

Miikka Väliheikki

PÄÄTIE- JA SIVUOJARUMPUJEN AUKAISUTEKNIIKAT

PÄÄTIE- JA SIVUOJARUMPUJEN AUKAISUTEKNIIKAT

Miikka Väliheikki
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Miikka Väliheikki

Opinnäytetyön nimi: Päätie- ja sivuojarumpujen aukaisutekniikat

Työn ohjaajat: Oiva Huuskonen, kehittämispäällikkö, Destia Oy

Juhani Kemppainen, työmaapäällikkö, Destia Oy

Jarmo Erho, lehtori, Oulun ammattikorkeakoulu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 41 + 1 liite

Päätie- ja sivuojarumpujen toiminta osana tien kuivatusta on tärkeässä, mutta liian vähäiselle huomiolle jääneessä roolissa. Liettynyt rumpu johtaa lopulta sen toimimattomuuteen ja toimimaton rumpu voi aiheuttaa vaaraa tienkäyttäjille veden noustessa tien pinnalle tai jopa syövyttämällä tierakenteita. Opinnäytetyössä käsiteltiin yleisimpiä käytössä olevia rumpumateriaaleja ja niiden valitsemiseen vaikuttavia asioita. Oikeanlaisen rumpun valinnalla ja asennustavalla vaikutetaan sen toimivuuden pitkäikäisyyteen. Opinnäytetyössä perehdyttiin myös rumpun liettymistä aiheuttaviin tekijöihin ja sitä ehkäiseviin toimenpiteisiin.

Suomen maanteilla olevien liettyneiden rumpujen määrä on suuri ja laajempimittaista avaustoimintaa varten nähtiin tarpeelliseksi selvittää tehokasta aukaisumenetelmää. Työssä käsiteltiin käytössä olevia avausmenetelmiä ja niiden soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin. Tarkoituksenmukaista oli löytää aukaisumenetelmä, joka soveltuisi käytettäväksi mahdollisimman monenlaisissa kohteissa rumpun materiaalista, pituudesta, sijainnista, liettymisasteesta tai halkaisijasta riippumatta. Tilanteissa, joissa rumpun toimimattomuus johtuu myös muista tekijöistä kuin liettymisestä, ei sen aukaiseminen ole kannattavaa. Näissä tapauksissa selvitettiin uusimiseen käytettäviä menetelmiä.

Käytännön tutkimuksilla selvitettiin avausmenetelmien tehokkuutta ja käyttökelpoisuutta. Testeissä havaittiin, että painevedellä huuhtelu myyräsuuttimen avulla on tehokas keino rumpujen aukaisuun ja se soveltuu käytettäväksi vaikeapääsyisiin kohteisiin. Käytetyllä kalustolla veden menekki oli suuri, joten tarvitaan vielä lisätutkimuksia oikeanlaisen kaluston ja suuttimien käytön selvittämiseen. Työssä käsiteltiin myös tutkimusta tehtäessä esiin tulleita erilaisia kehitysideoita uudenlaisista aukaisumenetelmistä. Näitä olisi hyvä testata käytännössä, jotta saataisiin vertailukohteita eri menetelmien välille.

Asiasanat: kunnossapito, tierumpu, kuivatus, liettyminen, aukaisumenetelmät

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author: Miikka Väliheikki

Title of thesis: Opening Methods of Main Road Culverts and Side Culverts

Supervisors: Oiva Huuskonen, Development Manager, Destia Ltd.

Juhani Kempainen, Site Manager, Destia Ltd.

Jarmo Erho, Lecturer, Oulu University of Applied Sciences

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 41 + 1 appendice

Main road culverts and side culverts are important part of road drainage, yet not enough attention has been paid to securing the functionality of culverts. When a culvert is silted it eventually leads to dysfunctionality. A blocked culvert can cause danger to road users when the water rises to road surface or it can even eat into road structures. The thesis includes a review of the most common materials that are used in culverts and things that affect material selection. Culvert durability is longer when the culvert pipe is selected right and has been built right. The thesis also includes a review of the elements that causes culvert silting and measures that can be done to avoid it.

The Amount of silted culverts on Finnish highways is considerable and an effective opening method needs to be established for big opening operations. Methods that is being used for culvert opening and suitability for different situations are discussed in the thesis. The purpose was to find an opening method that is possible to use in different kind of situations regardless of the culvert material, length, diameter or amount of silt in the culvert. The culvert opening is not profitable in situations, where dysfunctionality is caused by other than silting. For these kind of situations, Methods to replace needed to be solved.

The efficiency and practicality of different opening methods were found out over practical researches. The researches showed that culvert jetting is an effective way to open blocked culverts and it can reach even difficult places. Water waste with the equipment used for jetting was considerable, therefore it is needed to do more research of equipment and nozzles for finding the best solution. While doing the research new kind of opening methods appeared, which would be good to test so there would be comparisons between different methods.

Keywords: maintenance, road culvert, drainage, silting, opening methods

ALKULAUSE

Haluan kiittää työn toimeksiantajaa Destia Oy:n kehittämispäällikkö Oiva Huuskosta mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen. Häneltä sain myös materiaalia ja tietoja työn tekemistä varten. Kiitän Destia Oy:n Suomussalmen hoitourakan työmaapäällikkö Juhani Kemppaista ja työnjohtaja Juhani Voutilaista, joilta kesien 2016 ja 2017 aikana sain paljon arvokkaita neuvoja sekä tietoa hoidon ja ylläpidon alueurakoista. Kiitokset myös työn ohjaajalle lehtori Jarmo Erholle hyvistä neuvoista työn tekemiseen.

26.4.2018

Miikka Väliheikki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 TIE- JA SIVUOJARUMMUT	9
2.1 Käytettävät rumputyypit	9
2.1.1 Betonirummut	9
2.1.2 Muovirummut	11
2.1.3 Teräsrummut	12
2.2 Rummun halkaisijan valinta	13
2.3 Rumpujen tukkeutuminen	15
2.4 Rummun toimimattomuus	15
2.5 Maanteiden hoidon ja ylläpidon alueurakan laatuvaatimukset	16
2.6 Rumpujen kunnossapitoon kuuluvat alueurakan työt	16
2.6.1 Rumpujen kunnan seuraaminen	17
2.6.2 Rummun toimivuuden varmistaminen	18
2.6.3 Laskuojien toiminnan varmistaminen	19
2.7 Rummun avausmenetelmiä	21
2.7.1 Painehuhtelu myyräsuuttimella	21
2.7.2 Poraaminen	22
2.7.3 Teräslevyn vetäminen rummun läpi	23
2.7.4 Vetotanko	24
2.7.5 Lapioiminen	25
2.7.6 Työntökauha	26
2.8 Rummun uusiminen avauksen sijaan	26
2.9 Toimimattoman rummun uusimismenetelmät	27
2.10 Liettyneiden rumpujen työkanta	28
3 AVAUSMENETELMIEN KÄYTÄNNÖN TESTAUKSET	30
3.1 Rummun huuhtelu vedellä	30

3.2 Rummun huuhtelu myyräsuuttimella	31
3.3 Rummun aukaisu rumpuporalla	33
3.4 Avausmenetelmien vertailu	34
4 AVAUSMENETELMIEN KEHITYSIDEOITA	36
4.1 Porauspöytä	36
4.2 Vetoraapimen ja vetolevyn vetäminen rummun läpi	37
5 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	
Liite 1. Avausmenetelmien testausten tulokset (ei julkinen)	

1 JOHDANTO

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten kilpailuttamat alueurakoitsijat vastaavat maanteiden hoidosta ja ylläpidosta. Alueurakoitsijoiden tehtäviin kuuluu myös kuivatusjärjestelmien kunnossapito. Tässä työssä perehdytään eritoten rumpujen kunnossapitoon. Maantierumpujen määrä riippuu alueurakan koosta, ja lähtökohtana voidaan pitää, että jokaista 500 m kohden on yksi maantierumpu.

Maantierumpujen kunnossapidosta vastaa alueurakoitsija ja yksityistieliittyneiden kunnossapidosta puolestaan liittymän omistaja. Maanteillä olevien tierumpujen liettyminen toimintakunnottomiksi on huomattava ongelma. Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä liettymisen aiheuttamiin tekijöihin ja sen ennaltaehkäisyyn.

Tie- ja sivuojarummut ovat osa teiden kuivatusjärjestelmää. Niiden tehtävänä on johtaa vedet ajoradan tai liittymän alitse niin, että vedellä on esteetön kulkureitti pois tiealueelta. Tien viereen seisomaan jäänyt vesi heikentää tien kantavuutta tunkeutumalla tien rakenteisiin ja noustessaan tielle vaarantaa liikenneturvallisuutta. Liettynyt rumpu, joka ei täytä sen toiminnallisia vaatimuksia, tulee aukaista. Koska työkantaa on paljon, on tarpeellista selvittää, millä menetelmällä on kustannustehokkainta saattaa rumpu takaisin toimintakuntoon. Tämän työn tavoitteena on käsitellä erilaisia avausmenetelmiä ja niiden tehokkuutta.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Destia Oy. Destia Oy:n toimialaan kuuluu infrastruktuurin suunnittelu, rakentaminen ja ylläpitäminen. Destia Oy pyrkii jatkuvasti kehittämään toimintaansa, ja opinnäytetyö onkin toteutettu osana kehittämisprojektia.

2 TIE- JA SIVUOJARUMMUT

Rummuksi määritellään halkaisijaltaan 2 m tai sitä pienempi putkirakenne, jonka avulla tie ylittää laskuojan, vesiuoman tai maastonotkelman edellyttäessä sivuojavesien purkauksen tiealueen ulkopuolelle. Rummut voidaan sijaintinsa mukaan jakaa kahteen pääryhmään: maantierumpu on tien alittava rumpu, jonka vesiuomana on tavallisesti laskuoja, ja sivuojarumpu on maantiehen liittyvän tien alittava rumpu, jonka vesiuomana on sivuoja. (1, s. 68, 69.)

2.1 Käytettävät rumputyypit

Tiestöllä käytettävät rummut ovat materiaaliltaan muovia, betonia tai terästä. Betonisia rumpuputkia ei enää juurikaan käytetä uusia asennettaessa. Käytettävän rummun materiaalivalinta riippuu kohteen eri tekijöistä:

- vallitsevista korroosio-olosuhteista
- peitesyvyydestä
- perustamisolosuhteista
- asennusolosuhteista
- kunnossapidettävyydestä. (2.)

Usein kohteessa olisi mahdollista käyttää eri materiaaleista valmistettuja rumpuja. Näissä tilanteissa valintakriteerinä käytännössä toimii rummun hankinta- ja rakentamiskustannukset. (2.)

2.1.1 Betonirummut

Uusien betonisten rumpujen asentaminen tiepuolella on vähentynyt muovisten ja teräksien putkien kehittymisen myötä, näillä materiaaleille päästään myös alhaisempiin hankinta- ja asennuskustannuksiin. Ratapuolella käytettävät rummut ovat pääsääntöisesti betonirumpuja. Ratapuolella betonisten rumpujen käyttö perustuu niillä saavutettaviin korkeisiin kantavuuksiin ja betonisen rummun ympärystäyttö voidaan toteuttaa karkeamalla täyttömateriaalilla. (2.)

Betoniputket valmistetaan tehtaalla noin 2 m mittaisina ja ne liitetään toisiinsa työmaalla muhviiliitoksella. Muhveihin asennetaan tehtaalla kiintotiiviste, jolla varmistetaan putken lopullinen tiiveys asennettaessa. Betoniputkia on saatavilla pyöreinä ja jalallisina, jalalliseen putkeen ei tarvitse täyttövaiheessa tehdä alkutuennaa. (3.)

Pyöreät betoniputket asennetaan perustukselle 150 mm paksun alkutuennan avulla siten, että ne on tuettu vähintään alimman neljänneskaaren leveydeltä. Jos rumpu kasataan alle 2 m mittaisista betoniputkista tai putken halkaisija on yli 1 600 mm, sidotaan kolme ulointa putkea yläpästä yhteen kuumasinkityllä tai ruostumattomalla teräksellä putkien luisumisen estämiseksi. (3.)

Pyöreiden betoniputkien sisähalkaisijat lähtevät 225 mm:stä ja loppuvat 2 000 mm:iin. Jalallisten betoniputkien halkaisijat lähtevät 500 mm:stä ja loppuvat 1 200 mm:iin. Betoniputkia valmistetaan kolmella eri lujuusluokalla: B, Br ja Dr. Lujuusluokan B putket ovat raudoittamattomia ja luokan Br ja Dr putket ovat raudoitettuja. Eri lujuusluokan putkille vaaditaan eri peitesyvyys, jotka ilmoitetaan taulukossa 1. (4.)

TAULUKKO 1. Päätiellä käytettävien betonirumpujen vaaditut peitesyvyydet (3)

Putkiluokka	Peitesyvyys			
	Tiivistetty		Ei tiivistetty	
	Vähintään, m	Enintään, m	Vähintään, m	Enintään, m
B	0,6	5,0	1,0	4,0
Br	0,4	8,0	0,6	5,0
Dr	0,2	13	0,4	7,5

Betonirumpua valitessa on huomioitava seuraavat asiat:

- Betonirumpua käytettäessä päästään pieneen vähimmäispeitesyvyyteen.
- Betonirummun asentaminen on työläämpää kuin muovi- tai teräsputkien.
- Betoniputket ovat painavia, joten niiden käyttöä pehmeikköalueilla on vältettävä, jotta vältettäisiin tiehen syntyviä painaumuksia.
- Betonirumpu kestää huonosti roudan vaikutuksia, sillä putket saattavat irrota liitoksistaan.

- Betonirumpu kestää hyvin korroosion vaikutuksia. (5, s. 61.)

2.1.2 Muovirummut

Muovirumpuja on järkevintä käyttää tierakenteessa, kun putken halkaisija jää alle 1 000 mm. Muoviputkien rakenne on kaksoisseinäinen, putken sisäpinta on sileä ja ulkopinta putkesta on profiloitu. Tuplaputkirakenteella saavutetaan tarvittava rengasjäykkyys ja hyvä virtaama, mutta samalla saadaan pidettyä putkirakenne kevyenä. Muovirumpuja valmistetaan rengasjäykkyysluokissa SN4 ja SN8. Tierakenteessa käytetään SN8-luokan putkea ja SN4-luokan putki soveltuu kohteisiin, joissa kuormitus on kevyempää kuten pelloille. Putket valmistetaan polyeteenistä ja polypropeenista. (6.)

Muovirumpuja saa toimittajasta riippuen kiinteällä muhvilla olevia tai muhvitomia ja niitä voidaan jatkaa asennusvaiheessa asennettavilla muhveilla. Kiinteillä muhveilla varustetut putket ovat yleensä 6,2 m mittaisia, muhvitomia putkia saa aina 10 m asti. Muoviputkien sisähalkaisijat alkavat 100 mm:stä ja suurimmat putket ovat halkaisijaltaan 1 200 mm. (6.)

Muoviputket vaativat suuremman peitesyvyyden kuin betoni- ja teräspanputket, niiden suurimmat ja pienimmät sallitut peitesyvyydet näkyvät taulukossa 2. Taulukon 2 ilmoitetut peitesyvyydet ovat SN4-luokan putkille. (7.)

TAULUKKO 2. Muoviputkien suurimmat ja pienimmät sallitut peitesyvyydet (7)

Halkaisija d, mm	Peitesyvyys Vähintään	Peitesyvyys Enintään
d ≤ 449	0,5 m 1)	5 m (tai valm. ilmoittama)
d 450 – 649	0,6 m 1)	5 m (tai valm. ilmoittama)
d 650 – 1 249	d 2)	5 m (tai valm. ilmoittama)
d 1250 – 1990	Osoitettava Tiehallinnon hyväksymillä mitoituslaskelmilla.	

1) Jos alkurengasjäykkyys $\geq 8 \text{ kN/m}^2$ (T8), vähimmäispeitesyvyyttä vähennetään enintään 0,1 m. Jos rengasjäykkyys on $\geq 16 \text{ kN/m}^2$ (SN16), vähennys on enintään 0,2 m.

2) d 650 – 1 249 mm:n putkilla voidaan hyväksyä putkien sisähalkaisijaa pienempi peitesyvyys Tiehallinnon hyväksymien mitoituslaskelmien perusteella.

Muovirumpua valitessa on huomioitava seuraavat asiat:

- saumattoman muovirummun kestävä roudan liikuttelulle
 - keveytensä puolesta hyvä vaihtoehto pehmeiköille
 - asentaminen nopeaa
 - nopea virtaus ja hiekan vaikutus kuluttavat muoviputken sisäpintaa
 - lietteen ja jään poistaminen helpompaa muovirummuista sileän pinnan ansiosta.
- (5, s. 61.)

2.1.3 Teräsrummut

Teräsrumpuja käytetään yleensä silloin, kun kohteeseen tarvitaan halkaisijaltaan 1 000 mm tai suurempi rumpu. Teräksiset tierummut valmistetaan kierresaumaamalla sinkitystä tai muovipinnoitetusta teräksestä. Suuremmat tierummut valmistetaan määrämittaisina, jotta vältetään turhilta liitoskohdilta. Pienemmät teräsputket voidaan liittää toisiinsa pultti-kiristeisillä pantaliittimillä työmaalla määrämittaen. Teräsrumpuja valmistetaan halkaisijaltaan 300 mm:stä aina 2 000 mm:iin asti, tästä suuremmat ovat putkisiltoja. (8.)

Teräsputken voidaan pinnoittaa polyeteenipinnoitteella tai PVC–Plastisol–pinnoitteella, pinnoite valitaan käyttökohteen olosuhteiden vaatimusten mukaan. Pinnoituksella suojataan terästä korroosiolta ja saadaan täytettyä rummulle asetettava käyttöikävaatimus. Halkaisijan perusteella teräsrumpujen on täytettävä kimmoisen taivutusjäykkyyden arvo eri peitesyvyyksissä taulukon 3 mukaisesti. (9.)

TAULUKKO 3. Teräsrummulta vaadittava kimmoisen taivutusjäykkyyden arvo eri minimipeitesyvyyksillä (9)

Halkaisija d, mm	Kimmainen taivutusjäykkyys EI, kNm	
	Vähimmäispeitesyvyys 0,3 m	Vähimmäispeitesyvyys 0,5 m
d ≤ 300	0,8	0,8
400	0,8	0,8
500	0,9	0,9
600	2,3	1,7
800	5,2	3,4
1 000	8	5
1 200	–	6,5
1 400	–	8
1 600	–	19
1 800	–	30
1 990	–	40

Teräsrumppua valitessa on huomioitava seuraavat asiat:

- Teräsrumppu on kestävä roudan vaikutuksille.
- Voidaan tehdä pitkiä liitoksettomia rumpuja.
- Uusi rumppu voidaan porata tai juntata tierakenteeseen ilman tien aukaisemista.
- Päästään pieneen vähimmäispeitesyvyyteen.
- Nopea virtaus ja hiekka kuluttavat teräsputken pinnoitetta.
- Korroosion vaikutus lyhentää putken käyttöikä.
- Ohutseinäiset putken päät rikkoontuvat herkästi kunnossapidossa. (5, s. 61.)

2.2 Rummun halkaisijan valinta

Tiestölle rakennettaville rumpuputkien halkaisijoille on annettu minimikoot, jotka määräytyvät yleensä kunnossapitonäkökohtien mukaan. Rumpujen minimikoot on osoitettu taulukossa 4. (1, s. 76.)

TAULUKKO 4. Rumpukoko tien tai liittymän mukaan (1, s. 76)

Tien tai liittymän tyyppi	Rummun Ø (mm)
kaksiajorataiset tiet	800
valta- ja kantatien alittava	600
kapeat yhdystien alittava (rummun pituus ≤ 10m)	400
liittymärummut, kun rummun pituus > 8 m tai kun liittyvä tie on maantie tai siihen verrattava	400
liittymärummut, kun rummun pituus ≤ 8 m	300

Taulukko 4 osoittaa siis kohteissa käytettävien rumpujen minimihalkaisijat. Uutta tie-rumpua mitoittaessa rummun koko on kuitenkin vielä tarkistettava valuma-alueen koon mukaisen mitoitusvirtaaman perusteella. Liittymärummun lopullinen mitoitus tehdään kohteen valuma-alueen perusteella. Uusille teille asennettavien rumpujen aukkojen mitoitus toteutetaan valuma-alueen koon ja uoman kaltevuuden funktiona taulukon 5 mukaisesti. (1, s. 76,77.)

TAULUKKO 5. Rummun halkaisijan valinta uusille teille (1, s. 77)

Valuma-alueen koko (neliökilometriä)			Rummun sisähalkaisija d (millimetriä)
Uoman kaltevuus J = 0,1 – 0,3 % (maastoluokka I)	Uoman kaltevuus J = 0,4 – 0,7 % (maastoluokka II)	Uoman kaltevuus J ≥ 0,8 % (maastoluokka III)	
< 0,2	< 0,5	< 0,7	500
0,2 – 0,5	0,5 – 0,8	0,7 – 1,2	600
0,5 – 1,0	0,8 – 1,8	1,2 – 2,5	800
1,0 – 2,0	1,8 – 3,0	2,5 – 4,0	1 000
2,0 – 3,0	3,0 – 4,2	4,0 – 5,5	1 200
3,0 – 4,2	4,2 – 5,5	5,5 – 7,0	1 400
4,2 – 5,5	5,5 – 8,0	7,0 – 11	1 600
5,5 – 8,0	8,0 – 11,1	11 – 16	1 800

2.3 Rumpujen tukkeutuminen

Rummun tukkeutumisen syynä voi olla useampia eri tekijöitä. Avo-ojissa kulkeutuva vesi voi kuljettaa mukanaan rumpuun maa-ainesta, roskaa, lehtiä ja heinää, jotka alkavat kerääntyä rumpuun. Avo-ojaan saattaa kulkeutua materiaalia myös tien luiskista ja hiekoi-tushiekasta, jotka kulkeutuvat veden mukana eteenpäin rumpuun. (2.)

Maa-aines kerääntyy rumpuun, jos rummun pituuskaltevuus on liian pieni, jokin padottaa veden liikkumista rummussa tai laskuoja ei vedä kunnolla. Laskuojan kunto onkin yksi tärkeimmistä tekijöistä pitämään rummut toimivina. (2.)

Joissain tapauksissa rikkoontunut rumpu aiheuttaa kiviaineksen valumisen rumpuun tie-rakenteesta tukkien sen. Suomen maanteilla on paljon vanhoja betonirumpuja, jotka yleensä on kasattu liittämällä noin metrin pituisia rummunrenkaita toisiinsa. Ajan saatossa routa voi liikutella rumpua niin, että renkaat irtoavat liitoskohdistaan. Jos betonirenkaiden välinen rako pääsee kasvamaan tarpeeksi suureksi, valuu tienrakenteesta materiaalia rumpuun tukkien sen. Tällaisen tapauksen pystyy yleensä havaitsemaan jo tien päällystteestä reikänä ja soratiellä tiehen voi muodostua liikennettä vaarantava kuoppa. (2.)

2.4 Rummun toimimattomuus

Rumpu voi olla toimimaton myös, vaikka se ei sisältä olisikaan tukossa. Seuraavassa tarkastellaan erilaisia tilanteita, joissa rumpu ei täytä sen toimintavaatimuksia:

- Rumpu on rakennusvaiheessa tehty liian lyhyenä ja ajan saatossa tien luiskasta on valunut materiaalia peittämään sen pään tukkoon. Tällöin rumpu ei toimi ja padottaa vettä tien sivuun. Tällaisessa tilanteessa rumpua voidaan jatkaa tai se on uusittava oikean mittaiseksi.
- Rumpu on jäänyt liian ylös jo rakennusvaiheessa tai avo-ojien perkauksien jälkeen. Tällöin vedenkorkeuden on noustava sivuojassa, jotta vesi pääsee rumpuun. Tällaisessa tilanteessa rumpua on laskettava alemmaksi.
- Routa on liikuttanut rumpua niin, että se on vaurioitunut tai on menettänyt suoruu-tensa. Tällöin vesi ei pääse virtaamaan rummussa esteettömästi tai osa vedestä voi virrata tierakenteiden läpi. Tällaisessa tilanteessa rumpu on uusittava.

- Rumpu on liian matalalla, tällöin rummussa kulkeva virtaus patoutuu sen alapäästä ja rumpu alkaa liettymään. Rummun yläpää on ummessa tai osittain auki, jolloin vedenkulku rumpuun estyy. Tällaisessa tilanteessa rumpua on nostettava tai sen päät on kaivettava auki ja laskuojan toimivuus varmistettava. (5, s. 61.)

2.5 Maanteiden hoidon ja ylläpidon alueurakan laatuvaatimukset

Tieverkolla olevat päätierummut kuuluvat hoidon ja ylläpidon alueurakan kunnossapidettäviksi. Tontti- ja yksityistieliittymien alittavista sivuojarumpujen toimivuudesta ja kunnossapidosta vastaa liittymän haltija. (10, s. 21.)

Rumpujen on toimittava ja niiden toimivuus on varmistettava. Rumpujen on oltava rakenteellisesti kestäviä. Rumpu on aukaistava, kun se on siinä määrin liettynyt tai tukkeutunut, että veden virtaus estyy, syntyy liiallista padotusta ja kuivatusjärjestelmät eivät toimi tai ovat jäätyneet umpeen. Aukaisun jälkeen rumpu on puhdas sinne kertyneestä maa-aineksesta ja roskista. (10, s. 22.)

Rummun aukaisun yhteydessä liittyvien avo-ojien päitä on avattava tarvittavassa laajuudessa rummun toiminnan varmistamiseksi. Laskuojan pään maa- ja jääesteet on myös poistettava. (10, s. 22.)

Toimenpideaika rummun aukaisuun on 1 viikko. Työ on tehtävä välittömästi, mikäli rummun jäätyminen tai tukkeutuminen haittaa tai vaarantaa liikennettä, vahingoittaa tien rakennetta tai aiheuttaa vahinkoa kolmannelle osapuolelle. (10, s. 22.)

2.6 Rumpujen kunnossapitoon kuuluvat alueurakan työt

Alueella toimivan urakoitsijan tulee varmistaa tiestöllä olevien tierumpujen toimivuus ja aukaistava tukkiutuneet tierummut. Mikäli havaitaan toimimaton liittymärumpu, joka padottaa vettä tien viereen, on urakoitsijan ilmoitettava asiasta liittymän omistajalle. Liittymän omistaja saattaa liittymärummun toimintakuntoon omalla kustannuksellaan. (10, s. 21.)

Alueurakkaan kuuluu uusia tai korjata vuosittain tarjouspyynnössä annettu metrimäärä halkaisijaltaan 1 000 mm tai sitä pienempiä rumpuja. Rumpujen uusimiset ja korjaukset

on suunniteltava ja toteutettava niin, että ne tehdään järkevästi muiden tienpidon toimenpiteiden yhteydessä. (10, s. 21.)

Urakoitsijalla on velvollisuus tarkkailla koko tiestön rumpujen kuntoa, jotta rumpujen korjaukset ja uusimiset osattaisiin ajoittaa oikein. Urakoitsija esittää toimimattomiksi havaitsemistaan rummuista uusimis- ja korjausehdotuksia tilaajalle. Erityisesti vaaditaan nopeaa reagointia tilanteisiin, joissa toimimaton rumpu aiheuttaa vaaraa liikenteelle tai haittaa tien tai yläpuolisten maa-alueiden kuivatusta. (10, s. 21.)

Alueurakan urakka-aikana kaikki urakka-alueella olevat maantierummut on käytävä lävitse siten, että tarkistusmäärät jakautuvat tasaisesti urakkavuosille. Rumputarkistuksista laaditaan kirjalliset raportit, joista ilmenee rummun liettymisprosentti, vauriot ja muut puutteelliseen toimivuuteen johtavat asiat. Rumputarkistusraportit toimitetaan tilaajalle vuosittain. Urakoitsijan tulee raportoida kuukausittain tilaajalle niistä rummuista, jotka toistuvasti jäätyvät tai liettyvät tukkoon ja jotka padottavat vettä. Tilajalle on ilmoitettava myös tehdyt liettyneiden rumpujen aukaisut. (10, s. 21.)

Yleensä rumpujen uusimiset tehdään urakkatarjouksessa annetulla sopimushinnalla. Joissakin tapauksissa rumpujen korjaukset ja uusimiset ovat lisätyönä tehtäviä töitä, kuten seuraavissa tapauksissa:

- uusittava rumpu on halkaisijaltaan yli 1 000 mm
- rumpu vaatii erikoisperustuksen
- maa-alueiden kuivattamisen takia rummun perustamissyvyyttä pitää muuttaa
- tiealueen tai ympäristön kuivatus vaatii veden kulkua tien alitse. (10, s. 21.)

Rakennetuista ja uusituista rummuista pidetään kirjaa ja määrät ilmoitetaan kuukausittain tilaajalle. Ilmoituksesta tulee tulla ilmi rummun tierekisteriosoite, koko, pituus, materiaali, rakennetieto siirtymäkiilasta ja kuivatussyvyys. Ilmoitukset ovat tärkeitä, jotta rumpujen inventointitiedot pysyisivät ajantasaisina. (10, s. 21.)

2.6.1 Rumpujen kunnan seuraaminen

Tiestöllä olevien rumpujen kuntoa on seurattava säännöllisesti, jotta pystyttäisiin ennaltaehkäisemään toimimattomien rumpujen aiheuttaman vahingot. Tarkistuksilla valvotaan,

että rummut ovat toimintakuntoisia, rakenteellisesti kestäviä ja turvallisia liikenteelle. Mikäli rumpu aiheuttaa huomattavaa kuivatusongelmaa tai siitä on vaaraa liikenteelle, on siitä välittömästi ilmoitettava tilaajalle. Tässä tilanteessa on mietittävä toimia, jolla rumpu saatetaan toimintakuntoon. (2.)

Rumpurekisteristä löytyvät tierekisteriosoitteet kaikille valtion teillä oleville rummuille. Näiden perusteella rummut pystytään paikantamaan maastosta. Rummun tarkastaminen suoritetaan laskeutumalla tieluiska alas ja katsomalla lampun kanssa rummun sisään. Joissakin tilanteissa rummun kuntoa on vaikea määrittää, esimerkiksi laskuoja voi padottaa vettä niin, että rumpu on täynnä vettä. Rumputarkistuksissa tarkastellaan seuraavia asioita:

- onko rumpu rakenteellisesti kunnossa
- onko rumpu siirtynyt
- onko rummun kohdalle tiehen muodostunut reikä
- mikä on rummun liettymisprosentti
- onko rumpu liian lyhyt tai liian pitkä
- onko rumpu liian ylhäällä tai alhaalla
- toimiiko laskuoja. (2.)

Alueurakan kaikki rummut on käytävä läpi urakan aikana. Jokaisen rummun tiedot päivitetään ajan tasalle ja raportit toimitetaan tilaajalle. Rumputarkistuksien yhteydessä tarkastetaan, että rekisterissä olevat tiedot rummun materiaalista, halkaisijasta ja pituudesta pitävät paikkansa. Jos rumpujen tiedot eivät ole päivittyneet, korjataan ne rekisteriin. (2.)

2.6.2 Rummun toimivuuden varmistaminen

Rumpujen toimivana pysymiseen voidaan vaikuttaa rakennusaikaisilla ja myöhemmin tehtävillä toimenpiteillä. Rummun yläpäähän on hyvä kaivaa lietepesät, johon sivuojissa kulkeutuva maa-aines pääsee laskeutumaan ennen rumpuun kulkeutumista. Rummun rakennusaikana tulee kiinnittää tarkkaavaisuutta siihen, että rumpu tulee asennettua oikeaan kaltevuuteen. Tällöin sen läpi virtaavan veden mukana kulkeutuva maa-aines ei pääse laskeutumaan rumpuun. Suurempaan kaltevuuteen rakennettu rumpu kuitenkin vaatii usein korkeammalle perustamista. Korkeus tulee ottaa huomioon vesistörumput kohdalla, koska se voi häiritä kalojen kulkemista. (1, s. 77.)

Halkaisijaltaan riittävän kokoisen rummun valinta vaikuttaa sen kunnossapitokustannuksiin. Liian pienenä rakennetulla rummulla on todennäköisempää jäätyä talven aikana umpeen, jolloin sitä joudutaan sulattamaan auki lumien lähtemisen aikaan. Saman aiheuttaa myös liettynyt rumpu, koska silloin sen virtaama-ala on pienentynyt. Väljänä rakennettu rumpu pienentää siis kunnossapitokustannuksia, mutta lisää rakennuskustannuksia. (1, s. 77.)

Rumpua kohteeseen valitessa tulee huomioida rumputyypeiltä vaaditut ja sallitut peitesyvytykset. Tällä varmistetaan, että rumpu pysyy rakenteellisesti kestävässä rakenteessa pitkään. Joissain tapauksissa myös ympäristöolosuhteet tulee ottaa huomioon rumpu-tyyppiä valittaessa. (2.)

Sivuojen kunnostusta suunniteltaessa on otettava huomioon kaivuun ajankohta. Ojien kaivu on ajoitettava niin, että tieluiskia sitova kasvillisuus kerkeää kasvaa ennen talven tuloa. Paljaana olevat tieluiskat ovat alttiita sortumille kevään runsaiden sulamisvesien aikaan. Tieluiskista irronnut maa-aines kulkeutuu veden mukana rumpuun ja voi jäädä tukkimaan sitä. (1, s. 57.)

2.6.3 Laskuojien toiminnan varmistaminen

Laskuojien tehtävänä on johtaa sivuoista kertyvät vedet pois tiealueelta. Laskuoja pyritään kaivamaan niin pitkälle, että se ylettyisi olemassa olemaan uomaan. Jos tähän ei ole mahdollisuutta, kaivetaan laskuojaa niin pitkälle, ettei rummun tai ojan liettymisestä tien lähellä olisi vaaraa. (1, s. 56.)

Laskuojan toimivuudella on suuri merkitys tien kuivatuksen toimimiseen ja rummun puhtaana pysymiseen. Huonosti vetävä laskuoja alkaa keräämään lietettä ja ajan saatossa se kasvaa umpeen. Umpeen kasvanut laskuoja ei vedä sivuoista keräytyvää vettä, vaan vesi jää seisomaan tien viereen. Kun virtaus laskuojaan huononee, alkaa rumpuun kertymään sitä tukkivaa materiaalia. Kuvassa 1 on umpeen kasvanut laskuoja, ja se padottaa vettä tien vierellä. (2.)

Sorapintaisilla teillä laskuojien kunnostaminen toteutetaan yleensä samaan aikaan, kun tiehen tehdään peruskunnostus ja sivuojat kunnostetaan. Laskuojan toimimattomuus on vaikea huomata tavanomaisissa tiestötarkastuksissa. Ongelma laskuojassa huomataan

yleensä siinä vaiheessa, kun vesi alkaa seisomaan sivuojissa. Näissä tapauksissa, joissa toimimaton laskuoja haittaa tien kuivatusta, on urakoitsijan sovittava tilaajan kanssa sen kunnostamisesta. (2.)

Laskuojat eivät yleensä sijaitse tiealueella, joten niiden kunnostamiseen on hankittava lupa maanomistajalta. Mikäli ojan perkaamiseen ei saada lupaa maanomistajalta neuvottelemalla tai sopimalla, niin vesilain nojalla (VL 14:4§) kunnan ympäristösuojeluviranomainen voi määrätä kunnostamaan ojan vesilain vastaisena (VL 5:8§). (1, s. 14.)

Laskuojien, kuten myös sivuojien kunnostaminen on kannattavinta ajoittaa alkukesään, jotta luiskia eroosiolta suojaava kasvillisuus kerkeäisi sitoa luiskan ennen talven tuloa. Luiskien eroosio on yleensä pahimmillaan kunnostuksesta seuraavana keväänä lumien sulamisen aikaan. Mikäli luiskaan ei ole kerennyt muodostua kasvillisuutta, voivat syksyn sateet tai kevään sulamisvedet viedä luiskasta maata mennessään ja näin ollen huonontaa kuivatusjärjestelmän toimivuutta. (1, s. 57.)



KUVA 1. Toimimaton laskuoja

2.7 Rummun avausmenetelmiä

Rummun eri avausmenetelmät eivät välttämättä sovellu kaikkiin avattaviin kohteisiin. Maasto saattaa joskus asettaa rajoituksia, varsinkin joidenkin työkoneiden käytölle. Avattavan rummun sijaitessa kohteessa, jossa sivutilaa on rajallisesti, joudutaan tilaa vievät aukaisumenetelmät karsimaan pois. Avattavan rummun pituudella ja halkaisijalla on myös vaikutusta avausmenetelmän valintaan. Rummun pituus voi joissakin kohteissa olla useita kymmeniä metrejä, tällöin esimerkiksi vetotankoa tai teräslevyn vetämistä rummun läpi ei voida käyttää. (11.)

2.7.1 Painehuuhdeltu myyräsuuttimella

Putkistojen aukaisu paineen ja veden yhdistelmällä on paljon käytössä kunnallistekniikan puolella. Suuttimena käytetään myyräsuutinta, joka liikkuu taakse puskevan paineveden avulla putkessa eteenpäin, irrottaen tukokset putkistosta. Myyräsuuttimia on erilaisia, joissakin suuttimissa vettä tulee myös eteenpäin, jolloin se leikkaa edessä olevaa tukosta. (11.)

Samaa avausmenetelmää voidaan käyttää myös liettyneiden rumpujen aukaisuun. Erona kunnallistekniikan putkistoihin on, että liettyneiden rumpuputkien sisällä on painavampaa maa-ainesta ja kiveä, jonka liikkeelle saamiseen tarvitaan isompaa vesimäärää. Rumpuja aukaistaessa vedellä suuttimen on oltava isompi ja mukana tiestöllä kuljetettavan vesimäärän suuri. Kalustona voidaan käyttää esimerkiksi säiliöautoa ja mukana kuljetettavaa vesipumppua. (11.)

Rummun aukaisu aloitetaan antamalla myyrän kulkea rummun toiseen päähän, minkä jälkeen letkua lähdetään vetämään takaisinpäin. Toimenpide toisesta niin monesti, että rumpu on puhdas sinne kertyneestä maa-aineksesta. Pitkään liettyneenä olleessa rummussa voi kasvaa juurakkoa, jonka pois saamiseen joudutaan käyttämään leikaavaa erikoissuutinta. Rummussa oleva juurakko voi joissain tapauksissa olla niin vahvaa, että siihen joudutaan käyttämään myös mekaanista aukaisua. (11.)

2.7.2 Poraaminen

Rumpuun kertynyt maa-aines voidaan irrottaa ja poistaa käyttämällä erilaisia poraustekniikoita. Porauskalustona käytetään yleisimmin suuntapora tai kaivinkonetta. Kaivinkoneen Rototilt-laitteeseen voidaan kiinnittää luvussa 3.3 Rummun aukaisu rumpuporalla käsiteltävä porauslaite, jolla porauskärkeä viedään eteenpäin rummussa tankoja lisäämällä. Suuntapora käytettäessä poraus toteutetaan samalla tavalla, eli päähän asennetaan porauskärki, joka porataan rumpuun tankoja jatkaen. (12.)

Kaivinkoneen Rototilt-laitteeseen on olemassa myös porauslaite, joka mahdollistaa jatkuvakierteisen poraustangon käytön. Rummun aukaisu jatkuvakierteisellä poraustangolla perustuu kierteiden maata taaksepäin siirtävään vaikutukseen. Poraustankoja jatketaan kiinnittämällä niitä toisiinsa porauksen edetessä. Valmistaja ilmoittaa, että menetelmällä saadaan halkaisijaltaan 600 mm leveä ja 12 m pitkä rumpu, joka on liettynyt 80 prosenttisesti, aukaistua noin 90 minuutissa. Jatkuvakierteisellä poraustangolla varustettu porauslaite on esitetty kuvassa 2. (13.)



KUVA 2. Porauslaite jatkuvakierteisellä poraustangolla (13)

Suuntaporan käytön ongelmana monissa paikoissa ovat maaston epätasaisuudet ja jyrkät luiskat, eli suuntapora on vaikea saada kohteeseen. Kaivinkoneeseen liitettävällä porauskalustolla kohteeseen päästään tieltä käsin tai laskuojan kohdalta. Kaivinkoneen käyttöä pääkoneena puoltaa myös se, että rummista tulevat maa-ainekset saadaan siirrettyä samalla koneella pois laskuojasta. Myös laskuojan ja sivuojien perkaus onnistuu konetta vaihtamatta.

2.7.3 Teräslevyn vetäminen rummun läpi

Pienemmällä halkaisijalla olevien rumpujen aukaisuun soveltuva tekniikka on vetää rummun sisähalkaisijaa hieman pienempi teräslevy rummun läpi. Teräslevyn ympärillä on kuminen tiiviste, joka tekee vedettävästä levystä tiiviin rummun sisälle. (14.)

Työ aloitetaan työntämällä alajuoksulta pitkä tanko rummun lävitse. Yläjuoksulta tangon päähän kiinnitetään vaijeri ja tanko vedetään takaisin rummun läpi. Vaijerin toinen pää

kiinnitetään vetävään työkoneeseen ja toiseen päähän kiinnitetään teräslevy. Levy vedetään suurella voimalla rummun läpi, ja levy pakottaa rummussa olevan maa-aineksen purkautumaan toisesta päästä ulos. (14.)

Vetävänä koneena voidaan käyttää esimerkiksi kaivinkonetta. Kaivinkone soveltuu työhön hyvin, koska samalla koneella pystytään avaamaan työskentelytila ja aukaisemaan mahdolliset tukokset laskuojasta. Siirtyneet rummunrenkaat voivat osoittautua ongelmaksi tässä menetelmässä, koska teräslevy voi jäädä jumiin kahden siirtyneen renkaan väliin ja pahentaa tilannetta. Jos kohteena on betonirumpu olisikin ensin varmistettava, että rummunrenkaat eivät ole siirtyneet. Menetelmän käyttäminen pitkiin ja pahasti liettyneisiin rumpuihin voi olla haasteellista, koska liettymät ovat tiukasti rummussa ja tarpeeksi maa-ainesta eteen kerättyään vetäminen voi pysähtyä vastuksesta johtuen. (14.)

2.7.4 Vetotanko

Vetotanko on kaivinkoneen kauhaan liitettävä, rummunaukaisuun kehitetty työkalu. Metalliseen tankoon kiinnitetään rummun halkaisijalle sopivan kokoiset vetolevyt, jotka työssänsä rumpuun nojaavat metallitankoa vasten ja vedettäessä aukeavat tuoden mukanaan maa-ainesta rummusta. Vetolevyjä tankoon kiinnitetään yhteensä 4 kappaletta, yksi tangon joka sivulle, ja vastakkaiset levyt tulevat samalle kohdalle tankoa. Vetotangon pituutta voidaan säädellä lisäämällä ja poistamalla siitä tangon palasia. Rummun aukaisuun käytettävä vetotanko näkyy kuvassa 3. (15.)



KUVA 3. Rummun aukaisuun käytettävä vetotanko (15)

Rummun ollessa liettyneenä koko halkaisijaltaan vetotangon käyttäminen ei onnistu, koska tanko ja vetolevyt vaativat tilaa työntyessään rumpuun. Menetelmän käyttäminen betonirumpuihin on haastavaa, koska vetolevyt voivat tarttua rummunrenkaiden liitoskohtiin, jos ne eivät ole täysin tiiviisti yhdessä. (2.)

2.7.5 Lapioiminen

Pitkien päätierumpujen lapioiminen miestyövoimalla olisi todella aikaa vievää ja kannattamatonta. Rummun lapioiminen soveltuu esimerkiksi lyhyiden ja halkaisijaltaan pienien yksittäisien liittymärumpujen aukaisuun. Pitkävartisella lapiolla saadaan koko rummun pituudelta tukokset pois. (2.)

Rummun käsinaukaisuun on kehitetty sitä varten oma vetolapio. Vetolapio on pitkällä varrella oleva lapio, jossa varren ja lapion välissä on nivel. Nivel mahdollistaa lapion nojautumisen vartta vasten, kun lapiota työnnetään rumpuun. Lapio työnnetään rummun yläosassa haluttuun syvyyteen. Kun haluttu syvyys on saavutettu, ruvetaan lapiota vetämään takaisin, jolloin lapio kääntyy 90 asteteen kulmaan alaspäin ja lukkiutuu. Rumpu tyhjennetään liettymistä vetävällä liikkeellä. (16.)

2.7.6 Työntökauha

Rummun aukaisu työntökauhalla sopii kohteisiin, joissa rummun sisään on päässyt isompaa kiviainesta ja aukaisu muilla menetelmillä olisi haastavaa. Menetelmää voidaan käyttää myös muissa tapauksissa. Työntökauha on puolisyylinterin muotoinen, teräksestä valmistettu kauha ja sen yläpään leveys on hieman pienempi kuin aukaistavan rummun halkaisija. Operoivana koneena käytetään suuntaporaa. Työntökauhan käyttöön voisi käyttää myös muuta konetta, koska suuntaporalla pääsy moneen kohteeseen on vaikeaa jyrkkien luiskien vuoksi. (12.)

Kauha työnnetään rumpuun reilu kauhan pituus kerrallaan, riippuen rummun liettymisasteesta. Tämän jälkeen kauha pyörytetään hieman, jotta saadaan liettymät irtoamaan. Sen jälkeen kauha vedetään ulos rummusta ja tyhjennetään. Tätä tehdään asteittain, kunnes rumpu on tyhjä sinne kertyneestä maa-aineksesta. (12.)

2.8 Rummun uusiminen avauksen sijaan

Joissakin tilanteissa rummun avaaminen ei ole kannattavaa, vaan vanha rumpu on korvattava uudella rummulla tai sujuttamalla sen sisään uusi rumpu. Rummun avaaminen ei ole kannattavaa seuraavissa tilanteissa:

- Rumpu on liikkunut siinä määrin, ettei se enää täytä sen toiminnallisia tavoitteita.
- Teräsputki on ruostunut puhki.
- Nykyisen rummun virtauskapasiteetti ei ole riittävä siinä kulkevalle veden määrälle.
- Nykyinen rumpu on liian lyhyt ja aiheuttaa luiskamateriaalin valumista.
- Betoniputken renkaat ovat liikkuneet ja muodostaneet rakoja. (2.)

Sorateiden peruskunnostuksen yhteydessä tierakenteessa olevat vanhat ja liettyneet betonirummut on järkevämpää vaihtaa uusiin puhdistuksen sijaan. Pitkään käytössä olleiden betonisten rumpujen kestävyys on heikentynyt ja pettäessään ne aiheuttavat vaaran liikenteelle. (2.)

2.9 Toimimattoman rummun uusimismenetelmät

Uuden rummun asentamistapa valitaan aina tapauskohtaisesti. Pääsääntöisesti käytössä ovat seuraavat asennusmenetelmät:

- rummun asentaminen tien auki kaivuumenetelmällä
- uuden rummun sujuttaminen vanhan rummun sisään
- rummun tunkkaaminen tai junttaaminen tiepenkereen läpi
- rummun poraaminen tiepenkereen läpi. (1, s. 82.)

Rummun asentaminen tie auki kaivamalla voidaan tehdä kaikkiin kohteisiin, mutta monessa tapauksessa se ei ole kannattavaa. Tätä tapaa voidaan käyttää, jos uusittava rumpu sijaitsee vähäliikenteisellä soratiellä ja rumpu saadaan rakennettua sellaisessa ajassa, että se ei aiheuta kohtuuttoman pitkää katkosta tienkäyttäjille. Päälystetyllä tiellä koitetaan välttää auki kaivuumenetelmää, koska päällyste joudutaan silloin uusimaan aukaistulta kohdalta. Uusittavan rummun ollessa halkaisijaltaan suuri joudutaan se asentamaan auki kaivuumenetelmällä. Tällöin uusittavan rummun kohdalle joudutaan järjestämään kiertotie ajoneuvoliikennettä varten. (1, s. 82.)

Sujutusmenetelmässä vanhan rummun sisään työnnetään halkaisijaltaan pienempi teräksinen tai muovinen rumpuputki ja putkien välinen tyhjätila täytetään betonilla. Menetelmää käytettäessä tulee varmistua siitä, että rummun halkaisijan pienentyessä uusi halkaisija riittää kohdalta virtaavalle veden määrälle. Työmenetelmä sopii kohteeseen, jossa tierakenteessa on isoja lohkarkeitä, jolloin rummun tunkkaaminen olisi mahdotonta ja poraaminen työlästä. Sujutusmenetelmää ei voida käyttää, jos vanha putki on siirtynyt. (17, s. 124.)

Rummun tunkkauksessa avonainen teräsputki tunkataan vanhan rummun viereen tiepenkereen lävitse käyttäen tunkkauskalustoa. Juntausmenetelmässä paineilmatoiminen lyöntilaite iskee avonaista teräsputkea tierakenteen läpi. Kummassakaan tekniikassa putkea ei viedä tierakenteen läpi kokopitkinä, vaan kun yksi pätkä on saatu rakenteeseen, hitsataan siihen jatkoa työkaivannossa. (18.)

Rummun lävistettyä tiepenkereen poistetaan sen sisään jäänyt maa-aines vesipainehuuhtelulla tai jatkuvakierteisellä poraustangolla. Tunkkaamista tai junttaamista voidaan

käyttää silloin, kun sujuttamalla saavutettava halkaisija jäisi liian pieneksi, tai vanha rumpu ei ole siinä kunnossa, että sujutusta voitaisiin tehdä. Jotta tunkkaus- tai junttausmenetelmää voitaisiin käyttää, täytyy varmistua, ettei tierakenteessa ole liian isoja kiviä tai lohkareita, tällöin ei päästäisi penkereen lävitse tai putken linjaus saattaisi muuttua. (18.)

Rummun poraaminen valitaan silloin, kun tunkkaamista tai juntaamista ei voida toteuttaa, tiepenkereessä olevien isojen kivien takia. Porausmenetelmässä käytetään yhdistelmänä porauksen maata rikkovaa voimaa ja porauskaluston putkea eteenpäin työntävää voimaa. Porauksen edetessä porattavan putken sisällä pyörivä kuljetusruuvi siirtää poratun maa-aineksen alkukaivantoon. Menetelmässä käytetään teräsputkia, jotka porauksen edetessä liitetään toisiinsa hitsaamalla. (18.)

Kun rumpu joudutaan uusimaan tieltä, jossa ajoneuvoliikenteen määrä on yli 3 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, suositellaan käytettäväksi tienalitusmenetelmiä. Uuden rummun asentamista tienalitusmenetelmillä ei kuitenkaan aina pystytä toteuttamaan, koska kohde voi sijaita leikkauksessa tai sivutilaa olla rajallisesti, jolloin alituskaluston vaatimaa tilaa ei ole. Uusittavan rummun halkaisija voi olla niin iso, ettei olemassa olevalla kalustolla pystytä toteuttamaan uusimista alittamalla. Alituskalusto voi myös sijaita kohteesta niin kaukana, että sen siirttäminen paikan päälle ei olisi kustannustehokasta. (1, s. 82.)

2.10 Liettyneiden rumpujen työkanta

Opinnäytetyössä selvitettiin liettyneiden rumpujen työkantaa, jotta saataisiin käsitys toimimattomien rumpujen määrästä. Rumpujen kunnossapidon tulisi olla jatkuvaa toimintaa, jotta pystyttäisiin välttämään rumpujen toimimattomuudesta aiheutuvat ongelmat. Tällä hetkellä tiestöllä on paljon liettymisen vaikutuksesta toimimattomia rumpuja. Alueurakan laatuvaatimuksissa sanotaan, että urakoitsijan on aukaistava rumpu silloin, kun se on siinä määrin liettynyt tai tukkeutunut, että veden virtaus estyy tai syntyy liiallista padotusta. (10, s. 22).

Rumpujen aukaisuja ei kuitenkaan ole tehty järjestelmällisesti, vaan vasta ongelman syntyessä. Rumpujen liettymiset eivät ole syntyneet kunnossapidon alueurakan aikana vaan ovat seurausta kunnossapidon puutteellisuudesta. (2.)

Opinnäytetyössä Tutkittiin Suomussalmen alueurakkaan kuuluvalla tiestöllä olevien päätierumpujen tilannetta. Alueurakkaan kuuluvien rumpujen kokonaismäärä on 2 318, joista liettyneiden rumpujen osuus on 1 070. Liettyneistä rummuista 132 on liettynyt melkein umpeen tai kokonaan umpeen. (19.)

Opinnäytetyössä Tutkittiin Kajaanin alueurakkaan kuuluvalla tiestöllä olevien päätierumpujen tilannetta. Alueurakkaan kuuluvien rumpujen kokonaismäärä on 3 771, joista liettyneiden rumpujen osuus on 1 928. Liettyneistä rummuista 291 on liettynyt melkein umpeen tai kokonaan umpeen. (20.)

Molemmista urakoista havaitaan, että suurin osa liettyneistä rummuista on betonirumpuja. Tämä myös osaltaan kertoo siitä, että liettymiset ovat syntyneet pitkällä aikavälillä, koska betonirummut ovat olleet pidempään käytössä. Toisaalta betonirumpu on myös herkempi liettymiselle, koska sen pinnassa on enemmän kitkaa kuin muovi- tai teräsrummulla. Osassa liettyneistä rummuista esiintyy myös muita ongelmia, jotka ovat selvästi johtaneet rummun liettymiseen. Havaittuja liettymiseen johtavia ongelmia ovat:

- rumpu on liian alhaalla
- laskuoja tukossa
- rumpu rikki
- rumpu on liian lyhyt. (19; 20.)

3 AVAUSMENETELMIEN KÄYTÄNNÖN TESTAUKSET

Avausmenetelmien käytännön testaukset toteutettiin Äänekosken ja Suomussalmen maanteiden hoidon ja ylläpidon alueurakoiden sisällä. Testauksilla oli tarkoitus selvittää avausmenetelmien tehokkuutta liettyneiden rumpujen aukaisuun.

3.1 Rummun huuhtelu vedellä

Opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka tehokkaasti tukkiutunut rumpu saataisiin aukaistua suurella määrällä vettä. Lähtökohtana voidaan pitää sitä, että alun perin vesi on kuljettanut maa-aineksen rumpuun. Aukaisukalustona toimi vanha lentokentän paloauto, jossa oli noin 4 m³:n vesisäiliö. Vesi pumpattiin kohteeseen autossa olevasta vesisäiliöstä auton keulassa olevalla Esterin palopumpulla, johon voiman tuotti auton moottori. Tehokas pumppu mahdollisti suuren vesimäärän tuoton korkealla paineella huuhdeltavaan kohteeseen. Pumpulla pystytään tuottamaan jopa 4 000 l/min 7,5 baarin paineella.

Ensimmäisessä testauksessa vesi suihkutettiin rumpuun käyttäen 1,5 tuuman letkua ilman erillistä suutinta. Letkun päähän ulkopuolelle kiinnitettiin kierreterästanko, jota pystyttiin jatkamaan lisätangoilla. Tangon avulla letkua pystyttiin liikuttelemaan rummussa.

Alajuoksulta päin aloitettaessa hienoaines ja pienemmät kivet lähtivät hyvin liikkumaan veden mukana. Jo parin metrin puhdistuksen jälkeen huomattiin, että rummunregas oli siirtynyt ja raosta oli päässyt isompia kiviä tukkimaan rummun. Tällä menetelmällä kiviä ei saatu poistettua rummusta, eikä se olisikaan ollut järkevää, koska tierakenteesta olisi tullut uutta kiveä tilalle. Joten ratkaisuna tähän kohteeseen on avata tierakenne siirtyneen rumpurenkaan kohdalta ja korjata rumpu. Kun korjaus on tehty, voidaan rumpu huuhdella kokonaan auki. Rumpuun valuneesta jakavan kerroksen materiaalista johtuva tukkeuma näkyy kuvassa 4.



KUVA 4. Jakavan kerroksen materiaalia rummussa

Jos rumpu on ollut kauan liettyneenä, sinne on mahdollisesti alkanut kasvaa juurakkoa, mikä hankaloittaa huuhtelun onnistumista. Tällaisissa tapauksissa on käytettävä erikoisuuttimia juurakon leikkaukseen tai jotain mekaanista menetelmää juurakon poistoon. Jos juurakko jätettäisiin putkeen, alkaisi siihen nopeasti kertymään maa-ainesta, joka pädottaisi veden kulkua rummun läpi. (11.)

3.2 Rummun huuhtelu myyräsuuttimella

Opinnäytetyössä selvitettiin, miten myyräsuuttimen käyttö vedellä huuhtelussa parantaa huuhtelun tehokkuutta. Huuhtelukalustona tässä aukaisumenetelmässä toimi myös lentokentän vanha paloauto Esterin palopumpulla. Erona aikaisempaan aukaisumenetelmään oli, että tässä vesiletkun päähän kiinnitettiin myyräsuutin, joka kulkee putkessa eteenpäin veden paineen vaikutuksesta. Kohteessa käytetty myyräsuutin näkyy kuvassa 5.



KUVA 5. Myyräsuutin (21)

Myyräsuuttimen toiminta perustuu etusuihkun liettymää leikkaavaan vaikutukseen ja takasuihkujen suutinta eteenpäin liikuttavaan ja maa-ainesta poistavaan vaikutukseen. (21). Liettyneet rummut avattiin suuttimella, jossa yksi suihku leikkaa maa-ainesta ja neljä suihkua työntää suutinta eteenpäin sekä liikuttaa irronnutta maa-ainesta kohti alajuoksua.

Rumpujen avaustoiminnan sijoituessa maanteille etäisyydet ovat pitkiä ja vedenottopai- kalle voi joutua ajamaan edestakaisia matkoja. Yhden rummun aukaisuun kuluva veden määrä on suuri, joten vedenkuljetuskaluston kapasiteetin pitää olla myös mahdollisimman iso. Vesipaineella huuhtelua varten ei tarvita kalustolle erillistä työtilaa, joten rummun aukaisu tällä menetelmällä onnistuu myös kohteissa, joissa sivutilaa on rajallisesti. Myyräsuuttimella tehtyjen kokeiden tulokset löytyvät liitteestä 1 (ei julkinen).

3.3 Rummun aukaisu rumpuporalla

Opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka tehokkaasti kaivinkoneen Rototilt-laitteeseen kiinnitettävällä rumpuporalla saadaan rummu aukaistua. Rumpuporan työkonena käytettiin 16 tn painavaa pyörialustaista kaivinkonetta, joka oli varustettu Rototilt-laitteella. Rummun lopulliseen puhtaaksi huuhteluun käytössä oli kuorma-auton lavalla oleva vesisäiliö ja kuorma-auton oma vesipumppu.

Työssä todettiin, että kaivinkoneen käyttö pääkoneena on järkevää, koska rummun aukaisuun sisältyy yleensä lähes aina laskuojan ja sivuojen perkausta. Käyttövoiman rumpupora saa kaivinkoneen hydraulikasta, ja sitä ohjataan sen kyljessä olevalla ohjausyksiköllä. Rummun aukaisuun käytettävä rumpupora näkyy kuvassa 6.



KUVA 6. Rummun aukaisuun käytettävä rumpupora

Työn alkaessa varmistetaan kaivinkoneella ensin laskuojan toimivuus ja kaivetaan rummun alapäähän työskentelytila rumpuporalle. Yleensä poraus tehdään laskuojan puolelta,

koska siellä on enemmän työskentelytilaa. Rumpupora lasketaan kaivinkoneella sille kaivetuille paikalle ja asemoidaan käyttäen kaivinkoneen pyörittäjää, niin että poraustanko saadaan kulkemaan samassa linjassa rummun kanssa. Rumpuporan asentoa voidaan muuttaa työn edetessä, jos vaikuttaa siltä, että porauksen suuntaus ei ole oikea.

Rumpuporan testauksissa käytettiin kierreosalla varustettua maakärkeä, myös muunlaisia kärkiä on mahdollista käyttää. Kairaustangot ovat 1 m:n mittaisia, ja niitä jatketaan pyörittämällä toisiinsa porauksen edetessä siihen asti, että päästään rummun toiseen päähän. Käytettävät kairaustangot olivat halkaisijaltaan 50 mm.

Maan poistaminen rummun sisältä tapahtuu maakärjen ja tangon edestakaisella liikuttelulla rummussa. Täyspitkää tankoa pystytään liikuttelemaan pituussuunnassa kokonaisuutena. Käytettäessä mekaanista avaustapaa saadaan poistettua myös rummun sisällä mahdollisesti kasvavaa juurakkoa. Rumpuporaa käytettäessä avattavaa rumpua ei saada täysin puhtaaksi sinne kertyneestä maa-aineksesta, vaan rumpu on porauksen jälkeen vielä huuhdeltava vedellä puhtaaksi.

Kun rumpuporan pääkoneena käytetään pyörälustaista kaivinkonetta, voidaan kaivinkone kuljettaa ajamalla lähellä oleviin kohteisiin. Kauempana sijaitseviin kohteisiin on sekin kuitenkin järkevämpää siirtää kuljetuslavetilla. Pyörälustaista kaivinkonetta käytettäessä voidaan rumpupora laskea kohteeseen tieltä, mikäli rumpu ei sijaitse korkean penkereen kohdalla. Jos kohteessa on huonosti vetävä laskuoja, on pääkoneena käytettävä tela-alustaista kaivinkonetta, jotta laskuojan toiminta päästään varmistamaan. (2.)

Menetelmä vaatii, että laskuojan puolella on hyvin tilaa kairaustangon liikuttelulle, koska rummun puhtaaksi saattaminen perustuu porauskärjen edestakaiseen liikuttamiseen rummussa. Rumpuporalla tehtyjen kokeiden tulokset näkyvät liitteessä 2 (ei julkinen).

3.4 Avausmenetelmien vertailu

Opinnäytetyössä todettiin, että kun rumpua aukaistaan vedellä, myyräsuutin on tehokkaampi keino kuin huuhtelu avonaisen letkun avulla. Kun huuhtelu tehdään pelkällä letkulla, puhdistus perustuu ison vesimassan maata liikuttavaan vaikutukseen. Tällöin vettä kuluu suuria määriä putken auki saamiseksi. Myyräsuutinta käytettäessä saadaan vesisuihku suunnattua haluttuun paikkaan kovalla paineella, ja tällä yhdistelmällä saadaan

rummussa tiukasti oleva maa-aines irtoamaan sekä kulkeutumaan pois rummusta. Näin ollen rummun aukaisu on tehokkaampaa. Loppuhuuhtelu voidaan suorittaa suuremmalla vesimäärällä.

Koska vesihuuhtelumenetelmä on riippuvainen veden saannista, on käytettävän kaluston pystyttävä kuljettamaan mukana mahdollisimman suuri määrä vettä. Huuhteluveden tuottaminen kohteeseen voidaan toteuttaa suurituottoisella vesipumpulla, jolla saadaan isoja määriä vettä kohteeseen. Vesihuuhteluun käytettävä pumppu voi olla keskipakopumppu, jolloin käytettävän veden ei tarvitse olla täysin puhdasta.

Myyräsuutinta käytettäessä veden paineistamiseksi on järkevintä käyttää korkeapainepumppua, joka voi olla vettä kuljettavan koneen yhteydessä tai erillisenä kuljetettava yksikkö. Korkeapainepumppua käytettäessä on veden oltava puhdasta. Vesihuuhtelua voidaan käyttää kaiken kokoisille ja mittaisille rummuille. Rummun aukaisuun käytettävä myyräsuutin tulee valita aukaistavan rummun halkaisijan mukaan. Rummun sijainti ei myöskään aseta rajoitteita vesihuuhtelun käytölle. Rumpuun kasvanut juurakko on mahdollista poistaa käyttäen leikkaavaa erikoissuutinta.

Vesihuuhteluun tarvittavaa kalustoa löytyy esimerkiksi viemärin avauksia tekeviltä yrityksiltä. Huuhtelukalustona käytettäessä imupaineautoa, saadaan tuotettua tarvittava paine myyräsuuttimen käytölle, ja mukana kuljetettavan huuhteluveden määrä on noin 10 m³.

Rumpuporalla saadaan rumpu kohtuullisessa ajassa puhtaaksi sitä tukkivasta maa-aineksesta. Menetelmällä saadaan myös mahdollisesti rumpuun kasvanut juurakko poistettua, mikä vesihuuhtelussa on vaikeampaa. Menetelmällä ei kuitenkaan saada rumpua täysin puhtaaksi, joten sen lisäksi joudutaan käyttämään huuhtelukalustoa. Rumpuporan käyttöä voi rajoittaa tarvittavan sivutilan puutteellisuus.

Tehtyjen tutkimusten perusteella todettiin, että vedellä huuhtelu on ajallisesti tehokkaampi keino rumpujen aukaisuun. Aukaisukohteet eivät ole suoraan verrannollisia toisiinsa, mutta antavat tarpeeksi vertailukohtaa tämän tukemiseen. Rummun aukaisussa on otettava huomioon myös valmisteleviin töihin kuluva aika, jota voi kulua paljon huuhteluveden hankkimiseen. Rumpuporaa käytettäessä valmistelevia töitä ovat kaluston siirtäminen ja työtilan tekeminen rumpuporalle. Molemmissa menetelmissä valmisteleviin töihin kuuluu myös laskuojan toiminnan varmistaminen, jos se on tarpeellista.

4 AVAUSMENETELMIEN KEHITYSIDEOITA

Opinnäytetyötä tehtäessä esiin tuli ideoita uusien avausmenetelmien kehittämistä. Kehitysehdotuksia käsitellään luvuissa 4.1 – 4.2. Näitä ehdotuksia olisi hyvä testata käytännön kokeilla, jotta saataisiin tietoa niiden käytettävyydestä liettyneiden rumpujen avaukseen.

4.1 Porauspöytä

Ensimmäisenä kehitysideana oli se, että rummun auki poraaminen tapahtuisi laskuojaan laskettavalla porauskalustolla, joka saisi käyttövoimansa paineilmakompressorista. Ajatuksena olisi porata jatkuvakierteistä poraustankoa rumpuun ja poraustangon kierteet kuljettaisivat porauksen edetessä maata ulos rummista. Kierteiden halkaisija olisi hieman pienempi kuin kohteena olevan rummun sisähalkaisija, jolloin edestakaisen liikuttelun tarve rummussa vähentyisi maa-aineksen pois saamiseksi. (22.)

Rummun avauksessa käytettävän porauspöydän jokaisessa kulmassa voitaisiin käyttää säätäjalkoja, joiden avulla pöydän asento saataisiin maaston mukaan muutettua oikeaan asemaan. Tällöin porauksen suuntaus saataisiin oikeaksi rumpuun nähden. Porauspöydän vaatima tila laskuojaan tehtäisiin kaivinkoneella tai vaihtoehtoisesti kuorma-auton nosturiin liitettävällä kahmarikauhalla. Porauslaitteiston kuljettaminen onnistuisi kuorma-auton lavalla ja samalle lavalle saataisiin maahan myös koneen käyttövoiman tuottava paineilmakompressori. (22.)

Porauspöytää käytettäessä rummun vesihuuhtelu ei olisi välttämätöntä, eikä menetelmä näin ollen olisi riippuvainen veden saannista ja kuljettamisesta. Huuhteluveden poisjääminen osaltaan alentaisi käyttökustannuksia. Poraustangon kierteiden halkaisijan ollessa lähellä rummun sisähalkaisijaa saataisiin rumpu riittävän puhtaaksi maa-aineksestä. Poraamalla myös rumpuun mahdollisesti kasvaneet juuristot saataisiin poistettua. (22.)

Menetelmän käyttö tilanteissa, joissa muovirumpu on päässyt taipumaan tai betonirummun rummunrenkaat ovat siirtyneet, ei olisi mahdollista. Jos avattava rumpu sijaitsee korkean penkereen kohdalla, voi porauskaluston laskeminen tieltä laskuojaan olla haastavaa. Tässäkin menetelmässä hyvän lopputuloksen saavuttaminen vaatisi kaivinkoneen

käyttöä, jotta saataisiin rummulle tulevien avo-ojien päät aukaistua ja laskuojan toimivuus varmistettua.

Laitteen hankintakustannukset olisivat huomattavat ja tarvittavaa kalustoa ei ole valmiina. Työkantaa pitäisi laitteistolle olla merkittävästi, jotta sen rakentaminen olisi kannattavaa.

4.2 Vetoraapimen ja vetolevyn vetäminen rummun läpi

Pitkällä aikavälillä syntyneet liettymät ovat tiukasti kiinni rummussa. Jotta rummun aukaiseminen vetolevyllä vetämällä onnistuisi, tulisi rummussa oleva maa-aines saada ennen sitä irtonaiseksi. Maa-aineksen häiritseminen voidaan toteuttaa useammalla menetelmällä. Yhtenä vaihtoehtona olisi käyttää rummun läpi vaijerilla vedettävää raavinta. (23.)

Vetokalustona voitaisiin käyttää kaivinkonetta tai vinssiä. Raavin olisi halkaisijaltaan ympyrän muotoinen ja keskeltä avonainen. Raavin olisi hieman avattavaa rumpua pienempi. Sen kylkeen olisi kauttaaltaan kiinnitetty metallisia hampaita, jotka rummun läpi kulkiesaan irrottavat maa-aineksen rummusta. (23.)

Maa-aineksen ollessa irtonaisena rummussa, voidaan se poistaa vetämällä rummun läpi esimerkiksi vetolevyä, jota on käsitelty luvussa 2.7.3 Teräslevyn vetäminen rummun läpi. Toisena vaihtoehtona puhdistukseen olisi käyttää vetokauhaa, joka kulkee rummun pohjaa pitkin. Vetokalustona tässäkin työvaiheessa voitaisiin käyttää joko kaivinkonetta tai vinssiä. Menetelmää käyttäen rumpu saataisiin siinä määrin puhtaaksi maa-aineksesta, että erillistä puhtaaksi huuhtelua ei tarvittaisi.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä perehdyttiin Suomen tiestöllä käytössä oleviin rumputyyppeihin ja niiden valitsemisen ja mitoittamisen pääperiaatteisiin. Oikeanlaisen rummun valinnalla pyritään siihen, että sen elinkaari tierakenteessa on mahdollisimman pitkäikäinen. Maanteiden hoidosta vastaava elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus on ilmoittanut tarjouspyyntövaiheessa alueurakkaan kuuluvat rumpuihin liittyvät työt.

Työn tavoitteena oli perehtyä päätie- ja sivuojarumpujen liettymistä aiheuttaviin tekijöihin ja keinoihin, jolla sitä pystyttäisiin ennaltaehkäisemään. Tilanteissa, joissa rumpu kuitenkin on päässyt liettymään siinä määrin, että se vaatii aukaisua, tavoitteena oli selvittää, millä avausmenetelmällä rumpuja kannattaa lähteä saattamaan takaisin toimintakuntoon.

Työssä havaittiin, että avausmenetelmien testauksia tarvittaisiin vielä lisää, jotta löydetäisiin toimivin ja kannattavin tapa rumpujen suurempimittaiseen avaustoimintaan. Tiestöllä on huomattavan paljon liettymisestä johtuvia toimimattomia rumpuja, jotka pitäisi saattaa takaisin toimintakuntoon. Rumpujen toiminnan varmistamisella pystytään vaikuttamaan tien kuivatusjärjestelmän kokonaisvaltaiseen toimintaan, joka näin ollen pidentää tien elinkaarta ja vaikuttaa tienkäyttäjien turvallisuuteen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää avausmenetelmä, jonka peruskoneena voitaisiin käyttää jo valmiiksi tien kunnossapidossa käytettävää kalustoa. Tällöin ei tarvittaisi suuria investointeja pelkästään rumpujen avaukseen käytettävään kalustoon, jota ei muissa tehtävissä voitaisi hyödyntää. Tutkimusten edetessä on myös mahdollisuus todeta sellaisen avausmenetelmän olevan käyttökelpoisen, joka vaatii uudenlaisen kaluston hankkimista työhön. Tällaisessa tilanteessa järkevää olisi saman työporukan kiertää laitteen kanssa eri alueurakoissa.

Työn aikana esille tulleita kehitysideoita olisi hyvä saada käytännön testiin, jotta saataisiin enemmän vertailukohteita avausmenetelmien välille ja tietoa näiden menetelmien käytettävyydestä. Uudet menetelmät eivät myöskään olisi riippuvaisia veden saannista, jolloin niitä käytettäessä veden hankkimiseen ei kuluisi aikaa.

LÄHTEET

1. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. 2013. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf. Hakupäivä 28.2.2018.
2. Kempainen, Juhani 2017. Työmaapäällikkö, Destia Oy. Haastattelu 12.7.2018.
3. InfraRYL 14341. 2009/2. Betoniputkirummut. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 12.12.2017.
4. Kaivot ja putket. Rudus Oy verkkosivut. Saatavissa: <http://www.rudus.fi/tuotteet/kaivot-ja-putket/ek-jarjestelma-kaivot-ja-putket>. Hakupäivä 12.12.2017.
5. Hämäläinen, Esko 2010. Yksitystien parantaminen, suunnittelun ja toteuttamisen perusteet. Kerava: Suomen tieyhdistys.
6. Putket ja kaivot esite. Jita Oy verkkosivut. Saatavissa: <http://jita.fi/infra-ja-maatalousrakentaminen/tuotteet/muoviputket/sadevesiputket-sn8/>. Hakupäivä 27.5.2018.
7. InfraRYL 14343. 2009/2. Muoviputkirummut. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 12.12.2017.
8. Kierresaumattu rumpu ja putkisilta. Viacon Oy verkkosivut. Saatavissa: <https://www.viacon.fi/tuote/rumpuputket/>. Hakupäivä 12.12.2017.
9. InfraRYL 14342. 2009/2. Teräsrummut. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 12.12.2017.
10. Maanteiden hoidon ja ylläpidon tuotekortit. 2015. Liikennevirasto. Saatavissa: http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/24195897/3_6_Hoidon_ja_yll%C3%A4pidon_tuotekortit_2015.pdf/7d13388f-c7a6-4f0a-8ee3-0e1c4d435e1b. Hakupäivä 8.11.2017.
11. Huuskonen, Oiva 2017. Kehittämispäällikkö, Destia Oy. Haastattelu 25.10.2017.

12. Model Harr culvert cleaner. Environmental expert verkkosivut. Saatavissa: <https://www.environmental-expert.com/products/universal-model-harr-culvert-cleaner-136198>. Hakupäivä 28.5.2018.
13. BTE culvert cleaner system. BTE verkkosivut. Saatavissa: <http://www.btedot.com/culvert-cleaner.html>. Hakupäivä 21.4.2018.
14. Trache, Taylor 2017. New culvert cleaning method drawing big attention to city. News
15. Saatavissa: <https://kadm.com/new-culvert-cleaning-method-drawing-big-attention-to-city/>. Hakupäivä 26.4.2018.
15. Battle armor culvert cleaner. Bad Boy Mowers verkkosivut. Saatavissa: <https://www.badboymowers.com/bad-boy-shop/battle-armor-culvert-cleaner#>. Hakupäivä 26.4.2018.
16. Culvert cleaning tool 2016. desing-ALL verkkosivut. Saatavissa: www.desing-all.com/culvert.html. Hakupäivä 28.5.2018.
17. Rumpujen korjausohje RUMKO. 2006. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rhk_o1-2006_rumko.pdf. Hakupäivä 20.4.2018.
18. Alitusporaus. KT-Tuenta Oy verkkosivut. Saatavissa: <http://www.kt-tuenta.fi/Alitusporaus>. Hakupäivä 21.4.2018.
19. Rumpuluettelo. 2017. Suomussalmen hoidon ja ylläpidon tarjouspyyntöasiakirjat. Elinkeino- liikenne- ja ympäristövirasto.
20. Rumpuluettelo. 2017. Kajaanin hoidon ja ylläpidon tarjouspyyntöasiakirjat. Elinkeino- liikenne- ja ympäristövirasto.
21. Huuskonen, Oiva 2018. Kehittämispäällikkö, Destia Oy. Rumpujen avausmenetelmät. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Miikka Väliheikki 28.3.2018.
22. Miettinen, Jorma 2017. Kainuun porakaivo Oy:n entinen omistaja. Haastattelu 10.11.2017.

23. Erho, Jarmo 2018. Lehtori, Oulun ammattikorkeakoulu. Haastattelu 26.4.2018.

24. Kemppainen, Juhani 2017. Työmaapäällikkö, Destia Oy. Rummunaukaisulaite. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Miikka Väliheikki 17.11.2017.

