



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT

BMS2 ANALÜÜS KOV SILDADEL

BMS2 ANALYSIS ON LOCAL AUTHORITY BRIDGES MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Alar Kupp

Üliõpilaskood 192294EAXM

Juhendaja: Sander Sein

Tallinn 2022

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"30" mai 2022

Autor: Alar Kupp

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"30" mai 2022

Juhendaja: Sander Sein

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

".....".....2022 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, **Alar Kupp**, sünnikuupäev 23.05.1995

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **BMS2 ANALÜÜS KOV SILDADEL**,

mille juhendaja on Sander Sein

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

/allkirjastatud digitaalselt/

30.05.2022

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loominguulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Alar Kupp, 192294EAXM

Õppekava, peeriala: EAXM15/15, Hooned ja rajatised, Sillaehitus

Juhendaja: Lektor, Sander Sein

Lõputöö teema:

(eesti keeles) BMS2 ANALÜÜS KOV SILDADEL

(inglise keeles) BMS2 ANALYSIS ON LOCAL AUTHORITY BRIDGES

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tutvustada sildade haldamise põhimõtteid ning BMS-i (sillahaldussüsteemi) arengut. Hinnata autori poolt valitud Kuusalu vallas asuvate sildade hetke seisukorda visuaalse vaatluse põhjal ning arvutada tehnilised näitajad seisukorra illustreerimiseks.
2. Testida Teede Tehnokeskuse poolt arendatavat sillahaldussüsteemi BMS2.
3. Analüüsida ning lisada parendusettepanekud BMS2 edasi arendamiseks.
4. Võrrelda BMS2 saadud tulemusi koostatud seisukorra hinnangutega (3 ptk).

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Andmete kogumine, teoreetilise osa kirjutamine, sildade ülevaatuste tegemine	18.04.2022
2.	Töö 75% valmis, süsteemi analüüsi koostamine, kaitsmistaotluse tegemine	09.05.2022
3.	Valmis töö esitamine retsenseerimiseks	25.05.2022

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 30 mai 2022. a

Üliõpilane: Alar Kupp */digitaalselt allkirjastatud/* "30"mai 2022. a

Juhendaja: Sander Sein */digitaalselt allkirjastatud/* "30"mai 2022. a

Programmijuht: Simo Ilomets..... ".....".....2022. a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöörde!

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU.....	8
SISSEJUHATUS	9
1 SILDADE HALDAMINE NING SELLE ARENG.....	10
1.1 Töö lähteandmed.....	11
1.2 Töö eesmärgid ja ülesehitus.....	11
2 SILLAHALDUSSÜSTEEM BMS.....	12
2.1 BMS Eestis	13
2.2 BMS-i struktuur ja sisendid	14
2.2.1 Pontis tarkvara.....	15
2.3 SI indeks.....	17
2.3.1 Indeksi arvutamine.....	18
3 KOV SILDADE ÜLEVAATUSED	20
3.1 Olemasolevate sildade seisukord	20
3.1.1 Batoon.....	20
3.1.2 Teras	22
3.1.3 Puit	22
3.1.4 Müüritis.....	22
3.1.5 SI indeks.....	23
3.1.6 Toimivus	27
3.2 Hinnang haldamisele.....	31
4 BMS2 TESTIMINE	33
4.1 Testimise ülevaade	33
4.2 BMS2 andmete kogumine	34
4.2.1 Nutitelefoniga	35
4.2.2 Arvutiga andmete sisestamine	38
5 SÜSTEEMI ANALÜÜS JA PARENDUSETTEPANEKUD	40

5.1 Ülevaatusete andmete kasutamine	40
5.2 BMS2 SI võrdlus ja analüüs	44
5.2.1 Sild Raudoja-Kosu teel	44
5.2.2 Kolga kergteesild.....	46
5.2.3 Meeka tee sild.....	47
5.2.4 Kiiu nn inglil sild.....	49
5.2.5 Nõmmeveski sild	50
5.2.6 Joaveski rippsild.....	52
5.2.7 Joaveski sild	53
5.3 Parendusettepanekud	54
KOKKUVÕTE	57
SUMMARY.....	58
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	60

EESSÕNA

Käesolev lõputöö idee kujunes läbi selle, et töö autor on pärit Kuusalu vallast ning autoril oli huvi uurida kohalike omavalitsuste juhuslike sildade seisukorda, hinnata olemasolevaid haldamispõhimõtteid ning lõputöö juhendajaga arutelu käigus jõuti arusaamale, et neid kõike eelnevat uurides saaksime rakendada selle ka Teede Tehnokeskuse poolt arendatavasse BMS2 sillahaldussüsteemi. Töö autori põhiline eesmärk oli testida valitud KOV sildadel arendatavat süsteemi BMS2 ning seda seejärel tutvustada ja analüüsida. Sillad valiti töös võimalikult erineva tüübi ja materjali järgi, et analüüsis tekiks täpsem tagasiside BMS2 toimivuse kohta ning autor saaks anda edasisi ideid süsteemi arengu võimalusteks ja probleemsed kohad eristuksid selgelt.

Rajatiste seisukorra tähtsust on hakatud üha enam hindama. Valdavalt on see seotud sellega, et varasemalt puudusid täpsed sisendid seisukorra hinnangu teostamiseks ning nende andmete analüüsimiseks. Raskemaks on selle muutnud asjaolu, et sillad on oma tüübilt-materjalilt erinevad ning see nõuab detailsemat lähenemist. Lisaks puuduvad valdavalt kohalikel omavalitsustel ülevaade sildade seisukorrast, teadmised nendega seonduvate haldamisprotsesside kohta ja teatud juhtudel üldse ka asukohtadest. Kuna sildade hulk Eestis on üpris kõrge ning ressursid nende hooldamiseks piiratud, siis on raske kogu sillaparki hallata ja edasisi tegevusi kavandada. BMS2 üks eesmärkidest on kõik silla kaardistada ning talletada need kindlalt ühte andmebaasi mida siis silla omanik vajadusel saab jälgida ning edasisi toiminguid planeerida. Kui Transpordiameti hallatavate sildade kohta on teostatud ülevaatuseid, süsteemi edasi arendatud ning koostatud erinevaid prognoose jätkusuutlikkuse tagamiseks ca 15 aastat, siis valdade tasandil on see pigem jäänud unarusse ning konkreetseid meetodeid väljatöötatud pole. BMS2 üks eesmärkidest on luua terviklik sillahaldussüsteem, kus on kajastatud ning talletatud info kogu Eesti olemasolevate sildade kohta.

Lõputöö autor tänab juhendajat Sander Seina väga hea juhendamise ja abivalmiduse eest kogu lõputöö vältel. Lisaks tahab autor tänada Teede Tehnokeskust, kes andsid võimaluse BMS2 süsteemi testida ning pidevalt jagasid asjakohast informatsiooni töö vältel.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

BMS (Bridge management system) - silla haldussüsteem

SI – silla seisundiindeks

KOV- kohalik omavalitsus

BMS2 – Teede Tehnokeskuse poolt arendatav silahaldussüsteem

SISSEJUHATUS

Aasta-aastalt suurenev liikluseosakaal, koosseis ning teedel rakendatavad seisundinõuded on tõstnud sildade seisukorra ja jätkusuutlikkuse teadlikkuse varasemast väga kõrgele tasemele. Põhjendatult on varasemast suurem teadlikkus seotud sellega, et sildade seisukord halveneb aastatega ning ilma hooldetegevuseta ei ole võimalik tagada rajatiste seisukorda millega oleks tagatud liiklejate ohutus ning omanike rahulolu. Suur roll seisukorra ja hooldetegevuse teadlikkuses on ka uute sildade ehitamisel ning vanade uuendamisel, seda seetõttu, et kõik uued või uuendatavad rajatised eeldavad erinevaid hooldamisviise tänu sildade eripäradel või konstruktsiooni toimivuse põhimõtete tõttu. Kuna sildade arv on suur (k.a tüübilt erinevad), kasinad rahalised võimalused ning täpselt ei teata millal tuleks millisele sillale hooldamisega tähelepanu pöörata, siis on vajadus kaardistada kõik sillad ja neid hallata tuginedes silla haldussüsteemile mis omakorda tugineb kindlal raamistikul ning põhimõtetel.

Käesoleva töö eesmärgiks on testida ja analüüsida Teede Tehnokeskuse poolt arendatavat silla haldussüsteemi BMS2. Töös on rakendatud erinevate valdade 7 silda, millede hoolde- ja remondivajadust organiseerivad omavalitsused ise. Kuna omavalitsuste tasandil üldiselt puudub väljakujunenud haldussüsteemid, siis on sellise töö eesmärk ka analüüsida millises seisukorras on ühe valla sillad ning see annaks sisendi BMS-i efektiivsemaks ning asjakohasemaks muutmiseks. Siinkohal võib tõstatada küsimuse, et miks pole väljakujunenud ühtset süsteemi, mis toimiks nii Transpordiameti kui ka omavalitsuste haldusaladesse jäävate sildade puhul. Töö autori arvates on see seotud sellega, et sillad on oma tüübilt juba erinevad, liiklussagedused on piirkonniti teised ning hooldevajaduse üle otsustava inseneri mõtteviis on sillatüübiti erinev - sellel kõigel on suur roll haldussüsteemi väljakujunemisel.

Töös testitava ja analüüsitava BMS2 põhimõtte seisneks selles, et kaardistada kõik riiklikud silla, koguda ja talletada teavet olemasolevate sildade seisukorra kohta ning kasutades analüüsitud andmeid realiseerida vastavad toimingud/meetmed järgnevate parendustegevustega seotud ülesannete täitmiseks. Üldiselt on kasutatud seisukorrahindamisel esmalt visuaalset ülevaatus, millele tuginedes on võimalik hinnata konstruktsiooni toimivust. Käesolevas töös analüüsitav BMS2 on hetkel töötatud välja visuaalse vaatluse põhimõttel, et hinnata üleüldist seiskorda (k.a elementide tasandil) ning vastavalt kavandada järgnevaid uuringuid või rakendada hooldetegevust seisukorra parandamiseks.

1 SILDADE HALDAMINE NING SELLE ARENG

Sildade haldamine on Eestis veel hetke ajajärgus küllaltki nõrgal tasemel. Kuna sillad on rajatise mis puutuvad pidevalt kokku liikluskoormustega ning loodusjõududega siis on nende toimivus halvenemine pika aja perspektiivis ka põhjendatud. Tagamaks sildade jätkusuutlikkust, tuleb nende üle aruandlust pidada ning vastavalt vajadusele rakendada hooldus põhimõtteid. Eestis on hakati silde kaardistama ja jälgima ca 15 aastat tagasi ning kuna tänaseni pole väljakujunenud ühtset süsteemi mis tagaks sihi- ja otstarbeka haldamise erinevates piirkondades k.a sillatüüpide puhul, siis on kogu süsteem küllaltki nõrgal tasemel. Ühese süsteemi puudumise haldamises võib põhjuseks tuua selle, et kuna viimastel aastatel on uusi silde renoveeritud- ja uuendatud üpriski suures kogus, siis on raske olnud eristada seda millistel alustel ning põhimõtetel tuleks erinevat tüüpi rajatise hinnata ning hooldada võrreldes vanade lagunenenud sildadega. Võimalik, et sellise ühtse süsteemi puudumine on jäänud teatud määral ka rahalise võimekuse hätta ning samuti teadmatuses kuidas optimaalselt jaotada hoolduseks ja korrashoiuks mõeldud eelarvet. Autori arvates kasvab sildade korrashoiu teadlikkus aastatega ning kindlasti on suur roll selles ka olemasolevate sildade rekonstrueerimisel mis peaks anda mõningase eelise vanade sildade haldamises. Uuenduskuuri läbinud sildade eelis on see, et võimalik paremini järelevalvet pidada uute materjalide toimivuse üle ning algandmed hoolduse läbiviimiseks on põhjalikumad-projektdokumentatsioon on olemas iga projekti kohta.

Sillad on insener-tehnilised rajatise millede eesmärk on tagada liiklejatele ohutu ning otstarbekas takistuste ületamise võimalus. Käesolevas töös on kasutatud terminit „sillad“ mis tegelikult jaguneb kaheks: sild on rajatis mille eesmärgiks tagada veekogu ületamise võimalus ning viadukt mis tagab liiklejatele võimalus ületada maismaa objekte. Sillad on tänapäeval oma olemuselt juba projekteeritud võimalikud optimaalsed ja seda seejuures arvestatud, et nende eluiga peaks olema 100 aastat. Kui mõelda sellele, et sillad on lahendustes esitatud väga optimaalsena, siis kas on võimalik tagada ühe rajatise eluiga ilma hooldamata? Raske on seda ettekujutada kuna optimaalsus seisneb just selle, et ei konstruktsioonid on oma olemuselt väga õhukesed ning vastuvõtlikud erinevatele loodusnähtustele ja koormustele.

Kuna sildade osakaal Eestis on üpris suur, siis selge on see, et neid rajatise ei jõua järjepidevalt uurida ning analüüsida. Selleks ongi mõeldud haldussüsteem, mis arvestab seda, et sildade ülevaatuseid teostatakse teatud perioodi tagant ning kindel süsteem aitab teatud ajahetkel langetada otsuse edasiste toimingute kohta - tagamaks rajatise jätkusuutlikkust.

1.1 Töö lähteandmed

Töös on kasutatud lähteandmetena BMS2 süsteemi ning Teede Tehnokeskuse poolt edastatud juhiseid selle kasutamiseks. Kuna autoril puudus varasema kokkupuude BMS2-ga, siis tuli alustuseks võimalikult palju infot koguda süsteemi arendajatelt ning koos sellega teostada olemasolevate sildade seisukorra hinnang, kõik sillad kaardistada ning koostas nendele ka ülevaatused (kvalitatiivne lähenemine) ning seisukorra hinnangud.

Töös on koostatud 7 silla ülevaatused. Tüübilt on valdavalt esindatud talasillad, puit tekiplaadiga. 4 silda on mõeldud sõidukitele ning 3 kergteesilda kergliiklejatele.

1.2 Töö eesmärgid ja ülesehitus

Töös on esitatud ja püstitatud erineva suunitluse- ja sisuga eesmärke. Valdavalt on need eesmärgid seotud BMS2 testimise ja analüüsiga ning iga töös esitatud etapp toetab teist - see tähendab, et töö on ehitatud üles etapiti mille lõpus võetakse tervik kokku. Järgnevalt on väljatootud põhilised eesmärgid mida koostamisel on järgitud ning mille ülesehitusele on töös ka rõhutatud:

1. Esimeses osas on eesmärgiks tutvustada sildade haldamise põhimõtteid ning BMS-i arengut. Kuidas on BMS ajaga muutunud ning millises suunas on haldamissüsteemide areng liikunud. Lisaks on autori poolt koostatud valitud 7 silla seisukorrahinnangud ning mis sisaldab sealhulgas toimivust ning SI-indeksit. Seisukorrahinnangud on koostatud visuaalse vaatluse põhjal.
2. Teises osas on kirjeldatud BMS2 süsteemi ning meetodeid kuidas töö autor seda testis ning kelle seisukohast.
3. Kolmandas osas on kirjeldatud BMS2 analüüs, mille koostamisel autor tugines käesoleva töö raames teostatud testidel valitud KOV sildadel. Näiteks kirjeldatakse: probleeme mis võivad kasutamisel tekkida, mida võiks see süsteem veel sisaldada ning kuidas teha BMS2 arusaadavaks kõigile osapooltele. Lisaks on antud edasi autori poolt soovitusel BMS2 edasi arenduseks.

2 SILLAHALDUSSÜSTEEM BMS

Sillahaldussüsteem käsitleb kõiki tegevusi terve elukaare vältel projekteerimisest konstruktsiooni ümberehitamiseni ja selle eesmärk on tagada ohutus ning funktsionaalsus. OECD aruanne sildade haldamise kohta määratleb sillahaldussüsteemi kui töövahendit mille ülesanne on aidata maanteede ja sildade agentuuridel valida optimaalseid täiustusi seoses sillavõrguga ning mis on kooskõlas agentuuri poliitikaga, pikaajaliste eesmärkidega ja eelarvepiirangutega. " See nõuab tegevusi nagu sildade regulaarset ja pidevat kontrolli ning nõuetekohase seisunditaseme saavutamiseks tehtaks vajalikud mahus hooldust terve eluea vältel ning dokumenteeritaks kogu kontrolli käigus saadud informatsioon. Selle teostamiseks on tarvis koguda ainult täpset ja vajalikku informatsiooni ning see peab olema kergesti kättesaadav. Varasemalt on selline informatsioon käsitsi. Selline lähenemine on küll aksepteeritav, kuid sellel on ka omad miinused. Nagu näiteks andmete vähenenud turvalisus, sisestamise raskused, probleeme raskem tuvastada ning transpordivõrdu erinevate komponentide vahelised sidemed on vähem nähtavad ning tuvastatavad. Sillapargi suurenemine ning personaalsete arvutite tulek on viinud tõdemuseni kus arendada tuleb automaatseid süsteeme mis haldavad sildadega seonduvat infot. [1]

Eialgu BMS koosnes enamast kui ainult tavaline sildadega seonud informatsioon nagu näiteks: vanus, omanik jne.. . Seejärel töötati BMS välja selliselt, et see hõlmaks kontrollide ajakavasid ning kontrollide ja parandustöödest tulenevate andmete säilitamist. Järgnevalt seati sildade võrgustiku haldamine esikohale selliselt, et kõige rohkem parandamist vajanud sillad remonditi esmalt. Viimastel aastatel on kasvanud hooldust vajavate sildade arv, mis omakorda on vähendanud avalikke kulutusi. See on muutnud hädavajalikuks hindama ka sildade hooldust majanduslikus mõistes. Majanduslikud hinnangud on koostatud läbi hooldustööde kulude ja tulude võrdluse. Arvutitarkvarade kasutuselevõtt on aidanud tasuvusanalüüsi põhjal prioriteerida hoolduse vajalikkust. Kulude-tulude analüüsis alternatiivsete hoolduskulude võrdlemine, tuleb arvestada ka järgnevate teguritega: liiklusummikutega kaasnevad kulud, sildade halvenemise kiirus, remonditud sildade eluiga, raha ajaline väärtus ning teatud toimingutest saadav kasu (näiteks silla laiendamine). Kui arvestada selliste tegurite mõju optimaalse sillahoolduskava koostamisel, siis on võimalik saavutada kava mis on pikas perspektiivis minimaalsete kuludega. [1]

2.1 BMS Eestis

Transpordiametil on hetkel olemas töötav sildade registritaseme haldussüsteem. Süsteemi juurde kuuluvad regulaarsed ülevaatused, kus sillakonstruktsioonide seisukorda hinnatakse konstruktsiooniosade liikide kaupa ja antakse üldhinnang ka sillale endale. Süsteem on remont-orienteeritud ja lühiajaline, kuna infotöötlus praegusel tasemel ei võimalda infot piisavas mahus analüüsida ja tööde planeerimisel pikemaajalisi kriteeriume seada. [2]

Sildade haldussüsteemi BMS (Bridge Management System) kasutamise võimalusi hakati Eestis tõsisemalt uurima alates 1998. aastast, mil valmis Hillar Variku magistritöö "Sillatööde planeerimissüsteem" [3]. Pärast seda koostati 2000. aastal Raul Vibo magistritöö "Sildade halduse probleemid ja haldussüsteemid" [4]. Mõlemas magistritöös uuriti mujal maailmas kasutatavaid BMS süsteeme ja arvutitarkvara, mis aitab neid süsteeme eesmärgipäraselt hallata. Nendes töödes jõuti järeldusele, et kaasajal on võimalik suurt sillavõrku efektiivselt hallata ja majandada kui: [2]

- andmeid aitab hallata ja analüüsida arvutisüsteem;
- toimib efektiivne sildade ülevaatusete kord;
- on loodud ning toimib arvutisüsteemi teenindav ja ülevaatusi korraldav organisatsioon.

AS Teede Tehnokeskus alustas kaasaegse BMSi arendamist 2002. a. BMSi tarkvaraks osteti USA-s väljatöötatud programm Pontis, mille Euroopa Komisjoni poolt 2001. a läbi viidud uurimus BRIME tunnistas Pontise üheks maailma enamarenenud sillavõrgu haldamise programmiks. 2004. a koostati Transpordiameti tellimusel AS Teede Tehnokeskuse PMS-grupi poolt aruanne "Sildade võrgutasandi analüüsil põhineva sildade haldussüsteemi BMS juurutamine Eestis" [5]. See oli järjestuses teine Pontis-tarkvaraga koostatud sildade remondivajaduse määratlus Eestis. Varasemalt oli ainult 2003 aasta kevadel koostöös Harju Teedevalitsusega tehtud 45 Harju maakonna põhimaanteedel asuva silla ülevaatus ja kogutud andmeid analüüsitud Pontis tarkvaraga. 2004. aasta kevadel ja suvel tehtud sildade ülevaatus ning analüüs hõlmas 100 kõige halvemas seisukorras olevat riigimaanteedel silda. Iga teedevalitsus koostas ja esitas oma piirkonnas remonti vajavate sildade nimekirja ning Transpordiamet komplekteeris olenevalt antud teedevalitsuse sildade koguarvust lõppnimekirja, milles sisaldus 100 silda. Sildade ülevaatusi teostasid koos kohaliku teedevalitsuse esindajaga ka AS Teede Tehnokeskuse spetsialist. [2]

2.2 BMS-i struktuur ja sisendid

Kõige täpsem ja asjakohasem BMS-i struktuur kogu sillapargi haldamiseks on väga komplitseeritud küsimus ning sellises struktuuris on suur hulk erinevaid faktoreid mis kõik mõjutada BMS-i-raamistiku toimivust ja sobivust. Näitena võib siinkohal faktoritest välja tuua: [1]

- Konstruktsiooni seisukorra analüüs;
- Kandevõime;
- Konstruktsiooni halvenemise kiirus;
- Võimalikud hetke parendus tegevused ning nende efektiivsus, eluiga ning maksumus;
- Liikluskorralduslikud kulud mis on seotud sildade haldamisega;
- Liiklusvoogude ja ummikutega seotud kulutused;
- Diskontomäär tänapäeva vääringus;
- Mõju ohutusele ja liiklusvoogudele kui vajalikke töid ei rakendata kohe;
- Majanduslikud ning sotsiaalsed tegurid.

Järgnevalt on väljatoodud BMS-i - raamistiku üldine ülessehitus. Iga element sellest kirjeldab BMS-i ühte kindlat osa. Ülessehitus on järgmine: [1]

1. Sildade koosseis;
2. Sildade seisundi hindamine;
3. Konstruktsiooni elementide hindamine;
4. Hooldus valikute võrdlemine;
5. Optimaalne hoolduse programm;
6. Prioriteetne hoolduse programm.

Raamistikus saab eristada kahte tasandit, projekti- ning võrgu tasand. Projektitasandi info on seotud individuaalsete sildadega, elementide või komponentidega. Sellist tüüpi info on tähtis täpsustamiseks hoolduse nõudeid ning saamaks täpseid andmeid sildade seisukorra kohta. Võrgutasand haldab infot mis on seotud kogu sillapargiga. Sellist tüüpi info on vajalik saamaks teada kogu sillapargi keskmist seisukorda ning saada teada kas sildade üldine seisukord on paranemas või halvenemas. Võrgutasand tugineb ka sellel,

et see annab rahalise vajaduse ettekujutuse kogu sillapargi hooldamiseks, selleks et saavutada sildadel aksepteeritav seisukord. Hindamaks raamistikku efektiivsust, selles peaks olema raamistikul võrdlusväärtused. Selleks võivad olla: [1]

- Keskmise sildade seisukord;
- Sildade asendamise määr;
- Sildade osakaal mis on seotud tiheda liiklusega;
- Liiklejate häirimine eri aegadel liikluspiirangutes tulenevalt.

Projektitasand on jätk võrgutasandile. See tähendab, et kui võrgutasandil tuvastatakse mõne silla kehvem seisukorda, siis projektitasandil tuleks seda defekti täpsemalt uurida ning kasutades selleks mitte visuaalselt ülevaatus. Võrgutasandil raamistik haldab üleüldiselt sildade seisukorda ning annab suunitlused järgnevate toimingute vajaduse kohta, seda siis juba projektitasandil mis omakorda nõuab juba ka kvantitatiivset lähenemist.

2.2.1 Pontis tarkvara

Pontis-tarkvara koosneb sildade registri moodulist kui ka sillavõrgu analüüsi moodulist. Sildade registri moodul sisaldab sildade üldandmeid (gabariidid, ehitusaasta, liiklusandmed, asukoht jne) ja ülevaatuselt kogutud andmeid (defektide kirjeldus, fotod jne). Läbi analüüsi mooduli toimub lähteandmete sisestamine (sildadele esitatavad nõuded, kahjustusmudelid, eelarved, ühikhinnad jm) ja remondinimekirjade koostamine. Hetkel olukorra kehtivas sildade ülevaatuses süsteemis toimub silla seisunditaseme hindamine elemendigruppide kaupa (määratakse seisundi üldhinne 1, 2, 3 või 4) ning võimalust hinnata üksikuid elemente pole (nt 5 r/b T-tala seisundis 3 ja 3 r/b T-tala seisundis 2). Pontises on sillad jagatud elementideks (nt sild koosneb 8-st T-talast pikkusega 15 m, 5-st postsambast kõrgusega 3m jne.). Iga elemendile saab määrata vastava seisunditaseme ning elemendi seisundile vajaliku remonttöö hinna (nt seisundis 3 T-tala remont läheb maksma x krooni ja seisundis 4 T-tala väljavahetus y krooni). BMSis tehakse sildade ehitamise, remontimise, laiendamise, tugevdamise ja asendamise otsuseid, võttes aluseks andmed nii sildade seisundi kui ka liikluse kohta. See süsteem põhineb võrgutasandi analüüsil, kus eesmärgiks on nii omaniku ja samuti kasutajate kulude optimeerimine silla elutsükli (või teenindusaja) jooksul. BMS lihtsustab sildade remondi planeerimist ja eelarve koostamist, kombineerides majandusliku ja tehnilise analüüsi meetodeid hetkevõimalustest lähtudes. Pontis-programmiga on sillatööde kavandamisel võimalik koostada "ideaalplaan", kus saab esitada vajaliku finantseerimise taseme. Saadud "ideaalplaani" saab võrrelda

“reaalsete” võimalustega, et kindlaks teha alafinantseerimise ulatust. Seda teades on jällegi võimalik esitada taotlusi finantseerimismahtude suurendamiseks. Samuti on võimalik sildade remondiplaane koostada erinevate eelarvemahtude jaoks, kus sildade remondinimekirja lülitamine või sellest väljajätmine toimub maksumuse ja kasu optimaalset suhet silmas pidades. [2]

Kahjustusmudeleid kasutatakse Pontises selleks, et prognoosida sillavõrgu seisundi ajas muutumist. Iga sillaelemendi tüübi jaoks (r/b tala, värvitud käsipuu jne) on Pontises olemas oma kahjustusmudel. Näiteks raudbetoonsillateki puhul: kui on sillavõrgus inspekteerimise ajal 10 000 m² dekist seisundis 1, siis aasta pärast on selles sisundis 80% silladekist, 20% liigub aga seisundisse 2. Kuna Eestis pole varasematel aastatel elementide tasemel sillaülevaatusi toimunud, siis puuduvad ka andmed kahjustuste arenemise kiirusest. Seni, kuni vajalik andmebaas kahjustuste arenemisest välja areneb, on Pontises võimalik valida antud piirkonna kohta sobiv kahjustusmudel. [2]

Sildade ülevaatuseid tehakse Pontises elementide tasemel ja seetõttu tuleb igale elemendile ning elemendi seisunditasemele määrata ühikhind ja võimalikud tegevused. Näiteks kui 100 ruutmeetrist r/b silladekist on 10% seisundis 3 ja ülejäänud seisundis 1, siis on võimalik määrata vastava töö ja ühikhinna seisundi 3 jaoks. [2]

Pontis rakendab liiklussagedusi maantee klassi määramisel. Kui on Pontisele teada maantee klass, siis võrdleb Pontis vastavale maanteeklassile esitatavaid nõudeid olemasoleva silla parameetritega. Pontis arvestab ka liiklussageduse kasvu. Kuna tegemist on võrgutasandi analüüsiga, siis ei ole otstarbekas prognoosida liiklussageduse kasvuprotsenti iga silla kohta eraldi (puuduvad andmed liiklussageduse kasvu kohta igal lõigul/sillal), vaid kaasata liiklussageduse kasvuks kogu maanteevõrgu kohta mingi keskmine väärtus. Selline lähenemine ei mõjuta eriti lõpptulemust, sellel põhjusel et maantee klassi määramisel on antud suured üleminekuvahemikud, näiteks IV klass 200–1500 a/ööp. ja III klass 1000–4000 a/ööp. ning täpsustavad liiklusuuringud tehakse juba siis, kui sild on jõudnud projekti staadiumisse. Pontises on liiklussageduse kasvuks kümne aasta perspektiivis arvestatud 5,2% aastas ehk viimase nelja aasta põhi- ja tugimaanteede liiklussageduse kasvu keskmine. [2]

Võrdlemaks omavahel erinevate sildade füüsilist seisundit, kasutatakse Pontises seisundiindeksit SI, mis 0–100 % skaalal näitab antud silla füüsilist seisundit (indeks ei arvesta silla gabariite ja kandevõime piiranguid). Selle indeksi järgi saab jälgida ka kogu sillavõrgu seisundi muutust erinevatel aastatel ning võrrelda omavahel erinevate maakondade (teedevalitsuste) sildade seisukorda. [2]

Pontis koostab sildade pingeridasid, kasutades selleks sildade füüsilisest seisundit ja liiklustingimusi konkreetsel sillal. Iga silla kohta eraldi arvutab Pontis 3 tasuvustegurit: – seisundi tasuvustegur – liikluse tasuvustegur – seisund ja liiklus summeerituna. Silla füüsilise seisundi tasuvusteguri tulemuse saamiseks arvutab programm esmalt iga elemendigrupi remontimisest/asendamisest saadava tasuvusteguri ning hiljem lõpliku tasuvusteguri kogu sillale. Elemendigrupi tasuvusteguri arvutamisel võetakse arvesse järgnev: – elemendi seisundit – elemendi tähtsust sillale (nt sammaste remont on tähtsam kui koonuste remont jne). Igal elemendil on oma kaalufaktor, mis määrab ära elemendi tähtsuse teiste elementide seas ja ühiktööde hinnad. Liikluse tasuvusteguri arvutamisel võtab Pontis arvesse silla gabariiti, liiklussagedust ja lubatud kiirust sillal. Seega, mida kitsama gabariidiga (võrrelduna normidega), suurema liiklussagedusega ja lubatud kiirusega sild on, seda liiklusohtlikum ja seda suurema tasuvusteguriga see ka on. [2]

2.3 SI indeks

SI indeks on võetud kasutusele aastal 2005 ning see arvutatakse elementide seisundite ja kaalufaktorite põhjal. SI indeksite kasutatakse erinevate sildade seisundi omavaheliseks võrdlemiseks ning 0 – 100 % skaalal näitab silla füüsilist seisundit (indeks ei arvesta silla gabariitide ja kandevõime piiranguid). SI on arvutatud silla ülevaatuse käigus kogutud elementide seisundiandmete põhjal. SI järgi on võimalik jälgida kogu sillavõrgu seisundi muutust erinevatel aastatel lõikes ning võrrelda omavahel erinevate sildade seisukorda. Käesolevas töös on seisundiindeks arvutamisel kasutatud visuaalse vaatluse põhjal saadud andmeid.

Elementide seisunditasemed on järgnevad: [3]

Seisund 1 - väga hea

Elemendil puuduvad kahjustused ja kulumise tunnused. Üldine välimus on puhas ja uueväärne. Võib esineda pisipuuduseid, nagu näiteks mahukahanemispraod (alla 0,3 mm) või värvi pleekimine. Võimalik parendustegevus: hooldus.

Seisund 2 - hea

Elemendil esinevad väiksemad pinnapealsed kahjustused, esineb kulumist ja viiteid konstruktsioone kahjustavatest protsessidest. Üldine välimus on korralik, aga pinna kvaliteet ei ole uueväärne ja esineb selgeid kulumise tunnuseid. Võib esineda funktsioneerimise seisukohalt mitteolulised defekte ja väiksemaid geomeetrilisi kõrvalekaldeid. Võimalik parendustegevus: hooldus või remont.

Seisund 3 - halb

Elemendil esinevad kahjustused, mis otseselt funktsioneerimist ei mõjuta, kuid millele tuleb tähelepanu pöörata. Üldisest välimusest paistavad esile suuremad kahjustused, nagu näiteks korrosioon. Seisundit halvendavad keskkonna protsessid on hakanud elementi kahjustama. Esineb olulisi defekte jageomeetrilisi kõrvalekaldeid. Võimalik parendustegevus: remont või rekonstrueerimine.

Seisund 4 - väga halb

Elemendil esinevad kahjustused, mis avaldavad mõju selle tugevusele. Üldisest välimusest on näha, et element on amortiseerunud ja vajaks parendamist kogu ulatuses. Element ei täida oma funktsiooni, kahjustab teisi elemente või vähendab ohutust. Võimalik parendustegevus: rekonstrueerimine või ümberehitus.

2.3.1 Indeksi arvutamine

Arvutus:

Seisundi Indeksit arvutatakse ülevaatuses käigus kogutud andmete ja kaalufaktorite põhjal. Ühe elemendi seisunditase antud ajahetkel leitakse valemiga: [3]

$$Hetk = \left(S1_{kogus} * 1 + S2_{kogus} * \frac{2}{3} + S3_{kogus} * \frac{1}{3} + S4_{kogus} * 0 \right) * KF \quad (2.1) [3]$$

kus, SI_{kogus} tähendab hinnatud elemendi ühikulist mahtu igas seisundis ja KF igale elemendigrupile antud kaalufaktorit. Kaalufaktorid on Transpordiameti sillaanalüütiku poolt välja pakutud ja sillainseneride poolt kinnitatud 2017. aastal (Tabel 1). Koefitsiendid on selliselt valitud, et tähtsustada kandevelementide seisukorda.

Tabel 1. Seisundi indeksi arvutustes kasutatavad kaalufaktorid [3]

Kaalufaktori KF	Elemendigrupid
3	Sambad, vaiad, riigid, talad
2	Hüdrolatsioon, tugiosad, vuuk, tekiplaat
1	Koonused, piirded, katend, joatorud

Maksimaalselt võimalik elemendi seisunditaseme tulemus arvutatakse järgneva valemiga: [3]

$$Kogu = Kogus * KF \quad (2.2) [3]$$

kus, *Kogus* on elemendi kogumaht ühikutes Seisundi Indeks (SI) mis leitakse kõikide elementide kaalutud keskmise summana, nagu näidatud järgnevas valemis: [3]

$$SI = \frac{\sum Hetk}{\sum Kogu} * 100\% \quad (2.3) [3]$$

3 KOV SILDADE ÜLEVAATUSED

3.1 Olemasolevate sildade seisukord

Käesolevas peatükis on koostatud ülevaade valitud sildade tehnilisest seisukorrast. Kirjeldatud on põhiliste elementide seisukord, mis mõjutavad kandevõimet ning ohutust. Valdavalt on esindatud terasest talasillad puidust tekiehitusega ja betoonist talasillad. Esindatud on ka terastoru talad mis pole just standartne lahendus aga täidab põhilist eesmärki toimivuse seisukohalt. Puidust tekiplaadi lahendusega on plaat kinnitatud poltidega talade külge. Kasutusel on konstruktsioonides ka raudbetoon, seda siis T-taladena või U-taladena (karptala). Peatükkides 3.1.1 - 3.1.4 on töö autor andnud põhielementidele seisukorra hinnangu läbi visuaalse vaatluse. Lisaks on arvutatud SI-indeks ning omastatud toimivusnäidikud igale sillale eraldi - see annab täpsema seisukorra hinnangu iga elemendi kohta eraldi, üldise hinde silla seisukorrale tervikuna ning sisendiks järgmiste otsuste vastuvõtmisel.

3.1.1 Betoon

Sillad

Betoon sildadest on Kuusalu vallas esindatud Kiiul nn ingli sild, pikkus- ja laiuskraadid 59.44902, 25.385277 ning sild Raudoja-Kosu teel, pikkus- ja laiuskraadid: 59.381439, 25.443253. Raudoja-Kosu tee sild on oma konstruktsioonilt T-tala (5 kõrvuti paiknevat) ning arvutuskeemilt üheavaline lihttoestatud sild. Kiiu nn ingli sillal on kasutatud betoonist üheavalist konstruktsiooni U-taladega. Ülevaatuste käigus selgus, et mõlema silla armatuur betoonis on korrodeerunud ja kahjustus protsess on jätkuv tänu kaitsekihi puudumisele. Kuna kaitsekiht betoonil on väga varieeruv ja pigem olematu, siis paljandunud armatuuri kohtades on selgelt näha korrodeerumisprotsess ning võib eeldada roostetamist ka kaitsekihi all. Valdavalt on korrodeerumine seotud põikarmatuuriga, kuid võib oletada, et ka osa paindetsoonist olevast armatuurist on korrodeerumas. On märke, et sildadel on korduvalt uuendatud kaitsekihti, kuid armatuur on juba niivõrd korrodeerunud, siis paisumise tagajärjel see on pigem uuesti lõhkunud uuendatud kaitsekihi.

Sõidu- ja kõnnitee kate on heas seisundis, suuri defekte ei täheldatud. Probleemiks on sajuvete juhtimine üle servaprusside või piki silda mööda sillale kulgevat treppi. See on tekitanud prussidele samblike kihi või mustuse kogunemise tekiplaadi - mis muudab sajuvete juhtimist veel keerulisemaks. Kuna hetke ülevaatusel defekte külgmistel

servadel ei tuvastatud, siis võib arvata, et ajaga külgmistel servadel ka armatuur paljanduma hakkab.

Sildadel vuugid puuduvad, kuid tee on pinnatud üle vuugi asukoha. See on vähendanud küll sajuvee valgumist alumistele konstruktsioonidele kuid, üle servaprussi või mööda treppi alla valgub vesi jõuab ka teistele elementidele ning on tekitanud kaldasamba riigil ning talade tugiosad läheduses samblike tekke (niiske piirkond). Samuti puuduvad mõlemal sillal tugiosad.

Tugikoonused mõlemal sillal sisuliselt puuduvad. Külgmised koonused on umbrohu alla mattunud ning silla alla jäävat osa on talvine jää suurel määral kahjustanud. Tugikoonuste lagunemisest võib järeldada seda, et veetase on kõrgvee ajal väga kõrge ning see omakorda on oht ka raudbetoonist taladele. Kiiu inglil sillal pole tugikoonuseid autori arvates eelnevalt rajatud ning autor ei pea neid tugikoonuseid väga otstarbekaks rajada, kuid siiski kõrgveetasemel võib jõevesi tõusta kaldasambani.

Piiretel on näha kergelt korrodeerumise märke, kuid rohkem on näha roostetamist piirete kinnitusdetailidel - seda siis üle servaprussi juhitava vee tõttu. Kiiu inglil silla piirded on rajatud betoonist - kivist ja lahendus on olnud loominguiline. Piirete tõttu on sajuvee juhtimine üle servaprussi välistatud ning valdavalt koguneb vesi tekiplaadile või valgub pikisilda mööda treppi alla. Piirete seisukord on rahuldav.

Elemendid

Betoon elementidest on Kuusalu valla sildadel kasutusel valdavalt kül- ja vahesambad ja tugikoonused ning kõigil ka otsene kontakt voolava veega. Kõik betoon elemendid on rahuldavas seisukorras, nendest kehvemad on ehk tugikoonused, millel on näha jää liikumisest tulenevaid kahjustusi. Kuna olemasolevad sillad on valdavalt ilma vuukideta või vuugid on lahtised, siis on näha sammastel- ja vahesammastel samblike teket. Pikemas perspektiivis selline pidev betooni märgumine ning kuivamine kahandab betooni kvaliteeti, ajaga see võib hakata lagunema. Lisaks on tänu vuukide puudumisele betoon ka avatud sõiduteel sammastele valguvatele sooladele. Kuusalu valla sillad on konstruktsiooni põhimõtelt selliselt ehitatud või detailid niivõrd kahjustada saanud, et kõikide lahenduste puhul valgub vesi sõiduteel alumistele konstruktsioonidele. Vahesambad on rahuldavas seisukorras tänu vee pidevale survele, kaitsekiht tundub olema piisav.

3.1.2 Teras

Sillad

Valdavalt on Kuusalu valla sillad oma tüübilt terastaladega konstruktsioonid, seda nii liht- kui ka jätkuvtaladega. Kasutusel on ka talatüüpi sillad aga mitte standardsed talad vaid kasutatud on loomingulist lähenemist (nt. terastorud). Sõiduteedel olevad talad on heas seisundis, seda seetõttu, et talad on hiljuti väljavahetatud või parandatud. Kergliiklusteedel olevad talad on rahuldavad seisukorras. Näha on pinnapealset korrodeerumist, mis pigem ei ole veel kandevõime seiskohast kriitiline. Kõige kehvemas seisukorras on ehk Meeka teel asuva silla peakanduritena kasutatavad terasest torud kuid autor arvab, et ka need talad on pigem rahuldavad konditsioonis.

Elemendid

Teraselementidest on kasutusel piirded ning poldid. Poldid seda nii puittekiplaadi kinnitamiseks terasest kandetalade külge kui ka piirete kinnitamiseks. Nii nagu on terasest peakandurid on ka poltidel hea seisukord. Kuna poldid valdavalt ei ole erinevate silla tüüpide puhul kaitstud, siis on arvata, et poltide seisukord on ajas halvenev ning neid tuleb tihedamini vahetada-tagades sellega konstruktsiooni terviklik toimimine.

3.1.3 Puit

Sillad

Sildadel on puitu kasutatud tekiplaadina, valdavalt on prussi asetatud risticõidusuunaga terastalade peale ning omakorda prusside peale (sõiduauto jälg) on rajatud omakorda laudis mis teoreetiliselt peaks kaitsma alumist tekiplaadi konstruktsiooni. Puitprussid on asetatud vahedega mis tagab prusside vahel õhu ringluse. Kõik tekiplaadi moodustavad elemendid on kõikidel sildadel heas seisukorras. Esineb kohati samblike teket aga puuduvad seenkahjustused. Puidu vananemist on märgata kõige enam Joaveski rippisillal.

Elemendid

Elementides on puidu puhul esindatud piirded. Kõik piirded on heas seisukorras ilma seenkahjustusteta. Kergelt on näha samblike teket ning puidukaitse vahendi kulumist.

3.1.4 Müüritis

Müüritist on kasutusel väga vähesel määral, seda võib leida Meeka silla ning Joaveski rippisilla kaldasammastelt. Müüritis on kehvas seisukorras ning lagunemisfaasis. Kivid on

nihkunud oma algsest asukohast ning sideaine kivide vahelt on eemaldumas. Joaveski rippisilla müüritis on heas seisukorras ja värskelt rajatud.

3.1.5 SI indeks

Silla seisundiindeks on arvatud igale sillale eraldi ning vastavalt seisundiindeksile on antud indikatsioon võimalikuks parendustegevuseks. Lisaks on koostatud seisundiindeksite analüüs, milles on kirjeldatud elementide seisukorda läbi saadud tulemuste. Tabelites esitatud sildade elemendid on valitud vastavalt olukorrale ja sillatüübile. See tähendab, et element mis on esitatud peaks olema ka sillal nähtav. Puuduvatele elementidele mis tegelikkuses peaksid sillal olema nähtavad on omistatud seisunditase 4.

Tabel 2. Raudoja-Kosu tee silla seisundiindeks

Element	Sild Raudoja-Kosu teel					
	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Tekiplaat	92	m2		22	70	
Tähispostid	24	tk				24
Põrkepiire	35	jm		30	5	
Katend	92	m2	27	65		
Katend pealesõidul	800	m2	200	600		
Servapruss	23	jm				23
Hüdroisolatsioon	92	m2			92	
Deformatsioonivuuk	16	jm				16
Talad	57	jm		6	40	11
Tugiosad	10	tk				10
Tugiosa istetala	8	m2		2	6	
Tugikoonus	34	m2				34
Kaldasammas	96	m3		26	70	
Silla seisundiindeks	52,40					
Võimalik parendustegevus	Remont või rekonstrueerimine					

Raudoja-Kosu silla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 52,40 (Tabel 2) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks on remont või kapitaalremont. Kõige suuremad probleemid antud sillal on seotud armatuuri roostetamisega ning betooni murenemise ja lagunemisega. Kuna armatuuri korrodeerumist ja betooni murenemist-lagunemist on näha valdavalt talades, siis võib arvata, et armatuuri ja betooni seisukord kogu silla vaates on kehvast seisukorras. Lisaks kuna kõikides kohtades armatuur ei ole veel paljandunud, siis võib eeldada, et kas kaitsekihi all on armatuur korrodeerumas. Sild on eeldatavalt ehitatud kaua aega tagasi ning kui sellist konstruktsiooni võrrelda tänapäevaste lahendustega, siis lahenduse

uudsuse poolest on see väga kauges minevikus. Sild on ülesehituselt selline, kus tõenäoliselt isegi hoolduse ega remondiga ei takista see iga-aastast lagunemist. SI järgi võiks arvata, et piisab remondist, kuid pigem arvab autor, et see ei takista konstruktsiooni lagunemist lähtudes erinevatest puudustest.

Tabel 3. Kolga kergteesilla seisundiindeks

Kolga kergliiklusteesild						
Element	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Tekiplaat	28	m2	20	8		
Piire	25	jm	5	20		
Deformatsioonivuuk	4,6	jm				4,6
Talad	25	jm	5	20		
Pöiktalad	3	tk		3		
Tugiosa istetala	3	m2				3
Tugiosad	4	tk				4
Tugikoonus	20	m2			5	15
Kaldasammas	15	m3			5	10
Silla seisundiindeks	53,34					
Võimalik parendustegevus	Remont					

Kolga kergteesilla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 53,34 (Tabel 3) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks oleks SI-indeksile tuginedes nii remont kui ka kapitaalremont. Sillal puuduvad küll kaldasammas ning tugiosad (mis on käesoleval sillal rajatud loominguks), kuid nende elementide puudumise tõttu ei näe autor ohtu kandevõimele, ohutusele ja täiendavatele piirangutele-vähene koormus sillal vähendab probleemide teket. Kui vaadelda silda kogu tervikuna, siis on näha, et erinevad keskonnaprotsessid pigem kahjustavad silla elemente, kuna sild on oma ülesehitusel väga vastuvõtlik erinevatele ilmastikutingimustele.

Tabel 4. Meeka tee silla seisundiindeks

Meeka tee sild						
Element	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Tekiplaat	56	m2	26	30		
Tähispostid	24	tk				24
Piire	26	jm	21	5		
Katend peale sõidul	460	m2		360	100	
Katend	25	m2	10	15		
Deformatsioonivuuk	9	jm				9
Talad	36,6	jm		29,1	7,5	
Tugiosad	6	tk				6
Tugiosa istetala	9	m2		4,5	4,5	

Tugikoonus	20	m2			10	10
Kaldasammas	75	m3		40	35	
Silla seisundiindeks	57,35					
Võimalik parendustegevus	Hooldus või remont					

Meeka tee silla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 57,35 (Tabel 4) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks oleks hooldus või remont. Põhikandeelemendid (talad, tekiplaat, katend) on heas või rahuldavas seisukorras. Üheks suurimaks puuduseks võib öelda, et on kaldasammaste kaitse puudumine jõevee ning talade vähene kaitse sademete ja sajuvee eest, sealhulgas deformatsioonivuukide puudumine. Piirded on heas seisukorras, kuid ohutuse seisukohalt puuduvad tähispostid. Kuna valdav enamus sajuvett jõuab tugiosade istetalal (kaldasambale) ning sellelt on äravool sisuliselt olematu, siis pikas perspektiivis mõjutab see asjuvesi terastalade kandevõimet tala otstes.

Tabel 5. Kiiu nn ingli silla seisundiindeks

Element	Kiiu nn Ingli sild					
	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Katend	32	m2	5	22	5	
Piire	42	jm		27	15	
Deformatsioonivuuk	6	jm				6
Talad	22	jm		15	7	
Tugiosa istetala	3	m2				3
Tugiosad	8	tk				8
Kaldasammas	45	m3		30	15	
Silla seisundiindeks	50,11					
Võimalik parendustegevus	Hooldus või remont					

Kiiu nn ingli silla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 50,11 (Tabel 5) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks oleks hooldus või remont. Sillal on näha erinevate kahjustusprotsesside arengut ning võib eeldada, et see on ajas ainult süvenev. Taladel on näha pindmist roostet põikarmatuuril. Kuna suur osa sajuveest jõuab kaldasamba ja selle trepini, siis pidev vesi ning temperatuuri kõikumised halvendavad betooni seisukorda. Kaldasambal on küll vananemise märke, kui tervikpildis täidab põhilist funktsiooni. Katend ja piirded on sarnases seisundis nagu kaldasammas.

Tabel 6. Nõmmeveski silla seisundiindeks

Element	Nõmmeveski sild					
	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Tekiplaat	91	m2	10	81		
Tähispostid	24	tk				24
Piire	43	jm	15	13	15	
Katend peale sõidul	355	m2	255	100		
Katend	52	m2		40	12	
Deformatsioonivuuk	10	jm		10		
Talad	123	jm	94	29		
Põiktalad	16	tk	16			
Tugiosad	18	tk		9	9	
Tugiosa istetala	9	m2		9		
Külgtiivad	25	m2		25		
Vahesambad	40	m3		40		
Kaldasammas	80	m3		80		
Silla seisundiindeks	78,07					
Võimalik parendustegevus	Hooldus					

Nõmmeveski silla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 78,07 (Tabel 6) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks oleks valdavalt hooldus. Kogu pealisehitis on heas seisukorras, betoon elemendid vajaksid rohkem jälgimist ning tähelepanu. Kuna läbi katendi ja tekiplaadi jõuab sammastele üpris palju vett, siis see on sammaste olukorda halvendanud. Autori tuleks tulevikus betoonist elementide kaitsele rohkem tähelepanu pöörata.

Tabel 7. Joaveski ripsilla seisundiindeks

Element	Joaveski ripsild					
	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Tekiplaat	14	m2	10	4		
Piire	32	jm		32		
Rippurid	32	tk	32			
Terastross	52	jm	52			
Püloonid	2	tk	2			
Põiktalad	16	tk		16		
Kaldasammas	40	m3	30	10		
Silla seisundiindeks	88,70					
Võimalik parendustegevus	Hooldus					

Joaveski ripsilla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 88,70 (Tabel 7) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks oleks hooldus. Puidust tekiplaat on heas seisukorras, lisaks on kandvad elemendid rippurid, püloonid ja terastrossid väga heas konditsioonis. Sild on rekonstrueeritud aastal 2018 ning rajatis on liiklejatele oma seisukorra tõttu ohutu. Sillal tuleks jätkata hooldusega ning elementide jälgimisega.

Tabel 8. Joaveski silla seisundiindeks

Element	Joaveski sild					
	Kogus	Ühik	Seisund 1	Seisund 2	Seisund 3	Seisund 4
Tekiplaat	165	m2	140	25		
Tähispostid	24	tk				24
Piire	70	jm	60	10		
Katend	106	m2	80	26		
Katend peale sõidul	275	m2	200	75		
Deformatsioonivuuk	12	jm				12
Talad	256	jm	225	31		
Tugiosad	40	tk				40
Tugiosa istetala	52	m2		20	32	
Tugikoonus	35	m2		20	15	
Vahesambad	187	m3		187		
Kaldasammas	307	m3		307		
Silla seisundiindeks	75,90					
Võimalik parendustegevus	Hooldus					

Joaveski silla seisundiindeks on 2022. a teostatud vaatluse ja analüüsi põhjal 75,90 (Tabel 8) ning antud juhul võimalikuks parendustegevuseks oleks valdavalt hooldus. Kogu pealisehitis on heas seisukorras, betoon elementid vajaksid rohkem jälgimist ning tähelepanu, kuna üpris palju sadevett puutub kokku betoonelementidega.

3.1.6 Toimivus

Toimivuse mõistes on tegemist näitajaga, millega saab ära siduda kvaliteedi hindamise ja varahalduse. Toimivuse kasutuselevõtt on vajalik selleks, et näha paremini tervikpilti mis hõlmab nii protsesse kui ka majanduslikke, sotsiaalseid ja keskkonnale vajalikke näitajaid. Toimivuse näidikud annavad sisendi ka sildadega seotud parendusettepanekute tegemisel mida tulevikus rakendada ning nendega on võimalik hinnata seisukorda, ohutust ja kandevõimet. [3] Järgnevalt on toodud peamised toimivus näidikud, mis mõjutava Kuusalu valla sildade funktsioneerimist ning mis on suurimateks indikaatoriteks:

Kandevõime

Tabel 9. Kandevõimega seotud toimivusnäidikud [3]

Hinnang	Kvalitatiivne hinnang kandevõimele
1	Uus element, millel puuduvad kandevõimet vähendavad kahjustused. Hooldamine
2	Vanad elemendid, millel kandevõimet vähesel määral mõjutavad kahjustused. Eksperthinnangu kohaselt on kandevõime kadu kuni 10%, mis tähendab, et hetke seisukorra ja kandevõime täpsustamiseks on vajalik teostada mittepurustavaid katseid.
3	Vanad kahjustatud elemendid, mille tõttu on kandevõime vähenenud 10-20%. Vaja teostada täpsem kandevõime hinnang koos mittepurustavate katsete ja koormamisega.
4	Vanad elemendid, millel on ulatuslikud kahjustused, mistõttu on elemendi kandevõime vähenenud rohkem kui 20%. Vajalik täpsem kandevõime hinnang või ümberehitus.

Ohutus

Tabel 10. Ohutusega seotud toimivusnäidikud [3]

Hinnang	Kvalitatiivne hinnang ohutusele
1	Ohutusnõuetele vastavad lahendused, tänu millele on rajatis kasutajale maksimaalselt ohutu.
2	Elemendid, mille ohutus ei vasta nõuetele või millel on kahjustused, mistõttu ei ole rajatis kasutajale täielikult ohutu, kuid õnnetuse risk on madal.
3	Elemendid, mille ohutus ei vasta nõuetele ja millel on kahjustused, mistõttu ei ole rajatis kasutajale ohutu ja tulenevalt kasutajate rohkusest on õnnetuse risk mõõdukas. Võimalik olukorra parendamine.
4	Ohutust tagavad elemendid on puudu või suurel määral kahjustatud, mis tõttu ei ole rajatis ohutu ja õnnetuse risk on kõrge. Tegemist on liiklusohutliku kohaga, mis tuleb viivitamatult likvideerida.

Koormuspiirangud

Tabel 11. Koormuspiirangutega seotud toimivusnäidikud [3]

Hinnang	Kvalitatiivne hinnang koormuspiirangutele
1	Koormuspiirangud sõidukitele (jalakäijatele) puuduvad, standardi kohased koormused on lubatud.
2	Koormuspiirangud puuduvad Määrus nr. 42 sõidukitele. Jalakäijaid võidakse hajutada koormuse jaotamiseks, otseselt piirangud puuduvad.
3	Koormuspiirangud on rasketele veokitele, tavasõidukid võivad silda ületada. Jalakäijatele piirangud puuduvad, kuid silda võib ületada korraga väike hulk inimesi.
4	Sild on täielikult suletud.

Majanduslik

Silla rahalised vajadused omaniku vaates, mis on seotud parendustegevusega. Majanduslik näidik leitakse tulenevalt kõige kallimast ja soodsamast lahendusest, mis tähendab, et soodsaim lahendus saab hinnanguks 1 ja kallim hinnanguks 4.

Järgnevas tabelis on omistatud toimivusnäidikud Kuusalu valla sildadele, lähtudes eelnevalt kirjeldatud näidikutest ning töö autori sildade ülevaatus andmetest.

Tabel 12. KOV sildade toimivusnäidikud

Sillad	Toimivusnäidikud				Võimalik parendustegevus	SI väärtus
	Kandevõime	Ohutus	Koormuspiirangud	Kulud		
Raudoja-Kosu tee sild	3	2	3	4	Rekonstrueerimine	52,40
Kolga kergliiklusteesild	2	2	1	3	Remont	53,34
Meeka tee sild	2	2	2	3	Remont	57,35
Kiiu nn Inglisild	2	1	1	2	Hooldus või remont	50,11
Nõmmeveski sild	1	1	1	1	Hooldus	78,07
Joaveski ripsild	1	2	1	1	Hooldus	88,70
Joaveski sild	1	1	1	1	Hooldus	75,90

Raudoja-Kosu tee silla toimivusnäidiku analüüs

Raudoja-Kosu silla toimivusnäidik on esitatud tabelis 12 (Tabel 12) ning selle järgselt oleks võimalik parendustegevus remont või kapitaalremont. Kandevõime seisukohalt on sillal vanad kahjustunud elemendid, millede kandevõime vähenemine on seotud armatuuri korrodeerumisega ning sellega seoses armatuuri ristlõikepindala vähenemisega. Kuna armatuur on korrodeerunud, siis see mõjutab ka betooni seisukorda läbi selle, et betoon on hakanud lagunema (murenema) just tänu armatuuri paisumisele roostetamise käigus. Ohutuse näidik on vastavuses koormuspiirangutega, see tähendab et ohutus on tagatud läbi koormuspiirangute. Ohutust mõjutavad veel tähispostide puudumine, kuid millel pole niivõrd suur mõju toimivusnäidikule. Kõige suurem probleemid toimivusele on antud sillal seotud armatuuri ja betooniga ning nende omavahelise toimivusega.

Kolga kergteesilla toimivusnäidiku analüüs

Kolga kergteesilla toimivusnäidik on kajastatud tabelis 12 (Tabel 12). Silla toimivusnäidiku järgi võib öelda, et sobilik parendustegevus oleks remont. Antud silla puhul võime remondiga küll saavutada parema tulemuse, kuid pikemas perspektiivis

nõuaks sila ümberehitust kui tahta tagada lahenduse toimivus ning hilisemate suurte- ja pidevate tööde vältimine. Hetke lahendus ei vasta normidele ning kogu sild ei tööta tervikuna-sillale on suured keskkonnamõjud. Antud sillal tagatakse kande võime ja ohutuse toimivus tuginedes vähesel koormusel. Koormuspiiranguid sild ei vaja ning antud sillal ei ole otstarbekas rakendada tõsisemaid piiranguid.

Meeka tee silla toimivusnäidiku analüüs

Meeka tee silla toimivusnäidik on kajastatud tabelis 12 (Tabel 12). Silla toimivusnäidiku järgi võib öelda, et sobilik parendustegevus oleks remont, kuna elemendid on iga-aasta halvenemas ning rajatise ülesehitus on väga vastuvõtlik erinevatele ilmastikele. Näitena võib tuua, seda et talad ei ole kaitstud sajuvete ning sõiduteelt valgivate kemikaalide eest. Kui vaadata erinevate toimivusnäidikute väärtusi, siis kajastub selgelt välja rajatise ühtlased toimivusnäitajad mis annavad indikatsiooni konstruktsiooni toimivusele tervikuna positiivse hinnangu. Lähtudes rajatise toimivusnäidikutest, siis võib autori arvates öelda seda, et rajatise üldine seisukord on hea, kuid kas seda seisukorda on võimalik tagada ainult hoolduse või remondi-pigem vajaks sild hilisemate kulutuste vältimiseks ümberehitust või meetmeid mis kaitsevad tähtsamaid kandeelemente. Sillal on piirded heas seisukorras, kuid sillal võiksid olla tähispostid tähistamiseks sillale eelnevat ja järgnevat teed. Ka kande võime on elementide visuaalse vaatluse põhjal tagatud ning see annab ka eeldused ohutuse tagamiseks. Lähtudes visuaalsest ülevaatuses mida töö autor teostas, võib öelda, et hetke olukorras täiendavaid piiranguid ei ole antud sillale mõttekas rakendada. Kandeelementid on rahuldavas seisukorras ning see annab positiivse sisendi ka ohutuse tagamiseks.

Kiiu nn ingli silla toimivusnäidiku analüüs

Kiiu nn ingli silla toimivusnäidik on kajastatud tabelis 12 (Tabel 12). Silla toimivusnäidiku järgi võib öelda, et sobilik parendustegevus oleks hooldus või remont, kuna elemendid on iga-aasta halvenemas ning rajatise ülesehitus on väga vastuvõtlik erinevatele ilmastikele. Kõige vähem ohtu näeb töö autor ohutusele. See tähendab, et kõik tingimused ja meetmed on tagatud ohutuse säilimisel. Kande võime seos täiendavate koormuspiirangutega ei ole põhjendatud kuna kandeelementid on rahuldavas seisukorras ning vähene koormus sillal ei tõsta kuidagi esile vajadust piirata inimeste liikumist antud rajatisel. Töö autor näeb antud sillal teostada hoolde- ja remont töid takistamiseks laiemate probleemide levimist ning läbi hoolduse ja remondi tagada rajatise võimalikult pikaajaline säilimine. Hetkel puuduvad rajatisel märkimisväärsed kahjustused mis muudaksid silla toimivust märkimisväärselt.

Nõmmeveski silla toimivusnäidiku analüüs

Nõmmeveski silla toimivusnäidik on kajastatud tabelis 12 (Tabel 12). Silla toimivusnäidikute järgi võib öelda, et sobilik parendustegevus oleks hooldus. Sillal on tagatud kõik toimivust tagavad näitajad-puuduvad täiendavad piirangud koormuspiirangutele, kandelemendid on heas seisukorras ning lisaks katab see ohutuse toimivuse ühe osa. Ohutuse toimivuse seisukohalt on piirded heas seisukorras, kuid täiendavalt tuleks sillale rajada tähispostid.

Joaveski ripsilla toimivusnäidiku analüüs

Joaveski ripsilla toimivusnäidik on kajastatud tabelis 12 (Tabel 12). Silla toimivusnäidikute järgi võib öelda, et sobilik parendustegevus oleks hooldus. Sillal on tagatud kõik toimivust tagavad näitajad (2018 teostatud rekonstrueerimine)-puuduvad täiendavad piirangud koormuspiirangutele, kandelemendid on heas seisukorras ning lisaks katab see ohutuse toimivuse ühe osa. Lisaks ohutuse mõistes on kergliiklejatele mõeldud piirded heas seisukorras ning ripsilla puhul vajavad ehk regulaarsemat ülevaatust.

Joaveski silla toimivusnäidiku analüüs

Joaveski silla toimivusnäidik on kajastatud tabelis 12 (Tabel 12). Silla toimivusnäidikute järgi võib öelda, et sobilik parendustegevus oleks jätkata hooldusega. Sillal on tagatud kõik toimivust tagavad näitajad (2019 teostatud rekonstrueerimine) - puuduvad täiendavad piirangud koormuspiirangutele, kandelemendid on heas seisukorras ning lisaks katab kandeelementide seisukorda see ohutuse toimivuse ühe osa. Rajatisele tuleks paigaldada tähispostid tähistamiseks sillale eelnevat teelõiku.

3.2 Hinnang haldamisele

Sildade haldamine lõputöö autori poolt kajastatud sildadel ei ole tõsiselt organiseeritud ning selle põhjuseks võivad olla vähesed teadmised rajatiste seisukorra tagamisel või vähene rahaline tugi-see kõik peegeldub ka autori koostatud sildade seisukorra hindamises. Varasemates töö staadiumites selgus, et valdavalt kohalike omavalitsustel puudub konkreetne arusaam sellest mitu rajatist on valdade halduses, mis seisukorras need on ning milliseid toiminguid peaks iga-aasta teostama-see tähendab, et rajatise ei taheta väärtustada ning püüta nendesse tõsisemalt panustada. Sillapargi mitte tundmine valla poolt kajastus ka töö edenemises kus töö autor pidi magistritöö koostamise vältel muutma töös käsitletavate sildade nimekirja, töö teemat ning sellega kogu sisu tervikuna. Vastused olid pigem primitiivsed ning peegeldasid mitte niivõrd

suurt teadlikkust seisukorrast ja rajatiste asukohtadest. Kui Eestis oleks välja töötatud üldine süsteem haldamiseks infot sildade seisukorra kohta, siis autori arvates annaks see erinevatele tellijatele ning silla omanikele paremad võimalused ja mingi määral oskused rajatistega seotud otsuste vastuvõtmiseks ning pikemas perspektiivis sildade jätkusuutlikuma arengu.

Kuna käesoleva töö üks põhilisi eesmärke on testida Teede Tehnokeskuse poolt arendatava haldussüsteemi BMS2, siis väga aktuaalne on teema seoses sildade kaardistamisega ning nende üle kontrolli pidamisega. Töö autorile selgus tööd koostades see, et kõiki sildu tuleks kaardistada ning regulaarseid ülevaatuseid teostada tihedamalt. Kehvemas seisukorras sildu tuleks kontrollida tihedamini, kuna sellistel rajatistel on SI langus kiirem tänu juba kahjustunud elementidele millel ei ole tagatud algne geomeetria. Töös kasutatud sillad on kõik ehitatud mitukümmend aastat tagasi ning võrreldes neid rajatise tänapäevaste projekteerimisnormidega, siis võib järeldada, et palju lahendused enam ei kvalifitseeru tänapäeva mõistes. Sellised lahendused on oma ülesehituselt väga primitiivsed ning ei sobitu näiteks enam tänapäevaste koormuste ja sillahaldamis põhimõtetega.

4 BMS2 TESTIMINE

Silla konstruktsioonide halvenemine on ülemaailmne probleem. Halvenemine tavaliselt algab kõige nõrgemast konstruktsiooni elemendist, näiteks: pinnases asuvad elemendid mis on allpool paisumisvuuke ning konstruktsiooni eripärades tulenevaid ühendusi mis on seotud dreanaažiga - lisaks kahjustused tulenevalt hüdroisolatsiooni töökindluse puudustest. Väga oluline on teostada visuaalset ülevaatus ning täheldada juba varases staadiumis probleeme näiteks: praod kattes ja niisked laigud alumisel betooni pinnal. Visuaalse kontrolli käigus on võimalik tuvastada kahjustusi või ilminguid kahjustustest katmata sillaelementidel, selleks et tuvastada kahjustusi hüdroisolatsiooni all tuleks see eemaldada.

4.1 Testimise ülevaade

Autor testis Teede Tehnokeskuse poolt arendatavat uut sillahaldussüsteemi BMS2, tuginedes arendaja poolt antud algandmetel ning lähtudes (Tabel 13) kuvatud kasutaja hinnangu ülesehitusest. Arendaja sisestas esmalt BMS2 minu poolt testitavad sillad ning järgnevalt eesmärk oli testida süsteemi selliselt, et kõik selle kasutamise võimalikud viisid oleksid proovitud ning nende põhjal saaks koostada hinnangu ja pakkuda parendustegevusi süsteemi edasises arenduses. Töö autor on valinud töös kokku 7 silda, millest 1 testiti kasutades selleks nutitelefoni ning ülejäänud 6 silla andmed sisestati arvutis hilisemalt tuginedes ülevaatus käigus kogutud andmetel. Süsteemi on võimalik sisestada andmeid ülevaatus kohta nagu eelnevalt juba mainitud kahel viisil. Üks võimalus on objektile kogu info hankida kasutades selleks nutitelefoni. See eeldab silla elementide eelnevat tundmist (millistele elementidele tähelepanu pöörata) ning internetiühendust. Teine võimalus on sillal pildistada elemente ning hilisemalt need andmed sisestada BMS2 süsteemi - ka see meetod nõuab eelnevalt info kogumist sillaelementide kohta ja üldisi teadmisi mida silla all rakendada.

Autor tugines BMS2 testimisel tarkvara-süsteemi analüüsidest tuttavat kasutajaloo hinnangut ning selle põhimõtteline ülesehitus on toodud (Tabel 13). Testimise eesmärk oli autoril ennast asetada erinevatele positsioonidele kes võivad BMS2-ga kokku puutuda, näiteks andmete kogumises spetsialist või silla omanik ning andmete hilisemate kasutajatena silla ülevaataja, projekteerija või omanik. Lisaks oli autoril soov ja eesmärk tuua esile puudused ning positiivsed näitajad kõikide BMS2 kasutajate suhtes, kes mingil määral võivad puutuda selle kasutamisega kokku. Selgelt tuleb vaadata ja analüüsida süsteemi erinevate isikute võtmes kuna näiteks sildade omanikud võivad olla väheste teadmistega rajatiste ülevaatus osas ning ei osata pöörata

tähelepanu olulistele elementidele ega kahjustustele. Autor kasutas süsteemi testimiseks 2 erinevat meetodit mida võidakse ülevaatuste käigus rakendada ning igale võimalusele läheneti erinevate rollide vaates – see kõik on kirjeldatud peatükkides 4.2.1 – 4.2.2.

Tabel 13. Kasutajaloo üldine ülesehitus [4]

Kasutaja	Prioriteetsus	Hinnang
Kasutajaloo ülesehitus:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan ma testida rakenduse-süsteemi funktsionaalsust, kasutajasõbralikkust ja ülesehitust, • Selleks, et teha ülevaade selle toimimisest, leida sobivam meetod erinevate osapoolte seisukohtadest tulevikus süsteemi kasutamiseks, leida süsteemi probleemsed kohad ning teostada analüüs võimalike probleemide ennetamiseks. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemile ligipääs, esmased juhised selle kasutajale, • Kasutajale tutvustatud süsteemi testimine vastavalt valitud KOV sildadel ja erinevate võimalustega (nt. telefoniga), • Süsteemi ülevaate ja analüüsi koostamine. 		

Kõik BMS2 kajastatavad andmed on koostatud tuginedes visuaalsel ülevaatusel. Põhjus on selles, et jätta info kogumine võimalikult lihtsaks kindlasti ka omaniku jaoks - sellise ülevaatusel on võimalik esmane seisukorra hinnang teada saada. Visuaalne ülevaatus koosneb kõikide sillaelementide ülevaatuses millel on ülevaatajal ligipääs ning mis ei nõu eriseadmete kasutamist. Tavaliselt teostatakse seda isiku poolt, kel on selles valdkonnas varasema kogemus ning kes tunneb sillaelemente. Visuaalse ülevaatusel mõte seisneb selles, et tuvastada kõik defektid mis on nähtavad ülevaataja ligipääsu piires ning on võimalik hinnata silla seisukorda. Soovituslik ülevaatusel teostamise sagedus on 3 aastase intervalliga vastavalt teeseisundinõuetele [5].

4.2 BMS2 andmete kogumine

Autori arvates on üheks testimise võimalikuks meetodiks seda teha kasutades nutitelefonil või arvutit (mis eeldab eelnevalt ülevaatusel teostamist). Telefoniga ülevaatusel tegemise eeliseks on see, et telefonil on otsene side süsteemiga, lihtsamini on võimalik laadida andmeid üles ning eksimisruum midagi mitte sillal täheldada või märgata on suurem kui hilisemalt andmete sisestamisel. Kindlasti annab telefoni kasutamine ülevaatusel tegemisel eelise andmete edastamise ees, kuna vahepealseid lülisi sisuliselt ei ole. Kõik fotod, parameetrid ning kirjeldused jõuavad kiiresti süsteemi tarbijateni, parandades seeläbi info vahetust ja kättesaadavust. Lisaks on võimalik kõiki

eksimusi kiiresti korrigeerida ja läbi selle parandada täpsete andmete kiiremat edastamist.

Sild Raudoja-Kosu teel (1) (KSL)

T-tala r/b 12m #1 (5 tk)

Σ 5
2022

S1 0

S2 0,75

S3 3

S4 1,25

Kommentaariid:
Taladel on määrke karboniseerumisest ning armatuur on mingil määral paljandunud ja nähtav armatuur korrodeerub.

Esilehele

Foto 1. Kuvatõmmis andmete sisestamisest BMS2 andmebaasi [6]

(Foto 1) on kuvatud väljavõtte vaatest kuidas sisestatakse BMS2 süsteemis andmeid. Esmalt kui on valitud vastav element mis on näiteks objektil või kontoris välja selgitatud, tuleb lisada sellele elemendile seisundiindeksid. Kuna sildade andmebaasi talletuvad andmed pikaks ajaks, siis lisatakse ka elemendile kommentaar lisaks – mida nähti ning millised kahjustus on peamised. Kui kõiki andmeid säilitatakse, siis on võimalik korduvülevaatus teostades vanade andmetega tutvuda ning juba on ka indikaator ees millele täpsemalt rõhku suunata – milliseid kahjustusi viimasel ülevaatusel täheldati. Lisaks saab roheline ja punase nupu alt juurde lisada fotosid. Rohelise nupud alt saab lisada juurde üleüldisema foto näiteks elemente kogu vaates. Punased nupu alt tuleb lisada foto sel juhul kui mõni osa elemendist on seisunditasemel 3 või 4. Süsteem ei luba ülevaatus ära kinnitada kui mõni element on seisunditasemel 3 või 4 ja fotot pole lisatud.

4.2.1 Nutitelefoni

Selles peatükis on kirjeldatud BMS2 testimine nutitelefoni, kus täpsem ülevaade rajatise kohta puudub või on tegemist korduvülevaatusena ning kõik andmebaasi

laetavad andmed tuleb välja selgitada ülevaatus käigus. BMS2 kaardi vaade on toodud (Foto 2), kus kõiki sildu ekraani pinna vähesuse tõttu näha ei ole.

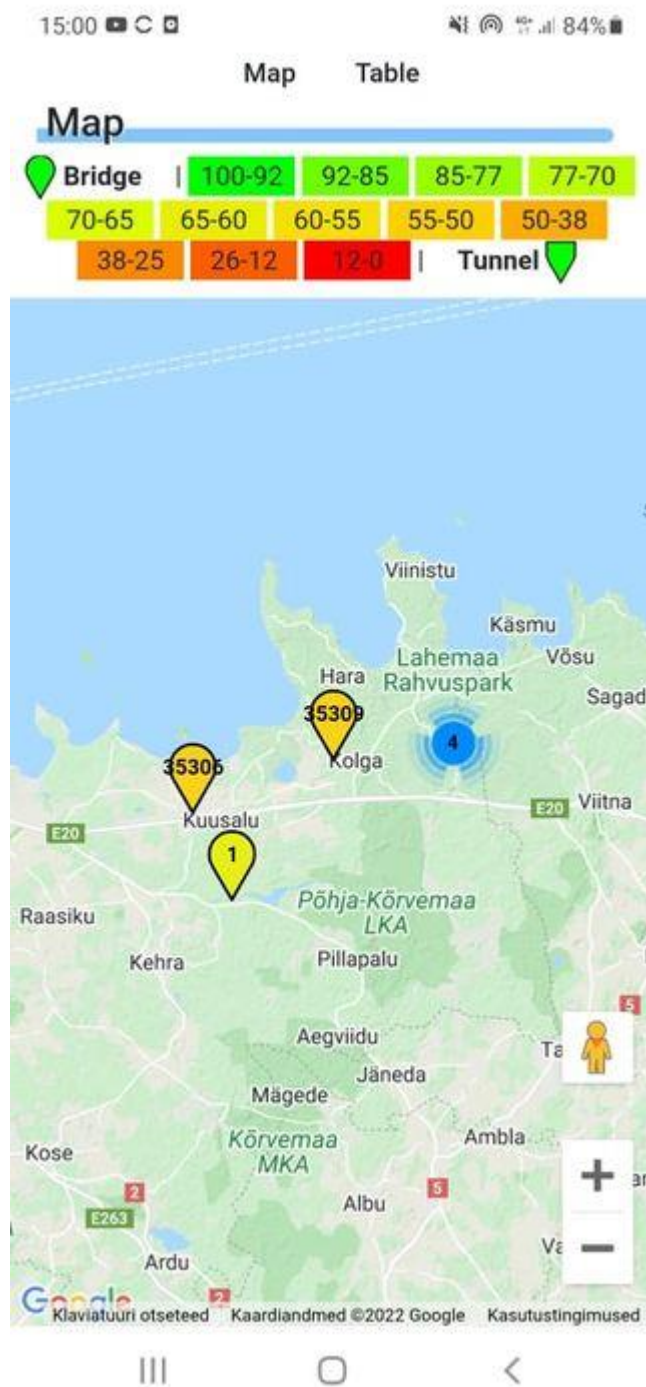


Foto 2. Kuvatõmmis BMS2 kaardi vaatest nutitelefoni [6]

Peatükis kirjeldatud meetodi teeb eriliseks asjaolu, et esmase ülevaatus teostaja võiks olla tuttav silla elementidega, et ei tekiks küsimusi defektide tuvastamisel ja registrisse laadimisel ning väikese perioodi vältel ei peaks rajatisel uuesti ülevaatus teostama.

Kuna uute sildade puhul ülevaade silla täpsest olemusest puudub, siis on näiteks omaniku seisukohast raske pöörata tähelepanu rajatise ülevaatus teostamise käigus – mida sillal vaadata, millele tähelepanu pöörata ja kuidas süsteemi seda kõike õigesti sisestada. Kui tegemist on korduvülevaatusega on juba märksa lihtsam ka omanikul defekte tuvastada ning kontrollida üle varasemad probleemsed kohad mis ilmnesisid ülevaatus käigus.

Tabel 14. Kasutajalugu (spetsialisti vaates) telefoniga andmete kogumisel

Kasutaja (spetsialist, ülevaataja)	Prioriteetsus (keskmine)	Hinnang (5)
Kasutajaloo ülesehitus telefoniga objektil süsteemi täites:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan testida süsteemi võimaliku täitmist kasutades selleks ainult telefoni ning kas millised võimalikud probleemid võivad tekkida , • Selleks, et veenduda selle kasutamise võimalikkuses ka järgnevate sildade ülevaatuses. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Telefoni ja internetiühenduse olemasolu, esmased juhised ülevaatus teostajale, • Kasutajale tutvustatud meetodi testimine vastavalt valitud KOV sildadel, • Meetodist ülevaate ja analüüsi koostamine. 		

Töö autor kogus andmebaasi andmeid ja testis süsteemi kui spetsialist, kuna autor tunneb rajatise ülesehitust ning seda millele ülevaatus käigus tähelepanu pöörata. Juba öeldud siis selline test teostati ühel sillal ning spetsialisti vaates kujunes meetod üpris arvestatavaks. Üldiselt ei pea spetsialist olema tuttav selle rajatise tüübiga ega elementide seisukorraga, mille kohta infot koguma minnakse. Kõik andmebaasi sisestavad andmed on tuvastatavad silla all ning spetsialisti vaates hästi leitavad. Nutitelefoniga ülevaatus teostamisel ning andmete sisestamisel süsteemi võib miinusena esile tuua seda, et kõikides olukordades ei ole võimalik internetiühenduse puudumise tõttu rakendust kasutada.

Tabel 15. Kasutajalugu (omaniku vaates) telefoniga andmete kogumisel

Kasutaja (silla omanik)	Prioriteetsus (kõrge)	Hinnang (4)
Kasutajaloo ülesehitus telefoniga objektil süsteemi täites:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan testida süsteemi võimaliku täitmist kasutades selleks ainult telefoni ning kas ülevaatajal võib tekkida probleeme ülevaatus teostamise käigus, • Selleks, et veenduda selle kasutamise võimalikkuses ka järgnevate sildade ülevaatuses. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Telefoni ja internetiühenduse olemasolu, esmased juhised ülevaatus teostajale, • Kasutajale tutvustatud meetodi testimine vastavalt valitud KOV sildadel, • Meetodist ülevaate ja analüüsi koostamine. 		

Omaniku vaates on süsteemi kasutamine nutitelefoni pigem komplitseeritud kui võrrelda seda spetsialistiga kel on eelnev kogemus rajatiste ülevaastustega ning üldine teadmine BMS-i ülesehitusest. Omaniku vaates tuleks selgeks teha mida kontrollida ja milliseid defekte tuvastada. Kui teostada perioodilisi ülevaatusi, siis on selge, et varasemad ülevaatused on olnud abiks ning saab lähtuda nendest. Probleemid võivad tekkida esmaste külastusega ning olukordades kus on tekkinud varem mitte ilmnenud kahjustusi või olukorras kus silla olukord on niivõrd halvenenud ning ei osata hinnata kahjustuste tõsidust. Kindlasti nõuaks süsteemi täitmine lisa teadmisi, autori arvates võib probleeme tekkida vajalikke parameetrite sisestamisel SI arvutamisel – millised on rajatise elementide mahud ning kui suured kaalufaktorid nendele elementidele määrata 4-palli süsteemis (hinnates kahjustuse tõsidust ja hulka).

4.2.2 Arvutiga andmete sisestamine

Käesolevas peatükis on koostatud kokkuvõtte süsteemi kasutamise meetodist, kus testimise raames kõik andmed sisestati hilisemalt. Kõik andmed (elemendid, parameetrid, defektid) koguti objekti külastuse käigus ja see eeldab teostajalt sihilikumat ja täpsemat ülevaastuse tegemist - kogu info objekti kohta tuleks koguda ühe ülevaastusega. Töö autor testis süsteemi selle meetodiga viiel erineval sillal ning järgnevatel tabelites (Tabel 16 ja 17) on toodud kahe võimaliku süsteemi kasutaja loo ülesehitus millele vastust üritati leida ning mille alusel testimine teostati.

Tabel 16. Kasutajalugu (spetsialisti vaates) andmete sisestamisel hilisemalt

Kasutaja (spetsialist, ülevaataja)	Prioriteetsus (keskmine)	Hinnang (5)
Kasutajaloo ülesehitus :		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan ma teada saada, kui efektiivne ja millised eelised on ülevaastuse tegemisel kui puudub võimalus edastada andmeid kohe süsteemi, • Seda kõike teha selleks, et koostada ülevaade selle toimimisest, leida selle meetodi probleemsed kohad ning veenduda selle sobivuses. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemile ligipääs, esmased juhised selle kasutajale, • Meetodiga ülevaastuse teostamine ja andmete sisestamine andmebaasi, • Meetodi kokkuvõtte. 		

Autor testis meetodit 6 erineval sillal. Meetodi põhimõtte seisneb selles, et kogu info rajatise seisukorra kohta kogutakse objekti ülevaastuse käigus ning kõik andmed sisestatakse andmebaasi ja talletatakse hilisemalt arvutis. Kuna meetod on üldiselt pigem soosiv just spetsialisti vaates, siis isegi sellise lähenemisega on ka spetsialistele eksimisruumi vähem kui näiteks võrrelda ülevaastusi nutitelefoni. Põhjus on näiteks selles, et info kogumine peab olema organiseeritud ja efektiivne, kogu rajatise

ülevaatusega seonduv info tuleb talletada nt. fotodena telefoni ning elementide parameetrid nt. paber kandjal, et hilisemalt analüüsi ja süsteemi täita oleks võimalik. Puudusena tooks autor välja selle, et ülevaatuse käigus kogutud info võib minna kaduma võrreldes nutitelefoni edastatud andmetega.

Tabel 17. Kasutajalugu (omaniku vaates) andmete sisestamisel hilisemalt

Kasutaja (omanik)	Prioriteetsus (keskmine)	Hinnang (3)
Kasutajaloo ülesehitus :		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan ma omaniku seisukohast saada teada kas selline testimise meetod on sobilik ülevaatuse teostajale kes ei ole eriala spetsialist, • Seda kõike teha selleks, et koostada ülevaade selle toimimisest, leida selle meetodi probleemsed kohad ning veenduda selle sobivuses. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemile ligipääs, esmased juhised selle kasutajale, • Meetodi testimine vastavalt valitud KOV sildadel, • Meetodi kokkuvõte. 		

Omaniku vaates andmete kogumisel objektil ning hilisemalt nende sisestamisel andmebaasi on kõigse olulisem omanikul teha selgeks eelnevalt silla ülesehitus, millised elemendid on sellel sillal, millele täpsemalt tähelepanu pöörata (võimalikud defektid). Omaniku seisukohalt sobib selline meetod konkureerima nutitelefoni kasutamisega olukorras kus teostatakse korduv ülevaatus. Ülevaatusel eelnevalt on võimalik omanikul tutvuda sellega, milliseid elemente vaadata ja mis kahjustused ilmsid eelnevate kontrollida käigus. Autori arvates on nõuab andmete kogumisega rajatise juures erilist tähelepanu just omanikult, kuna info mis sillal kogutakse võib minna kaduma või midagi mäletatakse valesti süsteemi täitmisel. Kui võrrelda meetodit nutitelefoni kasutamisega, siis on kindlasti üheks plussiks see, et meetod ei nõua internetiühendust.

5 SÜSTEEMI ANALÜÜS JA PARENDUSETTEPANEKUD

Käesolevas peatükis on koostatud töö autori poolne analüüs BMS2 süsteemile ning võimalikud parendamise kohad, mida siis rakendada hilisemas arendustegevuses. Üks osa analüüsist on see kus autor võrdleb (ptk 3) arvatud SI väärtusi BMS2 süsteemi väärtustega ning üritab leida selle näitaja mis on täpsem ja rohkem efektiivsem. Lisaks on kajastatud süsteemi kasutamine hilisemalt erinevate osapoolte vaates, plussid ja miinused.

5.1 Ülevaate andmete kasutamine

Käesolevas peatükis on koostatud ülevaade olukorrast, kus BMS2 andmebaasi talletatud andmeid on vajadus erinevatel osapooltel kasutada. Süsteemis olevaid andmeid võib olla vajadus kasutada ülevaatajal, projekterijal või siis omanikul. Ülevaataja seisukohast (näiteks määratud spetsialist) võib vajadus andmeid kontrollida enne järgmist objekti külastust, näiteks korduvülevaate puhul kus varasemate ülevaate andmed tuleb üle vaadata. Projekterija seisukohast on süsteemi kontrollimine vajalik enne projekterimistöodega alustamist. Näiteks annab andmebaas hea sisendi projekterijale kasutamaks juba olemasolevat rajatist uues projektlahenduses või hilisemates mahtude arvutustes. Omanikule on andmebaas vajalik rakendamaks hooldetegevusega seonduvaid tegevusi, BMS2 annab sildade omanikele väga hea ülevaate sillapargi seisukorrast ja sisendi edasiste tegevuste kavandamiseks. (Tabel 18-20) on esitatud kasutajatelood erinevate andmeid haldavate isikute vaates ning tuginedes nendel tabelitel on koostatud autori poolne kokkuvõte-analüüs.

Tabel 18. Kasutajalugu (spetsialisti vaates) andmete kasutamisel

Kasutaja (spetsialist, ülevaataja)	Prioriteetsus (keskmine)	Hinnang (5)
Kasutajaloo ülesehitus :		
<ul style="list-style-type: none">• Süsteemi kasutajana,• Tahan ma veenduda andmete õigsuses ning teostades perioodilisi ülevaatusi kontrollida eelnevatel ülevaateistel sisestatud andmeid,• Seda kõike teha selleks, et järgnevate ülevaate koostamine oleks ladusam ja efektiivsem.		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none">• Süsteemile ligipääs,• Vajalike andmete ülevaatus,• Kokkuvõte.		

Tabel 19. Kasutajalugu (projekteerija vaates) andmete kasutamisel

Kasutaja (projekteerija)	Prioriteetsus (kõrge)	Hinnang (5)
Kasutajaloo ülesehitus :		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan ma kasutada süsteemi andmeid projekteerimistööde läbiviimiseks, • Seda kõike teha selleks, et ennetada projekteerimistöödes vigu ning uute lahenduste väljatöötamisel kasutada võimalusel vanu konstruktsioone. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemile ligipääs, esmased juhised selle kasutajale, • Kasutada andmebaasis olevaid andmeid rajatise seisukorra kohta, • Kokkuvõte. 		

Tabel 20. Kasutajalugu (omaniku vaates) andmete kasutamisel

Kasutaja (omanik)	Prioriteetsus (kõrge)	Hinnang (3)
Kasutajaloo ülesehitus:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi kasutajana, • Tahan ma ligipääsu andmestikul mis tahes aja hetkel ning kasutada neid andmeid sildadega seonduvate ressursside jaotamiseks, • Seda kõike teha selleks, et tagada sildade jätkusuutlikus ning parem ülevaade rajatiste seisukorrast. 		
Aktsepteerimise kriteeriumid:		
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemile ligipääs, • Vajaliku andmestiku kasutamine, • Kokkuvõte omaniku seisukohast, süsteemi kasutamise lihtsus. 		

Andmete kasutamine on erinevatele kasutajatele süsteemis üpriski lihtne. Kui andmeid kasutavad isikud, kes on ka ülevaatused teinud varasemalt, siis on ülesehitus sarnane sisestamisega ning erilise erinevusega. Autori arvates saab määravaks pigem see mis eesmärgil neid andmeid BMS2 süsteemis tahetakse näha ning mille tarvis täpsemalt kasutada. (Foto 3) on toodud kuvatõmmis BMS2 süsteemi sildade kaardi vaatest. Sillad on vastavalt seisundiindeksile kaardil eri värviga kuvatud ning see annab näiteks omanikule hea indikatsiooni, et sellele rajatisele võiks teostada korduvülevaatus. Selline olukord võib tekkida pärast 3-aastast vahet kus omanik on huvitatud kontrollimaks infot mis kunagi on sisestatud ning seisundiindeks on heaks indikatsiooniks kontrollimaks silla seisukorda uuesti. Vajutades kaardil mõnel sillal on võimalik näha silla SI andmeid ning millal teostati viimane ülevaatus.

Fotodel 4 - 7 on esitatud kuvatõmmised BMS2 kasutajavaadetest, mida näeb süsteemi kasutaja ning kus on kuvatud info silla seisundiindeksi ja elementide seisukorraga seonduv info. (Foto 4 ja 6) kuvatud tabel ja graafik on oma sisult sarnased. See tähendab, et kuvatav info on sama, kuid selle info ülesehitus ja kuvamine on erinev. Näiteks (Foto 4) on eraldi välja toodud elemendi SI ja toimivuse osas ka see kas

elemendil on tähtis kandevõime või ohutus. (Foto 6) on esitatud elemendid ja nendele omistatud seisundiindeksid protsentuaalselt. (Foto 5) on kuvatud graafik ülevaate aastaga ning sellel on esitatud SI võrdlus lähtudes nii kandvate elementide kui ka ohutust tagavate elementide keskmistest SI tulemustest. (Foto 7) on kuvatud SI muutus ajas, mille funktsioon avaldub pärast järgmise ülevaate teostamist.

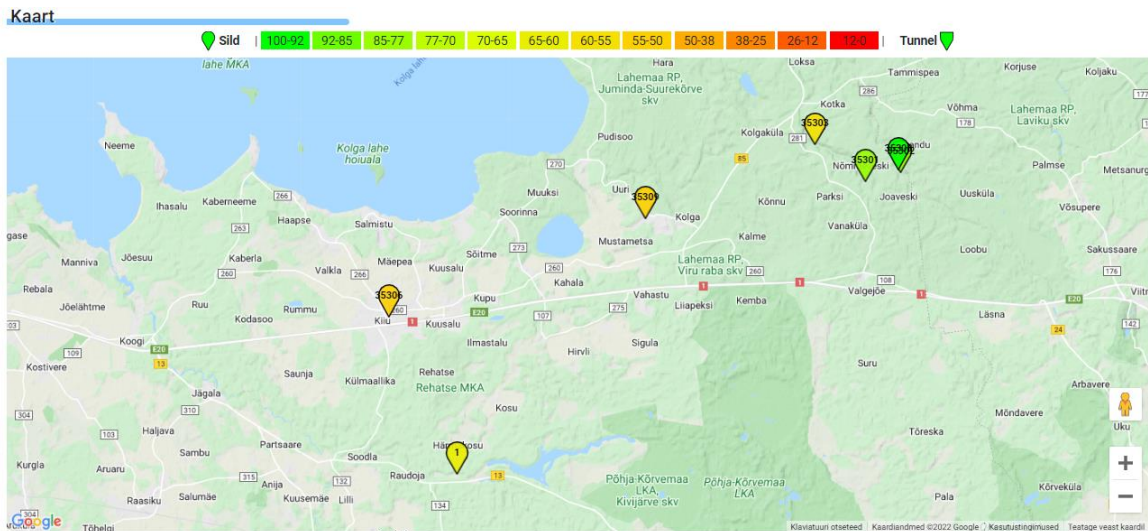


Foto 3. BMS2 kaart sildade asukohtadega [6]

Valitud aasta seisundiindeks: 52

Ava	Element	Liik	Kogus	Ühik	S1	S2	S3	S4
	1 Puidust tekiplaat	Ohutus	28	m2	20	8	-	-
	1 Tugipadi r/b	Kandev	4	tk	-	-	-	4
	1 Koonusekindlustus mätas	Ohutus	20	m2	-	-	5	15
	SI: 8,3	Kommentaar: Tugikoonused puuduvad või on lagunened						
	1 Põrkepiire metall	Ohutus	25	m	5	20	-	-
	1 Teras põiktala	Kandev	3	tk	-	3	-	-
	1 I-tala metall	Kandev	2	tk	0	2	-	-
	1 Vuuk plaat	Ohutus	4.6	m	-	-	-	5
	1 Kaldasammas 0-7	Kandev	4.6	m	-	-	2	3

Foto 4. Kolga kergteesilla BMS2 süsteemis elementide SI tabel [6]

Seisundiindeksite graafik



Foto 5. Kolga kergteesilla BMS2 süsteemis elementide SI graafik [6]

Seisundiprotsendid

Vaali aasta

2022

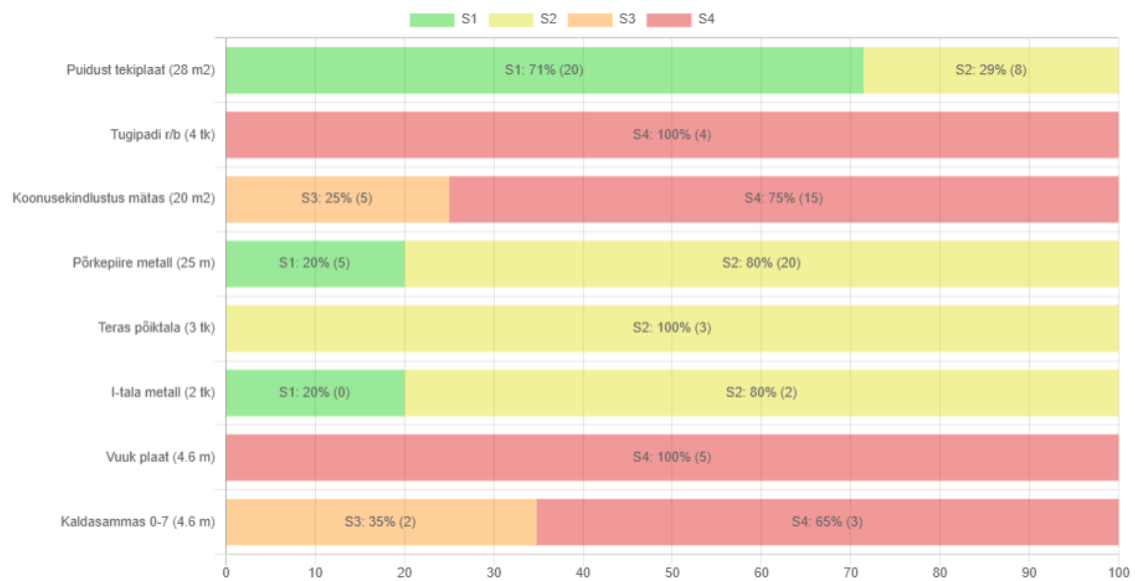


Foto 6. Kolga kergteesilla BMS2 süsteemis elementide seisundiprotsentide graafik [6]

Elementide seisundiindeksi muutumine ajas

Vali tüüp

Kõik

Puidust tekiplaat (1) Ohutuslik element	2022
Tugipadi r/b (1) Kandev element	2022
Koonusekindlustus mätas (1) Ohutuslik element	2022
Põrkepiire metall (1) Ohutuslik element	2022
Teras põiktala (1) Kandev element	2022
I-tala metall (1) Kandev element	2022
Vuuk plaat (1) Ohutuslik element	2022
Kaldasammas 0-7 (1) Kandev element	2022

Foto 7. Kolga kergteesilla tabel BMS2 süsteemis SI elementide muutumine ajas [6]

5.2 BMS2 SI võrdlus ja analüüs

Peatükis on koostatud ja esitatud SI arvutuse võrdlus ja analüüs. Võrreldud on (ptk 3) arvutatud SI ja elementidele määratud visuaalse vaatluse põhjal väärtusi BMS2 süsteemi väärtustega. Eesmärk on leida erisused ning koostada ülevaade erinevuste algallikatest.

5.2.1 Sild Raudoja-Kosu teel



Foto 8. Raudoja-Kosu tee sild (pikkus- ja laiuskraad 59.381439, 25.443253)

Seisundiprotsendid

Vaali aasta
2022

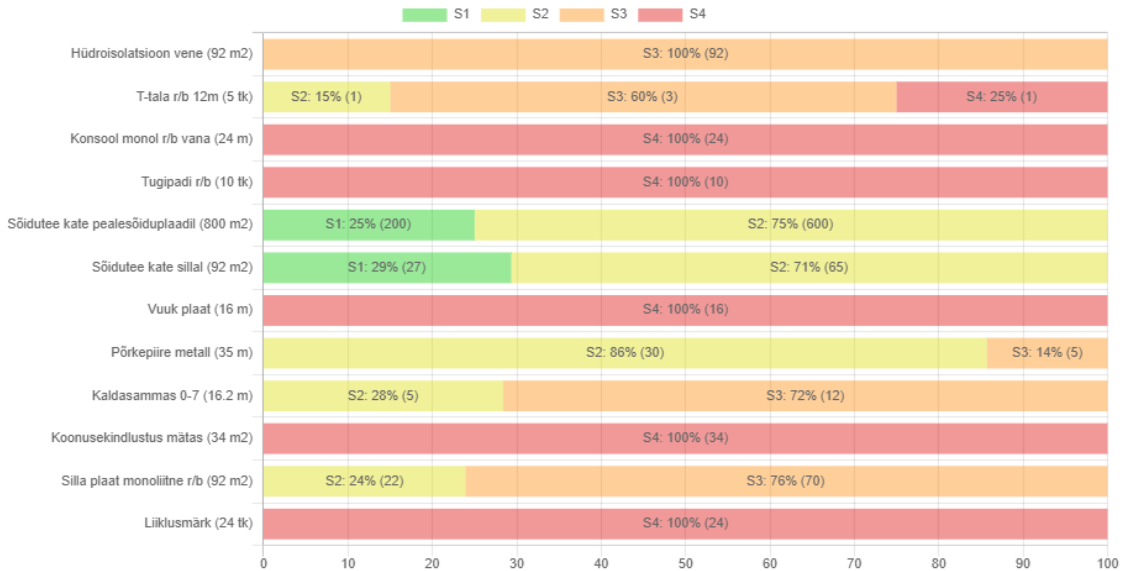


Foto 9. Raudoja-Kosu tee silla BMS2 süsteemis silla SI protsentide graafik [6]

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 2) arvatud indeks 52,40 ning BMS2 süsteemi arvatud indeks 61 (Foto 9). Töö autori arvates võib erinevus tulla juba sellest, et ülevaastustest ning järgnevates arvutustest on kasutatud visuaalse vaatluse põhjal saadud tulemusi ja kõikide elementide parameetreid ei olnud võimalik väga täpselt mõõta. Kui võrrelda (Foto 9) esitatud graafikut tabeliga 2 (Tabel 2), siis on näha, et BMS2 süsteemis rakendatakse osad elemendid erinevate mõõtühikutega. Näiteks võttes kaldasambad, siis on (Tabel 2) on see esitatud 96 m³ ning BMS2 süsteemis 0-7 m kõrgusena ja 2 sammast kogulaisega 16,2 m. Kui võrrelda neid tulemusi arvutustes, siis SI väärtust langetab elemendi kogus. See tähendab, et eelneva näite põhjal on SI väärtust langetanud kogus 96 m³. Mis on töö autori arvates ka loogiline. See tähendab seda, et suurem number jätab alati ka suurema võimaluse eksida ja silla toimivuse seisukohalt on parem kui SI number langeb. Autori arvates kui puudub täpne info elemendi seisukorra kohta, siis on õige rakendada BMS2 süsteemi kasutatud meetodit kus mõõtühikud on elementide koguseid vähendanud. Kasutades näiteks mõõtühikut m³ nõuab see täpsemat elemendi analüüsi ning tuleb olla veendunud kuidas on elementide seisunditasemed jaotunud. Autori arvates on selline lähenemine täpsem, kuid nõuab kindlasti ka täpsemaid mõõtmisi ja uuringuid. Sellise põhimõttega võib antud töös sobida olukord kus elementide kogus tuleb SI arvutustes väiksem. Erinevuse on

toonud sisse arvutustes ka tugiosade istetalad mida BMS2 süsteemis eraldi lisada ei saa ning see on arvestatud koos kaldasambaga. Autori arvates on see õigem lähenemine kuna tugiosade istetala on tegelikkuses osa kaldasambast ja seda (istetala) ei peaks tõlgendama eraldi elemendina.

Lisaks on erinevus talade jaotuses mis sarnaneb olukorrale kaldasammastega. BMS2 süsteemis on omistatud talade parameetrik tk, (ptk 3 Tabel 2) esitatud suurus on meeter. Antud näites on BMS2 süsteemis mõõtühik tk kasvatanud SI väärtust ning mõõtühik meeter langetanud. Lisaks on ka seos selles, et mida rohkem on sillal elemente seda vähem tundlikum on SI arvutus ka mõõtühikutele ja elementide parameetritele. Antud näite põhjal võib öelda, et täpsem on sisestada elemendid arvutustes mõõtühikuga meeter, kuid ka ühik tk võib anda soovitud tulemuse – siis peab olema veendunud väga täpselt elementide seisukorras.

5.2.2 Kolga kergteesild



Foto 10. Kolga kergteesild (pikkus- ja laiuskraad 59.491227, 25.602169)

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 3) arvutatud indeks 53,34 ning BMS2 süsteemi arvutatud indeks 52 (Foto 11). Töö autori arvates võib erinevus tulla juba sellest, et ülevaatusetest ning järgnevates arvutustes on kasutatud visuaalse vaatluse põhjal saadud tulemusi ja kõikide elementide parameetreid ei olnud võimalik väga täpselt mõõta. Võrreldes (ptk 5.2.1) teostatud võrdlusega on saadud SI väärtused küllaltki erinevad. Sillal on vähem elemente ning kogu arvutus on läbinähtavam. Kui muuta vähesel määral mõnda elementi siis see muudab SI väärtust märgatavalt. Võrreldes mõõtühikute väärtusi, siis BMS2 süsteemis kasutatud kaldasamba sisend kasvatab SI väärtust, kuid talade BMS2 sisend jällegist langetab ja vastupidi. Töö autor arvab, et väiksema silla puhul kus elemente väga palju pole, siis võime olla veendunud, et kasutatavad mõõtühikud tk ja meeter (kaldasammastel) on küllaltki täpsed, kuna

elemente ei ole väga suures koguses mida hinnata ning millelele seisundiindekseid omistada.

Valitud aasta seisundiindeks: 52

Seisundiprotsendid

Vali aasta

2022

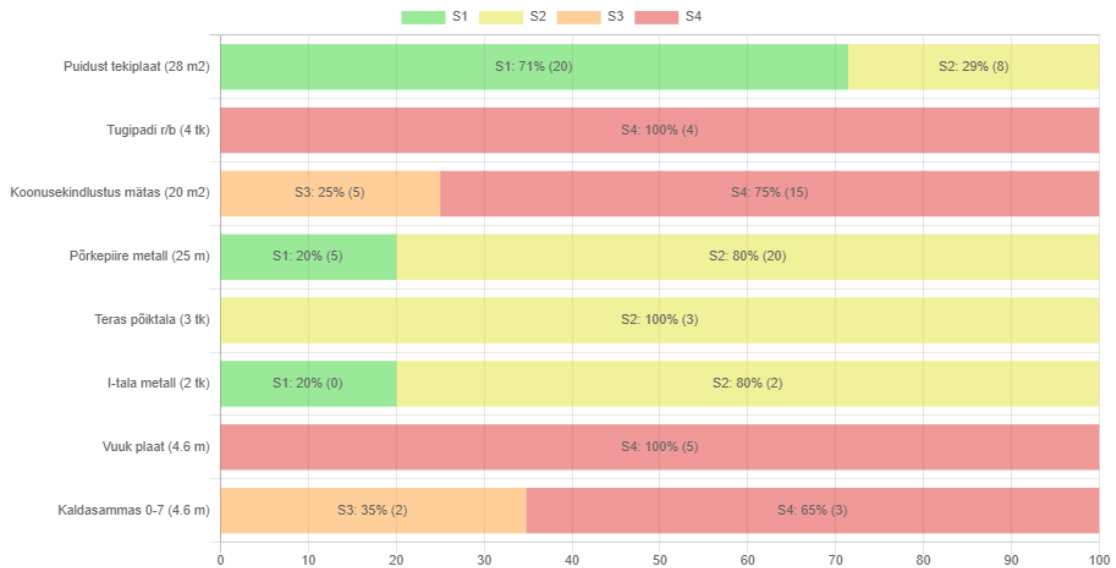


Foto 11. Kolga kergteesilla BMS2 süsteemis silla SI protsentide graafik [6]

5.2.3 Meeka tee sild



Foto 12. Meeka tee sild (pikkus- ja laiuskraad 59.522846, 25.746091)

Seisundiprotsendid

Vali aasta
2022

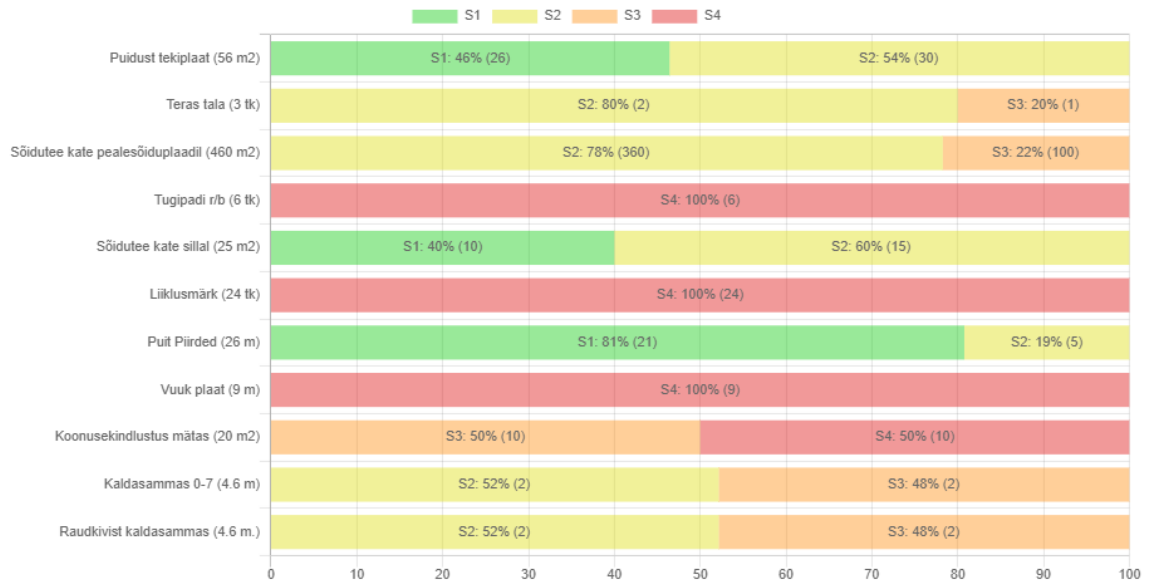


Foto 13. Meeka tee silla BMS2 süsteemi SI protsentide graafik [6]

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 4) arvatud indeks 57,35 ning BMS2 süsteemi arvatud indeks 57 (Foto 13). Antud näites erinevus ei tulnud suur, pigem on väärtused küllaltki sarnased. BMS2 süsteemis on defineeritud eraldi kaldasambad nii kivist, kui betoonist. Kuna SI väärtused ei tulnud väga erinevad, siis suuremat analüüsi teostada ei ole niivõrd tarbekas. Autor arvab, et üks põhjus miks SI väärtus on selles näites sarnane on see, et mõõtühikute erinevustega elementide (Tabel 4) ja (Foto 13) väärtused on selle näites täpsemalt kajastatud (näiteks kaldasammaste tüübid).

5.2.4 Kiiu nn ingli sild



Foto 14. Kiiu nn ingli sild (pikkus- ja laiuskraad 59.44902, 25.385277)

Seisundiprotsendid

Vaia aasta

2022

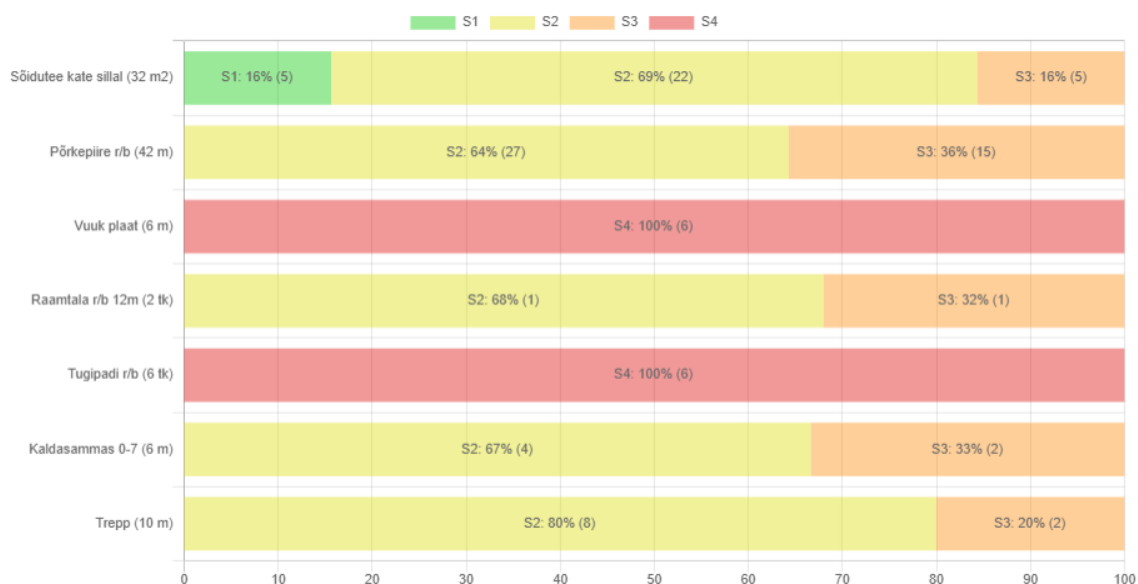


Foto 15. Kiiu nn ingli silla BMS2 süsteemis SI protsentide graafik [6]

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 5) arvatud indeks 50,11 ning BMS2 süsteemi arvatud indeks 54 (Foto 15). Antud näites erinevus ei ole väga märkimisväärne kuid ikkagi märgatava. Töö autori arvates esimene põhjus miks erinevus võib sisse tekkida on jällegist tuginedes juba eelnevalt kirjeldatud põhimõtetel (ptk 5.2.1 – 5.2.3). Kuna BMS2 süsteemis on sisestatud elemente rohkem, siis on ka tõenäoline, et see mõjutab SI kujunemist. Autor arvab, et elementide rohkus SI arvutamisel annab indikatsiooni selle kohta, et arvutus on õige ja täpsem. Kuna SI väärtused ei tulnud väga erinevad, siis suuremat analüüsi teostada ei ole niivõrd tarbekas.

5.2.5 Nõmmeveski sild



Foto 16. Nõmmeveski sild (pikkus-ja laiuskraad 59.507002, 25.788196)

Seisundiprotsendid

Vali aasta
2022

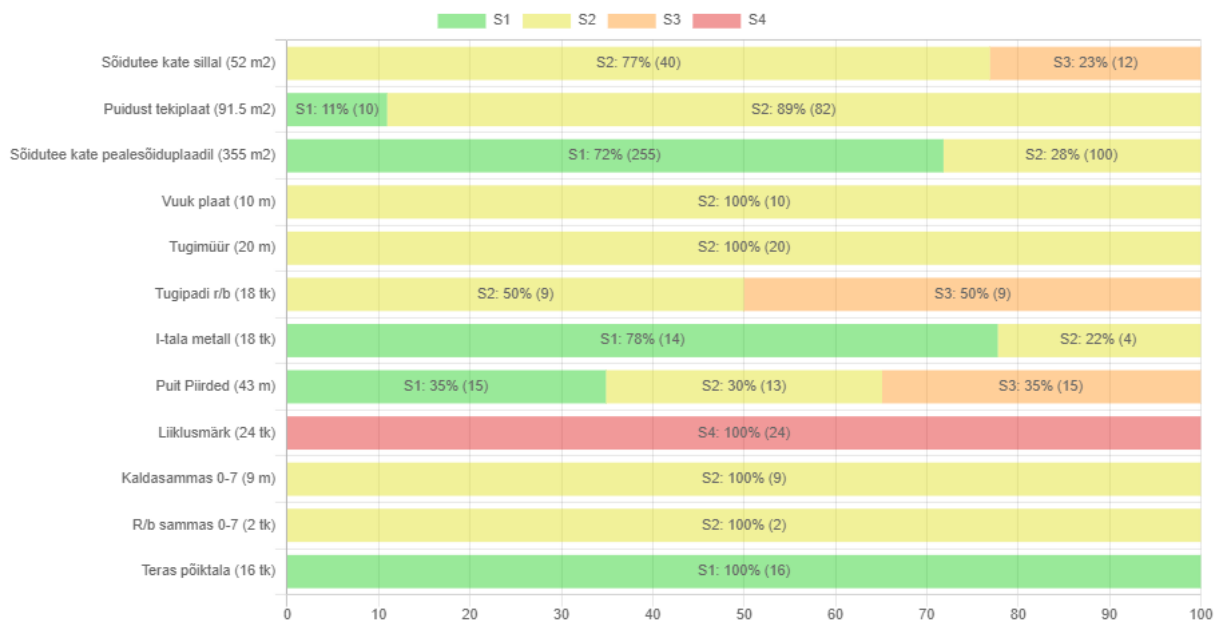


Foto 17. Nõmmeveski silla BMS2 süsteemis SI protsentide graafik [6]

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 6) arvatud indeks 78,07 ning BMS2 süsteemi arvatud indeks 80 (Foto 17). Antud näites erinevus ei tulnud suur, pigem on väärtused küllaltki sarnased. Kuna SI väärtused ei tulnud väga erinevad, siis suuremat analüüsi teostada ei ole niivõrd tarbekas. Selles näites on väga suur mõju SI kujunemisel betoon elementide osakaal. Näiteks on sellel rajatisel nii külgtiivad, vahesambad kui ka kaldasambad. Töö autor küll püüdis mõõta kõike elemente täpselt kuid siinkohal võis jääda sisse mõningane viga. Näiteks vahesambad on esitatud (Tabel 6) mõõtühikuga kuupmeeter, vastupidiselt BMS2 süsteemis ühikuga tk. Kuna betoonelementide maht sillal on väga suur, siis nõuab ka seisundiindeksite määramine rohkem tähelepanu. Ühelt poolt annab mõõtühik kuupmeeter arvutustest täpsema elemendi seisundiindeksi, kuid see nõuab võrreldes mõõtühikuga tk (elemente arvestades tükides) täpsemaid mõõtetulemusi kuigi see on pigem kallutatud tagavara kasuks (langetab SI väärtust). Sellises situatsioonis võiks autori arvates pigem näidata täpsemat SI väärtust kasutades arvutustes kuupmeeter väärtuseid – samas tuleb siis ka geomeetrilistes näitajate õigsuses väga veenduda.

5.2.6 Joaveski rippild



Foto 18. Joaveski rippild (pikkus- ja laiuskraad 59.51213, 25.816317)

Valitud aasta seisundiindeks: 93

Seisundiprotsendid

Vali aasta
2022

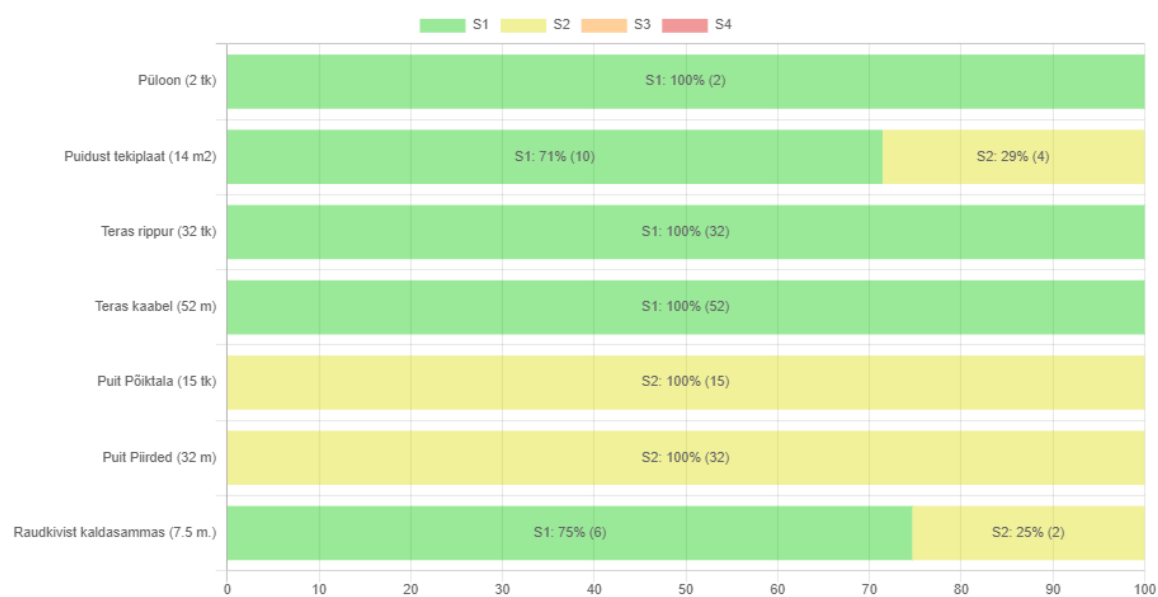


Foto 19. Joaveski silla BMS2 süsteemis SI protsentide graafik [6]

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 7) arvatatud indeks 88.70 ning BMS2 süsteemi arvatatud indeks 93 (Foto 19). Antud näites erinevus on autori arvates küllaltki suur, kuid sild on värske renoveeritud ning niivõrd kõrge indeks ja väike SI erinevus ei määra lõppkokkuvõttes väga palju. Erisuse SI arvutuses toob autori arvates sisse juba eelnevates peatükkides kirjeldatud mõõtühikute sisend.

5.2.7 Joaveski sild



Foto 20. Joaveski sild (pikkus- ja laiuskraad 59.510827, 25.818637)

Valitud aasta seisundiindeks: 79

Seisundiprotsendid

Vali aasta
2022

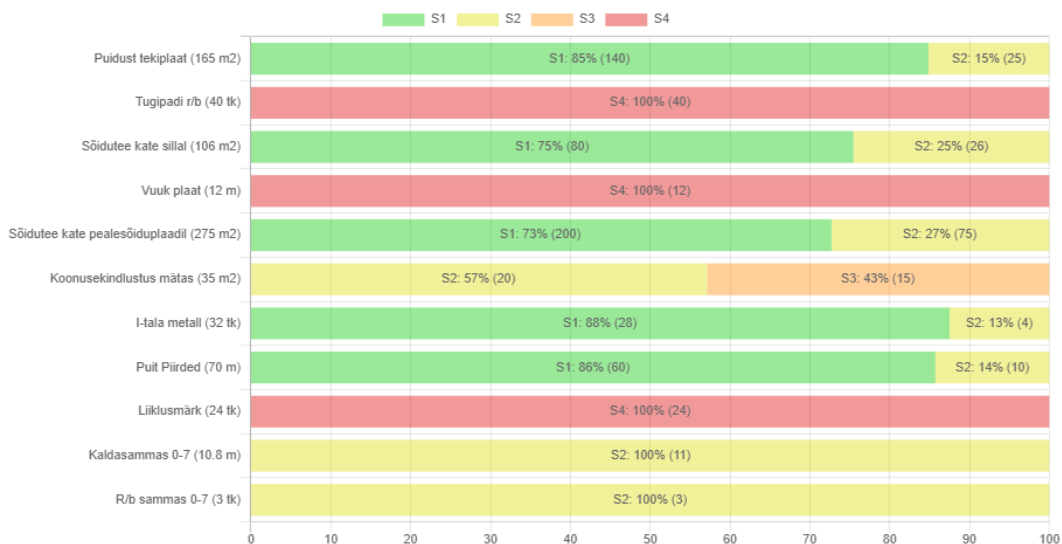


Foto 21. Joaveski sild BMS2 süsteemis SI protsentide graafik [6]

Silla seisundiindeksi võrdluses on (Tabel 8) arvatud indeks 75.90 ning BMS2 süsteemi arvatud indeks 79 (Foto 21). Antud näites erinevus ei tulnud suur, pigem on väärtused küllaltki sarnased. SI erinevuste üldised põhjused BMS2 süsteemis ning (ptk 3) on kirjeldatud juba eelnevalt peatükkides 5.2.1 – 5.2.6 ning autori arvates on ka Joaveski sillal SI arvutustes sarnased sisendid.

5.3 Parendusettepanekud

Üks osa käesolevast tööst on võimalike parendustegevuste kirjeldamine mida BMS2 süsteemis muuta või lisada. Kuna BMS2 süsteemi arendus on küllaltki varases faasis, siis töö tegemisel ilmnes piisavalt palju täiendamise võimalusi. BMS2 süsteem on üles ehitatud (ptk 2.2) kirjeldatud projektitasandil, kus rajatise hinnatakse silla ja elementide tasandil. Suund võiks olla tagada süsteemi toimimine rohkem võrgutasandil, kus rajatise vaadeldakse tervikuna ning see annab paremad eeldused rahalise jaotuse planeerimiseks sildade vahel. Kuigi võib arvata, et BMS2 on ülesehituselt juba praegu võrgutasandil, siis hetkel on süsteemi aluseks registriandmed ning arendustegevus . Puuduvad sisendid võrgutasandiks ning nendest sisendites ja üleüldisema ülesehitusest süsteemi kasutaja mugavamaks muutmisest järgnevalt juttu tulebki.

Proгноosimudelid

BMS2 süsteemi võiks tulevikus koosneda prognoosimudelite loomisest ja sellest saaks osa analüüsist. Prognoosimudelid on head indikaatorid illustreerimaks SI langust ajas ning on heas sisendiks järgnevate etappide või ülesannete planeerimisel. SI prognoosimudeli ülesanne on jälgida SI muutust ajas ning see annab omanikule hea ülevaate aeg-ajalt kontrollides kui sillal pole korduvülevaatus teostatud.

Toimivus

Teine mõte mis tuleks BMS2 süsteemis rakendada oleks toimivuse osa mis mingil määral on seotud ka SI prognoosimudelitega ja need 2 tuleks omavahel ära siduda. Erinevalt SI languse mudelit, siis toimivuspõhiste mudelite sisenditeks on erinevad silda iseloomustavad näidikud, mis toimivuse mudelis seotakse ära rahaliste vajadustega.

Remondi valikud, rahalise vajaduse ja võimekuse sidumine

Remondi valikute ja rahalise võimekuse analüüsiks oleks BMS2 süsteemis mõttekas SI prognoosimudel ja toimivuspõhine mudel omavahel ära siduda. Kui rääkida mõlema mudeli sarnasustest siis võiks nimetada seda, et mõlema mudeli sisendiks on rahaline võimekus ja jaotus ning erinevuseks peamiselt selle peamine eesmärk. Kui SI

prognoosimudel on koostatud lähtudes SI langusest ning mida ja millised hooldetöid teha tuleb vastavuses seisundiindeksiga (SI), siis toimivuse osas on mudel koostatud lähtudes erinevatest näidikutest mis on siis sisendiks remondi või hooldetegevuse valimisel. Saamaks tõestust ja kinnitust mudeli efektiivsuse või õiguses kohta tuleks BMS2 süsteemis kajastada mõlemat ning neid siis võrrelda ning väljund võiks olla teatud hooldus- või remonditöö.

Süsteemi vaade

Süsteemi vaates ettepanekud kujunesid BMS2 testimise käigus. Süsteemi vaadet tuleks muuta kasutajasõbralikumaks (rohkem selgitusi ja täpsustamisi) just omaniku seisukohast kuna kasutajal võib tekkida probleeme selle kasutamisel – lisaks kui seda peaks täiendatama.

Sild Raudoja-Kosu teel (1) (KSL)	
T-tala r/b 12m #1 (5 tk)	
Σ	5
	2022
S1	0
S2	0,75
S3	3
S4	1,25

Foto 22. Seisundiindeksite sisestamise näide BMS2 süsteemis [6]

BMS2 süsteemis võiks täiendada seisundiindeksite sisestamist. Kui süsteemi peaks kasutama omanik, siis valdavalt on sildade omanikud (eriti KOV tasemel) mitte niivõrd spetsialistid rajatiste ülevaatustel ning nende jaoks tuleks tuua välja seisunditasemete kirjelduses, et nad teaksid määrata elementidele indekseid nagu on tehtud (ptk 2.3).

Kaardi vaates (Foto 3) võiks kaardil kuvada sillad mis võivad vajada korduvülevaatus või mille SI tase on langenud sellisele tasemele, et vajab omaniku tähelepanu. Hetkel

on kaardil värviga eristatud ja tähistatud viimati teostatud ülevaatusse SI väärtus, kuid kui omanik peaks näiteks 2-aasta möödudes süsteemi kasutama, siis võiks olla selgelt eristatud mõni rajatis mille SI on olnud madal ning nüüd langenud veel madalamale. Kui kaardil on kuvatud suur arv sildu, siis oleks väga raske eristada kehva rajatist heast ja keegi täpselt ei tea millisele sillal peaks tähelepanu pöörama.

Mitte purustavad katsed

Töö teostamise käigus selgus, et BMS2 andmebaas-süsteem võiks sisaldada lisaks soovituslikke mitte purustavaid katseid, saamaks täpsemalt teada elemendi seisukorda. Hetkel on kogu süsteem ehitatud tuginedes visuaalselt vaatlusel ning pigem on kogu süsteemis subjektiivne lähenemine elementide hindamisel. Mittepurustavad katsed võiks süsteemis kajastada soovitusena seisundiindeksite sisetamisel. Näiteks kui elemendi seisundiindeks on väga madal (näiteks betoonil) või kus osa elemendist on seisunditasemel 1 ja osa 3 – olukorras mil tekib suurem erinevus.

Elementide sisestamine

Sildadele elementide sisestamine vajaks edasi arendamist. Hetkel on süsteemis sillale elementide lisamine küllaltki piiratud, kuna kõike elemente ei saa lisada ning mõni element vajaks täpsemat kajastamist. Hetkel ei ole võimalik kõiki elemente sisestada ning sellest võib tulla viga SI arvutustes. Tulemus võib tulla küll õige aga mitte täpne. Mida rohkem elemente sisestada on võimalik, seda täpsema väljund on. Näitena võib autor tuua selle, et tähisposte ei ole võimalik sisestada ja puudu on ka mõningad betoontala tüübid.

Kokkuvõte

BMS2 süsteemi arendus veel alguses, kuid juba hetkel täidab väga edukalt eesmärgi reigstriandmete kogumisel ja sisendeid võrgutasandi analüüsiks. Näiteks tuleks rõhku pöörata selle kasutajasõbralikumaks muutmisele, hetkel on see süsteem ehk liiati ulatuslik – tuleks rohkem muuta kompaktsemaks ning vähem erinevaid tabeleid koostada. Süsteemi tuleks muuta arusaadavamaks, nt. lisada SI kirjeldused ning soovituslikud hooldereмонт töö SI juurde – see võib olla seotud rohkem ka võrgutasandiga.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö peamine eesmärk oli tutvustada BMS-i üleüldisemalt ning testida ja tutvustada uut Teede Tehnokeskuse pool arendatavat BMS2 andmebaasi. Autoril oli lisaks huvi tutvuda valitud KOV sildade seisukorraga ning saadud info siduda BMS2 arendustegevuse parendamisse. Kuna BMS on väga arendamise järgus veel tänaseni, siis eriti KOV tasandil puudub valdavalt ülevaade rajatiste haldamisega seotud teemade üle.

Esmalt tutvustati koostatud töös BMS-i üleüldisemalt, selle arengut ning mis on selle sisendid. Kuna töös kajastatud põhiline teema on seotud BMS-iga siis on väga oluline autori arvates esmalt selle taust lahti seletada ning sellega tutvustada tööga tutvujale BMS-i tausta. Lisaks on esimene osa ka sissejuhatus järgnevatele osadele.

Teises osas koostas töö autor valitud KOV sildadele seisukorrahinnangud, omistas toimivusnäidikud sildadele ning koostas lühianalüüsi mõlemale poolele. Lühianalüüsi eesmärk oli kirjeldada saadud tulemusi ning võrrelda SI tulemusi BMS2 andmebaasi SI tulemustega. Seisukorra hinnangute koostamine andis autorile väga hea ülevaate sellest, kuidas sildade ülevaatuseid teostada, mida jälgida ning millega peab arvestama (näiteks piiratud ligipääs).

Töö põhiline osa oli testida BMS2 mis on Teede Tehnokeskuse poolt arendatav sillahaldussüsteem ning mis on uus versioon varasemast süsteemist BMS. Töö esimese poole eesmärk oli tutvustada autorile BMS-i sisendeid, seisukorrahinnangute koostamist mis oli aluseks töö viimasele osale BMS2 testimisele ja analüüsile. Tehnokeskus tutvustas autorile esmalt nende arendatavat süsteemi ja autori eesmärk oli testida seda valitud KOV sildadele ning erinevate kasutajate vaates. Testimine teostati spetsialisti, projekteerija ja omaniku vaatest – kõigi kes võivad antud süsteemiga kokkupuutuda ja seda kasutada. Töö tegemisel selgus, et süsteem on veel arendamisel ning muutujaid on autori arvates piisavalt. Eriti tuleb rõhk suunata kasutajamugavusele ja just omaniku seisukohast, kel võib puududa vastav eeldus või siis haridus sildade korrashoius. Kogu süsteem on hetkel arendatud lähtudes projekti tasandist ehk siis kus sildu hinnatakse elemendi põhiselt ja ühe kindla silla näitel. Autori arvates tuleks süsteemi arendada projekti tasandilt võrgu tasandile, kus tuleb ka seisukorrahinnangute tulemused ära siduda rahalise võimekuse ja prioriteetidega – hetkel tuleks viimane analüüs teostada BMS2 süsteemist eraldiseisvalt, kasutades selleks saadavaid andmeid. Töö tutvustas autorile piisavalt määral BMS-i, selle tausta, sisendeid ning töö andis suunitlused edasi kuidas võiks BMS2 tulevikus rakendust leida.

SUMMARY

The main objective of this work was to introduce BMS in general, to test and present the new BMS2 database that was developed by the Road Technical Centre. In addition, the author was interested in getting to know the conditions of the bridges in the selected municipalities and to link the information obtained to the improvement of BMS2 development. While the BMS is still at a very development stage, there is a predominant lack of overview of issues related to the management of facilities, in particular at the level of local authorities.

The first step of the work was to present the BMS in general, its development and what it's inputs are. As the main topic covered in the work is related to BMS, the author considers it very important to first explain the background of BMS and to introduce it to the reader of this work. In addition, the first part also serves as an introduction to the following parts.

In the second part, the author of the thesis made condition assessments of the selected bridges on the local authority, assigned performance indicators to the bridges and made a brief analysis of both sides. The aim of the brief analysis was to describe the results obtained and to compare the SI results with the SI results from the BMS2 database. The compilation of the condition assessments provided the author with a very good insight into how to carry out bridge inspections, what to monitor and what to take into account (e.g. restricted access).

The main part of the work was to test BMS2 that is a bridge management system developed by the Road Technical Centre and is a new version of the previous system BMS. The first half concentrates on introducing author the inputs of the BMS, the condition assessment that was the basis for the final part of the work BMS2 testing, and analysis. The Technical Centre first introduced the author the system they were developing and the author's aim was to test it on selected Municipal Bridges and from the point of view of different users. The testing was carried out from the point of view of the specialist, the designer and the owner - all those who may come into contact with and use the system. During the work it became clear that the system is still under development and that there are enough variables in the opinion of the author. Particular emphasis should be placed on user-friendliness, particularly from the point of view of the owner, who may lack the necessary prerequisites or education in bridge maintenance. The whole system is currently being developed on a project level, i.e. where bridges are assessed on an element-by-element basis and on the basis of a specific bridge. In the author's opinion, the system should be developed from project to

network level, where the results of the condition assessments should also be linked to financial capacity and priorities - at the moment, the last analysis should be carried out separately from the BMS2 system, using the data available for this analyse. The work provided the author with a sufficient introduction to the BMS, it's background, inputs, and gave directions on how BMS2 could be implemented in the future.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] D. R. J. Woodward, „DELIVERABLE D14 FINAL REPORT,” TRL, UK, 2001.
- [2] V. Tikas, „SILDADE HALDUSSÜSTEEM BMS EESTIS,” *Teeleht*, pp. 4-6, 2004.
- [3] H. Varik, „Sillatööde planeerimissüsteem,” Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 1998.
- [4] R. Vibo, „Sildade halduse probleemid ja haldussüsteemid,” Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2001.
- [5] T. Tehnokeskus, „Sildade võrgutasandi analüüsil põhineva sildade haldussüsteemi BMS juurutamine Eestis,” Transpordiamet, Tallinn, 2004.
- [6] S. Sein, „Õppeaine "Sildade hooldus ETS0030" õppematerjal,” Tallinn, 2020.
- [7] ProductPlan, „User Story,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.productplan.com/glossary/user-story/>.
- [8] „Tee seisundinõuded,” 14 Juuli 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/115072015013>.
- [9] T. Tehnokeskus, „BMS - Bridge Management System,” Teede Tehnokeskus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://bms2.teed.ee/auth>.