



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Ehituse ja arhitektuuri instituut

**TALLINNA LINNA TERRITOORIUMIL ASUVATE
SADEMEVEEKRAAVIDE HOOLDUSPÕHIMÕTETE
VÄLJATÖÖTAMINE**

**DEVELOPING MAINTENANCE PRINCIPLES OF
STORMWATER DITCHES LOCATED IN TALLINN**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Marianne Aru

Üliõpilaskood: 203956 EAXM

Juhendaja: Karin Pachel, kaasprofessor

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.

“29” mai 2023. a.

Autor: /allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“29” mai 2023. a.

Juhendaja: /allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele lubatud

“.....”.....20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Marianne Aru,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Tallinna linna territooriumil asuvate sademeveekraavide puhastuspõhimõtete väljatöötamine“

mille juhendaja on Karin Pachel,

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.

Marianne Aru

29.05.2023

/allkirjastatud digitaalselt/

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 loomingulise 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.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Marianne Aru, 203956
Õppekava, peaeriala: EAXM, Vee- ja keskkonnatehnika
Juhendaja: Karin Pachel, Tallinna Tehnikaülikooli professor

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Tallinna linna territooriumil asuvate sademeveekraavide puhastuspõhimõtete väljatöötamine

(inglise keeles) Developing maintenance principles of stormwater ditches located in Tallinn.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uurida ja anda ülevaade sademevee kraavide õiguslikust käsitlest Eestis ja Tallinnas.
2. Määrata sademeveekraavide olemid viies Tallinna piirkonnas – Lilleküla, Mustjõe, Luite, Mähe ja Lepiku asumid.
3. Töötada välja Tallinna linna territooriumil asuvate sademeveekraavide puhastuspõhimõtted.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Eesti seaduste ja standardite läbitöötamine.	01.05.2023
2.	Tallinna sademeveekraavide olemi määramine.	15.05.2023
3.	Sademeveekraavide puhastuspõhimõtete väljatöötamine.	29.05.2023

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "29" mai 2023 a.

Üliõpilane: Marianne Aru /allkirjastatud digitaalselt/ "29" märts 2023 a.

Juhendaja: Karin Pachel /allkirjastatud digitaalselt/ "29" märts 2023 a.

Programmijuht: Simo Ilomets /allkirjastatud digitaalselt/ "29" märts 2023 a.

SISUKORD

EESSÕNA	5
SISSEJUHATUS	6
1 LINNA SADEMEVEEKRAAVIDE PUHASTUSPÕHIMÕTETE VÄLJATÖÖTAMISE ALUSED	8
1.1. Tallinna sademeveekraavide õiguslik käsitus	8
1.1.1. Kraavidega seotud terminid ja mõisted	11
1.1.2. Tehnilise regulatsiooni käsitus.....	11
1.2. Kliima Tallinnas.....	13
1.3. Kraavid kui rajatised	13
1.3.1. Konstruktsioon.....	14
1.3.2. Truubid.....	14
1.4. Kraavide seos ja koostoimimine SUD süsteemide ja elupaikadega	14
1.4.1. SUD süsteemid	15
1.4.2. Seos ja koostoimimine kohalike elupaikadega	16
1.5. Tallinna kraavide olukord	17
1.6. Kraavide hoolduse korraldus ja probleemid.....	19
1.7. Kraavide olem ja paiknemiskaart linnaositi	21
1.7.1. Lilleküla	22
1.7.2. Mustjõe.....	27
1.7.3. Luite.....	30
1.7.4. Mähe	33
1.7.5. Lepiku	36
1.8. Tallinna ehitusgeoloogiline ülevaade	38
2 TALLINNA LINNA SADEMEVEEKRAAVIDE PUHASTUSPÕHIMÕTTED.....	43
2.1. Ehitus- ja rekonstrueerimistingimused ja mahud	43
2.2. Hooldus- ja kasutusjuhend	45
2.3. Hoolduse korraldus.....	49
KOKKUVÕTE	51
SUMMARY.....	53
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	55

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teemaks on Tallinna linna territooriumil asuvate sademeveekraavide puhastuspõhimõtete väljatöötamine. Teemani jõuti Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalameti inseneriosakonna juhataja Kalle Pint ja töö juhendaja Karin Pachel abiga.

Magistritöö eesmärgiks on töötada välja Tallinna linna territooriumil asuvate sademeveekraavide puhastuspõhimõtted vastavalt Eesti seadustele, määrustele ja standarditele. Töö raames vaadeldakse sademeveekraavide hetkeolukorda viies piirkonnas – Lilleküla, Mustjõe, Luite, Mähe ja Lepiku. Vastavalt kuivenduskraavide olemisele töötatakse välja ehitus- ja rekonstrueerimistingimused ning mahud. Käesoleva töö esimeses pooles töötatakse läbi Eesti seadused ja standardid, mis käsitlevad sademevett. Teises pooles töötatakse välja sademeveekraavide hoolduspõhimõtted.

Autor soovib tänada töö juhendajat, kes alati suunas autori õigele teele ning aitas töö eesmärkideni jõuda. Väga hea nõuga nii töö ülesehitamisel kui ka abimaterjalide leidmisel aitas kaasa Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalameti inseneriosakonna juhataja Kalle Pint. Suur tänu.

Võtmesõnad:

Tallinn, sademevesi, sademeveekraav, hoolduspõhimõtted, magistritöö

SISSEJUHATUS

Seoses kliima soojenemisega on suureneb sademete hulk aasta-aastalt ning tulevikus on oodata ka valingvihmade esinemise kasvu, meretaseme tõusu ning tormide sagenemist [1]. Kuna tänasel päeval on linnades valdavalt asfaltteed, millest vesi läbi ei imbu, siis jääb kogu taevast alla sadanud vihm lompidenä tee peale. Valingvihmade puhul koguneb maapinnale lühikese aja jooksul väga suur hulk vett ning tekivad ajutised üleujutused. Selleks, et teed oleksid nii jalakäijatele kui ka autodele läbitavad ka suure saju ajal, on vaja sademed, mis maapinda ei imbu, ära juhtida. Linnades on üleliigse vee ära juhtimiseks kasutusel enamasti traditsioonilised sademeveesüsteemid. Selliste süsteemide puhul kogutakse mööda maapinda reostunud vesi torustike ja kaevude abil kokku, mis seejärel puhastatakse vastavate seadmetega enne veekogusse juhtimist. Tänapäeval avaldab linnastumise ja järkjärgulise sademete hulga suurenemise koosmõju traditsioonilistele sademeveesüsteemidele liigset survet põhjustades sagedasemaid ja tõsisemaid üleujutusi [2]. Seetõttu on tulnud kasutusele SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*) ehk keskkonnasäästlikud sademeveesüsteemid. SUDS süsteemide eesmärk on jäljendada naturaalselt veeringlust ning võimalikult suur hulk vett tekkekohas ära kasutada [1]. [3]

Tallinn on suurim linn Eestis ja seal elab 2023. aasta veebruarikuu seisuga natuke alla poole miljoni inimese [4]. Enamus linnad – kaasaarvatud Tallinn – on ehitatud ajal kui sademete hulk oli võrreldes tänasega väiksem. Samuti kasutati linnas vähem selliseid vett mitteläbilaskvaid pinnakatteid nagu asfalt ja betoon. Tänapäeval, kui üleujutused on saanud linnaruumis reaalseks probleemiks, on sademeveesüsteemide lahenduste võimalused piiratud. Imbpeenarde ja tiikide jaoks pole vanemates linnaosades piisavalt ruumi ning hooned ei ole ehitatud kandma nii rasket katust nagu on tänapäevased rohekatused. Kõige sobilikumaks lahenduseks on kitsastel linnatänavatel osutunud kuivenduskraavid. Selleks, et selline süsteem toimiks pikaajaliselt tuleb seda korralikult hooldada. Tallinna linna üks probleemsemaid valdkondi on ühtse sademevee strateegia puudumine [5]. Olulised tegurid, mida sademevee käitlemisel ja majandamisel arvesse võtta, on geofüüsilised aspektid, nagu kliima, hüdroloogia, maa, pinnas ja topograafia, õiguslikud ja sotsiaalsed tegurid, samuti tehnilised ja majanduslikud küsimused [6].

Käesoleva töö põhieesmärk on välja töötada Tallinna linna territooriumil asuvate sademeveekraavide hoolduspõhimõtted. Töö raames vaadeldakse sademeveekraavide hetkeolukorda viies piirkonnas – Lilleküla, Mustjõe, Luite, Mähe ja Lepiku. Vastavalt kuivenduskraavide olemisele töötatakse välja ehitus- ja rekonstrueerimistingimused ning mahud. Käesoleva töö esimeses pooles töötatakse läbi Eesti seadused ja standardid, mis

käsitlevad sademevett. Teises pooles töötatakse välja probleemsete sademeveekraavide hoolduspõhimõtted.

1 LINNA SADEMEVEEKRAAVIDE PUHASTUSPÕHIMÕTETE VÄLJATÖÖTAMISE ALUSED

1.1. Tallinna sademeveekraavide õiguslik käsitlus

Veeseadus (VeeS) defineerib sademevett kui sademetena langenud ning ehitiste, sealhulgas kraavide kaudu kogutava ja ärajuhitava veena. VeeS reguleerib vee kasutamist ja kaitse kavandamist moel, mille rakendamine soodustab säästvat veekasutust. Samuti sätestab riikliku järelevalve ning veekaitseõuded, veekasutajate õigused, kohustused ja vastutusala. Sademevee käitlust ja juhtimist käsitleb seadus vähesel määral. VeeS ei sea nõudeid looduslähedaste lahenduste (SUDS) kasutamiseks sademeveest vabanemiseks. Välja on toodud, et veeluba on kohustuslik, kui sademevett juhitakse suublasse jäätmekäitlusmaalt, tööstuse territooriumilt, sadamaehitiste maalt, turbatööstusmaalt ja muudest kohtadest, kus on saastatuse risk või oht veekogu seisundile. Seoses sademevee saasteainesisalduse piirväärtustega viitab VeeS eraldi valdkonna eest vastutava ministri määrusele „Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused“. Vastavalt keskkonnaministri poolt kinnitatud määrusele tohib lahkvoolest sademeveekanalisisatsioonist sademeveelaskme kaudu suublasse juhtida sellist sademevett, mille saastenahtajad ei ületa määruses sätestatud piirväärtusi, mis kehtivad reoveekogumisala kohta, mille koormus on 2000–9999 ie, välja arvatud heljumisisaldus, mis ei tohi ületada 40 mg/l, ja naftasaaduste sisaldus, mis ei tohi ületada 5 mg/l. Juhtides sademevett suublasse mööda kraave on aktuaalne ka immutussügavus, mis peab olema aasta ringi hinnanguliselt vähemalt 1,2 m ülevalpool põhjavee kõrgeimat taset ning jääma hinnanguliselt vähemalt 1,2 m kõrgemale aluspõhja kivimitest. Üleujutus on VeeS kontekstis harilikult veega katmata maa-ala ajutine kattumine veega, sealhulgas üleujutus, mis on põhjustatud vooluveekogu veetaseme tõusust või mere veetaseme tõusust rannikualal. Samas ei peeta üleujutuseks kanalisatsioonisüsteemi põhjustatud üleujutust. [7], [8]

Looduskaitseseaduse (LKS) kolm eesmärki on looduse kaitsmine selle elurikkuse säilitamise, looduslike elupaikade ning loodusliku loomastiku, taimestiku ja seenestiku liikide soodsa seisundi tagamisega, kultuurilooliselt ja esteetiliselt väärtusliku looduskeskkonna või selle elementide säilitamine ning loodusvarade kasutamise säästlikkusele kaasaaitamine. Käesoleva töö kontekstis määrab LKS piiranguvõõndid veekogudele ning hoiualad ja püsielupaigad loomade, taimede ja seenestiku kaitseks [9]. [10]

Planeerimisseaduse (PlanS) eesmärk on luua ruumilise planeerimise kaudu eeldused ühiskonnaliikmete vajadusi ja huve arvestava, demokraatliku, pikaajalise, tasakaalustatud ruumilise arengu, maakasutuse, kvaliteetse elu- ning ehitatud keskkonna kujunemiseks, soodustades keskkonnahoidlikku ning majanduslikult, kultuuriliselt ja sotsiaalselt jätkusuutlikku arengut. PlanS sätestab planeerimise põhimõtted ning nõuded planeerimismenetlusele ja planeeringu elluviimisele. Planeerimisseaduse § 8 määratletud elukeskkonna parendamise põhimõte ütleb, et planeeringuga tuleb luua eeldused kasutajasõbraliku ning turvalise elukeskkonna ja kogukondlikke väärtusi kandva ruumilise struktuuri olemasoluks ja säilitamiseks ning esteetilise miljöö arenguks, säilitades olemasolevaid väärtusi. PlanS § 12 määratleb põhimõtte otstarbeka, mõistliku ja säästliku maakasutuse kohta: planeerimisel peab võimaluse korral soodustama varem kasutuses olnud või ebapiisavalt kasutatud alade otstarbekamat kasutamist, tasakaalustatult käsitlema ehitatud keskkonda ja looduskeskkonda, arvestades olemasolevast keskkonnast ning asukohast tulenevaid asjaolusid ning eelistada keskkonnasäästlikke ja energiatõhusaid lahendusi ning soodustada taastuvenergia kasutamist. Planeerimisseaduse tähenduses määratakse vastavalt üldplaneeringule tehnovõrkude ja -rajatiste üldine asukoht ja nendest tekkivad kitsendused ning detailplaneeringuga tehnovõrkude täpne asukoht [9]. [11]

Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni seadus (ÜVVKS) sätestab riigi, kohaliku omavalitsuse (KOV), vee-ettevõtja ja kliendi õigused ja kohustused ning reguleerib kinnistute veega varustamise ning kinnistute reovee, sademevee, drenaaživee ning muu pinnase- ja pinnavee ärajuhtimise ja puhastamise korraldamist ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni (ÜVK) kaudu. Sademevee ärajuhtimise ehitisi ja seadmeid loetakse ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni süsteemi kuuluvaiks, kui kohalik omavalitsus ei ole teisiti otsustanud. Seaduse § 4 kohaselt rajatakse ühisveevärgi ja -kanalisatsioon kohaliku omavalitsuse volikogu kinnitatud ÜVK arendamise kava alusel. Kui see puudub, siis võib rajada detailplaneeringu alusel kuni ÜVK arendamise kava valmimiseni. ÜVK arendamise kava koostamist korraldab KOV ning see peab olema kooskõlas vesikonna veemajanduskavaga. ÜVVKS § 4 lõike 2⁵ kohaselt peab ÜVK arendamise kavas sisalduma ühisveevärgi ja -kanalisatsioonisüsteemide asukoht ja nende asendiskeem, samuti sademeveekanalisatsiooni tehniline kirjeldus ning seisukorra ja sobivuse hinnang. [12]

Maaparandusseadus sätestab muuhulgas maaparandushoiu nõuded, maaparandusühistu asutamise ja tegutsemise alused ja korra, riikliku ja haldusjärelvalve teostamise alused ja ulatuse ning vastutuse käesoleva seaduse rikkumise eest. Maaparandus iseenesest on seaduse tähenduses maa kuivendamine ja niisutamine ning maa veerežiimi kahepoolne reguleerimine. Maaparandussüsteemile kehtivad sellised nõuded nagu näiteks reguleeriv võrk peab tagama maaviljeluseks sobiva mulla veerežiimi. Samuti peab süsteem olema ohutu ja minimeerima hajukoormuse leviku ohtu. Eesvool peaks olema võimalikult suure

isepuhastusvõimega ning samal ajal tagama liigvee äravoolu võimalikkuse. Maaparandushoiutöid tehes ei tohi takistada vee äravoolu rajatistes ega kahjustada keskkonnaseisundit, rajatist ennast ega selle toimimist. Maaparandussüsteemi hooldamine on süsteemi enda ja selle maa-ala korrastamine nagu näiteks taimestiku eemaldamine ning voolutakistuse, risu ja sette eemaldamine. Samuti ei tohi olla süsteemis looduslikku voolutakistust nagu näiteks koprapaisu. Üleujutuse tekitamine ning väljaspoolt drenaaži maa-ala tekkiva heitvee juhtimine süsteemi on keelatud ilma vastava loata. Samuti on keelatud heitvee immutamine ja istanduste rajamine ilma Põllumajandus- ja Toiduameti loata. Maaparandushoiutööde tegemiseks erakinnistul võivad tööde tegijad viibida kinnisasjal kinnisasja omaniku või tema volitatud esindaja juuresolekul. Juhul, kui kinnistuomanik juures ei viibi tööde tegemise ajal, siis on vajalik enne kinnisasjal toimingute tegemist aeg kokku leppida. Kinnistuomaniku kohustus on eemaldada segav piirdeaed ja muud takistused maaparandushoiutööde tegemise ajaks. Juhul, kui riigi poolt korras hoitava maaparandussüsteemi kaitsevööndis otsustatakse korraldada koprajaht või kopra väljapüük, siis sõlmitakse eelnevalt kinnisasja omanikuga vastav leping. Kinnistuomanikul on kohustus taluda koprajahti ja kopra väljapüüki. [13]

Ehitusseadustiku eesmärk on soodustada jätkusuutlikku arengut. Samuti tagada ohutus, ehitatud keskkonna eesmärgipärane toimivus ning kasutatavus. Rajatise kaitsevöönd on selle alla jääv ja ümbritsev maa-ala, mille ulatuses on kinnistuomanikul kohustus taluda võõrast rajatist ning mille piires on kinnisasja kasutamine ja sellel tegutsemine piiratud ohutuse ning ehitise toimivuse tagamiseks. Sellises kaitsevööndis on keelatud rajatist või selle nõuetekohast kasutamist ohustada, eemaldada või kuhjata pinnast, takistada ligipääsu rajatisele ja selle hooldustöid ning takistada taimestiku või pinnase säilitamist viisil, mis on ohutu rajatisele. Eraldi on välja toodud ka nõuded ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni kaitsevööndis, mis keelavad seal teha lõhkamis-, puurimis-, kaevandamis-, vaia-, kaeve-, täite-, üleujutus- või kuivendustöid. Samuti on keelatud kaitsevööndis materjalide ladustamine. [14]

2012. aastal kehtestatud Tallinna sademevee strateegia aastani 2030 seadis kolm eesmärki. Esimene oli saavutada 2021. aastaks sademevee suublate, rannikumere ja linna siseveekogude hea ökoloogiline seisund ning üldiselt parandada sademevee kvaliteeti. Teine eesmärk on vältida üleujutusi ning leevendada nende tagajärgi. Kolmas on käsitleda sademevett kui loodusressurssi, mida akumulieritakse ja kasutatakse mõistlikult – eelkõige tekkepõhine kasutamine. Üheks eesmärkide täitmise meetmeks on strateegias välja toodud sademevee tekkekohas puhastamise lahendamine ning ära juhitava vee vooluhulkade reguleerimine, et vähendada sademeveesüsteemide koormust ja üleujutusohu. Selleks on vajalik nii rekonstrueerida olemasolevaid kraave ja ojasid kui ka rajada uusi ühtlustus- ja akumulierimisrajatise. [5]

Kohalikul omavalitsusel on kohustus luua koostöös kohaliku vee-ettevõtjaga ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arendamise kava, mis peab olema kooskõlas vastava piirkonna veemajanduskavaga [9].

1.1.1. Kraavidega seotud terminid ja mõisted

SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*) ehk keskkonnasäästlikud sademeveesüsteemid – looduslike ökosüsteeme jäljendavad rajatised, mis võimaldavad sademevee ärajuhtimisel vee tõhusat ja keskkonnasõbralikku käitlemist [1].

Suubla/Eesvool – Veeseaduse tähenduses veekogu, veekogu osa või maapõue osa, kuhu juhitakse heitvett või saasteaineid [8].

Truup – üksik torulõik, mis asub tüüpiliselt sõidutee või kinnistu sissepääsutee all. Truupe kasutatakse tavaliselt ühendusena kraavide vahel, et võimaldada katkematut sademevee äravoolu. [15]

Mulgustatud torustik – augustatud torustik, mida kasutatakse kas maapinnalt infiltreerunud vee püüdmisel või vastupidi kogutud sademeveega mulla alumiste kihtide niisutamisel [15].

Düüker – torustiku lõik, milles vesi voolab surve all ja selle kaudu juhitakse vesi tõkke (näiteks kaablid, teine torustik, tee) alt läbi [16].

1.1.2. Tehnilise regulatsiooni käsitlus

Tallinnas on sademevee käitlemise aluseks 2012. aastal jõustunud määrus „Tallinna sademevee strateegia aastani 2030“, mille eesmärk on kavandada terviklik sademevee käsitlus Tallinnas. Tallinna sademevee strateegia kohaselt tuleb olemasolevate sademeveesüsteemide rekonstrueerimisel kraavitus säilitada kus vähegi võimalik. Kraavid aeglustavad oluliselt vee äravoolu oma suure akumuleeriva mahu tõttu. Osaliselt toimivad kuivenduskraavid ka sademevee puhastitena, kuna aeglase äravoolu tõttu settib osa heljuvainest kraavi põhja. [5]

Vastavalt Eesti standardile Väliskanalisatsioonivõrk EVS 848:2021 tuleb mistahes tegevusega seoses kanalisatsioonivõrguga tagada pinna- ja põhjavee seisundi säilimine. Võrgu hooldamisel või remontimisel tekkinud jäätmed tuleb nõuetekohaselt kõrvaldada nii, et need ei reostaks keskkonda. Sademevett käideldakse standardist lähtuvalt kuuel viisil. Eelistatud käitlusviisideks on sademevee kogumine ja kasutamine, selle immutamine tekkekohas ning äravoolust vabanemine, kasutades looduslähedasi lahendusi nagu näiteks rohealadid, viibetiike, rohekatuseid ja imbakraave. Järgmisteks käitlusviisideks on sademevee äravoolu viibeaja pikendamine enne selle ära juhtimist ning seejärel vee suunamine

sademeveetorustikku ja vajadusel vee puhastamine enne eesvoolu juhtimist. Viimaseks käitlusviisiks on valingvihmadest põhjustatud üleujutuste vältimine ja vähendamine kasutades vooluhulkade reguleerimiseks ühtlustusrajatise. Standardis on eraldi välja toodud, et sademevee kanalisatsiooni reovee juhtimine on keelatud. Sademevee äravoolu tehniliste lahenduste valikuid mõjutavad kõige rohkem kõvakattega pindade osakaal, pinnase omadused veejuhtivuse osas ning maksimaalne põhjaveetaseme kõrgus. Liigvee ära juhtimise korraldamisel on tarvis arvestada, et see toimiks nii suvistes kui ka talvistes oludes. Kogumis- ja immutussüsteem peab olema piisava mahuga, et hoida vähemalt 15 minutit kuni 360 minutit kestvaid sademeid, mille puhul on nõutava rajatise suurus kõige suurem. Sademevee äravooluga seonduva arvutamise tarbeks on standardis toodud vastavad valemid. Sademevee kanalisatsiooni hooldust võivad teostada ainult pädevad isikud ning kelle pädevust võivad kontrollida kohalik omavalitsus ja vee-ettevõtja. [17]

Linnatänavate standard EVS 843:2016 käsitleb nii suletud kui ka lahtiseid sademevee ärajuhtimise süsteeme. Suletud süsteemiks loetakse sademeveetorustikku ning lahtised süsteemid on kõik ülejäänud lahendused nagu näiteks äravoolukraavid, ojade sängid, küvetid, tiigid, truubid ja avatud kanalid. Lahtises süsteemis tuleb voolukiirust üle 2 m/s vältida. Kraavi sügavus peab olema ühtne teealuste truupide põhjakõrgustega. Samuti peab linnas paiknevates kuivenduskraavides olema vee sügavus alla ühe meetri. Lahtise sademeveekraavi pikikalle peaks olema võrdne tänava või sissesõidutee kaldega. [18]

Põllumajandus- ja toiduameti poolt on välja antud kuivendussüsteemide eesvoolude veekeskonda säästva hoiu põhimõtted. Juhendi kohaselt on enamus eesvooludest tavamõistes kraavid, mis on suure osa aastast veevabad. Maaparandushoiutööd hõlmavad juhendi alusel nõlvade niitmist, puittaimestiku raiet, takistuste eemaldamist sängist, sette eemaldamist ning rajatiste hooldamist ja uuendamist. Hoiutööd jagunevad kaheks – hooldus ja uuendus. Hooldust ja uuendust eristab eemaldatud sette keskmine maht. Hoolduseks nimetatakse tegevust siis, kui sette maht on kuni 0,5 m³/m ning uuendamiseks loetakse siis, kui sette maht on 0,5 kuni 1,2 m³/m. Juhendiga on määratletud eesvoolude säästva hoiu neli üldpõhimõtet. Esimese põhimõtte järgselt tuleb kraavide rekonstrueerimise vajadus viia minimaalseks ning venitada võimalikult pikaks periood, mille tagant tuleb laiaulatuslikke sette eemaldusi teha. Teine põhimõte sõnab, et hooldustööd tuleb teha nii palju kui vaja, aga nii vähe kui võimalik. Kolmas põhimõte puudutab eesvoolust lausalist sette eemaldamist, mille järel tuleb paari aasta jooksul viivitamatult kõrvaldada tekkinud nõlvade deformatsioonid ja settekuhjatised põhjas nii kaua kuni säng on stabiliseerunud. Neljanda põhimõtte kohaselt ei tohi ületada hooldustööde tegemise kriitilist aega, kuna sellised tegevused on ennetava tähendusega kogu süsteemi jaoks. Näiteks kui drenaažisuudmed on täielikult sette all, siis on tavaliselt hooldustöödega jäädud hiljaks. [19]

1.2. Kliima Tallinnas

Eesti kliimat mõjutab peamiselt riigi geograafiline asend. Vastavalt Köppeni kliimaklassifikatsioonile on Eesti lääneosas maheda talvega mereline kliima ning idaosas külma talvega niiske mandriline kliima. Samas mõjutab Eesti kliimat suuresti ka Läänemeri, mis muudab rannikupiirkonnas talved soojemaks ning suved külmemaks. Sademete hulk ületab aurumise peaaegu kahekordselt ehk kliima on väga niiske. Keskmine sademete hulk aastas on üleriigiliselt umbes 550 – 700 mm, ulatudes mõnes piirkonnas 740 mm-ni. Tallinnas on keskmine aastane sademete hulk Keskkonnaagentuuri andmetel 700 mm ehk üks niiskema kliimaga piirkondi Eestis [20]. Kõige sademetevaesemad kuud on veebruar ja märts. Nendele järgnevatel kuudel sademete hulgad suurenevad kuni juuli ja augustini, mis on kõige niiskemad kuud aastas. Aasta lõpu poole hakkab sademete hulk jälle kahanema. Tallinnas on statistiline keskmine sademete hulk kuus 59 mm, kuid varieerub kuude kaupa 35 mm-st kuni 85 mm-ni [20]. [21]

1.3. Kraavid kui rajatised

Sademeveekraavid on piklikud maapinnasüvendid, mis on rajatud üleliigse sademevee kinni püüdmiseks ja ära juhtimiseks [15]. Enne traditsiooniliste torude ja kaevude süsteemide tekkimist suunati vihmaveed tänavatelt vooluveekogudesse peamiselt kraavide kaudu. Sellist lahendust kasutatakse jätkuvalt maapiirkondades ja vanemates linnaosades. Kraavide peamine eelis seisneb selles, et need pikendavad sademevee kokkuvoolu aega, filtreerivad ja immutavad maha sadanud vett ning reguleerivad pinnavee taset. Tulemuseks on väiksem äravooluhulk ja vähendatud saasteainete jõudmine vooluveekogusse või sademeveekäitlusse. [5], [22]

Sõltuvalt kraavi füüsilistest omadustest (suurus, kuju, kalle ja taimkate) ja immutusala suurusel võivad teeäärased kraavid pakkuda sama head äravoolu kui torustike ja kaevude süsteemid. Samas võib sademeveekraavide taimestik väiksemate vihmade korral vett filtreerides ja immutades anda ka mõningaid veekvaliteedi ja põhjavee taastumise eeliseid. Kraavi põhjas kasvava taimestiku mõju vee äravoolu aeglustamisel võib samuti anda eeliseid erosiooni ja üleujutuste ennetamisel. [15]

1.3.1. Konstruksioon

Üldiselt peavad sademeveekraavid olema vähemalt poole meetri sügavused, et tagada piisavalt ruumi teelt ära voolanud veele. Klassikalised teeäärsed sademeveekraavid on tavaliselt V – kujulised ning nende sügavus ei tohiks olla üle poole kraavi laiuusest. Samas kraavide hooldust silmas pidades eelistatakse veel laugemaid kraave ehk suhet 3:1 (laius:sügavus). [15]

1.3.2. Truubid

Tüüpiliselt varieeruvad truupide läbimõõdud 300 millimeetrist 600 millimeetrini. Truubid ja nende vahekaugused võivad suuresti mõjutada sademeveekraavide immutusala. Näiteks on leitud, et kasutades 450 millimeetrise läbimõõduga truupe iga 20 meetri tagant võib vähendada immutusala kuni 2,5 hektarini võrreldes umbkaudu 30 hektariga, kui truupe ei kasutataks. [23]

Sademevee kinni pidamiseks ja infiltratsiooni aja pikendamiseks paigutatakse truubid kraavide vahele nii, et truubi alumine osa jääks natuke kõrgemale kraavi põhjast tekitades sellega kerge takistuse vee äravoolule. Kanadas läbi viidud uuringust selgus, et tõstetud truupide kasutamine on kõige tõhusamaks osutunud seal, kus pinnakalded on väikesed (0,5% või vähem). Tõstetud truupide maksimaalne kõrgus peaks lähtuma sellest, et kinni hoitav vesi peab imbuma mõistliku aja jooksul ehk vähem kui 12 tunniga. Mullakihi ja murukatte tüüpiliste infiltratsioonikiiruste 3 – 7,5 mm/h puhul võib see piirata tõstetud truubi kõrgust 50 millimeetrini või alla selle. Nii madalal kõrgusel annaksid tõstetud truubid käegakatsutavat kasu ainult siis, kui neid kasutatakse nõlvadel, mille külgakalded on 5:1 või vähem. [23]

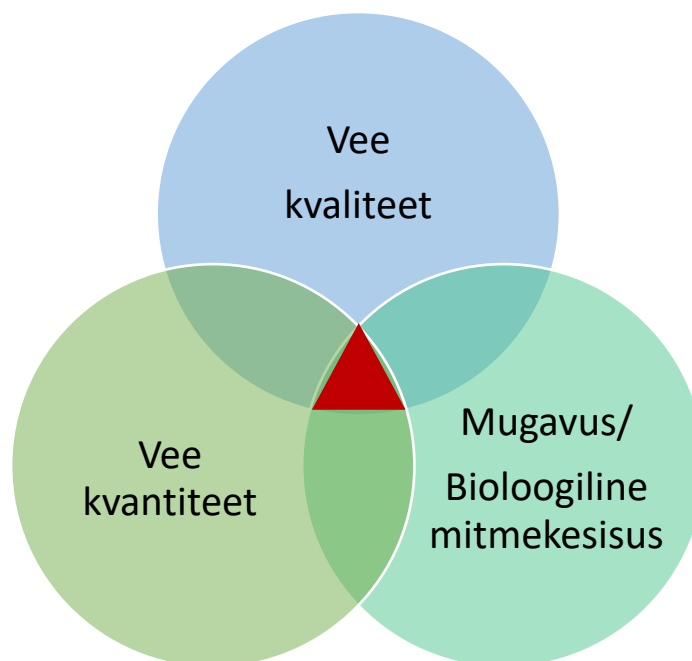
1.4. Kraavide seos ja koostoimimine SUD süsteemide ja elupaikadega

Sademevee majandamine on üha keerukamaks muutuv teema, mis hõlmab kõiki meetmeid sademevee äravoolu leevendamiseks. Sademevee majandamise peamine eesmärk on kasutada parimaid lahendusi, et leevendada üleujutusohu ning vähendada sademevee setete, toitainete ja keemiliste saasteainete koormust enne, kui need jõuavad allavoolu looduslikesse vooluveekogudesse. Maailm liigub sademevee äravoolu leevendamisel rohkem keskkonnasõbralike lahenduste poole. Mõned neist meetmetest on vähese keskkonnamõjuga disainilahendused, keskkonnasäästlik linna drenaazisüsteem (SUDS) ja

veetundlik linnakujundus. SUD süsteeme peetakse looduslähedasteks, sest need põhjustavad minimaalset kahju keskkonnale [24]. [6]

1.4.1. SUD süsteemid

SUD süsteemide peamine eesmärk on vähendada sademevee äravoolu kiirust ja kogust, immutades, hajutades ning kasutades maha sadanud vett tekkekohas nii palju kui võimalik [1]. Samuti parandavad SUD süsteemid sademevee äravoolu kvaliteeti filtreerides välja saasteained, mis võivad muidu eelvoolu reostada [25]. Kui tavapärased drenaažisüsteemid keskenduvad ainult sademevee kogusele, siis SUDS pöörab tähelepanu kõigile kolmele kvantiteedi, kvaliteedi ja mugavuse/bioloogilise mitmekesisuse aspektile (Joonis 1.1) [6].



Joonis 1.1 SUD süsteemide kolmnurk [6].

Keskkonnasäästlikud sademeveesüsteemid hõlmavad laia valikut disainivõimalusi vee tänavalt ära juhtimiseks kohalikesse veekogudesse jäljendades naturaalselt veeringet [2]. SUDS-i laiemalt levinud lahendused on rohekatused ja -seinad, immutuskraavid ja -peenrad, vett läbilaskvad kõnniteed jne [1].

Kõik SUD süsteemide lahendused järgivad kesket sademevee käitlusahela kontseptsiooni. Sademevee käitlusahela esimene etapp on sademevee tekkekohas äravoolu ennetamine ja esmane käitlus. Sellised lahendused on näiteks rohekatused- ja seinad ning sademevee kogumine mahutitesse ja tekkepõhine sademevee kasutamine näiteks kastmisveena või pesumasinas. Järgmisena liigub vesi edasi tänava sademeveesüsteemi komponentidesse, mis vähendavad nii vee voolukiirust ja kogust kui ka puhastavad osaliselt saasteainetest.

Selliseid ülesandeid täidavad viibetiigid, vett läbilaskvad katendid ning kasvukastid ja vihmapeenrad. Viimase etapina enne sademeveekanaliseerimise või veekogusse voolamist juhitakse vesi kohaliku omavalitsuse või linnaosa sademeveesüsteemi, mis tegeleb kogu piirkonna sademevee käitlemisega. Nii suurte veekoguste käitlemisel kasutatakse lahendusi nagu tiigid, puhverribad, täidisdreenid, nõvad, tehismärgalad, imbkraavid ja -kaevud ning immutusälad. [1]

Sademeveekraavid on küll algselt rajatud sademevee ära juhtimiseks, kuid need hoiavad vett ka mingil määral kinni vähendades vee äravoolu kogust suurte vihmade ajal. Küll aga võivad klassikalised pinnaskraavid olla olulised setete allikad. Selle ohu vähendamiseks lastakse kraavi põhjas taimestik kasvada. Taimestiku tüüp omab olulist rolli vee äravoolu koguse kontrollimisel, et ennetada erosiooni. Näiteks leiti Kanadas läbi viidud uuringus, et vooluhulk võib erosiooni tekitamata olla 30 cm kõrguse taimestiku korral rohkem kui kolmekordne võrreldes 5 cm-ga. Tänapäevase edasiarendusena kraavidest on muuhulgas disainitud imbkraavid, mille erinevus tavalistest sademeveekraavidest seisneb põhjas. Imbkraavid on tagasitäidetud kraavid, mille põhjas on mulgustatud torustik ja selle ümber koredast materjalist immutuskiht [26]. [23]

1.4.2. Seos ja koostoimimine kohalike elupaikadega

Eesti on oma bioloogilise mitmekesisuse poolest üks rikkamaid võrreldes teiste 57. laiuskraadist põhja pool asuvate sarnase suurusega territooriumitega. Põhjuseks on toodud saare- ja mandrialade olemasolu, vahelduvad kliimaatilised tingimused, merepiiri ja siseveekogude rohkus ning aluskivimite ja nendele vastavalt mullastikutingimuste vahelduvus. Eestist on seni leitud ligi 30 000 elustikuliiki, kuid arvatakse, et tegelikkuses võib neid olla ligi 40 000. [21]

SUD süsteemides olev sademevesi on taimede ja loomade kasvu ja arengu jaoks oluline ressurss. Kuivadel perioodidel on linnas elavatel loomadel, lindudel ja teistel elajatel veele väga raske ligi pääseda kui sademevesi juhitakse tekkekohast ära mööda kaevusid ja torusid. Kraave sademevee äravooluna kasutades on loomadel ja putukatel võimalik sellele veele ligi pääseda tunduvalt kauem ning see soodustab ka bioloogilist mitmekesisust. Hea bioloogilise mitmekesisuse saab saavutada isegi väga väikeste isoleeritud süsteemide abil nagu näiteks väike tiik või sademevee kraav. Samas suurem väärtus saavutatakse siis, kui need süsteemid on planeeritud laiemate roheliste maastike osana, kuna need võivad aidata tagada olulist elupaikade ja metsloomade ühenduvust. Hea kujundusega SUD süsteem võib pakkuda peavarju, toitu, toitumis- ja paljunemisvõimalusi mitmesugustele metsloomaliikidele, sealhulgas taimedele, kahepaiksetele, selgrootutele, lindudele, nahkhiirtele ja teistele imetajatele. [27]

1.5. Tallinna kraavide olukord

Tallinnas on valdavalt kasutusel traditsioonilised sademeveesüsteemid ehk torud ja kaevud kombineeritud sademeveekraavidega. Uuemates linnaosades kasutatakse sademevee juhtimiseks lahkvoolset ja vanemates linnaosades ühisvoolset kanalisatsioonisüsteemi. Lahkvoolse süsteemi puhul on osaliselt kasutusel ka kraavid. Samas ei võimalda liikluskorraldus kraave kitsastel tänavatel kasutada. Planeeringutes ei ole arvestatud maa-aladega, mis on vajalikud lahtiste sademeveesüsteemide täiustamiseks ja arendamiseks. Mustamäel, Haaberstis ja Lasnamäel on sademeveekanaliseerimine enamasti lahkvoolne. Eramurajoonides nagu Lilleküla, Kakumäe ja Merivälja kasutatakse kraave sademevee ära juhtimiseks. [5]

Tallinn on jaotatud kahekümne üheks sademevee valgala. Sademeveekraavid on kasutusel kümnel valgala. Esimene neist on Mustjõe valgala mille pindala on 1128 ha ning hõlmab Mustamäe idapoolset osa, Silikaadi ja Järvevana tee vahelist Pärnu maantee lõiku, Järvevana tee põhjapoolset osa ja suuremat osa Lillekülast. Sellel valgala kasutatakse kuivenduskraave ainult Lillekülas, kus need on äravooluks nii sademeveele kui ka osale reoveele. Ülejäänud valgala piirkondadest juhitakse liigvesi ära sademeveekanaliseerimisega. Suuremad probleemid seoses kraavidega on reovee osaline juhtimine kraavidesse, kõvapindade osakaalu suurenemine ning Mustjõe suubuvate kraavide kiire täissettimine. Varasemalt on Tallinna linn abinõuna välja pakkunud kraavide ja Mustjõe sängi regulaarse puhastamise ja reovee kraavidesse juhtimise lõpetamise. [5]

Ülemiste sademevee kollektori valgala (Russalka väljalask) suurus on 734 ha ning võtab enda alla Mõigu, Tallinna Lennujaama, Tartu maantee klindipealse osa ning osaliselt Laagna tee ja Suur-Sõjamäe tööstuspargi piirkonna. Valgalasse voolab Mõigu poldritiigi kaudu ka osa Rae valla – Peetriküla, Kuldala ja Rootsi küla piirkond – sademeveest. Tallinna Lennujaama alalt ja lähialadelt juhitakse osa sademeveest lennujaama ümbritsevasse kraavi ning sealt edasi düükri kaudu Mõigu poldritiiki. Ülemiste liiklussõlme sademevesi juhitakse kraavide ja tiikide süsteemi abil läbi Kardioru pargi otse merre. Teistest piirkondadest kogutakse liigveed kokku sademeveekanaliseerimisitorustikuga. [5]

Tiskre oja valgala pindala on 400 ha ning ulatub Tiskrest Pikaliiva piirkonnani, kus sademe- ja kuivendusveed juhitakse peakraavidega Tiskre oja. Valgala murekohaks seoses kraavidega on Tiskre oja vähene läbilaskevõime kuna sinna on langenud puud ja teised takistused ning peakraavid vajavad hooldust. Samuti tekitab probleeme Harku järvest väljavoolav vesi ja meretõusudest tingitud võimalikud üleujutused. [5]

Harku järve valgala on moodustatud Harku järve suubuvatest Järveotsa ja Harku oja valgaladest. Kõik piirkonna sademeveed juhitakse kraavide, ojade ja torustike kaudu Harku järve. [5]

Saare tee väljalask hõlmab Pirita-Kose ja Pirita keskosa alasid. Lahtiseid kraave kasutatakse Pirita-Kose piirkonnas ja mujal sademeveetorustikke. Kuna piirkonnas on probleemiks pidev vooluhulkade suurenemine, siis on kraavide säilimine ja puhastamine olulise tähtsusega. [5]

Mähe oja valgala pindala on 266 ha ja hõlmab Mähe piirkonda. Lisaks looduslikule-, sademe- ja kuivendusveele juhitakse Mähe oja osaliselt ka olmereovesi ning vesi on ojas nõrgalt reostunud. Tallinna linna eesmärk on tõhustada Mähe oja hooldamist ja lõpetada sinna olmereovee juhtimine. [5]

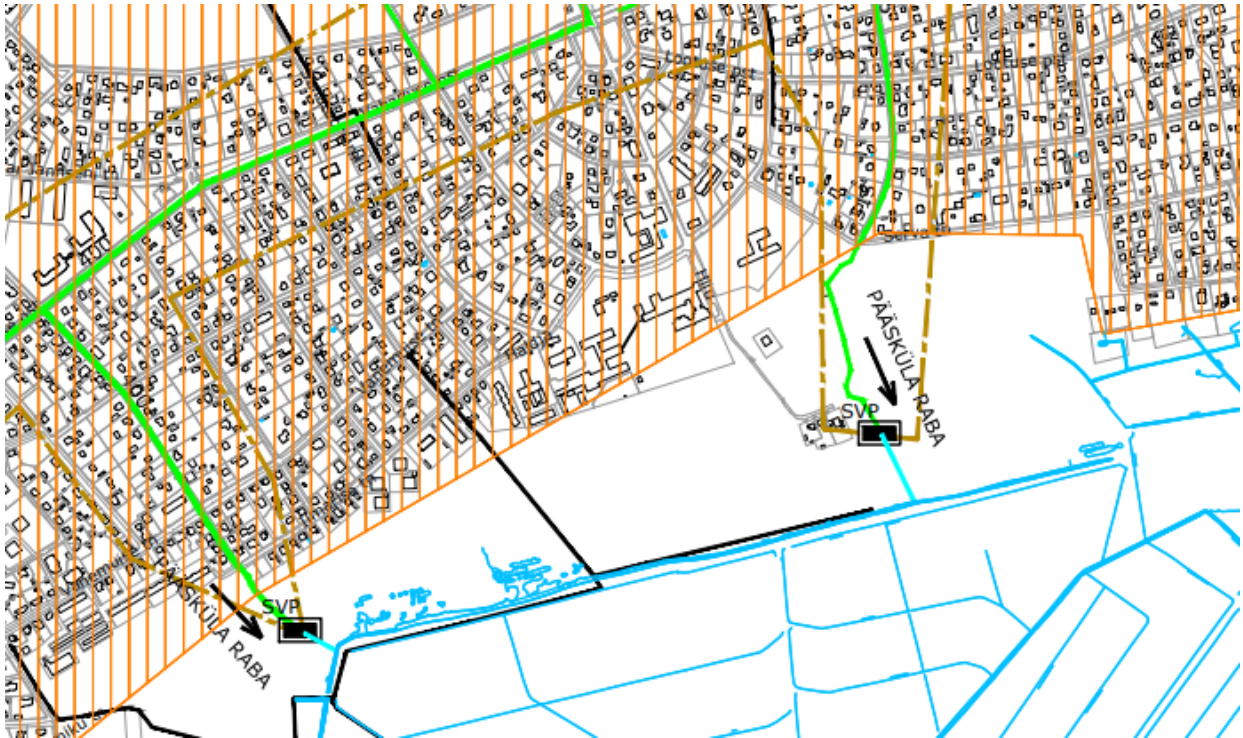
Kadaka pst valgala alla kuulub 42 ha suurune Kadaka puiestee äärne ala, kus asub lahkvoolne kanalisatsioon ning osaliselt on kasutusel sademeveekraavid. Vooluhulkade suurenemise ära hoidmiseks välditakse selles piirkonnas kraavide asendamist torustikega.[5]

Apametsa peakraavi valgala võtab enda alla Apametsa piirkonna, kus sademevesi juhitakse ära kraavidega. Ala vajab kaitset merevee tõusu eest ning peakraavi hooldust tuleb parandada. [5]

Kakumäe Sooranna tänava valgala pindalaga 120 ha ulatus piirneb Sooranna tänavaga. Piirkonnas juhitakse kinnistutelt sademevesi torustikega kraavidesse ning sealt kaudu voolab Kakumäe lahte. Probleemina täheldatakse kinnistutel torustikega niiskusrežiimi vähest reguleeritavust ning kaalutud on torude asendamist drenaažiga või kraavide taastamist. [5]

Kakumäe rabas (47 ha) juhitakse liigne sademevesi ära kraavidega, kuid kraavid vajavad renoveerimist tagamaks efektiivse äravoolu. Lisaks mõjutab raba looduslikku veerežiimi rabaga piirnevatelt kinnistutelt vee ärajuhtimine. Oluline on leida tasakaal kinnistute ja raba niiskusrežiimi vahel. [5]

Pääsküla raba ei peeta eraldi valgalaks, kuid sinna voolavad kraavide kaudu sademeveed Männiku piirkonnast ja Vabaduse puiestee äärealadelt (Joonis 1.2) peale liivapüüniste läbimist [5].



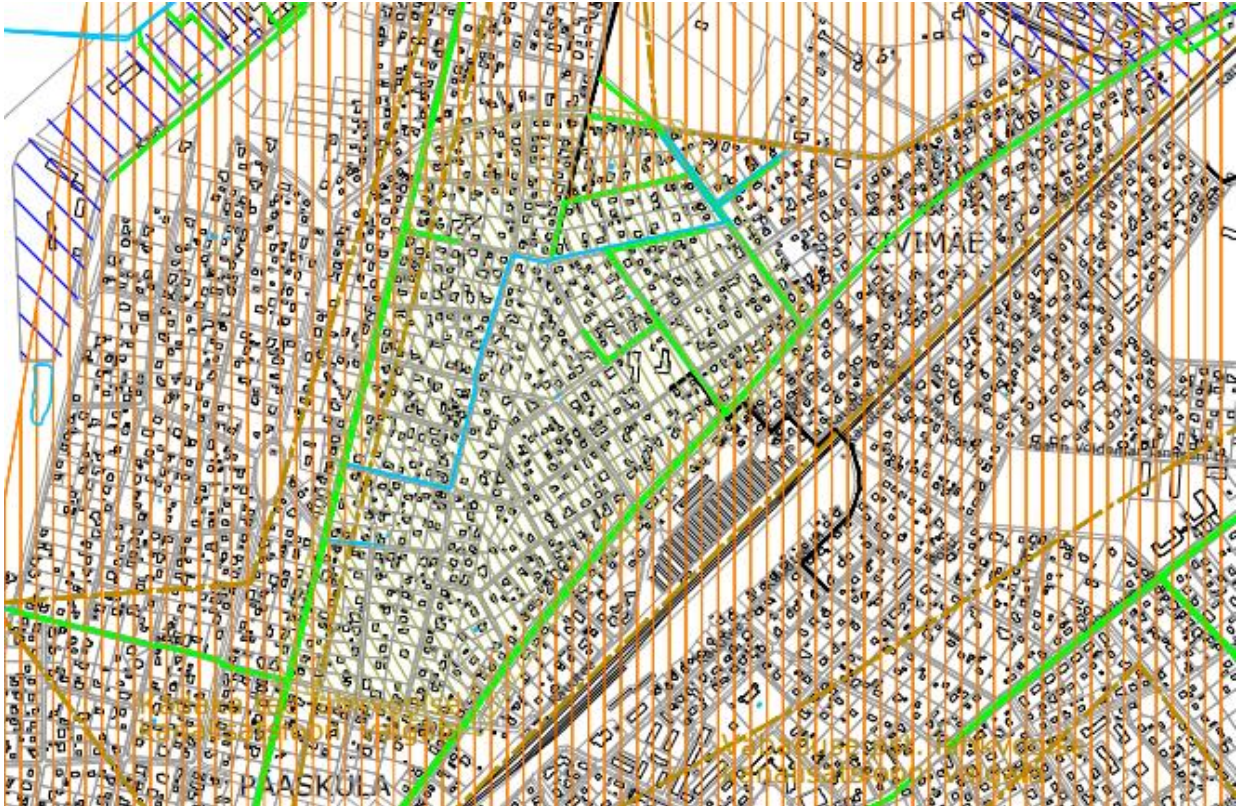
Joonis 1.2 Väljavõtte Nõmme linnaosa üldplaneeringu sademeveekanaliseerimise kaardist: Hiiu tänava sademeveepuhasti ja Ilmarise tänava sademeveepuhasti ning helesinisega märgitud kraavid juhivad äravoolu Pääsküla rabasse [28].

1.6. Kraavide hoolduse korraldus ja probleemid

Üleujutusi põhjustab lisaks looduslikule merevee tõusule ka inimtegevus. Linnastumise ühe tagajärjena on suured alad kaetud vett mitteläbilaskvate pinnakatetega ning see tekitab probleeme sademe- ja liigvee ärajuhtimisega linnas. Viimastel aastatel on sademete hulk suurenenud, mis tekitab kohati nii suuri vooluhulkasid, et olemasolev süsteem ei suuda vett ära juhtida ja tekivad üleujutused. Seetõttu on kasulik säilitada olemasolevaid sademeveekraave, mis lisaks äravoolu juhtimisele immutavad osaliselt ka vett. [5]

Nõmme linnaosas Kadaka puiestee ja Pärnu maantee vahelisel elamualal oli kuivendussüsteem algselt lahendatud kraavidena Suvila tänavast Hommiku tänavani ning äravool oli suunatud Harku rabasse (Joonis 1.3). Seoses sademeveetorustiku ehitamisega Kadaka puiesteel suunati äravool ümber Pääsküla rabasse. Kasutusest välja jäänud kraavid on aja jooksul kinni kasvanud. Mitmes kohas on sademeveekraavid asendatud torustiku ja truupidega, mille läbilaskevõime ega paigaldussügavus pole piisav. Kohati on truupid kinni aetud. Ala on liigniiske ning suuremate sadude korral esineb uputusi. Olukorra lahendamiseks on vajalik kuivendussüsteem taastada kraavidena või akumulatsioonidena, et alandada põhjavee taset ning vähendada koormust eelvoolule. Papi

puiestee ja Pärnu maantee vaheline elumupiirkond on rajatud liigniiskele alale. Liigvee äravool on lahendatud kraavide ja kuivendustorustikega, kuid süsteem ei toimi. Olemasolevad kraavid vajavad korrastamist ning kogu süsteem uuendamist. [5]



Joonis 1.3 Väljavõtte Nõmme linnaosa üldplaneeringu sademeveekanaliseerimise kaardist: Kadaka puiestee ja Pärnu maantee vahelise ala kraavid sinise joonega [28].

Haabersti Veskimetsa elumupiirkonnas on probleemiks liigniiskus Mustjõe voolusängi ja selle truupide ebapiisava läbilaskevõime ning meretõusude mõju tõttu. Elamurajooni läänepoolse osa sademevee äravool on lahendatud eraldi kraavidega ja juhitakse Paldiski maantee alla paigaldatud truubi kaudu otse Kopli lahte – süsteem ei ole ühendatud Mustjõega. Hetkel ei ole läänepoolses osas suuremaid probleeme, kuid tulevikus meretõusust põhjustatud üleujutuste vältimiseks on vajalik tõkestada merevee voolu Paldiski maanteest teisele poole. Kogu Veskimetsa piirkond vajab ühtset terviklahendust probleemide lahendamiseks. [5]

Kesklinnas Viadukti, Veerenni, Luite ja Leete tänavate piirkonnas on probleemiks liigniiskus vaatamata olemasolevale osalisele sademeveesüsteemile. Põhjuseks on Ülemiste järve poolt pidevalt filtreeruv vesi, aga ka halvas seisukorras olevad kraavid. Olukorra lahendamiseks on vajalik tervet piirkonda haldav terviklahendus. [5]

Põhja-Tallinnas on peamiseks küsimuseks sademevee lahenduste puudumine, kuid üheks probleemiks seoses olemasolevate kraavidega on see, et Süsta parki juhitakse kraavide

kaudu Kopli tänava teemaalt sademevesi, millel puudub eelvool. Vajalik on pargi kraave süvendada ning Kopli tänava kraavile rajada oma eelvool. [5]

Lasnamäe linnaosa suureks probleemiks on Suur-Sõjamäe piirkonna kraavid, mis on kinni kasvanud ning truubid amortiseerunud. Lisaks on kraavid vähese kaldega ning seetõttu tekivad kergesti üleujutused. [5]

Pirital Kose elamupiirkonnas on sademevesi ära juhitud amortiseerunud torustike ja kinni kasvanud kraavidega. Süsteem ei taga sellel alal piisavat äravoolu. Mähe ja Lepiku asumite intensiivse elamuehituse tagajärjel läbivad peakraavid kinnistuid ning hooldusvõimalused on minimaalsed. [5]

Omaette probleemiks on linnatänavatelt koristatud lume käitlemine, sest sellega kaasneb enamasti keskkonnareostus. Pikalt tänavatel seisnud lumi on segatud nii lumetõrje ainetega kui ka killustiku ja muu prahiga. Tihti viiakse see reostunud lumi veekogude äärde ja merejääle. Kevadel jää ja lume sulades reostuvad need veekogud. Seetõttu on oluline lumi tänavatelt ära viia siis kui see on värskelt maha sadanud ning viia see ettevalmistatud lumeladustuskohtadesse. Keskkonnasõbralikum, kuid kallim variant on ehitada spetsiaalsed lumekogumisplatsid, kus kevadel sulav lumi läbib ka liiva-õlipüüniseid. Selliseid platse saab lumevabal perioodil kasutada näiteks parklana. Sulavee juhtimine reoveekanaliseerimisele ei ole Tallinnas põhjendatud reoveepuhasti seisukohalt ega ka majanduslikult. [5]

Sademeveereostus oleneb suuresti vihmade sagedusest ja ka vihma kestusest. Peamine reostuskomponent sademevees on heljuvaine, mille koostis on 75% mineraalne. Linnas on peamisteks heljuvaineteks liiv, asfaldipuru, kummiosakesed, killustik, lehed, plastik jms. Heljuvaine sattumisel ühisvoolusesse kanalisatsioonisüsteemi tekitab see reovee ja jääkmuda töötlemisel probleeme. Samuti ei tohi liialt heljuvainet sattuda lahkvoolusesse kanalisatsiooni, sest sealt voolab vesi otse eelvoolu. Eelvoolus võib heljuvaine tekitada ajutist vee läbipaistvuse vähenemist ning halvemal juhul ka ohtu veekogu põhjaloomastikule ja taimestikule. Sademeveega koos ära voolavate heljuvainete kogused muutuvad ajas ning sõltuvad tänavapuhastuse sagedusest ja kvaliteedist ning kuiva perioodi pikkusest. Lisaks veereostusele põhjustab linnatänavatele ja platsidele kogunev heljuvaine ka õhureostust just tiheda liiklusega piirkondades ja seda eriti kuival perioodil. [5]

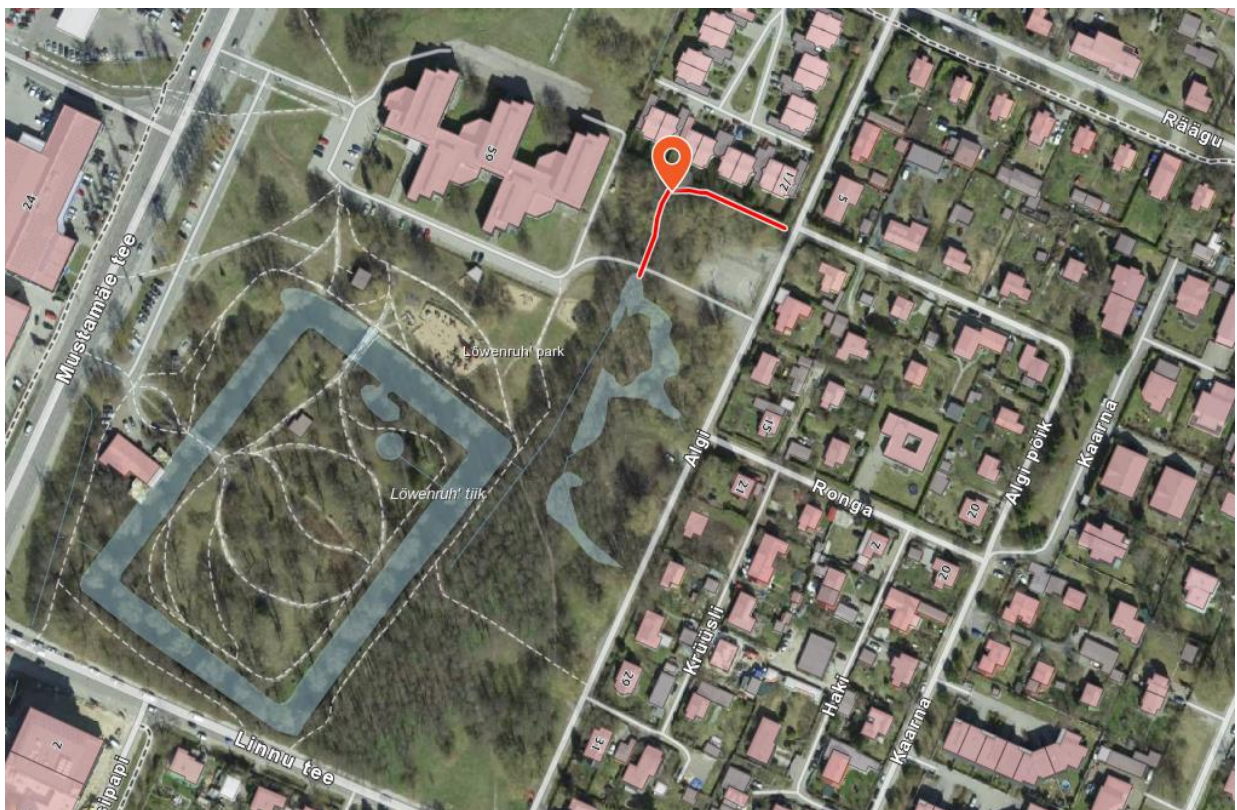
1.7. Kraavide olem ja paiknemiskaart linnaositi

Käesoleva töö raames on 11. mail 2023. aastal sademeveekraavide olemit kontrollitud viies piirkonnas – Lilleküla, Mustjõe, Luite, Mähe ja Lepiku asumid. Mitmes piirkonnas on aastate

jooksul kraave korda tehtud, kuid esineb ka täiesti kinni kasvanud kuivenduskraave. Vaadeldud piirkonnades ühelgi truubil võret ei täheldanud.

1.7.1. Lilleküla

Üheks probleemsemaks piirkonnaks on Lilleküla asum. Üks Löwenruh' pargi tiigi poolt voolava üleliigse vee sademeveekraavidest (Joonis 1.4) on peaaegu täielikult oksi või muud prahti täis (Pilt 1). Kraavi põhjapoolses osas on näha reostust ning Algi tänava poolses otsas on kuivenduskraav pooleldi kinni kasvanud (Pilt 2). Üldiselt on kuivenduskraavi ümber piisavalt ruumi hooldustööde tegemiseks kuid põhjapoolne osa on suhteliselt raskesti ligipääsetav aedade ja puude vahelt.



Joonis 1.4 Löwenruh' pargi tiigi poolt alguse saav sademeveekraav Lilleküla piirkonnas [29].



Pilt 1 Löwenruh' pargi sademeveekraavi ja truubi olukord (autori fotod).



Pilt 2 Löwenruh' pargi sademeveekraavi põhjapoolse osa reostus vasakul pool ning kinni kasvanud kraavi osa parempoolsel pildil (autori fotod).

Algi põigu sademeveekraav on samuti läbivalt kinni kasvanud ning truupid on rohttaimestiku alt vaevu nähtavad (Pilt 3). Läbivool truupidest on tõenäoliselt minimaalne. Algi põigu poolt toimub äravool Algi tänava alt läbi truubi (Pilt 2) ning ühineb Löwenruh' pargi sademeveekraaviga. Edasi voolab sademevesi mööda Algi tänavaga paralleelselt jooksvat kraavi kuni Räägu tänavani (Pilt 4).



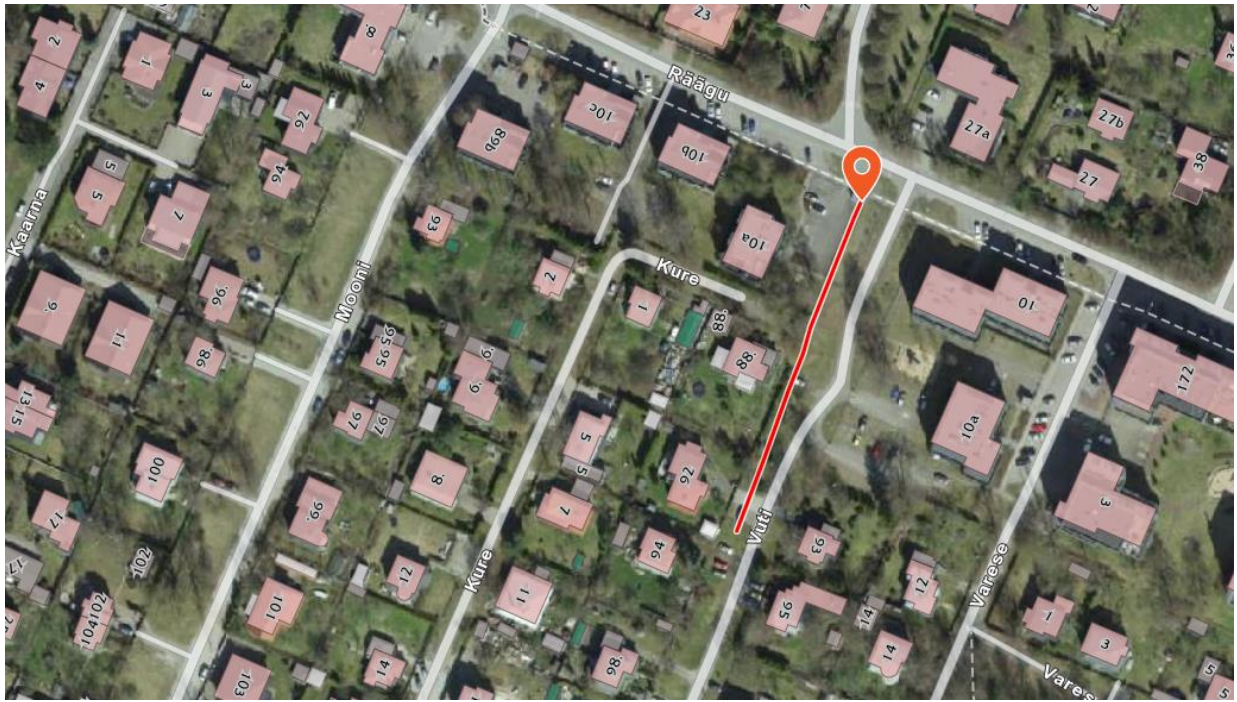
Pilt 3 Algi põigu sademeveekraav vasakul pildil ja üks süsteemi truupidest paremal pool (autori fotod).

Algi tänavaga paralleelselt olev sademeveekraav on kinni kasvanud ning tõenäoliselt ei taga nõuetekohast äravoolu. Kohati on kraavi põhi sügavam ning siis jälle tõuseb, mis tähendab, et niiskemal perioodil jääb osa äravoolust kuivenduskraavi pikemaks ajaks seisma. Truup on ummistunud ühe kolmandiku ulatuses. Selgelt on kraavi kogunenud ka jäätmeid ning puuoksi. Kuivenduskraavi Räägu tänava poolelises otsas on äravool sademeveetorustikku. Sademeveekraavid Algi tänava läheduses on autoteede ääres mis tähendab, et need on kergesti ligipääsetavad hooldustööde tegemiseks.



Pilt 4 Algi tänava sademeveekraav ja truup (autori fotod).

Lilleküla asumis on üles pildistatud ka Vuti tänava sademeveekraav (Joonis 1.5). See on kergesti ligipääsetavas asukohas hooldustööde jaoks. Kindlasti vajab kraav suveperioodil niitmist ning kohati süvendamist. Truubid on osaliselt ummistunud ning kohati ei paista rohttaimestiku alt hästi välja.



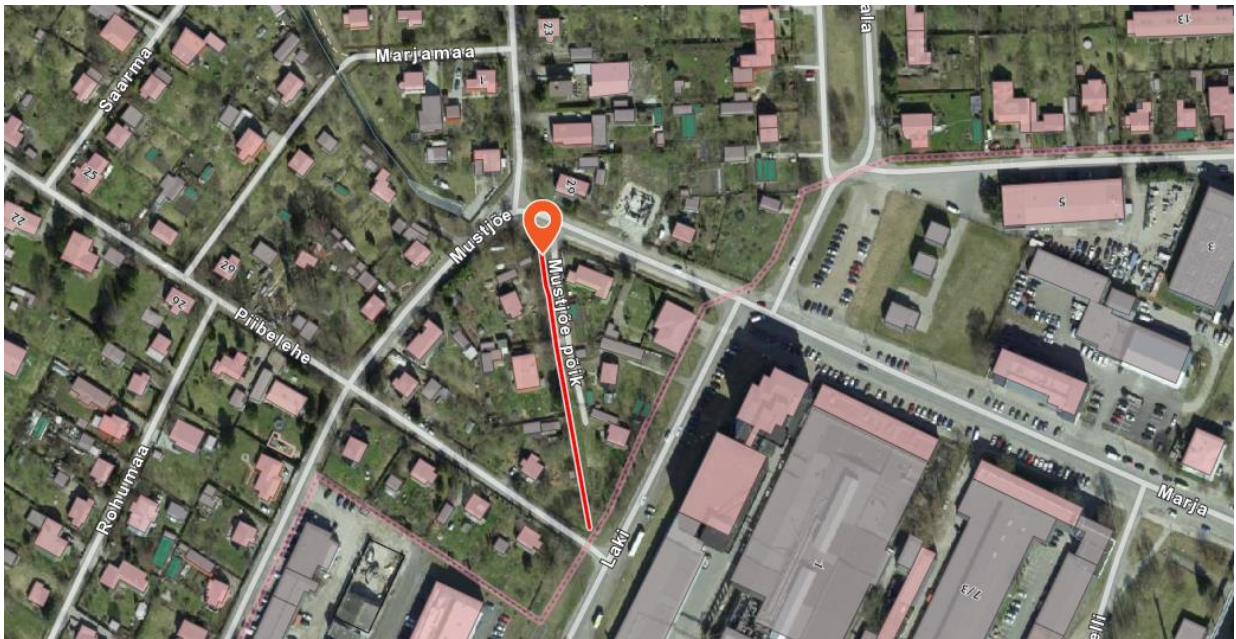
Joonis 1.5 Vuti tänava sademeveekraavi asukoht Lillekülas [29].



Pilt 5 Vuti tänava sademeveekraavi olem (autori fotod).

1.7.2. Mustjõe

Haabersti linnaosas on Mustjõe põigu ääres olev sademeveekraav heas korras (Joonis 1.6). Truubid on täielikult läbilaskevõimelised ning ühtegi takistust näha ei ole. Kuivenduskraavis on seisev vesi, mis võib tähendada kraavi ebapiisavat langu. Samuti on pildilt (Pilt 6) näha kraavi kogunenud oksa ja muud prahti. Seisvas vees on näha eutrofeerumist mis tähendab, et kraavi kogunenud sademevesi on fosfori ja lämmastikurikas [30].

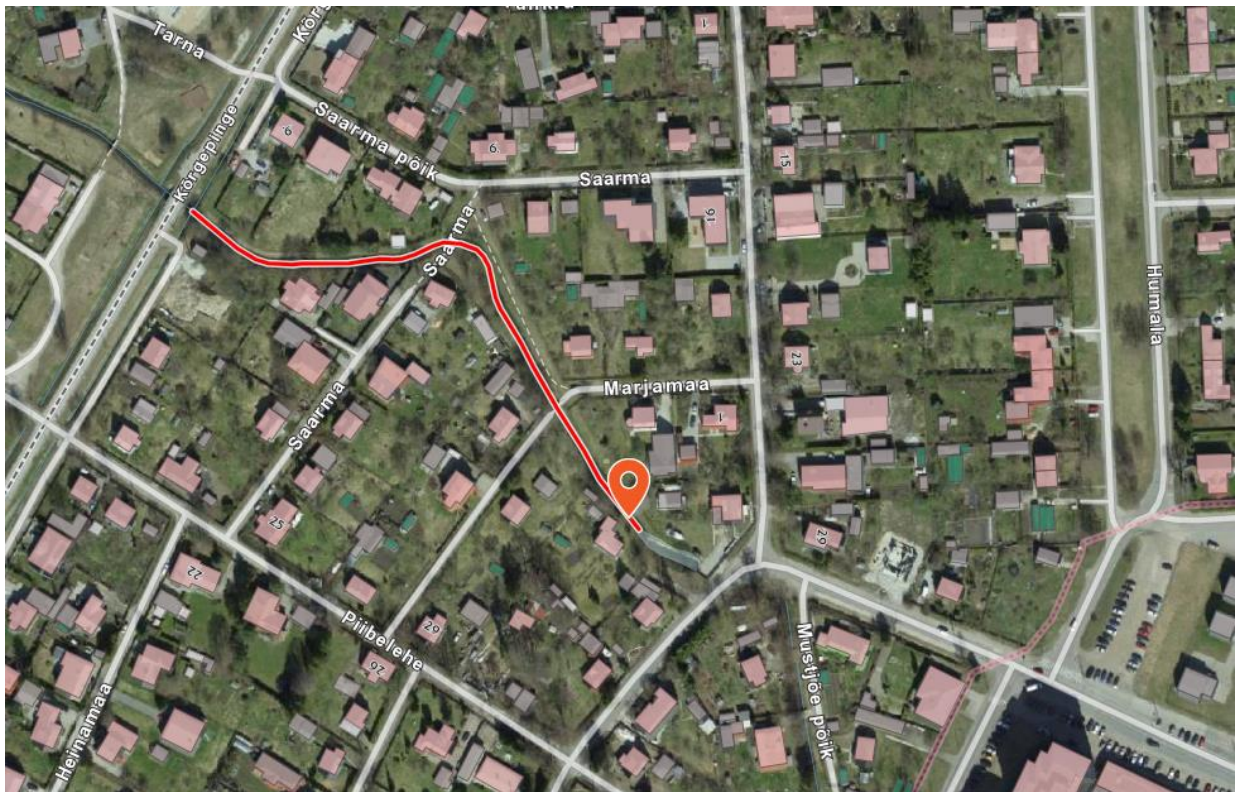


Joonis 1.6 Sademeveekraav Mustjõe põigu tee ääres [29].



Pilt 6 Haabersti linnaosas Mustjõe põigu kuivenduskraavi olem (autori fotod).

Mustjõe oja on täielikult rekonstrueeritud ning igati nõuetekohaselt toetatud (Joonis 1.7). Samas on selgelt näha orgaanilist kasvu äravoolus (Pilt 7). See tähendab, et fosfori ja lämmastikurohke vesi voolab mööda Mustjõe oja Tallinna lahte. Antud lõigul on üks kahest suurest truubist osaliselt täis settinud (Pilt 7). Oja on maaparandushoiutöödeks hästi ligipääsetav.



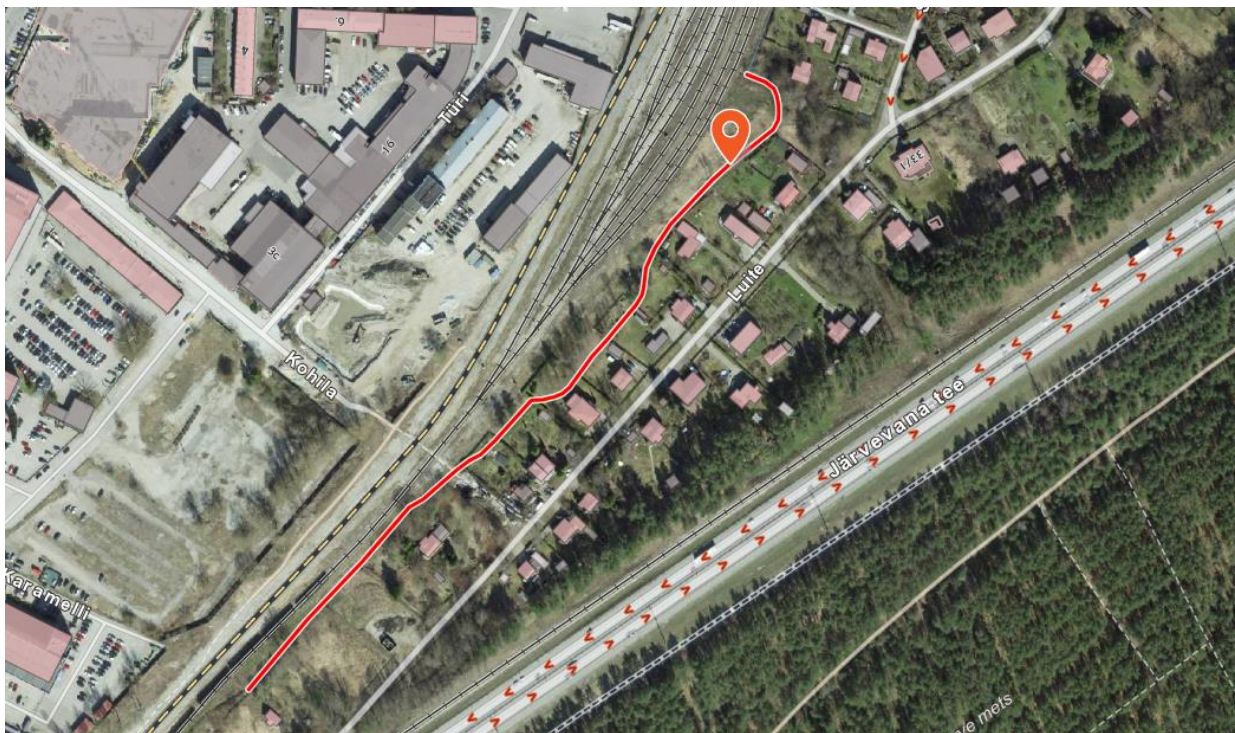
Joonis 1.7 Mustjõe oja alguse asukoht Haabersti linnaosas [29].



Pilt 7 Mustjõe oja ja truupide olem (autori fotod).

1.7.3. Luite

Luite piirkonnas on sademeveekraavid suures osas aedadega piirnevatel erakinnistutel ning ei ole võimalik hinnata nende olukorda (Pilt 8). Erakinnistutel on hooldustööde tegemise jaoks vajalik kinnistuomanikuga kokku leppida tööde tegemise aeg [13]. Kuivenduskraavid, mis jäävad avalikule maale, on osaliselt rekonstrueeritud (Pilt 9). Ainsas nähtaval olevas truubis on märgata kerget setet. Kraavis endas on vähesel määral jäätmeid, setet ja puuoksi. Samas rekonstrueerimata kraavi osades on näha süvenevat erosiooni (Pilt 10) ning kraavi kõrval asub kohe erakinnistu, mis on ülejäänud maapinnast tunduvalt madalamal. Seega koguneb niiskemal perioodil kuivendusvesi peamiselt Luite tn 42 krundile. Teisel pool sama kinnistut asub ka sademeveekraav, kuid see on suures osas kinni kasvanud ning selgelt hooldamata (Pilt 10). Kraavides esineb ka erineval kujul reostust (Pilt 11).



Joonis 1.8 Luite piirkonna peamine sademeveekraav [29].



Pilt 8 Luite piirkonnas sademeveekraav aiaga piirneval erakinnistul (autori fotod).



Pilt 9 Rekonstrueeritud kuivenduskraavi osa Luite asumis (autori fotod).



Pilt 10 Rekonstrueerimata kuivenduskraavi osa Luite piirkonnas (autori fotod).



Pilt 11 Reostus sademeveekraavides Luite piirkonnas (autori fotod).

1.7.4. Mähe

Mähe asumis on üsna suur ja osaliselt rekonstrueeritud Mähe oja, mis suubub Tallinna lahte (Joonis 1.9). Sarnaselt Luite piirkonnale on ka Mähel suur osa sademeveekraavist erakinnistutel ja piirneb aedadega (Pilt 12). Seetõttu on ligipääs kraavi hooldustööde tegemiseks raskendatud. Truubid on heas korras – mõnes kohas katab rohttaimestik truubi ühe otsa kuid ummistusi ei esine (Pilt 13). Avalikul maal olev Mähe oja osas on palju langenud oksa ja kogunenud setet ning vajab selgelt puhastustöid (Pilt 14). Suurema saju korral viib äravool oksad endaga kaasa ning need jäävad võresse kinni (Pilt 12).



Joonis 1.9 Mähe oja asukoht Pirita linnaosas [29].



Pilt 12 Aedadega piiratud Mähe oja (autori fotod).



Pilt 13 Mähe oja taastatud osa olem Pirita linnaosas (autori fotod).



Pilt 14 Mähe oja olem avalikul maal (autori fotod).

Mähe oja osa, mis jääb Merivälja teest mere poole, on säilinud suhteliselt looduslikuna (Pilt 15). Merivälja tee alt läbi truubi voolab sademevesi oja looduslikku süngi. Mitmes kohas on märgata erosiooni ning oja kaldal näha suuri puid, mille juured on seetõttu nähtavale ilmunud. Voolusängis kasvab võsa, mis takistab liigvee sujuvat äravoolu. Jäätmed praktiliselt puuduvad, kuid ojja on langenud palju puuoksi, mis takistavad vee äravoolu. Enne rannajoont läbib oja veel ühte truupi, mis on vaatluse hetkel settest puhas.



Pilt 15 Mähe oja looduslik osa Merivälja tee ja mere vahelisel alal (autori fotod).

1.7.5. Lepiku

Pirita linnaosas Lepiku asumis on suur hulk kuivenduskraave metsas. Käesoleva töö raames on vaadeldud selles piirkonnas kahte kraavi hoonestusala läheduses. Üks sademeveekraavidest nimega Lepiku kraav on äärmiselt reostunud ja rohttaimestikku täis kasvanud (Pilt 16). Samas täidab kuivenduskraav oma eesmärgi ning ülejäänud maapind ei ole liigniiske. Teine vaadeldud kraav Lepiku asumis on suures osas kinni kasvanud. Pildid (Pilt 17) on tehtud sellest osast, kus kraav olemas on kuid kaardil (Joonis 1.10) näidatud pikkuses kuivenduskraavi ei eksisteeri. Kraav on täis kive, jäätmeid, puuoksi ja -lehti.



Joonis 1.10 Kõlviku tee sademeveekraavide asukohad Pirita linnaosas [29].



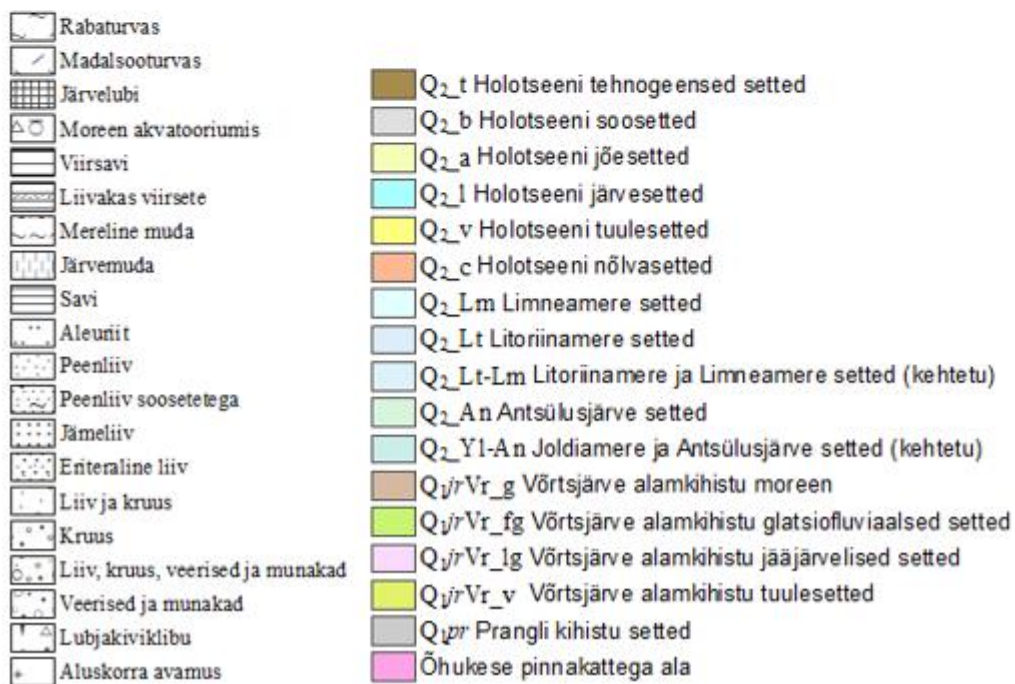
Pilt 16 Lepiku (lõunapoolse) sademeveekraavi olem Kõlviku tee ääres Pirita linnaosas (autori fotod).



Pilt 17 Põhjapoolse sademeveekraavi olem Lepiku asumis (autori fotod).

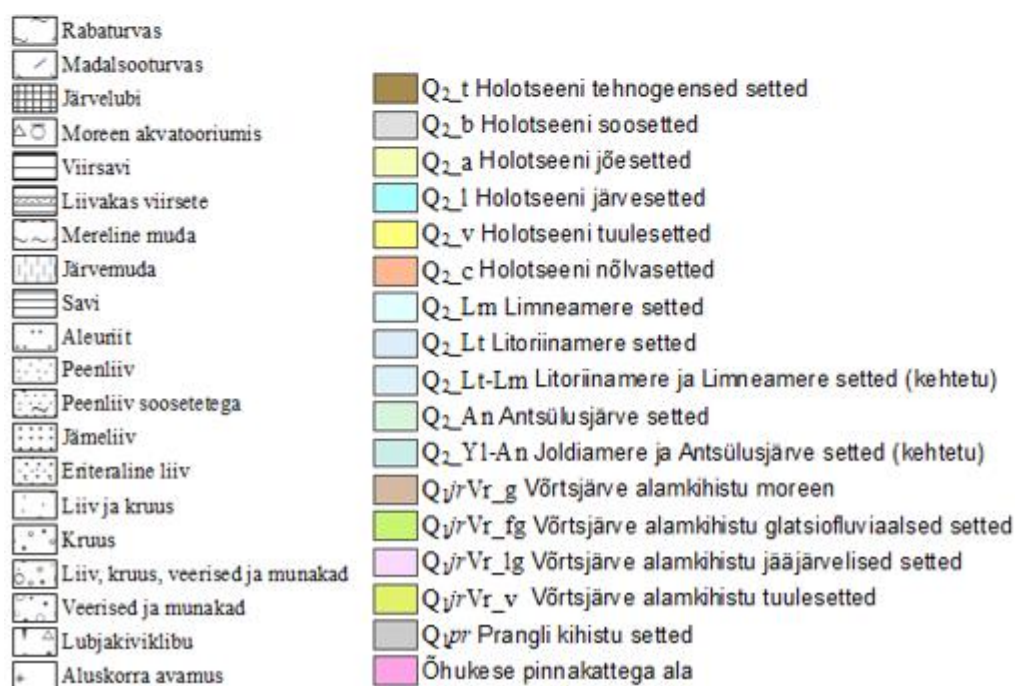
1.8. Tallinna ehitusgeoloogiline ülevaade

Tallinna Harku, Pelguranna, Männiku, Kesklinna ja Pirita piirkondades moodustavad suurema osa pinnakattest peene- ja eriteraline liiv, kruus ja aleuroliit paksusega 3-4 m lubjakiviplatool, 5-10 m klindieelsel madalikul ja kuni 25 m mattunud orgudes (



Joonis 1.11 Tallinna pinnakatte geoloogiline kaart [30].

). Veetase on paari meetri sügavusel pinnasest ning sademed imuvad kvaternaari veekihti, mis on reostuse eest kaitseta. Omaette eristuv linnaosa on Lasnamäe, mille pinnase moodustab suures osas pinnakatteta aluspõhja avamusala (lubjakivi, dolomiit, mergel). Osaliselt on pinnakate moodustunud õhukesest kvaternaarisetetest (paksus 1-10 m). Sademevesi imub pinnasesse selles piirkonnas hästi ning toidab veekihti, mis on reostuse eest kaitsemata. [5]

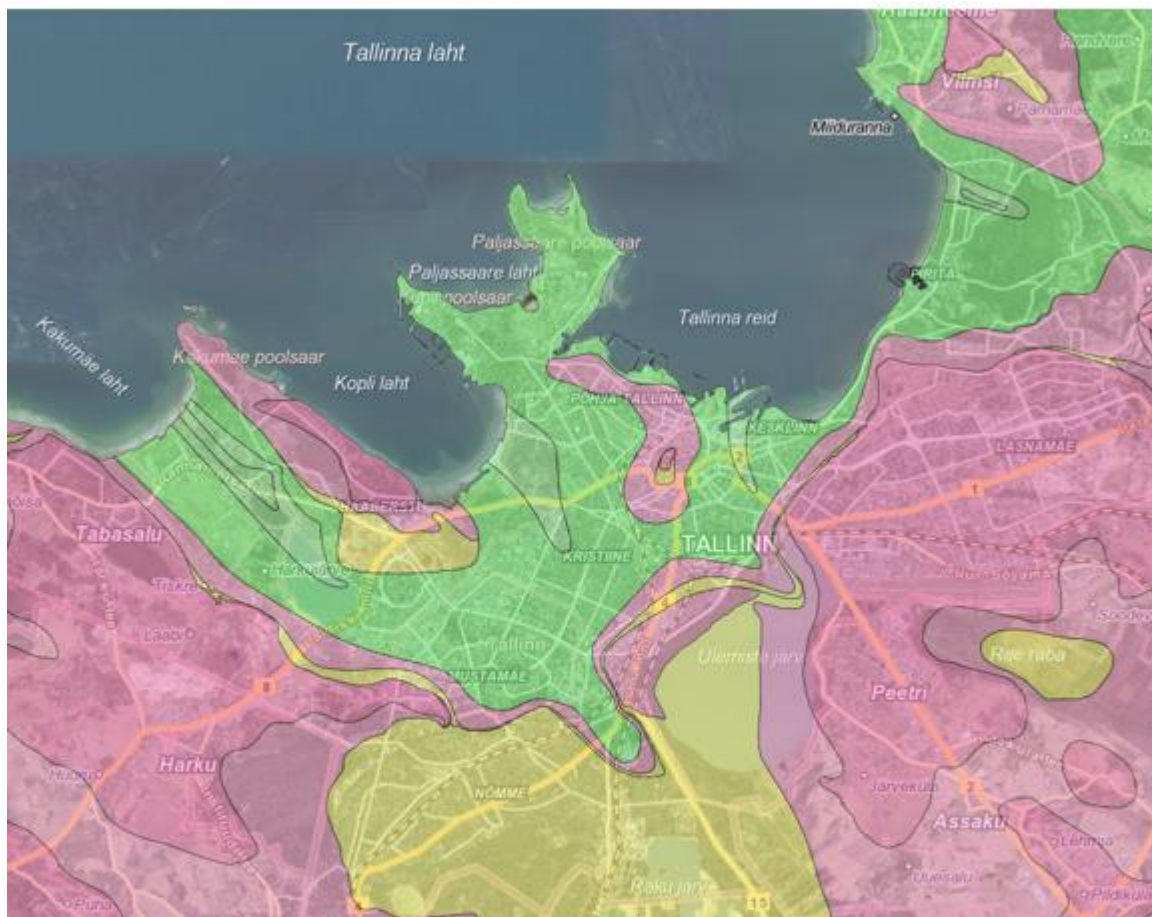


Joonis 1.11 Tallinna pinnakatte geoloogiline kaart [30].

Tallinna linn asub olulisel määral kaitstud põhjaveega alal. Põhjavee kaitstus sõltub peamiselt looduslikest tingimustest. Piirkonda, kus aluspõhjakiivid avanevad vahetult maapinnale või on kaetud moreeniga, mille paksus on alla 2 meetri (filtratsioonikoefitsient 0,01-0,5 m/ööpäevas), loetakse kaitsmata alaks. Vastavalt Eesti Geoloogiakeskuse poolt koostatud põhjavee loodusliku kaitstuse kaardile (Joonis 1.12) on Lasnamäe linnaosa (välja arvatud Pirita jõe org) põhjavee pindmise kihi poolest kaitsmata ala ja väga reostustundlik. Seetõttu on Lasnamäe elamurajoonis lahendatud sademevee äravool kõvakattega pindadelt

lahkvoolse kanalisatsioonisüsteemiga. Sademevee immutamine on võimalik ainult katustelt, sest tänavatelt voolav vesi on liialt reostunud. Kaitsmata on maapinna esimene aluspõhjaline veekompleks ehk ordoviitsiumi veekompleksi põhjavesi. Kesklinnast kuni Kopli poolsaare alguseni ulatuv kitsas vöönd, Ülemiste järve läänekallas ja Kakumäe poolsaare Rocca al Mare poolne osa on nõrgalt kaitstud alad. Tallinna kesklinnas on kasutusel ühisvoolne kanalisatsioon ning ruumipuuduse tõttu ei ole võimalik üle minna sademevee immutamisele vaatamata esimese põhjaveekihi kaitstusele. Ülemiste järve läänekallas ehk Järvevana tee poolne külg jääb Ülemiste järve sanitaarkaitsealasse ja kõvakattega pinnad praktiliselt puuduvad. Seetõttu ei ole ka vajadust sademevett sellelt alalt ära juhtida. Sarnaselt Lasnamäe linnaosaga tuleks Kakumäel magistraalteedelt ära voolav sademevesi juhtida otse eelvoolu immutamata, et mitte tekitada põhjavee reostatust. Piirkond on üldiselt hõredalt asustatud ning katustelt kogunev sademevesi on piisavalt puhas, et immutada maapinda. Haabersti piirkonnas on pindmine põhjavee kiht keskmiselt kaitstud. Ülejäänud Tallinna piirkonnad on suhteliselt kaitstud või kaitstud. [5]

Pinnavee imbumine põhjavette kujutab endast suhteliselt väikest ohtu pinnase erinevate kihtide filtratsioonivõime tõttu. Seetõttu oleneb ka kaitse tugevus põhjavee sügavusest – mida sügavamal põhjavesi on, seda rohkem on kahe veekihi vahel filtreerivat pinnast. Samuti sõltub põhjavee kaitstus valdavast voolutüübist ehk kas vool toimub mullaterade vahel (teradevaheline vool) või suuremate kanalite kaudu (murdevool). Teradevaheline vee voolamine pakub üldiselt suuremat kaitset. Kuna pinnasekihid on need, mis kaitsevad põhjavett reostuse eest, siis sõltub kaitstus ka selle pinnase omadustest. Need pinnase kihid, millel on märkimisväärne savi mineraalide ja orgaaniliste ainete sisaldus, pakuvad suuremat potentsiaali saasteainete kinni pidamisel. Samamoodi mõjutab pinnase pH saasteainete liikuvust. Happelise koostisega muldasid peetakse halvemateks reoainete filtreerijateks.[27]



- Kaitsmata ala
- Nõrgalt kaitstud ala
- Keskmiselt kaitstud ala
- Suhteliselt kaitstud ala
- Kaitstud ala

Joonis 1.12 Põhjavee kaitstuse kaart Maa-ameti geoportaalist [29].

2 TALLINNA LINNA SADEMEVEEKRAAVIDE PUHASTUSPÕHIMÕTTED

Tänavate kuivpuhastamise tõhustamine on üks olulisemaid meetmeid äravoolava sademevee reostuse vähendamisel. Samuti tuleks linnatänavatelt, kus kasutatakse libeduse tõrjet, viia lumi enne selle sulamist spetsiaalsetele lumekogumisplatsidele, kust lume sulamisel voolab vesi puhastusseadmetest läbi. Igasuguseid sademeveesüsteemide reste, truupe ja liivapüüniseid tuleb süstemaatiliselt puhastada. Sademevee reostuse vähendamisel mängib rolli ka liikluse intensiivsus. Liiklusvahendeid teedel saab vähendada ühistranspordi soodustamisega, et inimesed valiksid vähem autoga sõita. [31], [5]

2.1. Ehitus- ja rekonstrueerimistingimused ja mahud

Tallinnas on tegeletud sademeveekraavide taastamise ja korrastamisega juba aastaid. Samas valitud kuivenduskraavide olemi selgitamisel tuleb välja, et probleeme on lahendada veel küllalt. Kui sademeveekraavi sängi ristlõike suurus ja seal paikneva rajatise ava suurus ei vasta nõuetele, siis on vajalik kraav rekonstrueerida huvitatud osapoole kulul [13]. Käesoleva töö raames on leitud, et rekonstrueerida on vajalik Lilleküla piirkonnas kaks kraavi neljast vaadeldust. Löwenruh' pargi sademeveekraav tuleb terves pikkuses ehk umbes 100 meetri ulatuses taastada kuni Algi tänavani (Joonis 2.1). Löwenruh' pargi sademeveekraavist teisel pool Algi tänavat asuv kuivenduskraav Algi põigus on samuti vajalik rekonstrueerida 80 meetri ulatuses (Joonis 2.1). Kõiki nelja kraavi on vajalik hooldada, kuid Algi põigu ja Löwenruh' pargi sademeveekraavides on vajalik muuhulgas ulatuslik sette eemaldus.



Joonis 2.1 Vaadeldud sademeveekraavide pikkused Lilleküla piirkonnas [29].

Lepiku asumis on põhjapoolne kraav 70% ulatuses kinni kasvanud ning see on vajalik umbes 120 meetri ulatuses taastada. Kuna kraavi asukohast läheb läbi jalgtee, siis tuleb äravool osaliselt viia läbi truubi, et inimestel oleks võimalik ka edaspidi metsateed kasutada. Lepiku kraavis tuleb eemaldada reostus ning leida lahendus selle ennetamiseks tulevikus.



Joonis 2.2 Vaadeldud sademeveekraavide pikkused Lepiku asumis [29].

Luite piirkonnas on peakraav töökorras ning rekonstrueerimist ei vaja. Samas on sellega ühenduses mitmeid kraave, mis on hooldamata ning osaliselt kinni kasvanud. Luite tn 40b kinnistul olevale kraavile tuleb leida parem lahendus, kuna hetkeolukorras voolab suuremate

sadude korral kogu liigvesi Luite tn 42 kinnistule. Vaadeldud kraavidest on vajalik rekonstrueerida mõlemad joonisel (Joonis 2.3) näidatud kuivenduskraavid ehk umbes 100 meetri ulatuses.



Joonis 2.3 Kahe vaadeldud sademeveekraavi pikkused Luite piirkonnas [30].

2.2. Hooldus- ja kasutusjuhend

Sademeveekraavid vajavad üldiselt regulaarset hooldust, mis hõlmab kraavide puhul ülevaatust, puhastamist ning parandamist ja taastamist. Selliste hooldustööde kohta on eraldi koostatud lihtsustatud Tabel 2.1. Regulaarne sademevee äravooluvõrgu puhastamine annab võimaluse eemaldada saastekoormusi, mis muidu satuksid pärast tugevat vihmasedu eelvoolu. Lisaks tihedast liiklusest tulenevatele reoainetele võivad sademeveesüsteemi erinevates osades olla ka akumulunud saasteained seega tuleb kogu süsteemi aeg-ajalt puhastada. [32]

Jäätmete, okste ja kiviprahi eemaldamine kraavidest peaks toimuma üldise maastikuhoolduse osana ja enne mis tahes teisi süsteemi hooldamise toiminguid. Kõik töödest tekkinud jäätmed tuleb samuti asukohalt ära viia ning jäätmeseaduse ja Tallinna linna heakorraeskirja järgselt käidelda [33]. Linnatänavate kuivenduskraavidest on vajalik eemaldada jäätmed, oksad, killustik ja muu praht igakuiselt või vastavalt vajadusele olenevalt asukoha iseärasustest. Piirkondades, kus on ilus keskkond oluline ning tihe läbikäidavus, on tõenäoliselt vaja tihedamini kraave puhastada. [27], [34]

Sademevee kraave tuleks põhjalikult saasteainetest puhastada iga tugevama vihma korral, mille esinemissagedus on umbes üks kord aastas. Kraavide kontrollimiseks ja hoolduseks tuleks tagada piisav juurdepääs kõikidele kraavi osadele, sealhulgas ka vajalikele seadmetele ja sõidukitele. [27]

Vastavalt Maaparandushoiutööde nõuete määrusele § 5 tuleb tavaliselt kraavis teha niitmistöid siis, kui rajatise nõuetekohane toimimine on takistatud ning põhjustab sademeveekraavis oleva vooluvee paisutust. Juhul, kui on kraavis või selle ümbruses vajalik rohttaimestikku niita, siis tuleb niidetud muru kraavist kindlasti eemaldada ühe tööpäeva jooksul ja komposteerida [33]. Seda selle jaoks, et vähendada orgaanilise ja reoaine sisaldust äravoolus. Kuna Tallinnas enamasti puuduvad eraldi sademeveele mõeldud puhastid, siis ei ole võimalik neid orgaanilisi ja reoaineid hiljem veest eemaldada, et need ei satuks eelvoolu. Kui kraavi põhjas või kallastel kasvab rohttaimestik, siis on vajalik seda hooldada vähemalt üks kord aastas [33]. Taimestiku kõrgus tuleb kraavis hoida optimaalsena ehk suvisel perioodil võib olla vajalik niita isegi tihedamini kui üks kord aastas. Niitmisel ei tohiks kasutada selliseid masinaid, mis võivad kujutada ohtu sademeveekraavi seinte stabiilsusele [27]. [34]

Aeg-ajalt tuleb kraavidest setted eemaldada, kui setted takistavad rajatise eesmärgikohast toimimist [33]. Sademeveekraavidesse koguneb vaid väike kogus setteid, mida maastiku hooldajad saavad käsitööriistadega sobival sagedusel eemaldada sõltuvalt sellest kui palju sete mõjutab kraavi vee kvaliteeti ja hüdraulilist toimivust. Setteid eemaldades tuleb teha kindlaks, et sademeveekraavi lang ei muutuks. Samuti tuleb minimeerida sette kandumist allavoolu. Näiteks saab rajada settebasseini enne sette eemaldamist, kasutada põhupakke või tugevalt kinni kasvanud sademeveekraavi puhul eemaldada takistus voolu suunas [19]. Kraavist välja kaevatud setted, mis saavad äravoolu elamute või tavaliste teede ja katusealadelt, ei sisalda üldjuhul mürgiseid ega ohtlikke aineid ning seetõttu saab neid ohutult käidelda biojäätmena. Samas on iga piirkonna tingimused erinevad ning aeg-ajalt on hea läbi viia reoainete uuringuid. Enne sette kaevamist võib olla vajalik setete testimine, et määrata kindlaks selle klassifikatsioon ja sobivad kõrvaldamismeetodid. Tiheda liiklusega tänavatelt äravoolu jaoks on setete testimine kindlasti vajalik. Kõik setete eemaldamisest või erosioonist põhjustatud kahjustused taimestikule tuleb parandada ja koheselt uuesti külvata või istutada. Iga kuivenduskraavi puhul tuleb arvesse võtta ka seda, kas ja millised tööstused lähipiirkonnas asuvad. Tööstuste järgi saab ennustada millised reoained sademeveekraavi jõuda võivad. [27], [32]

Kraavide ümber kasvavat taimestikku tuleb jälgida, et see ei tungiks kraavi nagu näiteks puude juured ja põõsad. Tavaliselt on hea raiuda puittaimestikku põhjast, nõlvalt ja eelistatult ka ühelt kaldalt juhul, kui see takistab kuivenduskraavi nõuetekohast toimimist

või teiste maaparandushoiutööde tegemist. Maaparandushoiutööde tegemise hõlbustamiseks raiutakse puittaimestik kraavi kaldalt sellises ulatuses, et tööde tegemisel kasutatav masin saaks nõuetekohaselt töötada ja vajadusel ka settevalli laiuli ajada. Suubla juures raiutakse dreanaažisuudmest vähemalt 5 meetri raadiuses kõik pajud ja toomingad. Raiumisest alles jäänud kannud jäetakse sellise kõrgusega, mis on tehnoloogiliselt võimalik, aga mitte üle 20 sentimeetri kõrguseks. Raiejäätmetega tuleb olla ettevaatlik, et need ei satuks eesvoolu ega sademeveekraavi. Jäätmed tuleb käidelda tuleohutus- ja keskkonnanõuetele kohaselt. Selliseid raietöid tuleb teha keskmiselt kord viie aasta jooksul [33]. Kuivenduskraavidest on vajalik eemaldada ka igasugused suuremad taimed, mis kraavis iseenesest kasvama hakkavad ja takistavad sademevee äravoolu või ohustavad kraavi ehituslikult. Näiteks kraavi üks külg hakkab varisema taime raskuse all. [27], [34]

Üks kuni kaks korda aastas tuleks üle kontrollida kõik truubid, ülevoolud, võred ja teised sademeveesüsteemi osad, et need ei oleks ummistunud [33]. Ummistuse korral on vajalik see eemaldada kui süsteemi kogunenud sete või muud jäätmed takistavad nõuetekohast äravoolu [27]. Enne truubi hooldamist tuleks puhastada kuivenduskraav, kui sealne sete takistab truubi toimimist. Truupide hooldamise käigus eemaldatakse ka süsteemi toimivust või hooldustööde tegemist häiriv puittaimestik. Samuti tuleks vajadusel truubi otsak korrastada nii, et kaevatakse mittekorrastatud liidus lahti ja isoleeritakse ning seejärel taastatakse mõlemal pool truubi otstes kindlustus. [34]

Sademeveekraavi puhul on oluline kord aastas või vastavalt vajadusele kontrollida, et kraavi põhja ei oleks tekkinud üksikut suuremat lompki. Samuti ei tohiks kraavi põhjas esineda pinnase tihenemist või kõvastumist ega olla suuremaid ebatasasusi, mis takistavad vee äravoolu. Kui leitakse rutiinse ülevaatus käigus kraavid või kraavi osad, kus sademevee äravool võtab aega rohkem kui 48 tundi, on vajalik see üles märkida ning see koht vajab parandustöid. Vee imbumise soodustamiseks ja pinnase kõvastuse vähendamiseks kasutatakse näiteks aeraatoreid või kobestusmasinaid. Kõige parem on selliste masinatega sademeveekraavi põhja töödelda siis, kui pinnas on niiske ja seetõttu ka pehmem. Iseliikuvate seadmetega kobestamine läbib ja perforerib pinnasekihte vähemalt 100 millimeetri sügavusele ning võimaldab õhu, vee ja toitainete pääsemist pinnasesse. Teine võimalus vähendada kuivenduskraavi põhja kõvastumist on pinnase töötlemine õhusurvega. Kui infiltratsioonivõime on tihendamise tõttu vähenenud, võib olla võimalik seda õhusurvega taastada. See protsess purustab aluspinnase kihid, viies sondid maasse. Sond on ühendatud kõrgsurvega gaasiallikaga (tavaliselt lämmastikupudelid) ja kõrgsurvega gaasivoog juhitakse kiiresti pinnasesse. See põhjustab pinnase rebenemist nii vertikaalselt kui ka horisontaalselt. Lisaks pinnase kõvastumisele võib aja jooksul tekkida pinnasekihi ja taimestiku vahele selline nähtus kus taimede juured põimuvad tihedalt kokku ning seetõttu väheneb kraavi immutusvõime märgatavalt. Sellise põimunud juurte kihi eemaldamiseks on

võimalik kasutada pinnase kobestamise meetodit. Pinnase kobestamine vähemalt 50 millimeetri sügavusele lõhub mudaladestusi, eemaldab surnud rohu ja muu orgaanilise aine ning leevendab mullapinna tihenemist. [27]

Eesti tingimustes juhtub ette, et koprad ehitavad tammid kraavidesse ja suublatesse. Koprapäisude olemasolul muutuvad kõik teised maaparandushoiutööd tähtsusetuks [19]. Kopratammid tuleb kord aastas eemaldada ühelt kaldalt ja madalveeperioodil. Tammi eemaldamisel tuleb jälgida, et setted ja muud jäätmel ei kanduks veega edasi allavoolu ning igasugused jäätmel tuleb käidelda vastavalt kohalikule heakorraeeskirjale. [33]

Oluline on vaadelda ka vee kvaliteeti, et seal ei esineks vahtu, vetikaid, ebameeldivat lõhna, silmnähtavat õli või värvuse muutust. Vastasel juhul tuleb sademeveekraav puhastada reoainetest. Suurema liiklustihedusega teede kõrval olevatesse kraavidesse voolab koos sademeveega reoaineid, peamiselt õli ja kütusejäägid ning talvel ka lumetõrje ained. Sellistest kuivenduskraavidest tuleb regulaarselt eemaldada setted ning käidelda vastavalt ohtlike jäätmel käitlemise nõuetele. [27]

Regulaarne sademeveekraavide hooldamine hoiab need töökorras, kuid aja jooksul võivad tekkida ka suuremad probleemid, mis tuleks võimalikult kiiresti lahendada. Üheks selliseks võimalikuks probleemiks on erosioon. Kui kraavist on nähtavalt osa pinnasest ära kandunud, siis tuleks see ära parandada ja vajadusel uus muru külvata. Parandustöid tehes soovitatakse kraavi seinu lihtsalt mullaga täitmise asemel kaaluda vegetatiivseid ja füüsilisi lahendusi, sest vastasel juhul uhtub pinnas uuesti koos veega minema. Kui kuivenduskraavi on tekkinud suuremad ebataasused, siis tuleb kraavi põhi tasandada ning kraavi nõutav lang taastada. Vastavalt vajadusele tuleb sademeveekraavi põhja kobestada, et pehmed pinnast vee immutusvõime parandamiseks. Pinnase immutusvõimet parandab ka kuivanud muda tükide purustamine ja ühtlaselt laiali jagamine kraavi põhja. [27], [32]

Tabel 2.1 Sademeveekraavide hooldustööde tegemise sagedus.

Hooldustöö	Sagedus	Tööde tegemise aeg
Jäätmete, okste ja muu prahi eemaldamine	Vajadusel	Tänavakoristusega samal ajal
Rohttaimestiku niitmine, kui see takistab kraavi nõuetekohast toimimist	Üks kord aastas	Suveperioodil (juuli-august)
Sette eemaldamine	Vajadusel	Madalveeperioodil
Puittaimestiku raietööd	Üks kord viie aasta jooksul	Juuli teisest poolest märtsi lõpuni
Ummistuste ja voolutakistuste eemaldamine	Üks kuni kaks korda aastas	Igal ajal
Sademeveekraavi põhja kobestamine	Üks kord aastas või harvem	Madalveeperioodil
Kopratammide eemaldamine	Üks kord aastas	Vajadusel
Reostuse eemaldamine	Vajadusel	Igal ajal
Suuremate probleemide lahendamine (nt erosioon)	Vajadusel	Madalveeperioodil

2.3. Hoolduse korraldus

Eestis on olemas maaparandusalal tegutsevate ettevõtjate register. Hooldustööde korraldamise kohustus on maaparandussüsteemi omanikul. Kui sademeveekraavid on riigi omandis, siis korraldab kuivenduskraavide hooldust riigivara valitseja või selleks volitatud isik [13]. Sageli koostatakse linna ja hooldusettevõtte vahel hooldusleping. Kui kraavide hooldust teostavad laiema maastikuhoolduse eest vastutavad isikud, saab sademeveekraavide ülevaatusi üldjuhul läbi viia rutiinsete kohapealsete külastuste ajal. Näiteks tänavakoristuse, suvise muru niitmise või sügisese lehtede koristuse ajal. Samas mõnel talvekuul võib vaja olla spetsiaalseid kontrollkülastusi. Maastikuhooldust tegevatel töötajatel peaks olema sel juhul asjakohane kraavihoolduse kogemus ja nad peaksid olema võimelised pidama piisavalt üksikasjalikku arvestust mis tahes ülevaatuste kohta. Kui maastikuhaldajate eest vastutavatel töötajatel ei ole vastavat kogemust, on vaja spetsiaalseid kontrollkäike asjatundjate poolt. Sellisteks spetsialistideks on kohaliku vee-ettevõtja esindaja, vee- ja kanalisatsiooni volitatud insener, maastikuarhitekt või mõni muu vajaliku kogemusega inimene. Volitatud spetsialisti võib vaja minna näiteks sellistes olukordades nagu oluline kahjustus sademeveekraavi struktuurile, suures koguses sette

kogunemine kraavi põhja, lompide tekkimine kraavi erinevatesse osadesse, ebameeldivate lõhnade tekkimine, erosiooni teke ja tavalisest suuremad reostuskogused. Kuivendussüsteemi eest üldiselt vastutavad isikud ei pruugi olla vastutavad laiema maastiku hooldamise eest ja sellisel juhul võivad vajalikuks osutuda ka spetsiaalsed kontrollkäigud vajaliku sagedusega. [25], [27]

Sademeveekraavide hooldus tuleks korraldada selliselt, et välditakse suurvee perioodi. Sellisel juhul saab kraavist eemaldada minimaalselt materjali, mis läheb jäätmekäitlusse [32]. Sette eemaldamisel tuleks see üldjuhul eemaldada ühelt kaldalt, et säilitada rohttaimestik vastaskaldal. Kui spetsialisti hinnangul ei ole tehniliselt võimalik parandada kraavi olukorda ainult ühelt kaldalt setet eemaldades, siis eemaldatakse sete mõlemalt kaldalt. Samuti tuleb sete eemaldada nii kiiresti kui võimalik ja kõik ühe korraga. Rohhtaimestiku niitmistöid tuleks teha suveperioodil - eelistult juulis või augustis. Puittaimestikku võib raiuda alates juuli teisest poolest kuni märtsi lõpuni. Samas kiireloomulised tööd nagu näiteks reostuse eemaldamine tuleks teha võimalikult kiiresti. Kõiki maaparandushoiutöid tehes tuleb teha kindlaks, et kasutatavad masinad on tehniliselt korras ning ei leki näiteks õli. Kaasaegsed ja EU nõuetele vastavad masinad kasutavad ainult looduslikke määrdeaineid ja õli. Samuti on oluline kindlaks teha kas sademeveekraavide läheduses on kaitse all olevat taimestikku või loomastikku [32]. Juhul, kui piirkonnas kasvab kaitse all olev taim või elavad kraavi lähedal loomad, siis tuleb hooldustöid tehes võtta kasutusele vastavad ettevaatusabinõud nende liikide kaitseks. Soovituslik on hoolduspersonalil ka arvestust pidada selliste liikide kohta, et lihtsustada iseenda tööd [32]. Selline olukord võib tekkida kui on vaja korraldada mõne kraavi hooldustöid ajal, kui linnud piirkonnas pesitsevad. Heaks tavaks võib ka olla enne ja pärast fotode tegemine hooldatavast sademeveekraavist, et oleks olemas tõestus kraavi hooldamisest [25]. [19]

KOKKUVÕTE

Kliima soojenemine toob endaga kaasa suurema sademete hulga, valingvihmade esinemise kasvu, meretaseme tõusu ning oodata on ka tormide sagenemist. See tähendab, et üleujutuste oht muutub üha suuremaks probleemiks. Paljudes linnades, kaasa arvatud Tallinnas on liigvee ära juhtimiseks kasutusel traditsioonilised sademeveesüsteemid ehk vesi kogutakse kokku kaevude ja torustikega. Samas on juba praegu näha, et suurenenud sademete kogused avaldavad liiga suurt survet sellistele süsteemidele. Lahendusena on välja töötatud SUD süsteemid ehk looduslikke ökosüsteeme jäljendavad rajatised, mis võimaldavad sademevett ära juhtida ja käidelda keskkonnasäästlikult. Enamus sellised süsteemid võtavad liiga palju ruumi, et Tallinna tänavatele mahtuda. Kõige keskkonnasõbralikumaks lahenduseks on linnatänavatel osutunud sademeveekraavid, mis aeglustavad ja vähendavad vee vooluhulka sademeveesüsteemi. Eesti seadustega käsitletakse sademeveekraave kui maaparandussüsteeme ning nende disaini, ehituse ja hoolduse nõuded on selgelt seadustega määratletud. Tallinna linna üks eesmärkidest on säilitada ja rekonstrueerida võimalikult palju kuivenduskraave. Kraavide nõuetekohaseks toimimiseks on neid vaja regulaarselt hooldada.

Lõputöös uuriti sademeveekraavide olemit viies piirkonnas – Lilleküla, Mustjõe, Luite, Mähe ja Lepiku asumid. Mitmes piirkonnas on aastate jooksul kraave korrastatud, kuid esineb ka kinni kasvanud ja hooldamata kuivenduskraave. Selgus, et taastamis- ja ehitustöid on vajalik teha Lilleküla, Luite ja Lepiku asumites. Mähe ja Mustjõe kraavid on heas korras ning vajavad vaid regulaarset hooldust. Samuti on vajalik lahendada reostuse probleemid Luite ja Lepiku sademeveekraavides. Mähe ja Luite tänava kuivenduskraavid asuvad suures osas erakinnistutel ning seetõttu on hooldustööde tegemiseks vajalik eelnev kokkulepe kinnistuomanikuga.

Vastavalt seadustele, määrustele ja standarditele on käesolevas töös välja töötatud Tallinna linna territooriumil asuvate kraavide hoolduspõhimõtted. Kõige sagedamini tuleb üldiste tänavakoristustööde osana sademeveekraavidest eemaldada jäätmed, oksad ja muu praht. Igal aastal kasvab rohttaimestik suvel piisavalt pikaks, et seda on kasvuperioodil vaja vähemalt üks kord niita. Kuivenduskraavides tuleb kontrollida ummistusi ja voolutakistusi üks kuni kaks korda aastas vastavalt kraavi seisukorrale. Mähe ja Mustjõe piirkondade rekonstrueeritud kraavides voolutakistusi tõenäoliselt nii tihti ei teki kui Mähe oja merepoolses osas või Löwenruh' pargi sademeveekraavis. Sette eemaldamiseks ning kraavi põhja kobestamiseks on kõige õigem oodata madalveeperioodi, sest siis tekib maaparandustööde käigus kõige vähem jäätmeid. Harvemini tulevad ette olukorrad, kus tulenevalt kobraste rohkusest on ka sademeveekraavidesse ehitatud kopratammid või on

seal kasvama hakanud puittaimestik, mis tuleb eemaldada. Tõsisemateks probleemideks kuivenduskraavides on reostuse teke ja erosioon, mis tuleb tekke korral võimalikult kiiresti lahendada.

Käesolevas töös käsitletavat teemat on võimalik edasi uurida mitmel viisil. Üheks variandiks on kuivenduskraavides vee reostuse tüübi määramine ja selle eemaldamiseks parima viisi leidmine. Hooldustööde tegemiseks on vaja Tallinna linnal eraldada raha ning selle eeldusena tuleks teha finantsanalüüs. Uurima peaks ka paljude teiste sademeveekraavide olukorda ning igale kraavile eraldi hooldusgraafik koostada.

SUMMARY

The title of this graduation thesis is *Developing maintenance principles of stormwater ditches located in Tallinn*.

The aim of this graduation thesis is to develop maintenance principles for rainwater ditches located in Tallinn. Construction and reconstruction conditions and volumes are developed according to the condition of drainage ditches. In the first part of this thesis, Estonian laws and standards dealing with rainwater are elaborated. In the second half, maintenance principles for problematic stormwater ditches are developed.

The climate change will bring with it a greater amount of precipitation, an increase in the occurrence of torrential rains, a rise in the sea level, and an increase in storms is also expected. This means that the risk of flooding is becoming an increasing problem. In many cities, including Tallinn, traditional rainwater systems are used to drain excess water. At the same time, it can already be seen that the increased amounts of precipitation are putting too much pressure on such systems. As a solution, sustainable urban drainage systems have been developed. These are facilities imitating natural ecosystems, which allow rainwater to be drained away and handled in an environmentally sustainable manner. Most of these systems take up too much space to fit on the streets of Tallinn. Rainwater ditches have proven to be the most environmentally friendly solution on city streets, which slow down and reduce the flow of water into the stormwater system. Estonian laws treat stormwater ditches as land improvement systems, and their design, construction and maintenance requirements are clearly defined by law. One of the goals of the city of Tallinn is to preserve and reconstruct as many drainage ditches as possible. In order for ditches to function properly, they need regular maintenance.

In the thesis, the condition of stormwater ditches was examined in five areas - Lilleküla, Mustjõe, Luite, Mähe and Lepiku. In several areas, ditches have been repaired over the years, but there are also overgrown and unmaintained drainage ditches. It turned out that it is necessary to carry out restoration and construction works in the settlements of Lilleküla, Luite and Lepiku. The ditches in Mähe and Mustjõe are in good condition and only need regular maintenance. It is necessary to solve the problems of water pollution in the stormwater ditches in Luite and Lepiku. The drainage ditches near Mähe and Luite streets are mostly located on private properties, and therefore a prior agreement with the property owner is necessary for maintenance work.

The maintenance principles of stormwater ditches located in Tallinn have been developed in accordance with Estonian laws, regulations and standards. Most often, waste, branches and other debris must be removed from stormwater ditches as part of general street cleaning. The vegetation grows tall enough in the summer that it needs to be mowed at least once every year. Stormwater ditches must be checked for blockages and flow resistance once to twice a year depending on the condition of the ditch. It is best to wait for a period of low water to remove the sediment from stormwater ditches, because then the least amount of waste is generated. There are situations where, due to the abundance of beavers, beaver dams have also been built in rainwater ditches or trees have started to grow there. This happens less often, but these need to be removed. More serious problems in drainage ditches are pollution and erosion, which must be solved as soon as possible when they occur.

The author finds that the purpose of this thesis was fulfilled. There are several ways to further explore the topic of the thesis. One option is to determine the type of water pollution in drainage ditches and find the best way to remove it. The city of Tallinn needs to allocate money for maintenance work, and a financial analysis should be done as a prerequisite for this. It is also possible to study the situation of many other rainwater ditches and develop separate maintenance schedules for each ditch.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Merle Kuris, Gen Mandre, Valdo Kuusemets, ja Alar Mik, *Looduslähedased sademeveesüsteemid: Eesti kliimasse sobivad sademeveelahendused*. UrbanStorm, 2021.
- [2] T. Zaqout ja H. Ó. Andradóttir, „Hydrologic performance of grass swales in cold maritime climates: Impacts of frost, rain-on-snow and snow cover on flow and volume reduction | Elsevier Enhanced Reader“, kd 597, 2021, doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.126159.
- [3] Inseneribüroo Urmas Nugin OÜ, „SADEMEVEESÜSTEEMID“. <https://www.ibun.ee/valdkonnad/sisevete-vesiehitised/sademeveesusteemid/> (vaadatud 7. märts 2023).
- [4] Tallinna Linnavalitsus, „Tallinna elanike arv“, *Tallinn*. <https://www.tallinn.ee/et/statistika/tallinna-elanike-arv> (vaadatud 14. märts 2023).
- [5] Tallinna Linnavalitsus, „Tallinna sademevee strateegia aastani 2030“, *Tallinna Õigusaktide andmebaas*. https://oigusaktid.tallinn.ee/?id=3001&aktid=123505&fd=1&leht=1&q_sort=elex_akt.akt_vkp (vaadatud 13. märts 2023).
- [6] U. Sirishantha ja U. Rathnayake, „Sustainable urban drainage systems (SUDS) – What it is and where do we stand today?“, *Engineering and Applied Science Research*, kd 44, lk 235–241, okt 2017, doi: 10.14456/easr.2017.36.
- [7] Keskkonnaministeerium, „Nõuded reovee puhastamise ning heit-, sademe-, kaevandus-, karjääri- ja jahutusvee suublasse juhtimise kohta, nõuetele vastavuse hindamise meetmed ning saasteainesisalduse piirväärtused“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/122092021002?leiaKehtiv> (vaadatud 14. märts 2023).
- [8] Riigikogu, „Veeseadus“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001?leiaKehtiv> (vaadatud 13. märts 2023).
- [9] Balti Keskkonnafoorum, „Kehtivate poliitikate, standardite ja seadusandluse analüüs“. UrbanStorm. Vaadatud: 13. märts 2023. [Online]. Available at: https://urbanstorm.viimsivald.ee/wp-content/uploads/2020/01/LIFEUrbanStorm_A1_Kehtivate-poliitikate-standardite-ja-seadusandluse-anal%C3%BC%C3%BCs.pdf
- [10] Riigikogu, „Looduskaitse seadus“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129062022007?leiaKehtiv> (vaadatud 14. märts 2023).
- [11] Riigikogu, „Planeerimisseadus“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129062022010?leiaKehtiv> (vaadatud 14. märts 2023).
- [12] Riigikogu, „Ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni seadus“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/130122021020?leiaKehtiv> (vaadatud 19. märts 2023).
- [13] Riigikogu, „Maaparandusseadus“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/131052018003?leiaKehtiv> (vaadatud 15. mai 2023).

- [14] Riigikogu, „Ehitusseadustik“, *Riigi Teataja*.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/107032023072?leiaKehtiv> (vaadatud 16. mai 2023).
- [15] J.F. Sabourin and Associates Inc., *An Evaluation of Roadside Ditches And Other Related Stormwater Management Practices*, kd 2. Ottawa, Ontario, 2000.
- [16] Eesti Keele Instituut, „[VSL] Võõrsõnade leksikon“.
<https://www.eki.ee/dict/vsl/index.cgi?Q=d%C3%BC%C3%BCker> (vaadatud 10. aprill 2023).
- [17] EVS/TK 48, MTÜ Eesti Veevarustuse ja Kanalisatsiooni Inseneride Selts, Tallinna Tehnikaülikool, ja Eesti Maaülikool, „EVS 848:2021 Väliskanaliseerimisvõrk“.
- [18] Tallinna Tehnikaülikool, „EVS 843:2016 Linnatänavad“.
- [19] Põllumajandus- ja Toiduamet, „Kuivendussüsteemide eesvoolude veekeskonda säästva hoiu põhimõtted“.
- [20] Keskkonnaagentuur, „Kliimanormid“, *Kliimanormid*.
<https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/sademed/> (vaadatud 6. aprill 2023).
- [21] Keskkonnaministeerium, „Eesti seitsmes kliimaaruanne ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta 2017“. 2017.
- [22] „Swales and Roadside Ditches“, *Sustainable Technologies Evaluation Program (STEP)*.
<https://sustainabletechnologies.ca/home/urban-runoff-green-infrastructure/low-impact-development/swales-and-roadside-ditches/> (vaadatud 12. märts 2023).
- [23] J.F. Sabourin and Associates Inc., „An Evaluation of Roadside Ditches & Related Stormwater Management Practices executive summary“. 2000. Vaadatud: 10. märts 2023. [Online]. Available at:
https://sustainabletechnologies.ca/app/uploads/2013/02/DitchesEval_ES.pdf
- [24] „Sustainable drainage“, *susDrain*. <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html> (vaadatud 11. märts 2023).
- [25] AECOM, „Operations & Maintenance Guidance Document“. 2015. Vaadatud: 8. mai 2023. [Online]. Available at: <https://cdn.atlantaregional.org/wp-content/uploads/operation-and-maintenance-guidance-document.pdf>
- [26] Eccua/Puhastid OÜ, „Oskussõnavara“, *Eccua*. <https://eccua.ee/useful/oskussõnavara/> (vaadatud 11. märts 2023).
- [27] N. Cooper ja S. Cooke, *Assessment and management of unexploded ordnance (UXO) risk in the marine environment*. CIRIA, no. C754. London, UK: CIRIA, 2015.
- [28] „Sademeveekanaliseerimine Nõmme linnaosa ÜP“, Nõmme linnaosa. Vaadatud: 23. aprill 2023. [Online]. Available at: <https://www.tallinn.ee/et/media/308640>
- [29] Maa-amet, „X-GIS 2.0 [maainfo]“. <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo> (vaadatud 15. mai 2023).
- [30] Eesti Entsüklopeedia, „eutrofeerumine - Eesti Entsüklopeedia“.
<http://entsyklopeedia.ee/artikkel/eutrofeerumine1> (vaadatud 13. mai 2023).

- [31] Baltic Marine Environment Protection Commission, „HELCOM Recommendation 23/5-Rev.1“. 2021. Vaadatud: 2. mai 2023. [Online]. Available at: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/06/Rec-23-5-Rev.1.pdf>
- [32] Government of Western Australia, „Non-structural controls Best Management Practice Guidelines: Maintenance practices“. 2005. Vaadatud: 7. mai 2023. [Online]. Available at: https://www.water.wa.gov.au/__data/assets/pdf_file/0017/5174/84960.pdf
- [33] Keskkonna- ja Kommunaalamet, „Eesvoolu ja sademeveekraavi hooldusnõuded_2020“. (vaadatud: 2. mai 2023)
- [34] Maaeluministerium, „Maaparandushoiutööde nõuded“, *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/104112020067?leiaKehtiv> (vaadatud 8. mai 2023).