ISBN: 998605382X.
4. ZAVADSKAS, E. K., A. Kaklauskas. *Pastatų sistemotechninis įvertinimas*. Vilnius: „Technika“, 1996. ISBN 9986-05-282-3.
5. ZAVADSKAS, E. K., A. Kaklauskas, N. Banaitienė. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė*. Vilnius: „Technika“, 2001. ISBN 9986-05-441-9.

El. knyga:

6. FENG, Maorun. *Modern bridges in China*. China, 2013 [Interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-04]. Prieiga per: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15732479.2013.769608?needAccess=true>
7. GAILIENĖ Inesa. *Geležinkelių valdymas ir eismo organizavimas* [Interaktyvus]. Vilnius „Technika“ 2014. [žiūrėta 2017-11-04]. Prieiga per: <http://www.ebooks.vgtu.lt/cpdownloadpdf/geleinkeli-valdymas-ir-eismo-organizavimas>
8. JUOZAPAITIS, Algirdas. *METALINIAI PĖSČIŪJŲ TILTAI. 1 DALIS*. Vilnius „Technika“, 2007. [žiūrėta 2017-11-20]. Prieiga per: <http://www.ebooks.vgtu.lt/cpdownloadpdf/metaliniai-psij-tiltai-1-dalis>
9. NOTKUS, Algirdas Jonas. *Tiltų projektavimo pagrindai* [Interaktyvus]. Vilnius „Technika“ 2010. [žiūrėta 2017-11-04]. Prieiga per: <http://www.ebooks.vgtu.lt/pdfreader/tilt-projektavimo-pagrindai/21/tilt%C5%B3>
10. ŠARKA, Vaidotas. *Sprendimų paramos sistema statyboje taikant daugiakriterinius sintezės metodus* [Interaktyvus]. Vilnius „Technika“ 2008. [žiūrėta 2017-11-04]. Prieiga per: <http://www.ebooks.vgtu.lt/cpdownloadpdf/sprendim-paramos-sistema-statyboje-taikant-daugiakriterinius-sintezis-metodus>
11. ZAVADSKAS E. K., P. Mikšta, R. Sakalauskas, J. R. Šimkus, L. Ustinovičius. *Statybos organizavimas*. Vilnius „Technika“, 2009. [žiūrėta 2017-11-20]. Prieiga per: <http://www.ebooks.vgtu.lt/product/statybos-organizavimas>

Straipsnis spausdintame šaltinyje:

12. BALTRUKĖNAITĖ, Inga, R. Janušaitis. Pažangioji statyba. Konferencijos pranešimų medžiaga. *Tiltų statybos technologijų modeliavimo ir optimizavimo sprendimų sistemos techninis įvertinimas*. 2005, 206-212. ISBN 9955-09-851-1.

13. BIELSKYTĖ, K., A. Andriukevič, R. Miniotaitė. STATYBA IR ARCHITEKTŪRA. Jaunųjų mokslininkų konferencijos pranešimų medžiaga. *Pralaidų įrengimo kelyje Žarėnai – Kegai alternatyvių sprendimų analizė*. 2012, 104-110. ISBN 978-609-02-9756-7.

14. GURSKIS, V., Juodis J., Skominas, R. Pažangioji statyba. Konferencijos pranešimų medžiaga. *Mažų gelžbetoninių tiltų Kauno rajone būklės tyrimai*. 2004, 30-36. ISBN 9955-09-632-2.

15. LAZAUSKAS, Remigijus ir kt. Technologijos ir menas. *Sunkiasvorių didžiagabaričių krovinių vežimo įtakos plieninio tilto įlinkiui skaičiavimo prielaidos*. 2011, t. 2, 61-65. ISSN 2029-400X.

Straipsnis elektroniniame šaltinyje:

16. GIRMSHEID, G., *Innovative Strategien für Bau-KMU*. Schweizer Bauwirtschaft. [žiūrėta 2017-11-04]. Prieiga per: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446190600790629>.

Standartai:

17. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ DIREKCIJA PRIE SUSISIEKIMO MINISTERIJOS. *TILTŲ TECHNINĖS PRIEŽIŪROS TAISYKLĖS TTPT 10*. 2010 m. gruodžio 7 d. Nr. V-402, Vilnius [Interaktyvus]. [žiūrėtas 2017-10-16]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalActPrint?documentId=TAR.456A9986BEB5>

18. VALSTYBINĖ TERITORIJŲ PLANAVIMO IR STATYBOS INSPEKCIJA PRIE APLINKOS MINISTERIJOS. *STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“*. 2016 m. spalio 27 d. Nr. D1-713, Vilnius [Interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-13]. Prieiga per: <http://www.vtpsi.lt/node/3153>

19. VALSTYBINĖ TERITORIJŲ PLANAVIMO IR STATYBOS INSPEKCIJA PRIE APLINKOS MINISTERIJOS. *Statybos techninių reikalavimų reglamentas STR 2.06.02:2001 „Tiltai ir tuneliai. Bendrieji reikalavimai“*. 2001m. birželio 15 d. Nr. 319, Vilnius [Interaktyvus]. [žiūrėta 2017-10-13]. Prieiga per: <http://www.vtpsi.lt/node/3197>

Interneto šaltiniai:

20. <http://o.noyon.free.fr/anglais/docs/crappier-vautrin/currentinfluence.htm>

21. <https://structurae.net/structures/quebec-bridge-1919/photos>

22. <http://viacon.pl/en/realizacje-supercor>

23. <http://www.paintsquare.com/news/?fuseaction=view&id=16110>
24. <http://losziemi.pl/usa-zawalil-sie-most-kolejowy-w-stanie-new-jersey-grozny-chlorek-winyly-trafil-do-rzeki-zrodla-wody-dla-17-mln-ludzi>
25. <http://www.materialsperformance.com/articles/coating-linings/2016/01/new-mexicos-iconic-steel-bridge-turns-50>
26. <http://acrow.com/products-services/bridges/details/>
27. <http://viacon.pl/en/download>
28. http://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/Eismo_intensyvumas/vmpei_kitimas_2000-2016.pdf
29. http://bestbridge.net/Asia_en/runyang-bridge.html

PRIEDAI

1 priedas. Anketa Nr. 1

Šios anketos tikslas yra nustatyti geležinkelio tilto rekonstrukcijos technologijos racionalumą apibūdinančių rodiklių reikšmingumą. Surinkti duomenys bus apdorojami ir panaudoti racionalios technologijos nustatymui.

Prašau užpildyti žemiau pateiktą lentelę įrašant atitinkamas vertes. Vertinama sekančiai: svarbiausiam rodikliui suteikiama 5 balų reikšmė, mažiausiai svarbiam – 1 balo reikšmė.

Eil. Nr.	Nagrinėjamų rodiklio pavadinimas	Rodiklio matavimo vnt.	Rodiklių reikšmė:	Įvertinimas (nuo 1 iki 5)
1.	Įrengimo kaina	EUR	minimizuoti	
2.	Ilgaamžiškumas	Balai	maksimizuoti	
3.	Įrengimo technologijos sudėtingumas	Balai	minimizuoti	
4.	Uždaryto eismo laikas	d.	minimizuoti	
5.	Estetinis vaizdas	Balai	maksimizuoti	

Vertinimo skalė nuo 1 iki 5:

- 1 – nereikšmingas rodiklis;
- 2 – mažai reikšmingas rodiklis;
- 3 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis;
- 4 – reikšmingas rodiklis;
- 5 – labai reikšmingas rodiklis.

2 priedas. Anketos Nr. 1 apklausos rezultatai

Ekspertas	Rodiklio reikšmingumo vertinimas				
	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>
1	5	2	3	4	1
2	4	5	2	3	1
3	4	3	2	5	1
4	3	1	5	4	2
5	5	4	3	2	1
6	4	5	2	3	1
7	4	3	2	5	1
8	5	3	2	4	1
9	5	4	3	2	1
10	4	5	2	3	1
11	4	3	2	5	1
12	5	3	2	4	1
13	5	4	3	2	1
14	4	5	2	3	1
15	5	3	2	4	1
16	5	3	2	4	1
17	5	4	3	2	1
18	4	5	2	3	1
19	4	3	2	5	1
20	5	3	2	4	1
21	5	4	3	2	1
22	5	4	2	3	1
23	4	3	2	5	1
24	3	1	5	4	2
25	5	4	3	2	1
26	4	5	2	3	1
27	4	3	2	5	1
28	5	1	3	4	2

X1 – įrengimo kaina; EUR;

X2 – ilgaamžiškumas; balai;

X3 – įrengimo technologijos sudėtingumas; balai

X4 – uždaryto eismo laikas; d.

X5 – estetinis vaizdas; balai