

Lauri Mäkelä

HULEVESIEN HALLINTA VAK-RATAPIHOILLA

Esimerkkikohteena Turun Heikkilän tavararatapiha

Rakennetun ympäristön tiedekunta
Diplomityö
professori Pauli Kolisoja
yliopisto-opettaja Minna Leppänen
Lokakuu 2023

TIIVISTELMÄ

Lauri Mäkelä: Hulevesien hallinta VAK-ratapihoilla
Tampereen yliopisto
Diplomityö
Lokakuu 2023
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Hulevesien määrä ja samalla niiden hallintatarve kasvaa tulevaisuudessa ilmastonmuutoksesta johtuvan sademäärän kasvun sekä tiivistyvän kaupunkirakenteen seurauksena. Hulevesien hallintaan alettiin kiinnittää huomiota vuonna 2014 vesihuoltolainsäädännön uusimisen seurauksena. Hulevesien hallinnasta on tehty useita diplomi- ja muita opinnäytetöitä ja laadittu ohjeita. Ratapihojen, ja erityisesti VAK-ratapihojen, hulevesien hallinnasta on kuitenkin hyvin vähän tietoa saatavilla. Ratapihojen hulevesien hallintaan on kiinnitetty muihin kaupunkiympäristön alueisiin verrattuna hyvin vähän huomiota. Ratapihoilla on tunnistettu kapasiteettiongelmia ja niiden raiteisto alkaa tulla elinkaarensa päähän, joten ratapihojen kehitys- ja kunnostushankkeille on tulevaisuudessa kasvavaa tarvetta. Niiden yhteydessä hulevesien hallintaan kiinnitetään varmasti myös ratapihoilla nykyistä suurempaa huomiota.

Tämän diplomityön tavoitteena oli perehtyä hulevesien hallinnan lainsäädäntöön ja yleisiin periaatteisiin. Niiden pohjalta pohdittiin ratapihojen ja niiden mahdollisten VAK-toimintojen erityispiirteitä hulevesien hallinnan näkökulmasta ja tutustuttiin muutaman ratapihan hulevesiratkaisuihin saatavilla olevien lähteiden perusteella. Työssä esitellään tapaustutkimuksena Turun Heikkilän VAK-ratapihan hulevesien hallintaratkaisuja. Tiedot Heikkilän ratapihan ratkaisusta perustuvat käynnissä olevan Kupittaa-Turku-ratahankkeen suunnitelmiin.

VAK-kuljetukset muodostavat raideliikenteen suurimman ympäristöriskin, joten tähän riskiin täytyy myös hulevesien hallinnassa kiinnittää huomiota. VAK-ratapihojen suojaus- tai hulevesirakenteista ei ole olemassa tarkkoja ohjeita, joten niiden suunnittelu ja rakentaminen vaatii hieman soveltamista. Ratapihat ovat pinta-alaltaan muihin kaupunkiympäristön alueisiin verrattuna varsin suuria ja niiltä kertyy paljon hulevesiä. Hulevesien hallinta ratapihoilla ei kuitenkaan poikkea juurikaan muiden alueiden hulevesien hallinnasta, ja periaatteessa kaikki muilla alueilla käytettävät hallintarakenteet ovat hyödynnettävissä myös ratapihoilla. Suomen 13 VAK-ratapihaa ovat hulevesien hallinnan näkökulmasta erikoistapauksia, mutta niiden hulevesien hallinta voidaan silti yleensä toteuttaa varsin tavanomaisilla hallintarakenteilla.

Avainsanat: hulevesi, hulevesien hallinta, ilmastonmuutos, ratapiha

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-ohjelmalla.

ABSTRACT

Lauri Mäkelä: Stormwater management at ADR railway yards
Tampere University
October 2023
Master of Science Thesis
Master's Degree Program in Civil Engineering

The amount of stormwater and, at the same time, the need for stormwater management will increase in the future because of the increase in precipitation due to climate change and the denser urban structure. More attention has been paid to stormwater management since 2014 due of the renewal of the Finnish water management legislation. Several Master and other theses and other guidelines have also been written on stormwater management. However, there is very little information available about stormwater management in railway yards, and especially ADR railway yards where hazardous goods are handled. Very little attention has been paid to stormwater management in railway yards compared to other areas of the urban environment. In many railway yards, capacity problems have been identified and their track system is coming to the end of its life cycle. Therefore, there will be a need for development and renovation projects in railway yards in the future, and in this connection, more attention will certainly be paid to stormwater management in railway yards as well.

The purpose of this thesis was to become familiar with the legislation and general principles of stormwater management. Based on this, the special features of railway yards and their possible ADR functions were considered from the point of view of stormwater management, and the stormwater solutions of some railway yards are studied based on the available sources.

The work has been carried out partly as a literature study and partly as a case study concentrating on Heikkilä ADR railway yard in Turku in Southern Finland. The stormwater management solutions designed for Heikkilä ADR railway yard are presented. The information about the Heikkilä railway yard solutions is based on the plans of the ongoing Kupittaa-Turku railway project.

Transport of dangerous goods creates the biggest environmental risk in rail transport, so attention must also be paid to this risk in stormwater management, too. At the moment, there are no instructions for the groundwater protection or stormwater structures especially for ADR railway yards, and therefore their planning and construction requires more consideration. Compared to other urban environment areas, railway yards are quite large in terms of surface area, and a lot of stormwater accumulates from them. However, stormwater management in railway yards does not differ much from stormwater management in other areas, and in principle all management structures used in other areas can also be applied in railway yards. From the point of view of stormwater management, all 13 ADR railway yards in Finland are special cases but their stormwater management can still usually be done with conventional management structures.

Keywords: stormwater, stormwater management, climate change, railway yard

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereella Sweco Finland Oy:lle. Swecolta haluan kiittää erityisesti työtä ohjannutta Marjut Kakkoa ja diplomityöaiheen järjestänyttä ja työn mahdollistanutta Niko Tunnista. Kiitän myös Tampereen yliopiston puolesta työtä ohjanneita Pauli Kolisojaa ja Minna Leppästä sujuvasta yhteistyöstä ja hyvistä kommentteista diplomityöprosessin aikana.

Kiitos myös perheelleni ja ystäväilleni korvaamattomasta tuesta opintojen aikana ja diplomityötä tehdessä.

Tampereella 3.10.2023

Lauri Mäkelä

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset.....	2
1.3	Tutkimuksen toteutus.....	3
2.	RATAPIHOJEN HULEVESIEN HALLINNAN SUUNNITTELU	4
2.1	Lainsäädäntö ja muut ohjeet.....	4
2.2	Ratapiha-alueiden kuivatuksen lähtökohdat.....	7
2.3	Vesimäärä, sadannan häviö ja mitoitusvirtaama	10
2.4	Hulevesien hallintavaihtoehdot	18
2.4.1	Johtaminen	19
2.4.2	Viivyttäminen	23
2.4.3	Imeyttäminen ja suodattaminen	27
2.5	Yhteenveto hulevesien hallintarakenteista	33
3.	VAK-TOIMINNOT JA TANKKAUSPAIKAT	39
3.1	Suomen rataverkon tankkauspaikat ja VAK-kuljetukset	39
3.2	Vaarallisten aineiden kuljetusten haitta-aineet ja niiden erityispiirteet	42
3.3	Haitta-aineiden aiheuttamat riskit ja onnettomuusmekanismit.....	45
3.4	VAK-toimintojen huomiointi hulevesien hallinnassa	48
4.	ESIMERKKEJÄ HULEVESIEN HALLINNASTA RATAPIHOILLA	51
4.1	Tampereen henkilöratapiha	51
4.2	Kokkolan Ykspihlajan ratapiha.....	54
4.3	Turun henkilöratapiha.....	60
5.	TUTKIMUSKOHTTEEN ESITTELY.....	66
5.1	Pohjaolosuhteet.....	66
5.2	Merkittävät luontoarvot ja suojeltavat kohteet	69
5.2.1	Selvitysalueen ja sen kasvillisuuden yleiskuvaus	69
5.2.2	Kasvilajisto.....	70
5.2.3	Vieraslajit	71
5.2.4	Luontotyytit	72
5.2.5	Muut luontodirektiivin liitteen IV lajit	72
5.2.6	Muut huomionarvoiset lajit	73
5.2.7	Natura- ja luonnonsuojelualueet, pohjavesialueet sekä muut luonnon arvoalueet.....	74
5.2.8	Yhteenveto ympäristöselvityksestä	75
5.3	Turun VAK-toiminnot ja -kuljetukset.....	76
5.4	Turun tavararatapihan kuivatuksen ja hulevesien hallinnan nykytila	78
6.	HULEVESIEN HALLINTA HEIKKILÄN TAVARARATAPIHALLA.....	81
6.1	Vaihtoehtojen vertailu	81
6.2	Heikkilän ratapihan kuivatusratkaisut.....	83
6.3	VAK-raiteiden suojausrakenne	84

7. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	88
LÄHTEET	92

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Suomen VAK-ratapihojen sijainti (Väylävirasto 2019)</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 2. Mitoitussateen rankkuus Suomessa. (Liikennevirasto 2013)</i>	<i>13</i>
<i>Kuva 3. Lumen sulamisen aiheuttama kevätylivaluma (Liikennevirasto 2013)</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 4. Rakennettu uoma. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017).....</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 5. Kankaan hulevesikanava Jyväskylässä. (Jyväskylän kaupunki).....</i>	<i>22</i>
<i>Kuva 6. Hulevesiallas Tampereen Vuoreksessa (Zacheus 2021)</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 7. Hulevesilammikon esimerkkirakenne (Inha 2010)</i>	<i>25</i>
<i>Kuva 8. Merenlahteen johdettavia valumavesiä puhdistava kosteikko Hangossa. (Zacheus 2021).....</i>	<i>26</i>
<i>Kuva 9. Maanpäällisen imeytyspainanteen toimintaperiaate. (Inha 2010)</i>	<i>28</i>
<i>Kuva 10. Periaatekuva pohjattomasta imeytyskaivosta, jonka pohjalla on suodatinhiekkakerros. (Inha 2010)</i>	<i>28</i>
<i>Kuva 11. Suodatusrakenteen toimintaperiaate (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 12. Periaatepiirros maanalaisesta öljynerotusaltaasta. (Inha 2010)</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 13. Imeytyskaivannon periaatekuva. (Inha 2010)</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 14. Imeytyspainanne hyvin vettä läpäisevässä maaperässä (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 15. Kalvorakenteella eristetty suodatuspainanne (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 16. Vaarallisten aineiden kuljetukset rautatieliikenteessä vuosina 1997– 2017 osuus rautateiden tavaraliikenteen kokonaismäärästä. (Strömmer, H. 2019)</i>	<i>ja 40</i>
<i>Kuva 17. Tavaraliikenteen kokonaismäärä rautateillä ja vaarallisten aineiden kuljetusten osuus. (Strömmer 2019).....</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 18. Vaarallisten aineiden kuljetusluokat rautatiekuljetuksissa vuosina 2018– 2017. (Strömmer 2019)</i>	<i>44</i>
<i>Kuva 19. Vaarallisten aineiden vuodot junaliikenteessä VR:n tilastoissa. (Vainiomäki 2018)</i>	<i>45</i>
<i>Kuva 20. Vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät poikkeamat vaihtotyössä vuosina 2008–2017. (Vainiomäki 2018)</i>	<i>47</i>
<i>Kuva 21. Tampereen henkilöratapiha opaskartalla. (Tampereen kaupunki 2023)</i>	<i>53</i>
<i>Kuva 22. Ykspihlajan väliratapiha. (Kokkolan karttapalvelu)</i>	<i>55</i>
<i>Kuva 23. Suunnitelmien mukainen pohjavedensuojausrakenteen laajuus. (VR rata 2009)</i>	<i>56</i>
<i>Kuva 24. Radan pohjavedensuojausrakenteen periaatepoikkileikkaus. (VR rata 2009)</i>	<i>57</i>
<i>Kuva 25. Varastokentän pohjavedensuojauksen periaatepoikkileikkaus. (VR rata 2009)</i>	<i>57</i>
<i>Kuva 26. Ratapihan raiteiden tyyppipoikkileikkaus. (VR rata 2009).....</i>	<i>58</i>
<i>Kuva 27. Puunkuormausraiteen ja varastoalueen tyyppipoikkileikkaus. (VR rata 2009)</i>	<i>58</i>
<i>Kuva 28. Kuivatuksen suunnitelmakartta, ratapihan eteläosa. (VR rata 2009)</i>	<i>59</i>
<i>Kuva 29. Kuivatuksen suunnitelmakartta, ratapihan pohjoisosa. (VR rata 2009).....</i>	<i>59</i>
<i>Kuva 30. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta itäpää. (Sweco 2023)</i>	<i>60</i>
<i>Kuva 31. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta laiturialueen itäosa. (Sweco 2023)</i>	<i>60</i>
<i>Kuva 32. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta laiturialueen länsiosa. (Sweco 2023)</i>	<i>61</i>
<i>Kuva 33. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta länsipää. (Sweco 2023).....</i>	<i>61</i>

Kuva 34. Laitureiden kuivatuksen poikkileikkaus. (Sweco 2023)	62
Kuva 35. Laitureiden kuivatuksen poikkileikkaus. (Sweco 2023)	62
Kuva 36. Ilmakuva Turun henkilöratapihasta. (Turun karttapalvelu)	63
Kuva 37. Itäpään viivytysrakenteen poikkileikkaus. (Sweco 2023)	64
Kuva 38. Itäpään viivytysrakenteen pituusleikkaus. (Sweco 2023)	64
Kuva 39. Autolastausalueen viivytysrakenteen poikkileikkaus. (Sweco 2023)	65
Kuva 40. Autolastausalueen viivytysrakenteen pituusleikkaus. (Sweco 2023)	65
Kuva 41. Heikkilän tavararatapihan maaperäkartta. (GTK 2023)	67
Kuva 42. Hulevesien hallinnan suunnittelua varten tehtyjen stabiliteettilaskelmien tuloksia pehmeiköllä (Sweco 2023)	67
Kuva 43. Geotekninen pituusleikkaus ratapiha-alueella sijaitsevan avokallion länsipuolelta (Sweco 2023)	68
Kuva 44. Ympäristöselvitysalueen ortokuva. (Turun karttapalvelu)	69
Kuva 45. Huomionarvoisten lajien havainnot kesän 2022 luontokartoituksessa. (Sweco 2022)	70
Kuva 46. Keltamaite. (Sweco 2022)	71
Kuva 47. Ruissalon Natura-alueen ja Muhkurin luonnonsuojelualueiden sijainnit suhteessa luontoselvitysalueeseen. (Sweco 2022)	75
Kuva 48. Heikkilän tavararatapihan alittava kivirumpu. (Sweco 2023)	78
Kuva 49. Ratapihalta löytyneen putken pää. (Sweco 2023)	79
Kuva 50. Vettä ratapihan turvalaitekaapelikaivossa. (Sweco 2023)	80
Kuva 51. Viivytysaltaan padon ja purkuputken periaatekuva (Sweco 2023)	83
Kuva 52. Heikkilän ratapihan kuivatuskartta. (Sweco 2023)	83
Kuva 53. Heikkilän ratapihan länsiosan kuivatuskartta. (Sweco 2023)	84
Kuva 54. VAK-raiteiden pohjavedensuojausrakenteen periaatekuva leveässä raidevälissä. (Sweco 2023)	86
Kuva 55. VAK-raiteiden pohjavedensuojausrakenteen periaatekuva kapeassa raidevälissä. (Sweco 2023)	87

TAULUKKOLUETTELO

<i>Taulukko 1. Turun kaupungin hulevesiohjelman prioriteettijärjestys. (Ahola et al. 2016)</i>	<i>6</i>
<i>Taulukko 2. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta valuma-alueen koon perusteella. (Liikennevirasto 2013).....</i>	<i>11</i>
<i>Taulukko 3. Valumakerroin eri pintatyypeille. (Liikennevirasto 2013)</i>	<i>12</i>
<i>Taulukko 4. Sateen intensiteetti (l/s*ha) keskimäärin noin 1 km² (100 ha) aluesadannalle ottaen huomioon ilmastomuutoksen ennakoitu vaikutus. (Kuntaliitto 2012).....</i>	<i>13</i>
<i>Taulukko 5. Mitoitussateen keston määrittäminen. (Liikennevirasto 2013).....</i>	<i>14</i>
<i>Taulukko 6. Mitoitusvirtaaman. (HQ) toistuvuuden valinta rankkasademitoituksessa. (Liikennevirasto 2013)</i>	<i>15</i>
<i>Taulukko 7. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta, kun on todettu riski veden nousemiseen rakennukseen saakka. (Liikennevirasto 2013).....</i>	<i>15</i>
<i>Taulukko 8. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta. (Liikennevirasto 2013).....</i>	<i>17</i>
<i>Taulukko 9. Järvisyyskerroin. (Liikennevirasto 2013).....</i>	<i>17</i>
<i>Taulukko 10. Metsäojituskerroin. (Liikennevirasto 2013).....</i>	<i>18</i>
<i>Taulukko 11. Peltoisuuskerroin. (Liikennevirasto 2013)</i>	<i>18</i>
<i>Taulukko 12. Hulevesien hallintarakenteet. (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas).....</i>	<i>19</i>
<i>Taulukko 13. Kasvillisuuspainanteet. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)</i>	<i>33</i>
<i>Taulukko 14. Imeytysmenetelmät. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)</i>	<i>34</i>
<i>Taulukko 15. Viivytyksen menetelmät. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005).....</i>	<i>36</i>
<i>Taulukko 16. Kosteikot. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)</i>	<i>37</i>
<i>Taulukko 17. Vaarallisten aineiden kuljetusluokkien määrät ja osuus kokonaismäärästä vuonna 2017 rautatiekuljetuksissa. (Strömmer 2019)</i>	<i>43</i>
<i>Taulukko 18. 2014–2018 yleisimmin esiintyneet aineet rautateillä vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuneissa onnettomuuksissa (Vainiomäki 2018).....</i>	<i>44</i>
<i>Taulukko 19. Luonnon ympäristön yleistiedot. (Liikennevirasto 2010).....</i>	<i>49</i>
<i>Taulukko 20. Luonnon ympäristön suojaaminen. (Liikennevirasto 2010)</i>	<i>50</i>
<i>Taulukko 21. Tampereen kaupungin hulevesien käsittelyn ja johtamisen prioriteettijärjestys sekä mahdollisia toteutustapoja. (Tampereen kaupunki 2012)</i>	<i>51</i>
<i>Taulukko 22. Vaarallisten aineiden kuljetukset eri rataosuuksilla. (Liikennevirasto 2010)</i>	<i>77</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

VAK	Vaarallisten aineiden kuljetus
Q	Virtaama (l/s)
ψ	Valumakerroin (-)
F	Valuma-alueen pinta-ala (ha)
i	Mitoitussateen rankkuus (l/s*ha)
kJ	Järvisyyskerroin (-)
kM	Metsäojituskerroin (-)
kP	Peltoisuuskerroin (-)
Hq	Kevätylivaluma (l/s*km ²)

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Ilmastonmuutos on tunnistettu yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja vaarantavaksi tekijäksi Suomen kansallisessa riskinarviossa ja se aiheuttaa sään ääri-ilmiöiden voimistumista. Esimerkiksi rankkasateet ja niiden aiheuttamat tulvat kaupunkiympäristössä ovat yleistyneet. Samaan aikaan suomalaiset pakkautuvat asumaan kaupunkeihin, joissa suuret katto- ja päällystepinta-alat aiheuttavat suuria pintavalumia. Tämä tarkoittaa sitä, että sadanta muuttuu lähes kokonaan valunnaksi ja vedet päätyvät suurimmaksi osaksi hulevesiverkostoihin. Tiivistyvissä kaupunkiympäristöissä hulevettä syntyy rankkasateiden ja lumen sulamisen aikana niin valtavia määriä, että vuosikymmeniä sitten mitoitettujen hulevesiviemäreiden kapasiteetti on riittämätön. Koska hulevesien syntymistä ei voida kaupunkiympäristöissä kokonaan estää, on niiden hallintaan panostettava ja hulevesijärjestelmien kapasiteetin riittävyyden takaamiseksi syntyviä hulevesiä on viivytettävä.

Kaupunkiympäristössä hulevesien hallinnan tavoitteet poikkeavat väljästi rakennetun ympäristön tavoitteista. Hallintaratkaisuja suunniteltaessa kiinnitetään huomiota myös viihtyvyyden parantamiseen. Esimerkiksi viivytysalaiden ja niiden ympäristön kasvillisuus tuovat kaupunkiympäristöön raikasta ilmettä. Kasvien käyttö on viihtyvyyden lisäämisen lisäksi tehokas keino hallita hulevesiä. Ne sitovat itseensä hulevedessä olevia haitallisia aineita ja toimivat virtausvastuksena. Ne tehostavat myös veden haihduntaa ja imeytymistä maan pintakerrokseen.

Rata-alueiden kuivatusta suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota ratkaisujen mitoitusikään, joka on huomattavasti esimerkiksi katu ympäristöä pidempi. Pitkän elinkaaren vuoksi kuivatusrakenteiden huollontarpeen tulee olla vähäinen ja niiden huoltamisen tulee olla mahdollista ilman häiriöitä rataliikenteelle. Viivytysratkaisuiden suunnittelun reunaehtona on myös radan

suuret kuormat, jotka ratkaisujen tulee kestää, mikäli ne sijoittuvat ratarakenteen alle.

Rautatieympäristöä saneerattaessa ja kehitettäessä kuivatuksen ja hulevesien hallinnan suunnittelu tulee usein ajankohtaiseksi. Suorien rataosuuksien kuivatus on tyypillisesti hoidettu avo-øjilla, jotka ovat sellaisenaan toimiva ja kustannustehokas ratkaisu. Suurten kaupunkien, kuten Helsingin, Tampereen ja Turun laajentuessa tiiviin kaupunkirakenteen sisään jäävien rataosuuksien määrä kasvaa eikä avo-øjille välttämättä voida tai haluta varata niiden vaatimaa tilaa. Ratapihoilla, jotka voivat sijaita aivan kaupunkien keskustoissa, avo-øjilla riittävän kuivatuksen saavuttaminen ei ole tilan puutteen vuoksi mahdollista. Ratapihoilla kuivatus voi nykytilassa olla hyvinkin puutteellinen, koska rautateiden elinkaari on pitkä eikä kuivatuksen välttämättä ole rakennusvaiheessa kiinnitetty nykyisiä vaatimuksia vastaavaa huomiota. Lisäksi ratapihoilla nopeudet ovat matalia, jolloin pienet kuivatuksen puutteesta johtuvat epätasaisuudet eivät aiheuta liikenteelle kohtuutonta haittaa.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämän diplomityön tavoitteena on vertailla hulevesien kuivatus- ja viivytysratkaisuja tavararatapihoilla. Tutkimus keskittyy erityisesti Turun Heikkilän tavararatapihalle. Erityispiirteenä tällä kyseisellä kohteella ovat VAK-raiteet, joilla on pysähtyneenä vaarallisten aineiden kuljetusvaunuja. Suunnittelussa tämä tulee huomioida siten, että onnettomuustilanteessa ympäristöön valuvien vaarallisten aineiden tai niiden likaamien sammutusvesien pääsy luontoon on estettävä. Kohteen erityispiirteisiin kuuluu myös maaston tasaisuus, joka vaikeuttaa vesien johtamista pois ratapiha-alueelta. Pohjaolosuhteet ovat erittäin vaihtelevat, sillä keskellä suunnittelualuetta on kallio, jonka leikkausta tulee louhia leveämmäksi rakennettavien lisäraiteiden vuoksi. Muu alue taas on yli 20 m paksuista savikkoa, jonka painumat aiheuttavat haasteita. Heikkilässä on lisäksi havaittu vieraslajeja, uhanalaisia ja silmällä pidettäviä lajeja sekä merkittäviä luontoarvoja, jotka tulee huomioida myös hulevesien hallinnan suunnittelussa.

Työssä keskitytään erityisesti Heikkilän VAK-toimintojen aiheuttamiin erityisominaisuuksiin, koska niiden aiheuttamat haasteet poikkeavat

henkilöratapihoista. Diplomityöstä ei tule yleistä ohjetta siitä, miten ratapihojen kuivatus tulisi toteuttaa, sillä ratapihat ovat kohteina hyvin erilaisia eikä niiden kuivatusta voida toteuttaa yhdellä tietyllä kaavalla. Työssä selvitetään kuitenkin mahdollisia viivytys- ja kuivatusratkaisuja, joten siltä osin työtä voidaan hyödyntää myös muilla kohteilla. Lisäksi perehdytään myös muiden vastaavanlaisten kaupunkiympäristöjen ratapihojen kuivatusratkaisuihin.

Tutkimuskysymykset, joihin tämä työ pyrkii vastaamaan ovat:

- Mitkä ovat tavararatapihojen hulevesien hallinnassa huomioitavat reunaehdot ja vaatimukset?
- Miten vaarallisten aineiden kuljetukset vaikuttavat hulevesien hallintaratkaisuihin ja millaisia riskejä vaarallisten aineiden kuljetukset luovat?
- Millaisia hulevesien hallintaratkaisuja muilla tavararatapihoilla on käytetty?

1.3 Tutkimuksen toteutus

Työ toteutetaan kirjallisuus- ja kohdetutkimuksena. Pääpaino työssä on Turun Heikkilän tavararatapihan hulevesien hallinnan ja kuivatuksen suunnittelun ja toteutuksen tarkastelussa. Aluksi perehdytään hulevesien hallintaa ohjaavaan lainsäädäntöön ja muihin suunnitteluun vaikuttaviin reunaehtoihin. Tarkastelun tueksi tutustutaan myös muiden tavararatapihojen hulevesien hallintaratkaisuihin. Tutkimuksessa perehdytään myös Heikkilän VAK-toimintoihin ja niiden onnettomuusmekanismeihin ja riskien hallintakeinoihin, koska ne tulee ottaa suunnittelussa huomioon. Suunnitteluun vaikuttaviin lähtökohtiin tutustumisen jälkeen lasketaan alueelle kertyvät hulevesimäärät ja vertaillaan käytettävissä olevia hulevesien hallintaratkaisuja ja vertaillaan niiden käyttökelpoisuutta.

Tutkimuksen työvaiheet:

- Tutustutaan hulevesien hallintaa ohjaavaan lainsäädäntöön ja selvitetään suunnittelun reunaehdot
- Perehdytään hulevesien hallintarakenteisiin ja niiden ominaisuuksiin
- Perehdytään VAK-toiminnoista mahdollisesti ympäristöön pääseviin haitta-aineisiin, niiden päästömekanismeihin ja riskeihin
- Perehdytään muiden kaupunkien tavararatapihojen viivytysratkaisuihin
- Vertaillaan eri vaihtoehtoja
- Koostetaan yhteenveto

2. RATAPIHOJEN HULEVESIEN HALLINNAN SUUNNITTELU

Rataympäristössä hulevesien hallinnan suunnittelun tärkein lähtökohta on radan kuivatus. Kuivatuksen päätarkoitus on johtaa vesi pois radan rakenteista ja pinnoilta. Ratapenkereen läpi ei saa tapahtua jatkuvaa suotovirtausta eli ratapenger ei saa missään olosuhteissa toimia maapatona. (Liikenneviraston ohjeita 2018) Kuivatus voidaan jakaa pinta- ja syväkuivatukseen. Pintakuivatuksella pyritään johtamaan sade- tai sulamisvedet pois väylän pinnalta ja täten pyritään estämään veden kertyminen väylän pinnalle. Syväkuivatuksella puolestaan estetään veden jääminen rakenteisiin ja siten pyritään säilyttämään väylän kantavuus ja vähentämään routimista. (Liikennevirasto 2013) Kuivatusratkaisut määritellään alustavasti jo yleissuunnitteluvaiheessa ja ne tarkentuvat suunnittelun edetessä.

2.1 Lainsäädäntö ja muut ohjeet

Hulevesien hallintaa ohjaava lainsäädäntö muuttui vuonna 2014. Muutoksen myötä hulevesiä ei enää saa johtaa jätevesiverkoston lukuun ottamatta tiettyjä erityistapauksia. Ennen lainsäädännön muutosta erillisen hulevesiviemäriin rakentamista ei vaadittu, vaan jätevesiviemäriin on saatettu johtaa hulevesiä. Lainsäädännön muutoksen myötä hulevedet tulee siis johtaa erilliseen hulevesiviemäriverkoston tai avo-ojaan ja tavoitteena on päästä eroon myös olemassa olevista sekaviemäreistä. Hulevesien johtamista jätevesiviemäriin halutaan välttää, koska ne laimentavat ja viilentävät jätevesiä ja siten heikentävät jäteveden puhdistuksen tehoa. Pahimmillaan jätevesiviemäriin voi tulvan tai rankkasateen seurauksena tulla niin paljon hulevettä, että jäteveden käsittelykapasiteetti ylittyy ja käsittelemättömiä vesiä joutuu vesistöön. (Suomen kuntaliitto ry 2017)

Ratapihan kuivatuksen suunnittelua ohjaavat laki tulvariskien hallinnasta, vesilaki ja ympäristönsuojelulaki, ratalaki sekä maankäyttö- ja rakennuslaki. **Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010)** Suomessa tuli voimaan 2010 Laki perustuu Euroopan Unionin määräämään direktiiviin tulvien arvioinnista ja hallinnasta. (Liikennevirasto 2013) Tulvariskien hallintaa koskevan lain tavoitteena on

vähentää tulvariskejä, ehkäistä ja lievittää tulvista aiheutuvia vahingollisia seurauksia ja edistää varautumista tulviin. Lain tavoitteena on myös sovittaa yhteen tulvariskien hallinta ja vesistöalueen muu hoito huomioimalla vesivarojen kestävä käyttö ja suojelun tarve. Lain tavoitteiden mukaista olisi, että veden virtaushuippuja ei kasvateta lisäämällä vettä huonosti läpäisevien pintojen määrää, ellei samalla rakenneta imeytykseen tai viivytykseen tarkoitettuja rakenteita. Suurimmat virtaushuiput pyritään saamaan hallintaan niin, etteivät ne aiheuta tulvia tai eroosiota eivätkä lisää tarvetta kasvattaa alapuolisten kuivatusjärjestelmien kapasiteettia. Lailla pyritään edistämään pohjaveden muodostumista ja vähentämään huonosti vettä läpäisevien pintojen vaikutusta pohjaveden muodostumiseen. Tavoitteena on myös, että pohjavettä tai pintavesistöjä ei pilata johtamalla niihin likaantuneita vesiä, vaan veden muuttumattomuudesta huolehditaan rakentamalla suojausrakenteita. (Liikennevirasto 2013)

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnitteluun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. Hulevesien hallinnan osalta lain yleisinä tavoitteina on kehittää hulevesien suunnitelmallista hallintaa erityisesti asemakaava-alueella, imeyttää ja viivyyttää hulevesiä niiden syntymispaikalla, ehkäistä hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvia haittoja ja vahinkoja ottaen huomioon myös ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä, sekä edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999)

Ratalaissa säädetään rataverkosta, radanpidosta, rautatien lakkauttamisesta sekä rataverkon haltijalle kuuluvista oikeuksista ja velvollisuuksista samoin kuin kiinteistöjen omistajien ja muiden asianosaistenoikeusasemasta radanpitoon liittyvissä asioissa. Mikäli rautatiealueen kuivattamiseksi on perustettava oikeus laskuojan pitämiseen toisen maalla tai oikeus johtaa kuivatusvettä toisen ojaan tai puroon, on tästä mainittava ratasuunnitelmassa, jossa on osoitettava

laskuojaksi tarvittava alue. Laskuojaan sovelletaan muutoin, mitä **vesilaissa** säädetään ojituksesta. (Ratalaki 2007)

Lainsäädännön ja muun ohjeistuksen lisäksi kaupungit ja kunnat voivat laatia maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen **hulevesiohjelman**, joka ohjaa hulevesien hallintaa lainsäädännön ja muiden ohjeiden puitteissa. Esimerkiksi Turun kaupungin laatima hulevesiohjelma määrittää hulevesien käsittelyn prioriteettijärjestyksen, joka on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Turun kaupungin hulevesiohjelman prioriteettijärjestys. (Ahola et al. 2016)

Prioriteetti	Toimintatapa
1.	Hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikalla. Tämä tarkoittaa, että mikäli maaperän laatu ja muut olosuhteet sallivat, hulevedet imeytetään syntypaikalla. Mikäli tämä ei ole mahdollista, hulevesien virtaamaa pyritään hidastamaan tai viivyttämään viheralueella ennen pois johtamista.
2.	Hulevedet johdetaan pois syntypaikalta hidastavalla ja viivyttämällä järjestelmällä. Jos hulevesiä ei voida imeyttää tai viivyttää syntypaikallaan, on vedet johdettava viheralueilta eteenpäin. Tämä tehdään hidastaen ja viivyttäen vesien kulkua ojien, tasausaltaiden ja lampien avulla, joissa vesi pääsee imeytymään maahan, pidättymään kasvillisuuteen ja haihtumaan ilmaan.
3.	Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemärissä viheralueilla sijaitseville hidastus- ja viivytyalueille ennen ojiin tai vesistöön johtamista. Jos hulevesiä ei voida imeyttää eikä johtaa viheralueilla eteenpäin hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä, vedet johdetaan putkella eteenpäin. Hulevedet kuitenkin käsitellään jollakin vesiä hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä ennen kuin ne johdetaan lopullisesti vesistöön
4.	Hulevedet johdetaan hulevesiviemärissä suoraan vastaanottavaan vesistöön. Jos hulevesiä ei voida imeyttää eikä johtaa viheralueilla eteenpäin hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä, vedet johdetaan putkella suoraan vesistöön
5.	Jos hulevesiä ei voi imeyttää eikä viivyttää tai johtaa suoraan vesistöön ja alueella ei ole erillisviiemäröintiä, voidaan hulevedet johtaa myös jätevesiviemärin kautta jätevedenpuhdistamolle, mikäli vesihuoltolaissa määritetyt ehdot täyttyvät.

2.2 Ratapiha-alueiden kuivatuksen lähtökohdat

Ratapihojen hulevesien hallinnan suunnittelun yhteydessä selvitetään kohteen valuma-alueet, pintavesiolosuhteet, herkät kohteet ja riskitoiminnot sekä suunnitellaan ratkaisut haitallisten pintavesivaikutusten ehkäisemiseksi.

Radan kuivatusvedet voivat aiheuttaa haittaa rautatiealueen ympäristössä esimerkiksi tulvimalla läheisille kiinteistöille tai pelloille (Väylävirasto 2021) Tavara- ja henkilöratapihojen hulevesien hallinnassa on paljon yhtäläisyyksiä, sillä molemmilla on suuri pinta-ala, jolta sade- ja sulamisvesiä kertyy, ja ne yleensä sijaitsevat lähellä asutusta.

Radan kuivatusta ratapihoilla usein vaikeuttaa niiden raiteiden pieni pituuskaltevuus. Ratapihat ovat pitkiä ja pienen pituuskaltevuuden vuoksi esimerkiksi pitkät salaojalinjat aiheuttavat syviä kaivantoja. Koska kiskojen pituuskaltevuus on hyvin lähellä nollaa, salaojien kaato ei voi seurata radan kaltevuutta. Tällöin putkien radan pituusgeometriaa suurempi pituuskaltevuus ohjaa ne erkanemaan radan tasausviivasta eli suuntautumaan syvemmälle putkilinjan pituuden kasvaessa. Ohjeiden mukainen salaojien minimikaltevuus 300 mm putkella on 0,4 % (Liikennevirasto 2013), jolloin sadalla metrillä korkeuseroa putken päillä on 40 cm. Salaojalinjat ovat kuitenkin usein vielä pidempiä, jolloin putken päiden välinen korkeusero on pienelläkin pituuskaltevuudella suuri. Jotta radan rakenne saataisiin kuivitettua kokonaan, pitäisi salaojan olla lakipisteessäänkin rakennekerrosten alapinnassa. Tämä tarkoittaa sitä, että pitkiä salaojalinjoja rakennettaessa joudutaan kaivamaan reilusti väylärakenteen pohjaa syvemmälle, jolloin kaivettavien massojen määrä ja kustannukset kasvavat.

Henkilö- ja tavararatapihojen kuivatukselle on yhteistä myös se, että yleensä ratapiha-alueiden kuivatusta ei ole mahdollista toteuttaa avo-ojilla, vaikka se olisikin kustannustehokas ratkaisu. Henkilöratapihoilla on tyypillisesti tavararatapihoja enemmän rakennettua ympäristöä. Esimerkiksi laitureiden, ja asemarakennuksen ympäristön pinnat ovat tyypillisesti asfalttia, jonka valumakerroin on suuri. Erilaisten pintojen vuoksi henkilöratapihoilla valuma-alue voi jakautua useisiin pieniin tarkasteltaviin alueisiin. Tavararatapihoilla puolestaan tällaisia huomioitavia ympäröiviä rakenteita ja pintoja on vähemmän.

Tavara- ja henkilöratapihojen hulevesihallinnan lähtökohdat myös poikkeavat hieman toisistaan. Henkilöratapihat sijaitsevat usein hyvinkin tiiviisti rakennetussa ympäristössä, jolloin ilman hulevesien hallintaa tulvariski läheisille kiinteistöille on suuri. Hulevesien hallintaratkaisuille on usein varsin niukasti tilaa ympäröivän asutuksen sekä maan alla risteilevien useiden eri järjestelmien kaapeleiden ja putkien vuoksi. Henkilöratapihoilla on myös usein olosuhteiden pakosta liityttävä kaupungin tai kunnan hulevesijärjestelmään, koska muuta purkumahdollisuutta ei ole. Tämä lisää hulevesien viivytystarvetta, koska samoihin hulevesiviemäriin puretaan myös alueen kiinteistöiltä kerättävät hulevedet. Tavararatapihoilla puolestaan voi olla mahdollista purkaa hulevedet läheiseen vesistöön, useimmiten ojaan, jonka kautta vedet kulkeutuvat eteenpäin, tai jopa imeyttää hulevedet paikan päällä. Vesistöön purettaessa ei välttämättä ole niin suurta tarvetta viivyttää, kunhan varmistutaan siitä, ettei hulevesiä vesistöön purkamalla aiheuteta tulvariskiä alempana vesistössä.

Suomessa on 13 VAK-ratapihaa, joiden kautta kulkee merkittävä määrä vaarallisten aineiden kuljetuksia. Tällaisilla ratapihoilla tulee estää haitallisten aineiden pääsy mahdollisessa onnettomuustilanteessa purkuvesistöön. Suomen VAK-ratapihoja ovat. (Väylävirasto 2021):

- Hamina
- Joensuu (Joensuu Sulkulahti ja Joensuu Peltola)
- Kokkola
- Kotka (Kotka tavara ja Kotolahti)
- Kouvola (Kouvola tavara ja Kouvola lajittelu)
- Niirala
- Oulu (Oulu tavara ja Oulu Nokela)
- Riihimäki (Riihimäki tavara ja Riihimäki lajittelu)
- Sköldvik
- Tampere (Tampere Viinikka ja Tampere tavara)
- Turku
- Vainikkala
- Ykspihlaja (Ykspihlaja tavara ja Ykspihlaja väliratapiha)

Mahdollisten VAK-toimintojen lisäksi tavararatapihoille sijoitetaan myös vetureiden tankkauspiste, joka on myös huomioitava. Liikennealueiden hulevesien tyypillisimpiä haitta-aineita ovat kiintoaines, metallit, kloridit, öljyt, rasvat ja muut orgaaniset yhdisteet kuten PAH-yhdisteet. Liikennealueiden

hulevesissä esiintyy myös VOC-yhdisteitä ja halogenoituja hiilivetyjä. (Liikennevirasto 2013) VAK-ratapihat on esitetty kartalla kuvassa 1.



Kuva 1. Suomen VAK-ratapihojen sijainti (Väylävirasto 2019)

2.3 Vesimäärä, sadannan häviö ja mitoitusvirtaama

Kuivatusrakenteet mitoitetaan joko laskennallisesti tai kokemusperäisesti. Kokemusperäinen mitoittaminen tarkoittaa sitä, että arvioidaan kuivatusrakenteiden nykytilan riittävyys sekä miten virtaamat tulevaisuudessa kehittyvät ja miten kehitys vaikuttaa kuivatusrakenteiden kapasiteetin riittävyyteen. Nykytilaa arvioitaessa voidaan hyödyntää liikennekeskusten raportteja, joissa kerrotaan mahdolliset ongelmatilanteet. Mahdolliset tulvahavainnot huomioidaan uusien rakenteiden suunnittelussa. (Liikennevirasto 2013)

Kokemusperäistä mitoitusta voidaan käyttää hyvin pienillä valuma-alueilla, eli kun valuma-alue on pienempi, kuin 0,5 hehtaaria. Sivu- ja laskuojien ja rumpujen mitoituksessa voidaan käyttää kokemusperäistä mitoitusta, jos valuma-alue on pienempi kuin 5 hehtaaria. Rumpukoko määritetään yleensä suoraan teiden ja ratojen kuivatusohjeen (Liikennevirasto 2013) taulukosta 5 tai 6. Valuma-alueen ollessa hyvin pieni, eli alle hehtaarin, uoman mitoitus perustuu mahdolliseen ympäristön kuivatustarpeeseen ja helppoon kunnossapidettävyyteen. Uoman mitoituksessa tulee huomioida myös ulkonäkö ja sen vaikutus liikenneturvallisuuteen. Myös kourujen tai niskaojien tai 2-ajokaistaisten teiden keskialue- tai välialueojien mitoituksessa voidaan käyttää kokemusperusteista mitoitusta. (Liikennevirasto 2013)

Uudet neitseelliseen maastoon rakennettavat rakenteet mitoitetaan lähtökohtaisesti laskennallisesti. Avo-ojien, rummun, silta-aukon, putken tai pumppaamon mitoitusvirtaamana käytetään ylivirtaamaa, jonka esiintymistodennäköisyys valitaan mitoitettavan rakenteen yläpuolisen väylän tai rakenteen luokituksen perusteella. Mitoitukseen valitaan sitä harvemmin toistuva ylivirtaama, mitä merkittävämpi kohde on kyseessä tai mitä suuremmat tulvavahingot voisivat olla. (Liikennevirasto 2013) Laskennallinen mitoittaminen aloitetaan määrittämällä valuma-alueen pinta-ala. Tämän jälkeen lasketaan mitoitusvirtaama, mikä voidaan tehdä kahdella eri tavalla: voidaan laskea kesäkauden rankkasateiden aiheuttama mitoitusvirtaama tai vaihtoehtoisesti lumen kevät sulamisen aiheuttama mitoitusvirtaama. Laskentatapa määräytyy alueen maankäytön ja pinta-alan perusteella taulukon 2 mukaisesti. Rajatapauksissa laskelmat tehdään kummallakin menetelmällä ja

kuivatusrakenteet mitoitetaan aina suuremman mitoitusvirtaaman mukaan. (Liikennevirasto 2013)

Taulukko 2. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta valuma-alueen koon perusteella. (Liikennevirasto 2013)

Valuma-alueen ala (ha)	Mitoitusvirtaaman laskentatavan määräytyminen
< 10	Rankkasade
10...100	Rankkasade tai lumen sulaminen, Rakennetuilla ja viemäröidyillä alueilla usein rankkasade
> 100	Lumen sulaminen, Rakennetuilla ja viemäröidyillä alueilla kutienkin usein rankkasade

Valuma-alueen määrittelyyn on olemassa useampia menetelmiä. Hyvin suurten eli yli 100 km² (10 000 ha), valuma-alueiden tiedot saa yleensä alueelliselta ympäristöviranomaiselta eli ELY-keskukselta. Suurten eli 1–100 km² valuma-alueiden pinta-ala määritetään esimerkiksi peruskartan 1:25 000 avulla, ellei tietoja saada ympäristöviranomaiselta. Pienten eli 1–100 ha valuma-alueiden pinta-ala määritetään peruskarttaa suurempimittakaavaisen kartan avulla tai laserskannatusta maastomallista, jos sellainen on käytettävissä. Hyvin pienten eli alle hehtaarin kokoisten valuma-alueiden pinta-ala puolestaan voidaan todeta silmämääräisesti maastossa tai suunnitelmakartan avulla. Rankkasateiden aiheuttama mitoitusvirtaama voidaan laskea kaavan 1 mukaan. (Liikennevirasto 2013)

$$Q = \psi \cdot F \cdot i , \quad (1)$$

jossa:

- Q = virtaama (l/s)
- ψ = valumakerroin (-)
- F = valuma-alueen pinta-ala (ha)
- i = mitoitusateen rankkuus (l/s*ha)

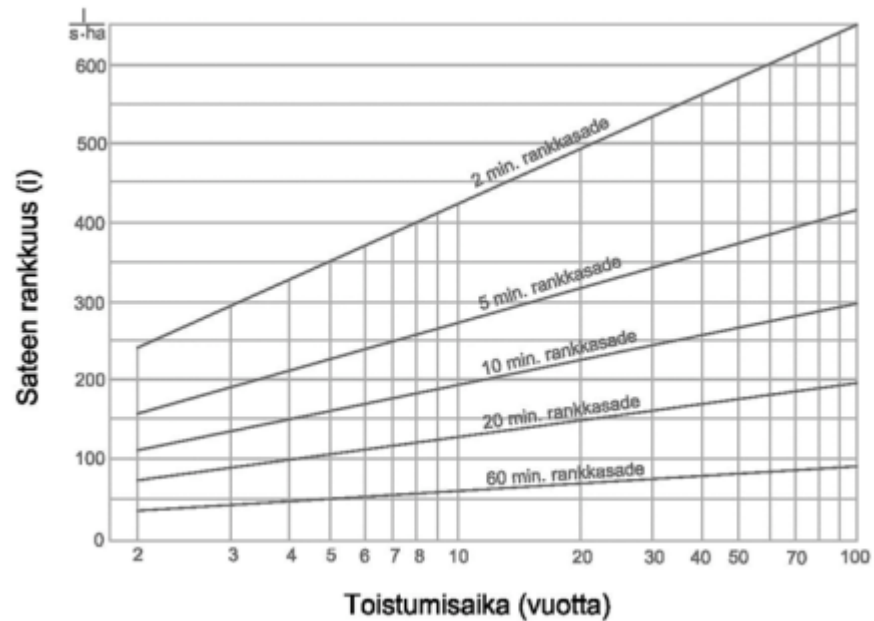
Valumakerroin kuvaa kuinka suuri osa sadannasta päätyy pintavalunnaksi ja saa arvoja välillä 0...1. Tämä vesimäärä on otettava huomioon avouomia, pumppaamoja ja putkia mitoitettaessa. Valumakerroin riippuu pinnan vedenläpäisevyydestä ja pinnan sileydestä, mutta siihen vaikuttavat myös alueen maaperän kosteusvajaus sateen alkaessa sekä sateen kesto aika ja rankkuus.

Kuivatusjärjestelmiä suunniteltaessa varaudutaan epäedullisiin tilanteisiin, jolloin maaperä on jo sateen alkaessa märkä tai keväällä vielä jäässä eikä siten pysty imemään vettä. Laskentakaava ei huomioi maaston kaltevuuden tai pinnan muodon vaikutusta valumakertoimen suuruuteen, joten ne tulisi huomioida valumakertoimen suuruutta määritettäessä. Valumakerrointa käytetään vain sateen aiheuttamaa valumaa laskettaessa. Taulukossa 3 on esitetty eri pinnoille tyypillisiä valumakertoimen vaihteluvälejä. (Liikennevirasto 2013)

Taulukko 3. Valumakerroin eri pintatyypeille. (Liikennevirasto 2013)

Pinnan tyyppi	Valumakerroin (ψ)
Katto	0,80...1,00
Asfalttipäällyste	0,70...0,90
Tien nurmetetty luiska	0,40...0,60
Avoin kalliomaasto	0,30...0,50
Soratie, soraluiska	0,20...0,50
Nurmipintainen piha, puisto	0,10...0,40
Niitty, pelto, puutarha	0,10...0,30
Suo	0,05...0,15
Kumpuileva sekametsä	0,05...0,20
Tasainen metsämaasto	0,10...0,10
Tasainen sorakenttä	0,00...0,05

Valumakerroin määritetään taulukon perusteella huomioiden veden pintavaluntaan vaikuttavat maastonmuodot ja muut ominaisuudet. Varsinkin metsämaastossa valumakertoimen vaihtelu voi olla hyvinkin suuri. Jos valuma-alueen sisällä on suuria vaihteluita, lasketaan pinta-alojen mukaan painotettu valumakertoimien keskiarvo. (Liikennevirasto 2013) Joissain tapauksissa voi kuitenkin suurimman mitoitusvirtaaman aiheuttaa tarkastelupistettä lähinnä olevan valuma-alueen mitoitusvirtaama. Esimerkiksi purkupistettä lähellä sijaitseva suuri pysäköintialue voi lyhytkestoisella rankkasateella aiheuttaa suuremman virtaamapiikin kuin koko valuma-alue. Tämän vuoksi muodostuvia virtaamia tulee tarkastella myös osavaluma-alueittain. (Jaakola, H. 2015) Mitoitussateen rankkuus voidaan määrittää kuvan 2 mukaan.



Kuva 2. Mitoitussateen rankkuus Suomessa. (Liikennevirasto 2013)

Kuntaliiton laatimassa hulevesioppaassa on alla oleva taulukko 4, jonka perusteella voidaan arvioida sateen intensiteettiä (Kuntaliitto 2012). Taulukossa 4 on huomioitu myös ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus.

Taulukko 4. Sateen intensiteetti (l/s*ha) keskimäärin noin 1 km² (100 ha) aluesadannalle ottaen huomioon ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus. (Kuntaliitto 2012)

Keskimääräinen sateen intensiteetti									
	Sateen kesto								
Toistuvuus	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1/1 a	140	96	94	60	40	22	13	8,3	5,0
1/2 a	200	144	120	73	50	25	16	10,0	6,0
1/3 a	220	156	133	86	56,4	28	17	10,6	6,2
1/5 a	260	180	146	100	64	30	19	11,6	7,0
1/10 a	280	216	187	120	77	36	23	13,1	8,3

Mitoitussateen rankkuuden määrittämiseksi on valittava tarkasteltavan mitoitussateen toistuvuus taulukosta 4 ja määritettävä taulukosta 5 sateen kesto. Mitoitussateen kesto valitaan siten, että valuma-alueen reunoille satanut vesi ehtii purkautumiskohtaan. Tämä tarkoittaa sitä, että valuma-alueen kasvaessa myös mitoitussateen kesto pitenee ja sen rankkuus pienenee. (Jaakola 2015)

Taulukko 5. Mitoitussateen keston määrittäminen. (Liikennevirasto 2013)

Valuma-alue F (ha)	Mitoitussateen kesto (min)
< 2	5
2...5	10
5...20	20
20...100	60

Taulukossa 6 esitetään mitoitussateen tavoite- ja minimitoistuvuudet eri ympäristöissä. Uusia väylien rumpuja mitoitettaessa ja aina tilanteen ja olosuhteiden niin salliessa myös nykyisten väylien rumpuja uusittaessa käytetään tavoitearvoa. Tavoitearvoa pienempää mitoitusta voidaan käyttää, jos tasausviivan nosto tai jokin muu syy nostaisi kustannuksia huomattavasti tai rakenteiden kannalta mahdottomaksi. Edellytyksenä kuitenkin on, että veden nousun aiheuttamat riskit eivät ole kovin suuria. Nykyistä rumpua uusittaessa tai rakennettaessa uutta väylää vanhan viereen voidaan käyttää nykyistä mitoitusta, mikäli se on osoittautunut riittäväksi ja voidaan arvioida, että ilmaston muutoksen aiheuttama 20 % nykyistä suurempi vesimäärä mahtuisi rummusta. Laskennallista mitoituksen minimiarvoa ei tässäkään tapauksessa saa alittaa. Jos tavoitearvo on helppo saavuttaa rummun uusimisen yhteydessä, on suositeltavaa valita tavoitearvo. Sadevesiviemäriä mitoitettaessa tavoitearvona käytetään 1/10 ja minimiarvona 1/5 toistuvuutta. Taajamien ajokaistoilla tavoitearvo on 1/20 ja minimi 1/5. Rautateiden ja moottoriteiden rumpujen mitoituksessa käytetään 1/100 toistuvuutta, jotta varmistutaan siitä, etteivät liikenneyhteydet katkea suurtenkaan tulvien aikana tie- tai ratarakenteiden sortumisen takia. Kun on olemassa riski veden nousemiselle arvokkaille alueille, noudatetaan taulukkoa 7. (Liikennevirasto 2013)

Taulukko 6. Mitoitusvirtaaman. (HQ) toistuvuuden valinta rankkasademitoituksessa. (Liikennevirasto 2013)

Ylittävä väylä	HQ:n toistumistiheys	
	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie, moottoritie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/10
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/5
Seututie	1/10	1/5
Yhdystie	1/5	1/2
Yksityistie	1/2	1/1

Taulukko 7. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta, kun on todettu riski veden nousemiseen rakennukseen saakka. (Liikennevirasto 2013)

Sillan tai rummun ylävirranpuoleinen tulvauhan alainen kohde	HQ:n toistuvuus
Taajama, merkittäviä rakennuksia tai rakenteita.	1/100
Eriyksen arvokkaita asuin- tai hoitokäytössä (sairaalat, hoitolaitokset) olevia rakennuksia tai vaikeasti evakuoitavia kohteita.	1/250 *

* Mitoitussade on määritettävä paikallisesti tarkempien tietojen pohjalta. Tietoja voi kysyä paikalliselta ELY-keskukselta.

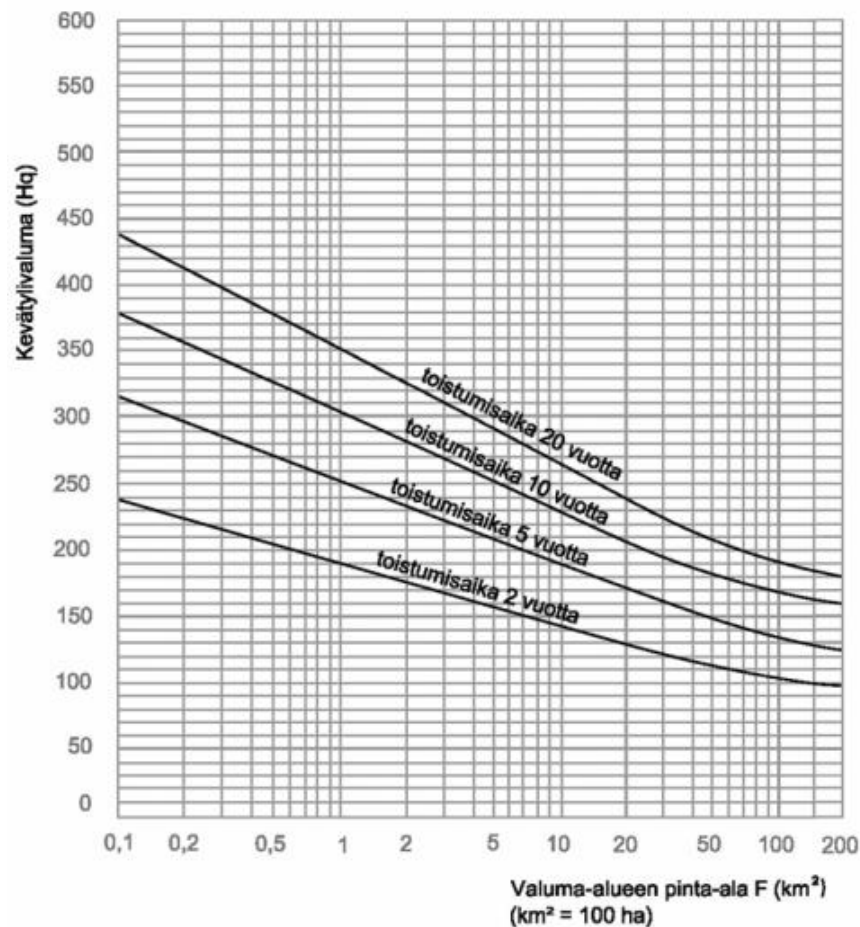
Lumen sulamisesta aiheutuva mitoitusvirtaama määritetään valuma-alueen pinta-alan mukaan. Lumen sulamisesta aiheutuva ylivirtaama on määritettävä yleensä aina kun valuma-alue on yli 100 ha, eli 1 km². Tästä poikkeuksen tekee kuitenkin rakennettujen alueiden viemärointi, jonka mitoituksessa ei lumen sulamisen aiheuttamaa mitoitusvirtaamaa tarvitse määrittää. Pienellä valuma-alueella voi mitoitusvirtaama syntyä lumen sulamisesta jo alle yhden hehtaarin valuma-alueella. Lumen sulamisen aiheuttama mitoitusvirtaama lasketaan kaavalla 2 (Liikennevirasto 2013):

$$Q = k_J \cdot k_M \cdot k_P \cdot F \cdot H_q, \quad (2)$$

jossa

- Q = virtaama (l/s)
- k_J = järvisyyskerroin (-)
- k_M = metsäojituskerroin (-)
- k_P = peltoisuuskerroin (-)
- F = valuma-alueen pinta-ala (km²)
- H_q = kevätylivaluma ($\frac{l}{s} \cdot km^2$)

Lumen sulamisen aiheuttamaa mitoitusvirtaamaa laskettaessa valuma-alue määritetään samalla tavalla kuin sadannasta aiheutuvan mitoitusvirtaaman määrittämisessä. Kevätylivaluma määritetään kuvan 3 kuvaajasta valuma-alueen koon ja ylivalunnan todennäköisen esiintymistäajuuden mukaan. Kevätylivalumaa määritettäessä on huomioitava suunnittelukohteen sijainti, sillä Pohjois-Pohjanmaalla ja Lapissa kevätylivaluma kerrotaan kertoimella 1,3 (Liikennevirasto 2013).



Kuva 3. Lumen sulamisen aiheuttama kevätylivaluma (Liikennevirasto 2013)

Jos kevättulva aiheuttaa pitempiaikaisen ja suuremman haitan kuin kesän rankkasade, käytetään kevätylivalumalle pidempää toistumisaikaväliä. Riippuen tien tai radan ja sen ympäristön merkityksestä toistumisaikaväli voi olla 2...20 vuotta taulukon 8 mukaisesti. Arvot perustuvat SYKE:n silta- ja rumpulausuntojen oppaaseen. Putkisiltojen ja tärkeiden maantierumpujen mitoituksessa käytetään yleensä 20 vuoden toistumisaikaa kuvan 3 mukaan.

Taulukko 8. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta. (Liikennevirasto 2013)

Ylittävä väylä	HQ:n toistumistiheys	
	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie, moottoritie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/10
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/5
Seututie	1/10	1/5
Yhdystie	1/5	1/2
Yksityistie	1/2	1/1

Lumen sulamisen aiheuttamaa mitoitusvirtaamaa korjataan laskennassa järvisyydestä, metsäojituksesta ja peltoisuudesta johtuvilla kertoimilla. Mikäli valuma-alueen järvisyysprosentti on yli 1 %, kevätylivaluma pienentyy taulukon 9 mukaisesti. Jos valuma-alueelle on suunnitteilla tai jo tehty metsäojitusta, jonka hyötyala koko pinta-alasta on vähintään 10 %, kevätylivaluma kasvaa taulukon 10 kertoimen mukaisesti. Myös valuma-alueen peltoisuus kasvattaa kevätylivalumaa taulukon 11 mukaisella kertoimella, mikäli valuma-alueesta yli 50 % on peltoa.

Taulukko 9. Järvisyyskerroin. (Liikennevirasto 2013)

Järvisyysprosentti (%)	Kerroin (kJ)
1	1,0
5	0,7
10	0,4
15	0,3
20	0,2

Taulukko 10. Metsäojituskerroin. (Liikennevirasto 2013)

Metsäojitusalan osuuskoko valuma-alueesta (%)	Kerroin kM
< 10	1,00
10	1,05
20	1,10
30	1,15
40	1,20
50	1,25

Taulukko 11. Peltoisuuskerroin. (Liikennevirasto 2013)

Pellon osuus koko valuma-alueesta (%)	Kerroin kP
< 50	1,0
50	1,1
60	1,2
70	1,3
80	1,4
90	1,5
100	1,6

2.4 Hulevesien hallintavaihtoehdot

Hulevesien hallintarakenteet voidaan jaotella hulevesien synnyn vähentämiseen, hulevesien imeyttämiseen ja viivyttämiseen ja hulevesien johtamiseen. Taulukkoon 12 on koottu erilaiset hulevesien hallintaratkaisut kategorioittain. Taulukossa esitettyjen vaihtoehtojen lisäksi tonteilla voidaan hyödyntää erilaisia pienempiä hulevesien hallintaratkaisuja, kuten istutuslaatikoita tai imeytyskaivoja. (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas)

Taulukko 12. Hulevesien hallintarakenteet. (Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas)

Hulevesien synnyn vähentäminen	Hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen	Hulevesien johtaminen
Läpäisevät päällysteet	Viherpainanne	Avo-ojat
Kasvillisuuden käyttö	Avoin imeytys/viivytyispainanne	Painanteet hulevesien johtamiseen
Viherkatot	Kosteikot	Rakennettu kanava
	Lammikot	
	Altaat	
	Imeytys- ja viivytyaskaivannot	
	Imeytysojat	
	Ylisuuret hulevesiputket ja säiliöt	

2.4.1 Johtaminen

Hulevesien johtamisjärjestelmillä kootaan ja johdetaan hulevesiä hallitusti pois kuivatettavalta alueelta tai käsiteltäväksi. Johtamismenetelmät voidaan jakaa pinta- ja putkijärjestelmiin. Pintajärjestelmiin voidaan yhdistää hulevesien viivytystä ja niiden laadullista hallintaa. Veden virtausta voidaan hidastaa ja imeytymistä sekä puhdistumista tehostaa avo-ojan, puron, viherpainanteen, kourun tai kanavan kasvillisuudella pienellä pituuskaltevuudella ja riittäväällä pituudella. Avouomien käyttö on hulevesien määrälliseen ja laadulliseen hallintaan parhaiten soveltuva vaihtoehto etenkin alueilla, joiden rakentaminen ja maankäyttö on melko väljää. Pintajärjestelmiä voidaan käyttää myös tiiviimmän maankäytön alueella pienillä valuma-alueilla, kuten yksittäisillä tonteilla. Tiiviisti rakennetulla alueella laajemmilla valuma-alueilla avojärjestelmän käyttö on haastavaa sen tilantarpeen vuoksi. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Hulevesiverkostoihin kuuluvat hulevesiviemärit kaivoineen ja muine laitteineen. Salaojien tarkoitus on rakenteiden kuivatus ja niistä kertyvät vedet johdetaan yleensä hulevesiverkoston tai puretaan maastoon. Rummut ovat aukoltaan alle 2 metriä leveitä putkirakenteita ja ne liittyvät avojärjestelmiin. Niitä pitkin vettä johdetaan tien, radan tai jonkin muun virtausesteen ali tai läpi. Hulevesiverkosto soveltuu tiiviisti rakennetulle alueelle avojärjestelmää paremmin, sillä verkosto

kulkee maan alla eikä vie tilaa maan pinnalta. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Avouomat eli avo-ojat voivat olla hyvin syviä ja jyrkkäluiskaisia. Syviä avo-ojia voidaan käyttää myös ympäristön rakenteiden kuivatukseen, eli niihin voidaan johtaa myös salaojavesiä. Avo-ojan toiminnallisiin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa sen pituuskaltevuudella, muodolla ja syvyydellä sekä pintamateriaalilla. Esimerkiksi jos vettä halutaan viivyttää tai imeyttää, käytetään pientä pituuskaltevuutta ja laakeempaa muotoa ja jos tarkoitus on johtaa vettä tehokkaasti, pituuskaltevuutta kasvatetaan ja oja voi olla syvempi. Ojan imeytysominaisuudet riippuvat tietysti paljon maaperän ominaisuuksista eivätkä pelkästään ojan ominaisuuksista. Avo-ojien suunnittelussa ja rakentamisessa tulee kiinnittää huomiota myös niiden ulkonäköön ja ekologiseen merkitykseen. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017) Kuvassa 4 on esimerkki rakennetusta uomasta.



Kuva 4. Rakennettu uoma. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Hulevesien johtamiseen voidaan käyttää myös johtamispainanteita, jotka ovat matalia ja pituuskaltevuudeltaan sekä luiskiltaan loivia avo-ojia. Johtamispainanteiden suositeltava pituuskaltevuus on 1...3 %. Kun

johtamispainanne sijaitsee kadun varrella, seuraa se yleensä kadun pituusleikkausta. Jyrkemmissä maastoinkohdissa veden virtausta tulee hidastaa padottamalla tai painannetta porrastamalla. Johtamispainanteisiin istutettavalla kasvillisuudella tehostetaan painanteen vettä puhdistavaa vaikutusta. Loivaluiskaisia painanteita voidaan kuivina kausina hoitaa puistoalueilla koneellisesti. Painanteita voidaan hyödyntää myös hulevesien imeyttämiseen tai viivyttämiseen. Viivytyks voidaan toteuttaa esimerkiksi rakentamalla pohjapatoja tai -kynnyksiä. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Hulevesien johtamista varten voidaan rakentaa suoraviivaisia, usein betonista tai kivistä rakennettuja kanavia. Kanavat ovat tyypillisesti hyvin jyrkkäreunaisia tai pystysuoria ja niiden syvyys vaihtelee muutamasta kymmenestä sentistä jopa metreihin. Jyrkistä luiskista johtuvan tehokkaan poikkipinta-alan ja pinnan vähäisestä karkeudesta johtuen kanavien vedenvälityskyky on hyvä. Kanavien tilantarve on pieni ja rakennettu ulkonäkö siisti, joten siksi niitä voidaan käyttää myös keskusta-alueilla. Läpäisemättömän pinnan takia kanavissa ei tapahdu imeytymistä ja siksi niitä käytetään lähinnä veden johtamiseen. Kanavissa voidaan kuitenkin myös viivyttää vettä padottamalla. Kun kanavaa käytetään viivytyksrakenteena, rakennetaan sen yhteyteen erillisiä viivytyksalueita, jonne vettä ohjataan tietyn vesisyvyyden ylittymisen jälkeen. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017) Kuvassa 5 on kanava, jonka pohjalle on luotu kasvillisuuden ja pohjakynnysten avulla kosteikkomainen vettä puhdistava rakenne. Kanavalla lisätään myös luonnon monimuotisuutta ja viihtyisyyttä. (Jyväskylä.fi)



Kuva 5. Kankaan hulevesikanava Jyväskylässä. (Jyväskylän kaupunki)

Tulvareitit ovat tärkeä osa hulevesien johtamisjärjestelmiä ja niiden tarkoituksena on johtaa hulevesiä hallitusti sellaisissa tilanteissa, joissa varsinaisen hulevesijärjestelmän mitoitus on jo ylittynyt. Tulvareitit voivat sisältää kaikkia aiemmin mainittuja hulevesien johtamisjärjestelmistä ja ne voivat, kohteesta riippuen, vaihdella kooltaan ja tyypiltään. Tulvareittinä voi toimia esimerkiksi viherpainanne tai reunakivetty ajorata. Maaston niin edellyttäessä, voidaan tulvareittinä joutua käyttämään suurikokoisia putki- tai kanavarakenteita. Tulvareiteillä ja niiden purkupisteillä tulee kiinnittää huomiota riittävään eroosiosuojaukseen. Tulvareittien yhteydessä täytyy tarkastella myös tulva-alueita. Myös kaavoituksessa täytyy huomioida tulva-alueet ja niiden tulvatasot. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

2.4.2 Viivyttäminen

Hulevesien viivytyksrakenteilla pyritään hidastamaan ja hallitsemaan veden virtausta. Niiden tarkoitus on varastoida viivytyksrakenteeseen johdettavaa vettä tietyn aikaa ja vapauttaa sitä vähitellen. Viivytyksmenetelmät voidaan jakaa kosteikkoihin, lammikoihin, painanteisiin ja rakennettuihin altaisiin ja kaivantoihin. Kaivannot ja painanteet kuivuvat sateiden välissä, kun taas lammikoissa on tyypillisesti koko ajan vettä. Rakennetut altaat voidaan suunnitella joko niin, että ne tyhjäntyvät sateiden välissä tai että niissä on pysyvä vedenpinta. Viivytyksmenetelmät ovat tehokas keino pienentää hulevesivirtaamaa viivytyksrakenteiden alapuolisilla purkupisteillä ja täten vähentää tulvariskiä ja eroosiota. Viivytyksrakenteita voidaan käyttää kaiken tyyppisillä alueilla. Kosteikot ja lammikot soveltuvat laajemmille valuma-alueille ja ne sijoitetaan yleensä virkistysalueille olemassa olevien ojien tai norojen yhteyteen tai läheisyyteen. Viivytykspainanteet soveltuvat puolestaan muun muassa asuinalueille ja niitä voidaan käyttää kiinteistökohtaisina hallintamenetelminä. Kaupunkimaisiin kohteisiin soveltuvat rakennetut altaat, joissa hulevesien viivytyksrakenteita voidaan hyödyntää myös viihtyvyyttä lisäävänä maisemaelementtinä. Tiiviisti rakennettuun ympäristöön soveltuvat parhaiten maan alle sijoitettavat säiliöt ja kaivannot, koska ne eivät vaadi maanpäällistä tilaa. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

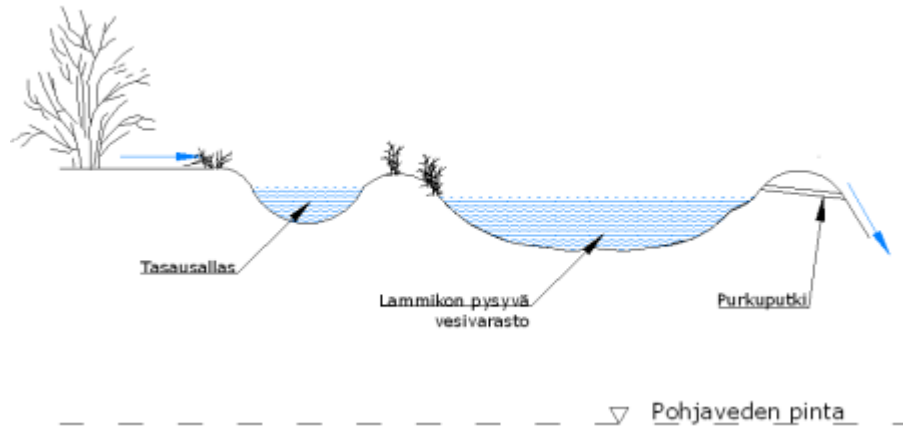
Viivytyksaltaissa on reilusti vesitilavuutta ja niissä veden virtausnopeus alenee merkittävästi, jolloin kiintoaines ja siihen sitoutuneet epäpuhtaudet laskeutuvat altaaseen. Viivytyksaltaat voidaan toteuttaa ulkoasultaan joko hyvin luonnonmukaisina tai selkeästi rakennetun tekoaltaan näköisinä. Luonnonmukaisia altaita voidaan kutsua myös hulevesilammikoiksi. Rakennetut altaat ovat tyypillisesti luonnonmukaisia viivytyksaltaita pienempiä ja niitä käytetään rakennetun ympäristön sisällä, kun taas luonnonmukaisia altaita pyritään sijoittamaan puistoihin tai muille rakentamattomille alueille. Luonnonmukaiset viivytyksaltaat tyypillisesti kuivuvat sateiden välillä ja niitä voidaan kuivina aikoina hyödyntää muuhun käyttöön puistoissa. Luonnonmukainen viivytyksallas voi olla esimerkiksi maaston painanteeseen muotoiltu allas, jonka läpi kulkee perusuoma ja sen ympärille on varattu tilaa huleveden hallitulle tulvimiselle. Tällöin pienillä virtaamilla vesi virtaa normaalisti

uomaa pitkin, mutta kun virtaama on suurempi, vesi nousee viivytysrakenteen padotuksen vuoksi tulva-alueelle. Altaissa voidaan ulkonäkösyiden vuoksi pyrkiä pitämään pysyvä vedenpinta, kuten kuvan 6 altaassa. (Zacheus 2021)



Kuva 6. *Hulevesiallas Tampereen Vuoreksessa (Zacheus 2021)*

Tämä voidaan toteuttaa rakentamalla allas vesitiiviiksi vuoraamalla sen pohja esimerkiksi tiiviillä savella, vettä läpäisemättömällä muovikalvolla tai bentoniittimatolla. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017) Kuvassa 7 on esitetty periaatepiirros hulevesilammikon rakenteesta.



Kuva 7. Hulevesilammikon esimerkkirakenne (Inha 2010)

Kosteikot ovat rakenteeltaan hyvin samankaltaisia kuin pysyvävesipintaiset luonnonmukaiset viivytsaltaat, mutta kosteikoilla tyypillisesti on matala vesisyvyys ja monipuolisempi kasvillisuus. Kosteikoita käytetään viivytsaltaiden tapaan hulevesien viivyttämiseen ja puhdistamiseen. Ne ovat suuren osan vuodesta veden peitossa ja ne pysyvät kosteina muulloinkin. Kosteikkojen pinnanmuodot rakennetaan hyvin vaihteleviksi siten, että niissä on jatkuvasti veden peitossa olevia alueita, ajoittain veden peitossa olevia alueita ja harvoin veden peitossa olevia alueita. Vaihtelevien pinnanmuotojen lisäksi kosteikkojen vesi- ja kosteikkokasvillisuus on monipuolista. Kosteikot sijoitetaan yleensä olemassa oleville pintavalunnan purkureiteille tai maaston painanteisiin, joihin hulevesien johtaminen on helppoa. Hyvin sijoitettuna kosteikko saadaan toteutettua yksinkertaisimmillaan vain patoamalla purku-uoma. Kosteikkojen alkupäähän kannattaa tehdä tasausallas (kts. kuva 7), joka toimii kiintoaineksen laskeutumisalueena ennen varsinaista kosteikkoa. Kosteikon loppupäähän kannattaa sijoittaa myös toinen syvemmän veden alue, joka toimii lietealtaana. Kosteikon rakenteen tulisi olla sellainen, että vesi jakautuu sen alueelle tasaisesti, eikä oikovirtauksia esiintyisi. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017) Kuvassa 8 esimerkki kosteikosta Hangossa.



Kuva 8. Merenlahteen johdettavia valumavesiä puhdistava kosteikko Hangossa. (Zacheus 2021)

Viivytyispainanteet ovat muuta ympäristöä alempana olevia alueita, joille hulevedet voivat lammikoitua. Kooltaan ne ovat viivytyksaltaita pienempiä, eikä niissä pyritä tehostamaan veden imeytymistä. Painanteisiin rakennetaan virtaamaa sääteleviä rakenteita, jotka säilyttävät painanteen viivytystilavuuden muutaman vuorokauden ajan. Viivytyispainanteista hulevedet voidaan purkaa esimerkiksi hulevesiviemäriin johtavalla pienellä purkuputkella tai karkeasta maa-aineksesta tehdyn padon läpi suotautamalla. Viivytyispainanteet voidaan verhoilla kasvillisuudella tai kiviaineksella muun ympäristön ulkonäön mukaan. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Viivytykskaivannoilla tarkoitetaan maanalaisia hulevesien viivyttämiseen tarkoitettuja rakenteita ja ne soveltuvat kohteisiin, joissa hulevesiä halutaan viivyttää, mutta maanpäällisille rakenteille ei ole tilaa. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi suuret pysäköintialueet logistiikkakeskusten tai suurten kauppakeskusten yhteydessä. Koska viivytykskaivannoissa ei pyritä imeyttämään vettä, ne varustetaan salaojituksella ja purkuputkella, joiden kautta kaivanto tyhjäntyy vedestä. Maanalaisia viivytykskaivantoja suunniteltaessa tulisi kiinnittää

huomiota niiden kunnossapidettävyyteen. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Hulevesiä voidaan viivyttää myös kasetti-, tunneli- tai säiliöjärjestelmillä, joiden varastointikapasiteetti on yleensä yli 95 % kokonaistilavuudesta. Tällaiset järjestelmät soveltuvat erityisesti huonosti vettä läpäiseville alueille ja tiiviisti rakennettuun ympäristöön, jossa maanpäällisille viivytyksrakenteille ei ole tilaa. Säiliöt ja putket on ovat yleensä muovisia tai betonisia ja kasetit ovat yleensä muovisia. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

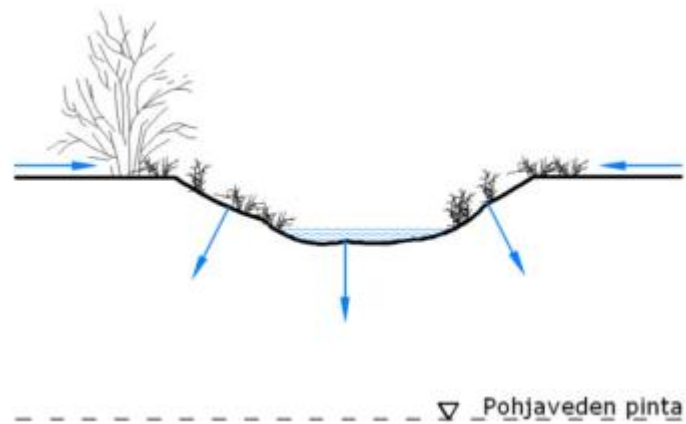
2.4.3 Imeyttäminen ja suodattaminen

Imeyttäminen on hulevesien hallinnan ensisijainen keino hulevesien syntymisen vähentämisen jälkeen. Imeyttämistä voidaan tehostaa myös huonosti vettä läpäisevillä alueilla lisäämällä maaperään salaojitusta. Näillä keinoilla rakenteesta tulee osittain suodattava ja osittain imeyttävä. Imeyttävät rakenteet tulee sijoittaa riittävän kauas ympäröivistä rakennuksista, mikä rajoittaa niiden käyttöä tiiviisti rakennetuilla alueilla. Imeytysrakenteilla voidaan tehostaa myös pohjaveden muodostumista kaupunkialueilla. Parhaiten imeyttäminen onnistuu alueilla, joiden maaperä on hyvin vettä läpäisevää hiekka, soraa tai hiekkaista moreenia. Huonosti vettä läpäisevillä savilla tai kallioilla imeyttäminen ei luonnollisestikaan onnistu. Imeytysrakenteita ovat muun muassa. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017):

- Kivipesät
- Imeytyskaivannot
- Imeytyspainanteet
- Imeytyskaivot
- Sorasaarrot
- Maanalaiset imeytyskentät
- Tehdasvalmisteiset järjestelmät

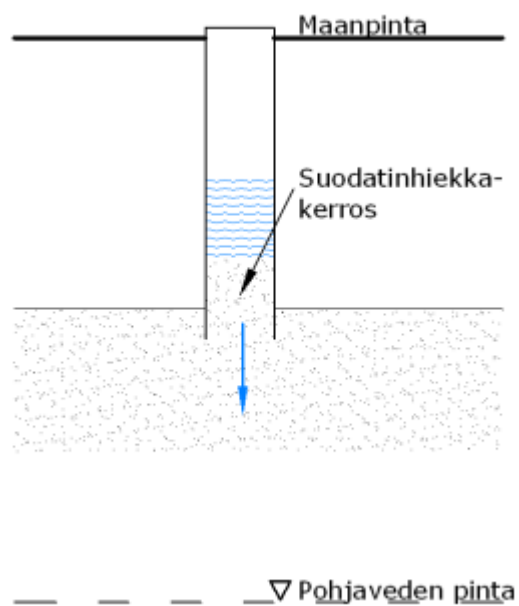
Suodattaminen tarkoittaa sitä, että hulevedet johdetaan jonkin väliaineen läpi, johon pidättyy huleveden epäpuhtauksia ja kiintoainesta. Suodattamista ennen virtaamaa täytyy tasata, jotta virtaama suodattimeen olisi mahdollisimman tasainen ja huleveden puhdistuminen olisi mahdollisimman tehokasta. Yksinkertaisimmillaan hulevesien suodatusrakente voidaan toteuttaa kuvan 9 kaltaisella viherkasvillisuutta hyödyntävällä pintakuivatuskaistalla tai

viherpainanteilla, joissa hulevesi suodattuu kasvillisuuden ja kasvukerroksen läpi. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)



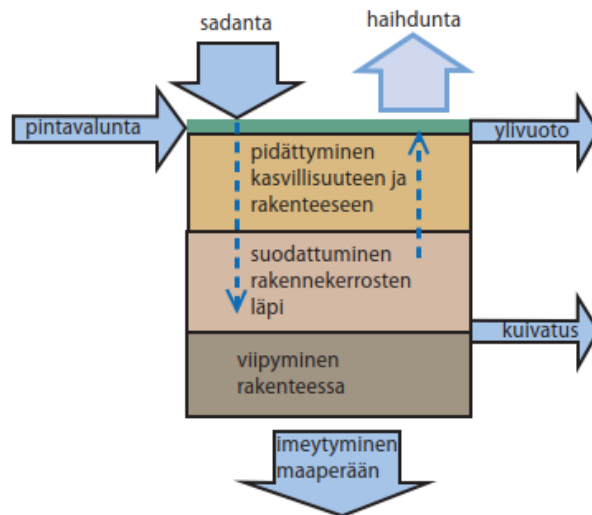
Kuva 9. Maanpäällisen imeytyspainanteen toimintaperiaate. (Inha 2010)

Suodatusrakenteissa valittu kasvillisuus ja sen määrä vaikuttavat rakenteen puhdistustehoon. Suodatusrakenteina voidaan käyttää myös rakennettuja hiekkasuodattimia, joiden toimintaperiaate ei poikkea juurikaan talous- ja jätevesien käsittelyssä käytettävistä suodattimista. Suodatusrakenteiden materiaalit tulee aika ajoin vaihtaa, koska niiden huokokset tukkeutuvat niihin suodattuvista epäpuhtauksista. Kuvassa 10 esitetään suodatinkaivon toimintaperiaate.



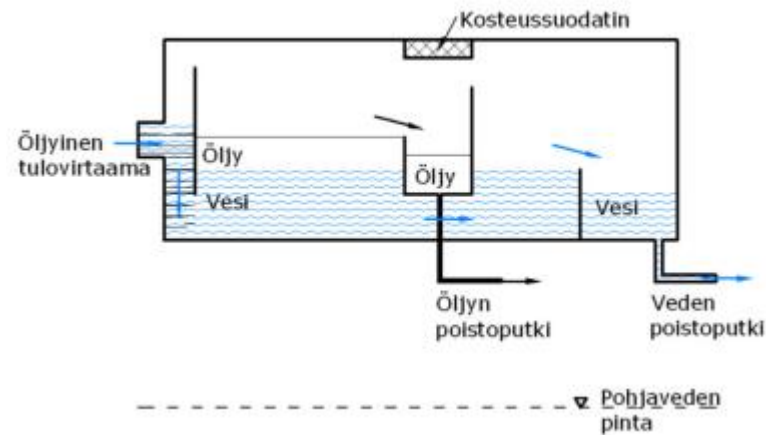
Kuva 10. Periaatekuva pohjattomasta imeytyskaivosta, jonka pohjalla on suodatinhiekkakerros. (Inha 2010)

Suodatusrakenteet soveltuvat esikäsittelymuodoksi ennen muita hulevesien hallintamenetelmiä. Suodatusrakenteiden suunnittelussa tulee varmistaa, ettei suodatusrakenteeseen tuleva virtaama tai vesimäärä ole liian suuri. Suodatusrakenteet soveltuvatkin parhaiten pienehköille valuma-alueille ja sellaisiin kohteisiin, joissa niiden yhteydessä on virtaamaa tasaava rakenne. Kuvassa 11 on esitetty suodatusrakenteen toimintaperiaate. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)



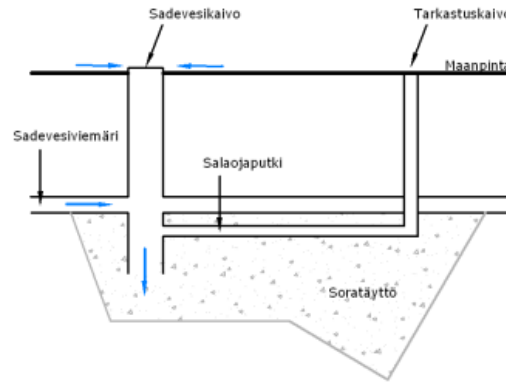
Kuva 11. Suodatusrakenteen toimintaperiaate (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Imeytyskaivannot ovat kaivantoja, jotka on täytetty huokoisella materiaalilla. Tällainen maanlainen hulevesien varasto voidaan toteuttaa esimerkiksi puistojen, urheilukenttien, torien, pihojen tai kävelyteiden alle. Imeytyskaivannoissa vesi varastoituu täyteaineen huokosiin ja imeytyy siitä vähitellen ympäröivään maaperään. Imeytyskaivantoihin vesi valuu joko pintavaluntana tai maan alle sijoitettaessa vesi johdetaan niihin salaojilla tai hulevesiviemärillä. Ennen veden johtamista imeytyskaivantoon hulevedet tulisi esikäsittää ja poistaa niistä kiintoaines, joka tukkii imeytyskaivannon huokostilaa. Maanpäällisille imeytyskaivannoille soveltuvia esikäsittelyrakenteita voivat olla esimerkiksi viherpainanteet tai pienet viivytyksaltaat. Esikäsittelyrakenteena voidaan käyttää tarvittaessa myös kuvan 12 kaltaisia teollisesti valmistettuja hiekan- ja öljynerottimia.



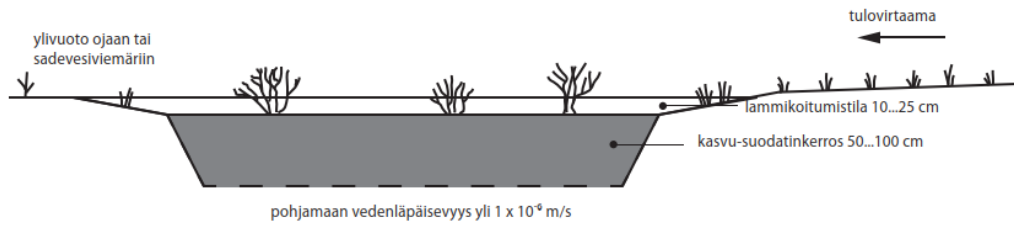
Kuva 12. Periaatepiirros maanalaisesta öljynerotusaltaasta. (Inha 2010)

Imeytyskaivanto voidaan täyttää kiviaineksella tai muulla huokoisella materiaalilla, kuten esimerkiksi tarkoitusta varten suunnitellulla muovikennostolla. Tällainen rakenne soveltuu parhaiten suurehkoon maanalaiseen hulevesiviemäriin kytkettyyn järjestelmään. Imeytyskaivantojen vedenpinnan tasoa voidaan seurata kaivantoihin asennettavilla tarkastusputkilla. Mikäli kaivantoa ympäröivän maaperän vedenläpäisevyyskyky ei ole riittävä, kaivanto voidaan varustaa salaojilla ylimääräisen veden poisjohtamiseksi. Imeytyskaivantoihin tulee rakentaa myös maanpäällinen ylivuotoreitti. Kaivannot eristetään ympäröivästä maasta suodatinkankaalla, jotta ympäröivät maalajit eivät sekoittuisi kaivannon materiaaliin ja tukkisi sen huokosia. Imeytyskaivannot tulisi suunnitella niin, että se on vähintään 1,25 metriä huonosti vettä johtavan maakerroksen tai kallion yläpuolella, jolloin riski maaperän liialliselle vettymiselle on pienempi. Kaivannon tulee sijaita kokonaisuudessaan pohjaveden pinnan yläpuolella. Imeytyskaivannot tulee suunnitella riittävän kauas rakennuksista ja tontin rajoista. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017) Imeytyskaivannon toimintaperiaate on esitetty kuvassa 13.



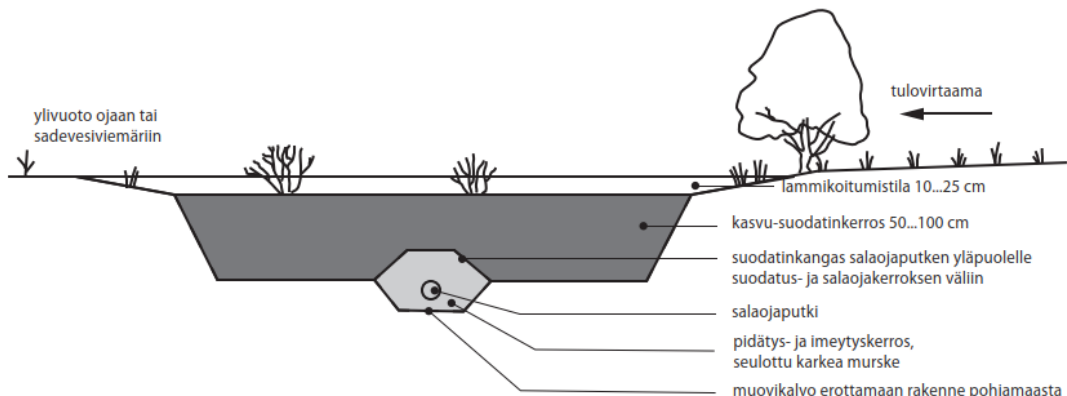
Kuva 13. Imeytyskaivannon periaatekuva. (Inha 2010)

Imeytyspainanteilla tarkoitetaan ympäristöään alempana olevia kasvillisuuden peittämiä alueita, joille hulevedet voivat lammikoitua ja joista ne voivat imeytyä maaperään. Menetelmää voidaan kutsua myös biosuodatuksiksi koska merkittävä osa imeytyspainanteiden toimintaa on veden suodattuminen ylimmän biologisesti aktiivisen orgaanisen kerroksen läpi. Jos imeytyspainanne rakennetaan huonosti vettä läpäisevään maaperään, se täytyy varustaa salaojilla, joilla suodattunut vesi voidaan johtaa eteenpäin. Hulevedet johdetaan yleensä imeytyspainanteisiin pintavaluntana, ja hulevesi lammikoituu painanteen pintakerroksen päälle matalana, enintään 10–25 cm kerroksena. Lammikoitumistilasta vesi imeytyy hiljalleen kasvukerroksen läpi ympäröivään maaperään tai varastokerrokseen. Imeytyspainanteen rakenne on esitetty kuvassa 14. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)



Kuva 14. Imeytyspainanne hyvin vettä läpäisevässä maaperässä (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

Imeytyspainanteiden ero muihin imeytysrakenteisiin on maanpäällinen lammikoitumistila. Viivytyksen syvyyttä ja kestoja voidaan säädellä esimerkiksi hulevesiviemäriin liitetyllä kupukannellisella kaivolla tai maanpäällisellä purkureitillä varustetulla padolla. Lammikoitumistilasta huolimatta rakenteen ei ole tarkoitus toimia hulevesialtaana, vaan imeyttävänä ja suodattavana rakenteena. Imeytyspainanteen viivytystilavuuden tulisi tyhjentyä viimeistään vuorokauden kuluttua täyttymisestä, jotta viivytystilavuus olisi jälleen käytettävissä seuraavan rankkasateen sattuessa. Näistä syistä imeytyspainanteet soveltuvat pienille, enintään muutaman hehtaarin, valuma-alueille. Vaihtoehtoisesti imeytyspainannetta voidaan käyttää varsinaisen hulevesiä viivyttävän rakenteen yhteydessä. Imeytyspainanteita voidaan käyttää myös suodatusrakenteena likaisia hulevesiä käsiteltäessä. Tällöin painanteen rakenteet voidaan eristää ympäröivästä maasta kokonaan esimerkiksi bentoniittimatolla kuvan 15 tapaan. (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)



Kuva 15. Kalvorakenteella eristetty suodatuspainanne (RT RTS_1727 Hulevesirakenteet 2017)

2.5 Yhteenveto hulevesien hallintarakenteista

Hulevesien hallinnalla pyritään tasaamaan rankkasateista tai lumen sulamisesta aiheutuvia tulvahuippuja ja estämään alueelle kertyvien hulevesien aiheuttamat haitat ihmisille, rakenteille ja liikenteelle. Huleveden hallintakeinoilla ei tule muokata ympäristöä niin, että ympäristö muuttuu alkuperäisille kasvi- ja eliölajeille sopimattomaksi. Huleveden hallintarakenteilla voidaan tavoitella myös ympäristön monimuotoisuuden ja viihtyisyyden parantamista.

Taulukoihin 13, 14, 15 ja 16 on koostettu erilaiset vaihtoehtoiset hulevesirakenteet, niiden ominaisuuksia sekä mitoituksessa ja käytön aikana huomioitavia asioita.

Taulukko 13. Kasvillisuuspainanteet. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)

Kasvillisuuspainanteet	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Jonkin verran imeytymistä maaperään - Pienentää virtaushuippuja - Suodattaa ja laskeuttaa kiintoainesta - Hulevesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Uoman poikkileikkauksen epätasainen muoto lisää viipymää ja vähentää eroosiota - Hidastusaltaat painanteen yhteydessä tehostavat puhdistusvaikutusta
Mitoitus	<ul style="list-style-type: none"> - Tarpeeksi pitkä painanne (> 60 m) - Pituuskaltevuus 0,2–1 % - Pohjan leveys 0,5–3,0 m - Syvyys < 0,1 m
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrobiologinen puhdistustoiminta ja kiintoaineksen pidätyminen vähenevät - Imeytyminen maaperään vähenee maan jäätyessä
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Painanteen pohjalle kertyvän lietteen ja lehtien poisto erityisesti keväällä sulamiskauden jälkeen
Sovellukset/sovelluskohteet	<ul style="list-style-type: none"> - Teiden varsilla putkiojien sijasta - Tonteilla kattovesien johtamiseen - Yhdysväylänä muiden luonnonmukaisten hulevedenkäsittelymenetelmien välillä

Taulukko 14. Imeytysmenetelmät. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)

Imeytysmenetelmät	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Maa- ja pohjavesivarastojen ylläpitäminen - Virtaamahuippujen pieneneminen - Viipymän lisääntyminen - Kiintoaineen suodattuminen maaperään - Vesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Imeytyspinta	
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Jako-oja pinnan alkupäässä edistää huleveden jakaantumista koko pinta-alalle - Pituus > 5–25 m - Leveys > 2,5–3 m - Kaltevuus 2–5 % - Valuma-alueen koko < 5 ha
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Pohjavedenpinta vähintään 0,5 m syvyydellä maanpinnasta
Maanpäällinen imeytysallas	
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Matalat, loivat reunat
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Syvyys noin 20–30 cm riippuen maan vedenläpäisevyydestä - Pinta-ala noin 10 % kattopinta-alasta, jos imeytetään kattovesiä
Maanalainen imeytysrakente tai imeytysoja	
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Suorakaiteen muotoinen - Mahdollisimman loiva kaltevuus, imeytysoja mieluiten vaakasuora - Vähintään 1 m pohjavedenpinnan yläpuolella ja routimattomassa kerroksessa
Mitoitus	<ul style="list-style-type: none"> - Tarkastuskaivot noin 50 m välein imeytysojassa - Rakennusten perustusten kuivana pito turvattava
Kaikki imeytysmenetelmät	
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Routa vähentää imeytymistä maaperään - Jos imeytyminen ei ole tarpeeksi tehokasta, maaperä voi vettyä johtaen alueen luonnollisten imeytymisominaisuuksien muuttumiseen
Huomioitavaa talviolosuhteissa	<ul style="list-style-type: none"> - Hiekoitushiekka tukkii helposti läpäisevän päällysteen - Lumen auraus saattaa aiheuttaa päällysterakenteen rikkoutumista - Maanalaiset imeytysrakenteet sijoitettava routarajan alapuolelle - Imeytysrakenteen alla oleva ojitusjärjestelmä edesauttaa maaperän kuivumista ja ehkäisee roudan muodostumista - Imeytyspainanteen pohjalla oleva sora- tai hiekkakerros ehkäisee roudan syntymistä

Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none">- Tarvittaessa irtonaisten lehtien ja roskien poisto maanpäällisistä imeytyspainanteista- Maa-aineksen vaihto erityisesti hyvin likaisia hulevesiä käsiteltäessä, tarvitaan kuitenkin harvoin- Läpäisevät päällysteet puhdistettava säännöllisesti hiekasta ja roskista
Sovelluskohteet	<ul style="list-style-type: none">- Alueilla, joilla maaperä on hyvin vettä läpäisevää- Valuma-alueen yläosiin, jotka ovat luonnollisia imeytysalueita: myös muilla aluilla tärkeää imeyttää jonkin verran- Maanpäälliset imeytysaltaat piha- ja puistoalueilla- Maanalaiset imeytysrakenteet teiden varsilla, esim. yhdistettynä normaalia pienemmäksi mitoitettuun sadevesiviemäriverkoston- Läpäisevät päällysteet hidasliikenteisillä kaduilla sekä pysäköintialueilla

Taulukko 15. Viivytysmenetelmät. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)

Viivytysmenetelmät	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Virtaamahuiput pienenevät - Viipymä lisääntyy - Kiintoaines laskeutuu - Vesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Loivat ja vaihtelevan muotoiset rannat - Saaret, niemet ja lahdenpohjukat lisäävät viipymää ja tehostavat veden puhdistumista - Ulos- ja sisääntulokohtat syvempiä kuin muu allas, jolloin virtaus hidastuu ja kiintoaineen laskeutuminen tehostuu - Pitkänomainen, meanderoiva muoto sisään- ja ulostulokohtia kohti kapeneva - Mielellään kasvillisuusvyöhyke vesisyvyydellä 0,15–0,3 m altaan ympärillä, myös muualla kasvillisuutta
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Leveyden suhde pituuteen noin 1:2 - Syvyys 1,5–2 m, rannan/luiskan kaltevuus 1:3, pysyvän vedenpinnan yläpuolella 1:4 - Altaan pinta-ala vähintään 0,015 ha, suositeltava vähimmäispinta-ala 0,25 ha - Valuma-alueen pinta-ala 10–100 ha
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Jääpeite pienentää altaan varastotilavuutta - Jääpeite estää huleveden pääsyn altaaseen ja kiintoaineksen laskeutumisen - Partikkeleiden laskeutumisnopeus hidastuu veden kylmetessä, koska veden viskositeetti pienenee
Huomioitavaa talviolosuhteissa	<ul style="list-style-type: none"> - Altaan tulo- ja menovirtaaman putket tulisi asettaa routarajan alapuolelle - Varastotilavuutta tulisi voida säädellä, jolloin keväällä saadaan sulamisvesille pidempi viipymä
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Pohjasedimentin poisto säännöllisin väliajoin - Rakennusvaiheessa pohjalle kertynyt sedimentti poistettava ennen käyttöönottoa
Sovellukset / sovelluskohteet	<ul style="list-style-type: none"> - Väliaikaisen vesivaraston ja pysyvän vesivaraston omaavat altaat; pysyvä vesivarasto suositeltava - Soveltuvat parhaiten valuma-alueen alaosiin, missä maaperä on huonosti vettä läpäisevää

Taulukko 16. Kosteikot. (Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. 2005)

Kosteikot	
Vaikutus huleveden laatuun ja määrään	<ul style="list-style-type: none"> - Virtaamahuiput pienenevät - Viipymä lisääntyy - Kiintoaines laskeutuu - Vesi puhdistuu mikrobiologisen toiminnan ja kasvien vaikutuksesta
Muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> - Kosteikon tulisi sisältää sekä syvempiä, avoimia allasosia että matalampia, kasvillisuuden peittämiä alueita - Kosteikkoon ei tulisi muodostua kanavia: Virtaaman jakaannuttava tasaisesti koko pinta-alalle - Pitkänomainen, sisään- ja ulostulokohtia kapeneva muoto, loivat, vaihtelevan muotoiset rannat, saarekkeet - Rantojen kaltevuus 1:5 - Laskeutusallas ennen kosteikkoa tehostaa kiintoaineksen poistoa, tilavuus 5–10 % kosteikon tilavuudesta
Mitoituksessa huomioitavaa	<ul style="list-style-type: none"> - Pinta-ala noin 1–2 % valuma-alueen pinta-alasta - Syvyys noin 0,5–0,7 m kuivimpana aikana - Suositeltava viipymä on noin 3–5 vrk - Vapaata vesipintaa n. 40 % pinta-alasta, vedenpinnan yli ulottuvaa kasvillisuutta 60 % pinta-alasta - Valuma-alueen pinta-alasta > 4–10 ha
Talviolosuhteiden vaikutus toimintaan	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrobitoiminnan ja kasvien vaikutus vähenee heikentäen puhdistustulosta - Jääpeite pienentää altaan varastotilavuutta - Jääpeite estää huleveden pääsyn altaaseen ja kiintoaineen laskeutumisen
Huomioitavaa talviolosuhteissa	<ul style="list-style-type: none"> - Partikkeleiden laskeutumisenopeus hidastuu veden kylmetessä, koska veden viskositeetti pienenee - Varastotilavuuden säätelyllä saadaan aikaan sulamisvesille pidempi viipymä
Huoltotoimenpiteet	<ul style="list-style-type: none"> - Kosteikon kasvillisuuden ja pohjasedimentin poisto säännöllisin väliajoin

Kuten taulukoistakin nähdään, kaikilla hulevesien hallintarakenteilla voidaan tasata virtaamahuippuja ja lisätä viipymää, mutta suunnittelualueen valuma-alueella, ympäristöllä ja maaperällä sekä käytettävissä olevalla tilalla on suuri vaikutus hulevesien hallintaratkaisua valittaessa. Valuma-alueen koko vaikuttaa hallittaviin vesimääriin. Suurilta valuma-alueilta kerääntyville vesimäärille esimerkiksi viherpainanteen kapasiteetti on riittämätön. Suurille valuma-alueille soveltuu paremmin viivytysallas tai kosteikko. Toisaalta tiiviisti rakennetussa

kaupunkiympäristössä tilan varaaminen esimerkiksi suurelle kosteikolle on lähes mahdotonta. Imeytysrakenteita käytettäessä on huolehdittava, että ympäristön rakennusten perustukset pysyvät kuivana. Maaperän ominaisuudet ohjaavat myös hulevesien hallintarakenteiden valintaa, sillä huonosti vettä läpäisevässä maaperässä vettä ei voida imeyttää suoraan maaperään. Rakenteeseen voidaan lisätä salaojitus, jolloin imeytysrakenteen käyttö on mahdollista myös huonommin vettä läpäisevillä alueilla.

Hulevesien hallintarakennetta valittaessa otetaan huomioon myös huleveden laatu. Luonnonmukaiset hallintarakenteet esimerkiksi puhdistavat vettä kasvillisuuden avulla. On arvioitava, onko hulevettä tarve esikäsitellä ennen varsinaista hallintarakennetta. Esimerkiksi huleveden mukana kulkeutuva runsas kiintoaineksen määrä voi täyttää umpinaiset viivytysäiliöt tai säiliöön johtavan putkilinjan kaivojen sakkapesät. Samoin teollisesti valmistetut kennostorakenteet voivat tukkeutua kiintoaineksesta. Tällöin esikäsitteilynä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kasvillisuuspainannetta tai suodatinpatoa, joissa kiintoaines poistetaan hulevedestä jo ennen varsinaista viivytystä.

Rakenteiden kunnossapito on olennainen osa rakenteen toimintaa ja elinkaarta. Siksi huollettavuus on huomioitava myös suunnittelussa ja hallintarakennetta valittaessa. Luonnonmukaiset hulevesien hallintarakenteet ovat huollon näkökulmasta hyvin samanlaisia. Kaikista poistetaan rakenteen pohjalle kertynyt sedimentti ja lehdet tai muut roskat. Suodatinrakenteissa voidaan joutua vaihtamaan suodattava maa-aines varsinkin, jos käsitellään erityisen likaisia vesiä.

3. VAK-TOIMINNOT JA TANKKAUSPAIKAT

Sähköistetyn rataverkon laajentuessa ja sähkövetureiden määrän kasvaessa dieselveturien määrä on laskenut jo 1970-luvulta asti. Dieselvetureilla kuitenkin vedettiin vuonna 2016 vielä 18 % koko raidetavaraliikenteen vetosuoritteesta Suomessa. (Ilikkanen & Haapala 2018) Rataverkolla tarvitaan tankkauspaikkoja, joita käytetään sähköistämättömillä rataosuuksilla liikennöivien ja vaihtotyövetureiden tankkaamiseen.

Vaarallisilla aineilla tarkoitetaan sellaisia aineita, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle räjähdys-, palo-, tai säteilyherkkyytensä, syövyttävyytensä tai muun ominaisuutensa takia. Tällaisia aineita kuljetetaan myös Suomen rataverkolla, ja VAK-vaunuja varastoidaan VAK-ratapihoiksi määritetyillä ratapihoilla. VAK-ratapihojen toiminnassa ja suunnittelussa tulee huomioida vaarallisten aineiden kuljetuksen ja väliaikaisen varastoinnin aiheuttamat vaarat ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle. (Väylävirasto 2021)

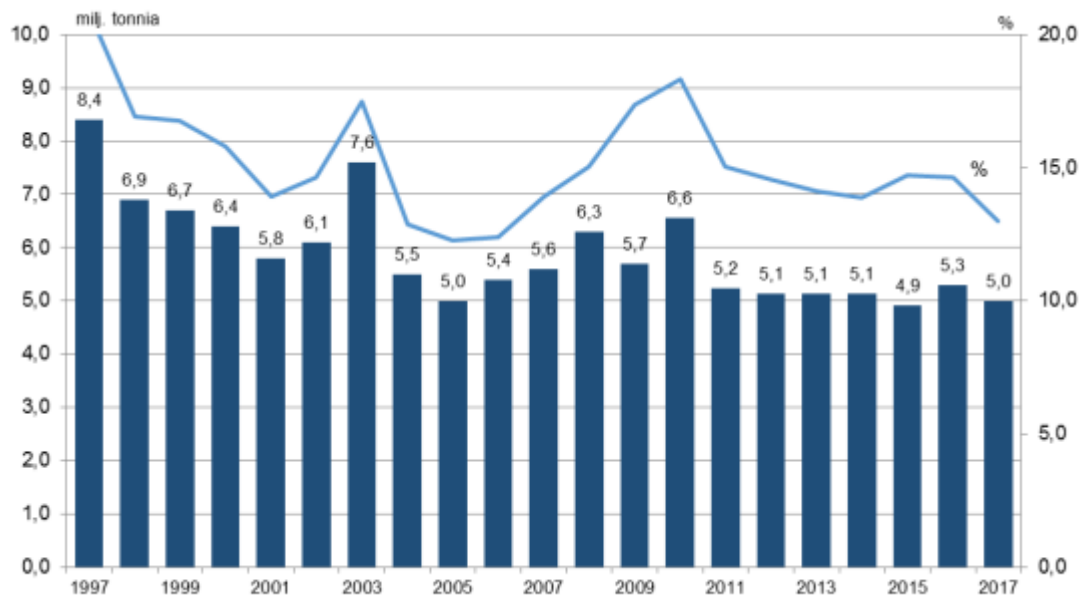
3.1 Suomen rataverkon tankkauspaikat ja VAK-kuljetukset

Tällä hetkellä Suomen rataverkolla on 24 dieselvetureiden tankkaamiseen käytettävää tankkauspaikkaa. Paikat on sijoitettu suurimmille risteysasemille, kuten esimerkiksi Turkuun, Riihimäellä, Kouvolaan, Haminaan, Imatralle, Vainikkalaan, Ouluun, Kemiin, Tampereelle, Joensuuhun ja Kokkolaan. Nykyisin rataverkolla on vain dieselkaluston tankkauspaikkoja. (Ilikkanen & Haapala 2018)

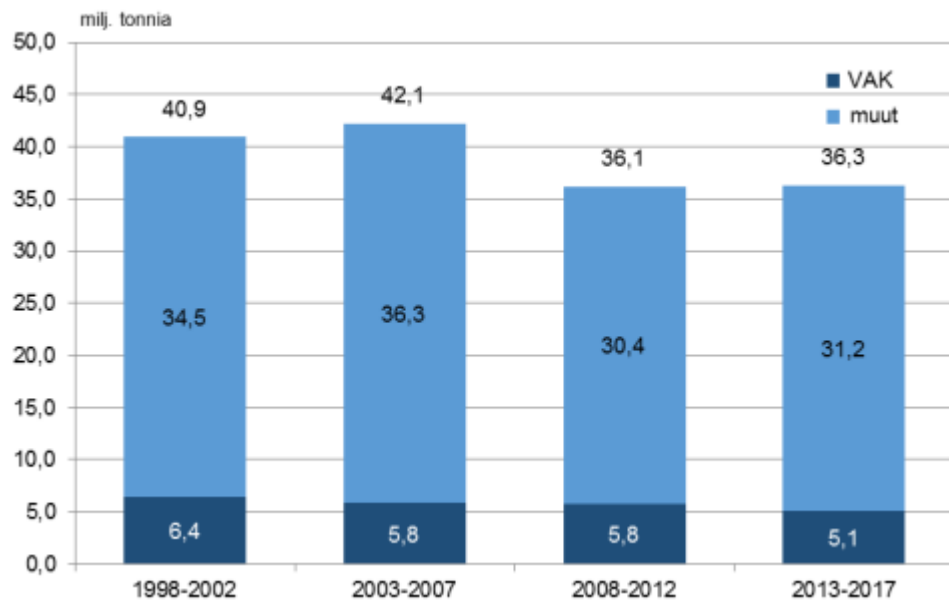
Tukes eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, myöntää rakennusluvut uusille tankkauspaikoille Suomessa. Tukes vastaa myös tankkauspaikkoihin liittyvien säiliöiden, putkistojen ja käyttölaitteiden rakentamisen ja käytön valvonnasta. Uusille tankkauspaikoille suoritetaan käyttöönottotarkastus ennen käyttöönottoa, ja lisäksi joka kahdeksas vuosi suoritetaan määräaikaistarkastus. Tulevaisuudessa on tunnistettu tarve kaasui- tai vetykäyttöisen kaluston tankkaamiseen tarkoitetun verkoston rakentamiseen, mutta toistaiseksi tällaista verkostoa ei ole suunniteltu. Tankkauspaikkoihin ei muutoinkaan ole kaavailtu muutoksia lähiaikoina, vaikka sähköistettyjen rataosuuksien määrä kasvaa. (Väylävirasto 2021)

Suomessa kuljetettiin rautateillä yhteensä 5,0 miljoonaa tonnia vaarallisia aineita vuonna 2017. Määrä on pysynyt samalla tasolla viimeiset seitsemän vuotta, mutta laskenut pitkällä aikavälillä. Vuosina 1997–2001 vaarallisten aineiden vuosittainen kuljetusmäärä oli keskimäärin 6,8 miljoonaa tonnia. Vuosina 2013–2017 kuljetusten määrä oli keskimäärin 5,1 miljoonaa tonnia. Näiden kahden ajanjakson välillä kuljetusten määrä on siis pienentynyt 25 %. Vaarallisten aineiden kuljetukset ovat pääasiassa muutamien suurten teollisuuslaitosten kuljetuksia. Näiden yritysten tuotannon muutokset vaikuttavat siksi merkittävästi vaarallisten aineiden kuljetusmääriin. (Strömmer 2019)

Vuonna 2017 rautateiden tavaraliikenteen kokonaismäärä vuonna 2017 oli 38,5 miljoonaa tonnia. Tästä vaarallisten aineiden kuljetusten osuus oli 13 %. Pitkällä aikavälillä vaarallisten aineiden kuljetusten osuus koko tavaraliikenteestä on vaihdellut välillä 12–20 %. Kuvassa 16 esitetään vaarallisten aineiden vuosittaiset kuljetusten määrät ja osuus koko tavaraliikenteestä aikavälillä 1997–2017. Kuvassa 17 puolestaan esitetään rautateiden tavaraliikenteen kokonaismäärien vuosikeksiarvo ja vaarallisten aineiden kuljetusten osuus kuljetuksista viisivuotiskausittain. (Strömmer 2019)



Kuva 16. Vaarallisten aineiden kuljetukset rautatieliikenteessä vuosina 1997–2017 ja osuus rautateiden tavaraliikenteen kokonaismäärästä. (Strömmer, H. 2019)



Kuva 17. Tavaraliikenteen kokonaismäärä rautateillä ja vaarallisten aineiden kuljetusten osuus. (Strömmer 2019)

Vaarallisten aineiden kuljetuksia liikkuu lähes koko rataverkolla, vaikkakin kuljetusten painopiste on selkeästi Etelä- ja Kaakkois-Suomen rataosuuksilla. Yli 40 % VAK-liikenteestä muodostui Venäjältä Suomeen suuntautuvista vaarallisten aineiden kuljetuksista. Venäjältä Suomen satamien kautta kulkeva transitoliikenne puolestaan muodosti noin kolmanneksen Suomen VAK-liikenteestä. Rautatieverkon vaarallisten aineiden kuljetuksista vuonna 2017 siis vain neljännes oli kotimaan sisäistä liikennettä. (Vainiomäki, V. 2018)

Liikenne- ja viestintäministeriön laatimassa VAK-strategiassa vaarallisten aineiden kuljetusten ennustettiin laskevan lievästi vuodesta 2012 vuoteen 2020, koska Venäjä kehittää omia satamiaan ja keskittää kuljetuksiaan satamiinsa. Vuonna 2021 Venäjältä tuotiin rautateitse 6,7 miljoonaa tonnia pääasiassa raakapuuta ja kemikaaleja, ja lisäksi Venäjältä länteen suuntautuva transitoliikenne oli 8,4 miljoonaa tonnia. Venäjän hyökättyä Ukrainaan 24.2.2022 VR Group on irtautunut Venäjän raidekuljetuksista. Vaikkakaan rautatieliikenne ei suoraan kuulu EU:n asettamien pakotteiden piiriin, monet kaluston omistajat, osa kuljetettavista tuotteista ja venäläinen rautatieyhtiö RZD kuuluvat pakotteiden alaisuuteen. (Traficom 2022) Vaarallisten aineiden kuljetukset

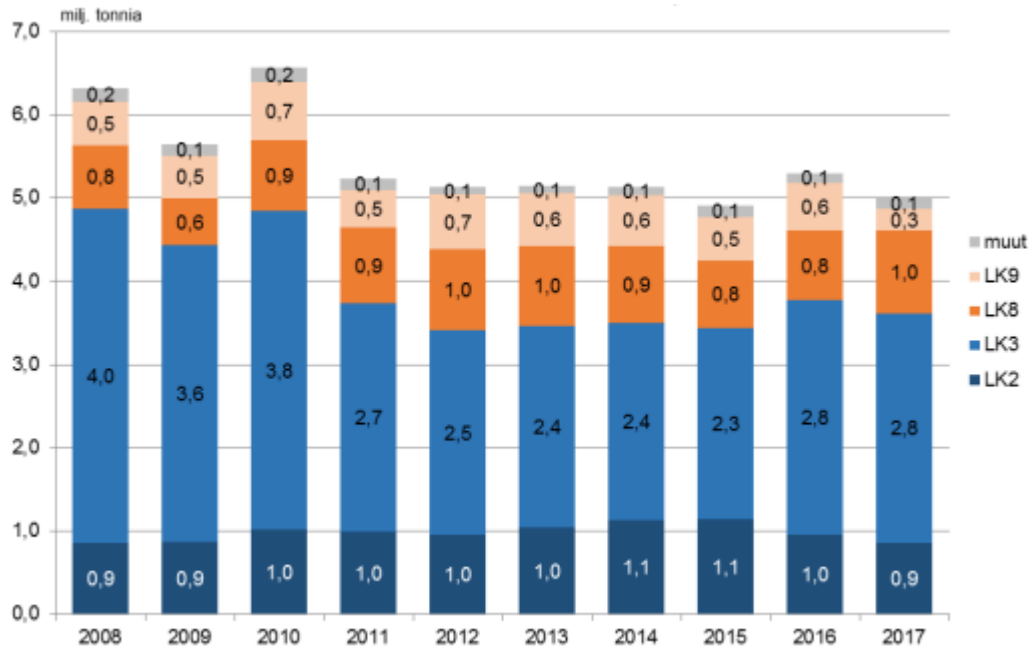
Venäjältä ovat siten vähentyneet Suomen rataverkolla huomattavasti VAK-strategiassa ennustettua enemmän.

3.2 Vaarallisten aineiden kuljetusten haitta-aineet ja niiden erityispiirteet

Vaarallisten aineiden kuljetussäännösten mukaisiin kuljetuksiin kuuluvat muun muassa monet kemikaalien tuotanto- ja varastointilaitosten raaka-aine ja valmistekuljetukset, monet tavallisten kulutustuotteiden kuljetukset, kuten esimerkiksi aerosolit ja maalit. Kuljetussäännösten piiriin kuuluu myös vaarallisten jätteiden, polttonesteiden ja kaasujen kuljetukset sekä maa- ja metsätalouden kemikaalien kuljetukset, kuten lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet. (Tukes) Merkittävin osa rautateiden vaarallisten aineiden kuljetuksista muodostuu kemianteollisuuden kuljetuksista. Vuonna 2017 rautateiden vaarallisten aineiden kuljetuksista 55 % oli palavia nesteitä, syövyttävien aineiden osuus kuljetuksista on 20 % ja kaasujen 17,2 %. Muiden kuljetusluokkien osuudet kuljetusmäärästä olivat selkeästi pienempiä. (Vainiomäki, V. 2018) Vuosina 2013–2017 rautateillä ei kuljetettu lainkaan räjähteitä, helposti syttyvien aineiden luokkia 4.2 ja 4.3, orgaanisia peroksiedeja, tartuntavaarallisia aineita tai radioaktiivisia aineita. (Strömmer 2019) Taulukossa 17 on esitetty eri vaarallisten aineiden kuljetusluokkien määrät ja osuus vuoden 2017 rautatiekuljetusten kokonaismäärästä. Kuvassa 18 esitetään vaarallisten aineiden jakautuminen eri kuljetusluokkien kesken vuosina 2008–2017.

Taulukko 17. Vaarallisten aineiden kuljetusluokkien määrät ja osuus kokonaismäärästä vuonna 2017 rautatiekuljetuksissa. (Strömmer 2019)

Kuljetusluokka	Tonnia	%
1. Räjähteet	0	0,0
2. Kaasut	859 000	17,2
3. Palavat nesteet	2 754 000	55,2
4.1. Helposti syttyvät kiinteät aineet, itsereaktiiviset aineet ja epäherkistetyt kiinteät räjähdysaineet	7 600	0,2
4.2. Helposti itsestään syttyvät aineet	0	0,0
4.3. Aineet, jotka veden kanssa kosketukseen joutuessaan kehittävät palavia kaasuja	0	0,0
5.1. Sytyttävästi vaikuttavat (hapettavat) aineet	112 700	2,3
5.2. Orgaaniset peroksidit	0	0,0
6.1. Myrkylliset aineet	5 400	0,1
6.2. Tartuntavaaralliset aineet	0	0,0
7. Radioaktiiviset aineet	0	0,0
8. Syövyttävät aineet	999 300	20,0
9. Muut vaaralliset aineet ja esineet	254 700	5,1
Yhteensä	4 993 000	



Kuva 18. Vaarallisten aineiden kuljetusluokat rautatiekuljetuksissa vuosina 2008–2017. (Strømmer 2019)

Taulukkoon 18 on koottu vuosina 2014–2018 yleisimmin vaarallisten aineiden rautatiekuljetuksissa tapahtuneissa onnettomuuksissa ja vaaratilanteissa esiintyneet aineet. Tiedot on koottu VR:n raportointijärjestelmästä ja Pronto-aineistosta. Taulukkoon on koottu kaikki aineet, jotka ovat olleet mukana vähintään kahdessa onnettomuudessa. Vuoden 2018 osalta taulukossa on huomioitu 28.8 mennessä tapahtuneet onnettomuudet ja vaaratilanteet

Taulukko 18. 2014–2018 yleisimmin esiintyneet aineet rautateillä vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuneissa onnettomuuksissa (Vainiomäki 2018)

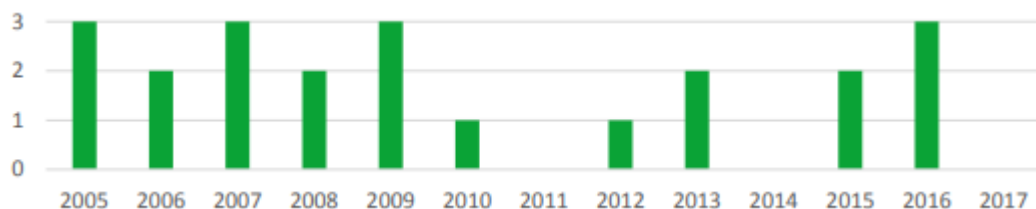
	Kuljetusluokka	Onnettomuuksia
Typpihappo	8 Syövyttävät aineet	8
Diesel	3 Palavat nesteet	8
Natriumklooraatti	5.1 Sytyttävästi vaikuttavat (hapettavat) aineet	7
Argon	2 Kaasut	7
Vetyperoksidi	5.1 Sytyttävästi vaikuttavat (hapettavat) aineet	6
Ammoniakki	2 Kaasut	5
Butadieeni	2 Kaasut	3
Fosforihappo	8 Syövyttävät aineet	2
Isobutaani	2 Kaasut	2
Kivihilitervapiki	3 Palavat nesteet	2
Propaani	2 Kaasut	2

Kuten taulukosta 18 nähdään, yleisimmin onnettomuuksissa ja vaaratilanteissa mukana olevia aineita ovat palavat nesteet, syövyttävät aineet ja kaasut. Näitä aineita myös kuljetetaan VAK-aineista eniten rataverkolla. Sytyttävästi vaikuttavien aineiden osuus vaarallisten aineiden kuljetuksessa tapahtuneissa onnettomuuksissa ja vaaratilanteissa on suuri suhteessa niiden osuuteen VAK-kuljetuksista tonneina. Sytyttävästi vaikuttavien aineiden osuus vuonna 2017 rautateiden vaarallisten aineiden kuljetetuista tonneista oli 2,3 %. (Vainiomäki 2018)

3.3 Haitta-aineiden aiheuttamat riskit ja onnettomuusmekanismit

Kattavimmat tilastot vaarallisten aineiden rautatiekuljetuksissa tapahtuneista onnettomuuksista ja vaaratilanteista saadaan VR-Yhtymä Oy:n rautatieturvallisuusraportista, joka kokoaa yhteen VR:n onnettomuus- ja vaaratilanneraporttien tiedot. VR vastaa suurimmasta osasta vaarallisten aineiden kuljetuksista Suomessa, joten tilasto antaa melko kattavan kuvan vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuvista poikkeamista. (Vainiomäki 2018)

VR:n tilaston mukaan viime vuosina on tapahtunut 0–3 vuototapausta vuosittain. Kuvasta 19 voidaan havaita hieman laskeva trendi tapahtuneiden vuotojen määrässä 2010-luvulla, vaikka vuonna 2016 vuotoja onkin ollut kolme kappaletta. Tilastoa laadittaessa syyskuussa 2018 ei ollut raportoitu yhtään vaarallisten aineiden rautatiekuljetuksiin liittyvää vuotoa. Vuosina 2012–2017 tapahtuneista vuodoista puolet ovat olleet kaasuvuotoja ja puolet nestevuotoja. (Vainiomäki 2018)

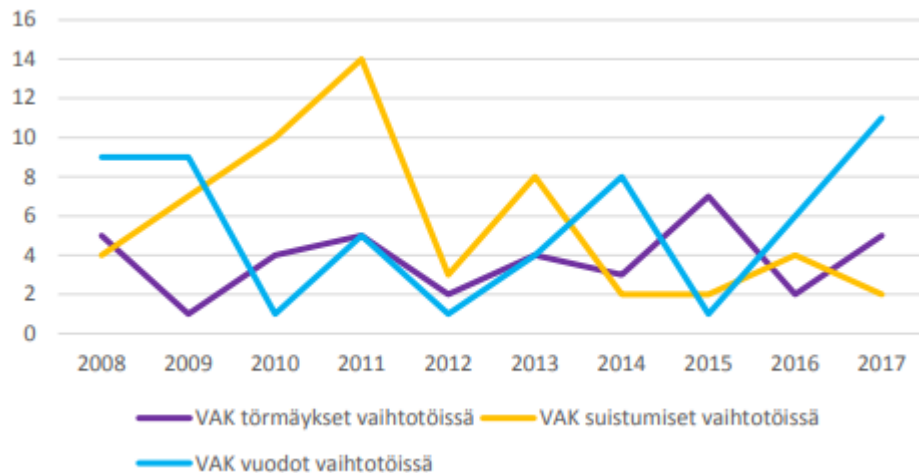


Kuva 19. Vaarallisten aineiden vuodot junaliikenteessä VR:n tilastoissa. (Vainiomäki 2018)

Junaliikenteessä tapahtuvista vuototapauksista suurin osa on ollut seurauksiltaan pienimuotoisia, mutta toisinaan tapahtuu myös vaarallisempia vuotoja. Esimerkiksi elokuussa 2015 junaliikenteessä tapahtui ammoniakkivuoto, jonka hallintaan ottaminen osoittautui hyvin haastavaksi. Kyseisessä onnettomuudessa Uuteenkaupunkiin matkalla olleessa junassa havaittiin Toijalassa ammoniakkivuoto, jota ei saatu yrityksistä huolimatta tukittua. Näin ollen juna jatkoi matkaansa Turkuun missä se joutui vaihtotöiden vuoksi olemaan jonkin aikaa pysähdyksissä. Lopulta juna pääsi Uuteenkaupunkiin ja vaunu saatiin tyhjennettyä. (Vainiomäki 2018)

Vuotoja lukuun ottamatta vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvät vaaratilanteet ja onnettomuudet ovat viime vuosina olleet rataliikenteessä harvinaisia. Vuosina 2014–2018 on tapahtunut muutamia vaarallisia aineita kuljettaneiden tavarajunien katkeamisia ja yksi suistuminen. Lisäksi yhdessä tavarajunien onnettomuudessa oli osallisena vaarallisia aineita kuljettamassa ollut tavarajuna. Nämä onnettomuudet eivät kuitenkaan ole johtaneet vaarallisten aineiden vuotoihin. (Vainiomäki 2018)

Suurin osa vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvistä vaaratilanteista tapahtuu vaihtotyössä. Vaihtotöissä teknisten turvajärjestelmien merkitys on junaliikenteestä poiketen vähäinen ja liikennöinnin turvallisuuden varmistaminen on enemmän henkilöstön toiminnan varassa. Tämä aiheuttaa junaliikennettä suuremman onnettomuus- ja vaaratilanneriskin. VR:n tilastojen mukaan vaihtotöissä tapahtuvien vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvien poikkeamien määrä on pysynyt melko tasaisena viime vuosina kuten kuvasta 20 nähdään.



Kuva 20. Vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät poikkeamat vaihtotyössä vuosina 2008–2017. (Vainiomäki 2018)

Yleisin vaarallisten aineiden kuljetusten vaihtotöissä ilmennyt poikkeamatyyppi viime vuosina on suistuminen. Esimerkiksi kiskoille jääneet pysäytyskengät ovat aiheuttaneet muutamia suistumisia. Erityisesti tyhjen vaunujen suistumisia puolestaan on aiheuttanut urakiskoon kertynyt lumi ja jää. Kahdessa tapauksessa suistumisen on aiheuttanut radan pettäminen vaunujen alla. Suurimmasta osasta suistumisista ei kuitenkaan ole aiheutunut vaarallisten aineiden vuotoja. (Vainiomäki 2018)

Viime vuosina yleisin vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvä poikkeamalaaji vaihtotyössä on ollut vuodot. Pääosa vaihtotöissä tapahtuneista vuodoista vaarallisten aineiden vuodoista on ollut nestevuotoja ja tyypillisesti ne ovat olleet pieniä venttiilivuotoja. Yleisin venttiilivuodon syy on ollut liian löysällä ollut venttiili. Vaarallisten aineiden vaihtotyöyksikköjen törmäysten määrä on viime vuosina pysynyt melko vakaana ja suuri osa törmäyksistä on tapahtunut veturin työntäessä vaunuja edellään. Yleisin vaihtotöissä tapahtuneen törmäyksen syy on vaihtotyöntekijän inhimillinen virhe. Vuosina 2016–2018 neljä törmäystä aiheutui vaunujen päästyä liikkeelle itsekseen. Typpihappoa, natriumklooraattia, argonia tai vetyperoksidia koskevat onnettomuudet tai vaaratilanteet ovat olleet pääosin vuotoja. Dieseliä kuljettaneita vaunuja on puolestaan ollut mukana suistumisissa, törmäyksissä ja vuodoissa. (Vainiomäki, V. 2018)

Vuonna 2018 yli 70 % Suomen rataverkolla liikkuvista vaarallisten aineiden kuljetuksista kulki venäläisissä vaunuissa. Onnettomuus- ja vaaratilanneilmoituksissa ei ole tietokenttää, johon merkittäisiin, onko kalusto ollut venäläistä. Vuosina 2014–2018 noin joka neljännen tehdyn ilmoituksen vapaan tekstin kenttään on kuitenkin ilmoitettu, että tapahtumassa on ollut mukana venäläisiä vaunuja. Todennäköisesti siis venäläistä kalustoa on ollut mukana vielä suuremmassa osassa tapauksia. (Vainiomäki 2018)

3.4 VAK-toimintojen huomiointi hulevesien hallinnassa

Ratapihaturvallisuutta käsittelee muun muassa laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 719/1994 (muutos 215/2005), jonka pykälässä 12 todetaan, *että ”ratapihan [...] suunnittelussa ja toiminnassa tulee ottaa huomioon vaarallisten aineiden kuljetuksen ja tilapäisen säilytyksen aiheuttamat vaarat ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle. Ratapihalla [...] saa kuljettaa ja tilapäisesti säilyttää vain sellaisia määriä vaarallisia aineita, ettei aineista aiheudu erityistä vaaraa. Näissä paikoissa myös vaarallisille aineille tarkoitettujen alueiden ja niiden varustelun tulee olla sellaiset, ettei aineista niitä kuljetettaessa tai tilapäisesti säilytettäessä aiheudu erityistä vaaraa.”* (Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 719/1994)

Vaarallisten aineiden kuljetukset aiheuttavat radanpidossa merkittävimmän riskin pohjavesien ja maaperän pilaantumiselle ja siksi VAK-toiminnot on huomioitava myös hulevesien hallinnassa. Varsinkin vesiliukoiset aineet voivat kulkeutua helposti radan kuivatuksen kautta vesistöihin ja aiheuttaa edellä siteeratun lain mukaista vaaraa ympäristölle.

Lainsäädännön mukaan sellaisella ratapihalla, jonka kautta kuljetetaan merkittäviä määriä vaarallisia aineita, tulee olla ajantasainen turvallisuusselvitys. Väylävirasto kokoaa ja täydentää turvallisuusselvityksen koko ratapihalle ja huolehtii siitä, että turvallisuusselvityksessä kuvatut toiminnot muodostavat turvallisuuden kannalta toimivan kokonaisuuden. Koko ratapihan turvallisuusselvityksen hyväksyy Liikenne- ja viestintävirasto. (Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta annetun lain muuttamisesta 1007/2018) Turvallisuusselvityksessä hulevesien näkökulmasta merkityksellisimpiä ovat luonnon ympäristön suojaamista koskevat Liikenneviraston ohjeen liitetaulukot,

joiden rakenne on esitetty taulukoissa 19 ja 20. Arviointia edellyttävien kysymysten kohdalla kuvataan, mikä seuraavista vaihtoehdoista parhaiten kuvaa ratapihalla vallitsevaa tilannetta tai noudatettavaa käy

täntöä tarkasteltavan aiheen osalta.

Taulukko 19. Luonnon ympäristön yleistiedot. (Liikennevirasto 2010)

A	Ratapihan läheisyydessä olevat vesistöt (järvet, joet, ojat, jne.)	
1	Tyyppi	
2	Etäisyys	
3	Virtaussuunta	
B	Pohjavesialueet	
1	Ratapihan läheisyydessä olevat tärkeät pohjavesialueet	
2	Pohjaveden virtaus- ja kulkusuunnat	
C	Vedenhankintaan käytettävät vesistöt ja pohjavesialueet	
D	Läheisyydessä olevat arvokkaat virkistysalueet	
1	Tyyppi	
2	Etäisyys	
E	Läheisyydessä olevat arvokkaat virkistysalueet	
F	Maaperän laatu (tiivis, vettä läpäisevä, täyttömaa jne.)	
G	Mahdollisen kaasupilven kulkeutumista ohjailevat pinnanmuodot (laaksot, harjut, kallionseinämät yms.)	

Taulukko 20. Luonnon ympäristön suojaaminen. (Liikennevirasto 2010)**K** = Asia on **kunnossa**.**O** = Asia on osittain kunnossa.**P** = Asiaan ja sen hoitamiseen liittyy **suuria puutteita**.**E** = Asia **ei koske** tarkasteltavaa ratapihaa.

		K	O	P	E	Nykytilanne
A	Vaunujen tarkkailu mahdollisten vuotojen varalta					
B	Tiedot vaarallisten aineiden ympäristövaikutuksista					
1	Tietojen saatavuus kaikkina vuorokaudenaikoina					
C	Sammutusvesien ja mahdollisten vuotojen hallittu ohjaus ja keräys					
1	Keräysaltaat					
2	Viemäriin sulkumahdollisuus					
3	Pohjavesien tarkkailukaivot ja -putket					
4	Patoamis- ja puomitusmahdollisuudet viemärien purkuaukkojen kohdalla tai vesistöissä					
D	Tiedetäänkö tahot, joiden vedenhankinta-alueet sijaitsevat ratapihan läheisyydessä					
E	Yhteystiedot vesilaitoksille, jos on vaara, että vaarallista ainetta pääsee pinta- tai pohjaveteen tai yleiseen viemäriverkkoon					
1	Vedenottamot					
2	Jätevedenpuhdistamot					

4. ESIMERKKEJÄ HULEVESIEN HALLINNASTA RATAPIHOILLA

Ratapihojen kuivatuksesta ei löydy juurikaan julkaistua tietoa. Osasy s tähän on varmastikin se, että monet Suomen ratapihat on rakennettu kymmeniä vuosia sitten, eikä niistä montaa ole sen jälkeen suurem massassa mittakaavassa kunnostettu. Hulevesien hallinta on suunniteltu ratapihoilla tyypillisesti osana kuivatusta ja sen tarkastelu omana osa-alueenaan on ratapihoihin verrattuna uusi ilmiö. Vanhoilla ratapihoilla hulevesien hallintaan ei ole kiinnitetty suurta huomiota. Hulevesien hallinnan huomiointi ratapihoilla on kuitenkin ajankohtaista niiden peruskorjauksen yhteydessä, koska nykyinen lainsäädäntö määrää kiinteistön omistajan huolehtimaan hulevesien hallinnasta. Liikennepaikkojen ja niihin liittyvien pysäköinti- ja varikkoalueiden sekä kuormauspaikkojen hulevesisuunnittelussa on huomioitava alueellisen ympäristöviranomaisen sekä sijaintikaupungin tai -kunnan hulevesiohjeistus (Väylävirasto 2021).

4.1 Tampereen henkilöratapiha

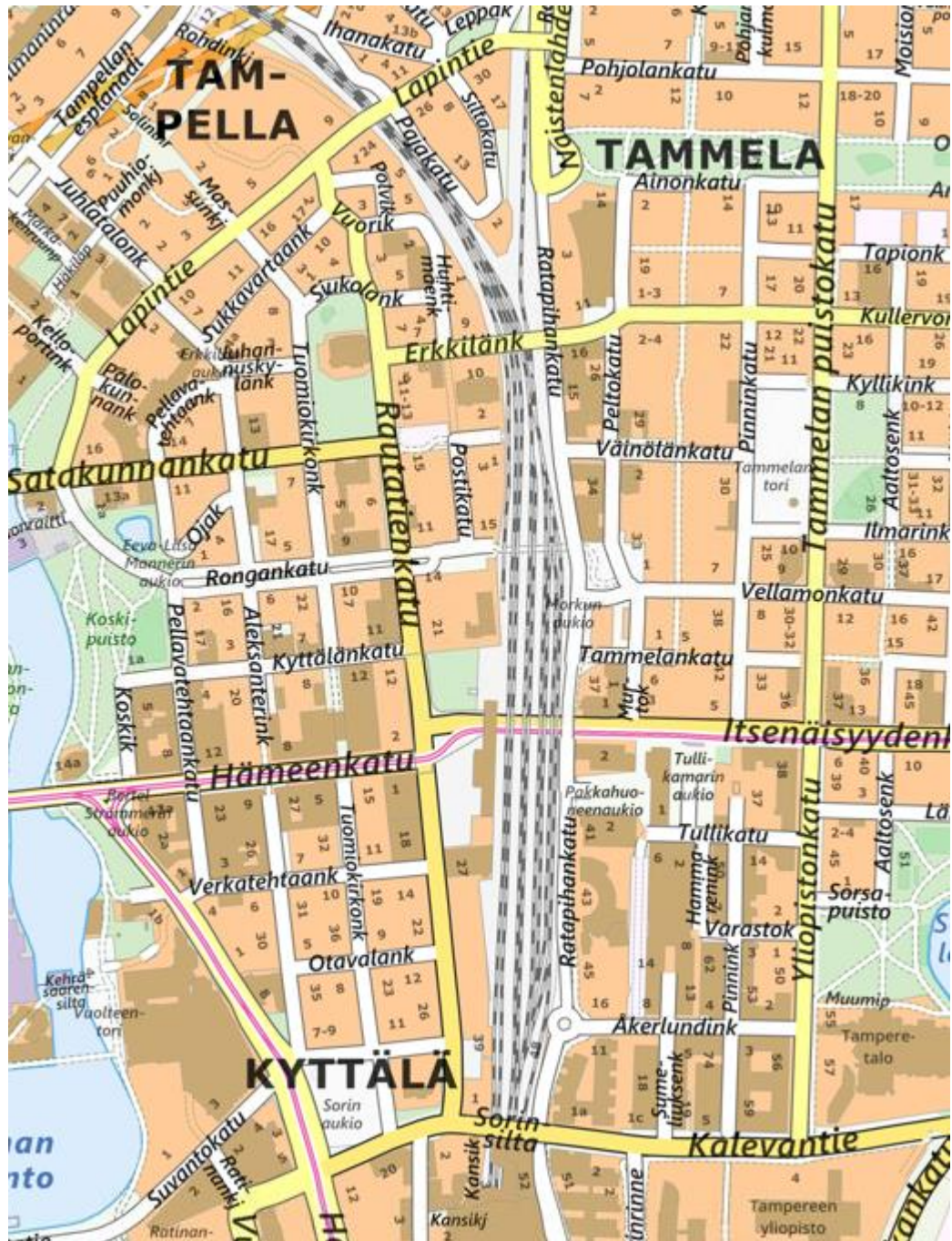
Tampereen kaupunki on laatinut hulevesiohjelman, jonka mukaisesti hulevesiä tulisi käsitellä ja johtaa. Tampereen hulevesiohjelman prioriteetit on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Tampereen kaupungin hulevesien käsittelyn ja johtamisen prioriteettijärjestys sekä mahdollisia toteutustapoja. (Tampereen kaupunki 2012)

1. Ehkäistään syntyä	- Lämpäisevät pinnat - Viherkatot
2. Hyödynnetään syntypaikalla	- Imeytys - Sadeveden keräys ja hyödyntäminen - Sadepuutarhat
3. Puhdistus syntypaikalla	- Biosuodatus
4. Viivyty s syntypaikalla	- Lammet, kosteikot, altaat - Maanalaiset viivyty srakenteet
5. Johtaminen syntypaikalta viivyttävällä järjestelmällä	- Viherpainanteet - Monimuotoiset pintavesiuomat
6. Johtaminen syntypaikalta viivyty salueille	- Keskitetyt kosteikot, lammet, altaat
7. Johtaminen hulevesiputkistossa vesistöön	- Hulevesiviemäröinti

Tampereen kaupungin hulevesiohjelmassa käytetään hieman eri termejä kuin kappaleessa 2.1 esitettyssä Turun kaupungin hulevesiohjelmassa, mutta käytännössä prioriteetit ovat samassa järjestyksessä molempien kaupunkien hulevesiohjelmissa. Ensisijaisesti siis vähennetään hulevesien syntymistä tai käsitellään vedet syntypaikalla. Seuraavana vaihtoehtona ovat erilaiset viivytysvaihtoehdot joko syntypaikalla, johtamisrakenteen yhteydessä tai erillisellä viivytysalueella. Viimeinen vaihtoehto on johtaa vedet viivyttämättä hulevesiviemärien kautta vesistöön.

Tampereen kaupungin hulevesiohjelmassa on ohjeistettu, että keskustan valuma-alueella sekaviemärointiä ei lisätä. Sekaviemärointiä ei kuitenkaan ole tarve erikseen saneerata erillisviiemäröinniksi koska jätevedenpuhdistamojen kapasiteetti on riittävä ja verkoston kunto on kohtalaisen hyvä. Uusien rakennusten hulevedet kuitenkin ensisijaisesti viivytetään, selkeytetään ja imeytetään. Uudet rakennukset ja yhdyskuntatekniikka liitetään hulevesiviemäriverkostoon. Sekaviemäriin voidaan liittyä, mikäli edellä mainitut toimenpiteet on toteutettu mahdollisuuksien mukaan tai ne eivät ole mahdollisia. (Tampereen kaupunki 2012)



Kuva 21. Tampereen henkilöratapiha opaskartalla. (Tampereen kaupunki 2023)

Kuvassa 21 on esitetty Tampereen henkilöratapihan sijainti. Tampereen henkilöratapihan yleissuunnitelman suunnitelmaselostuksen mukaan ratapiha on kuivatettu salaojilla, jotka purkavat alueella olevaan sadevesiviemäriin. Vuosituhannen vaihteessa toteutetun henkilöratapihan perusparannustyön rakennustöiden yhteydessä on rakennettu laiturialueen suuntaisia sadevesiviemäreitä ja salaojitus. Kuivatusratkaisut liittyvät ratapihan allttavaan ja edelleen Pellavantehaankadulle johtavaan runkosadevesiviemäriin.

Matkakeskustunnelia rakennettaessa on rakennettu myös uusi kuivatusta varmistava ratapihan alittava sadevesiviemäri. Itsenäisyydenkadun pohjoispuolella olevat kuivatusjärjestelmät on kytketty Rongankadun alikäytävän yhteydessä rakennettavaan kuivatusratkaisuun. Raiteen 009 itäreunan ja Ratapihankadun väliin on sijoitettu kuivatusta varmistava salaoja ja Ratapihan itäreunassa sijaitseva etelä- pohjoissuuntainen sadevesiviemäri poistuu käytöstä. Laturikatosten sadevesiviemäröinnit voidaan enimmäkseen kytkeä alueellisiin kuivatusjärjestelmiin (A-insinöörit, KSOY & VR Rata 2010)

Naistenlahden kanjoniin sijoittuvan huoltoalueen ja huoltoraiteiston kuivatus on toteutettu uloimpien huoltoraiteiden reunoille ja huoltoalueen keskelle sijoitettavilla salaojilla. Alueen eteläpäästä (Erkkilänkadun pohjoispuolelta) on rakennettu sadevesiviemäriyhteys ratapihan alittavaan runkoviemäriin. (A-insinöörit, KSOY & VR Rata 2010)

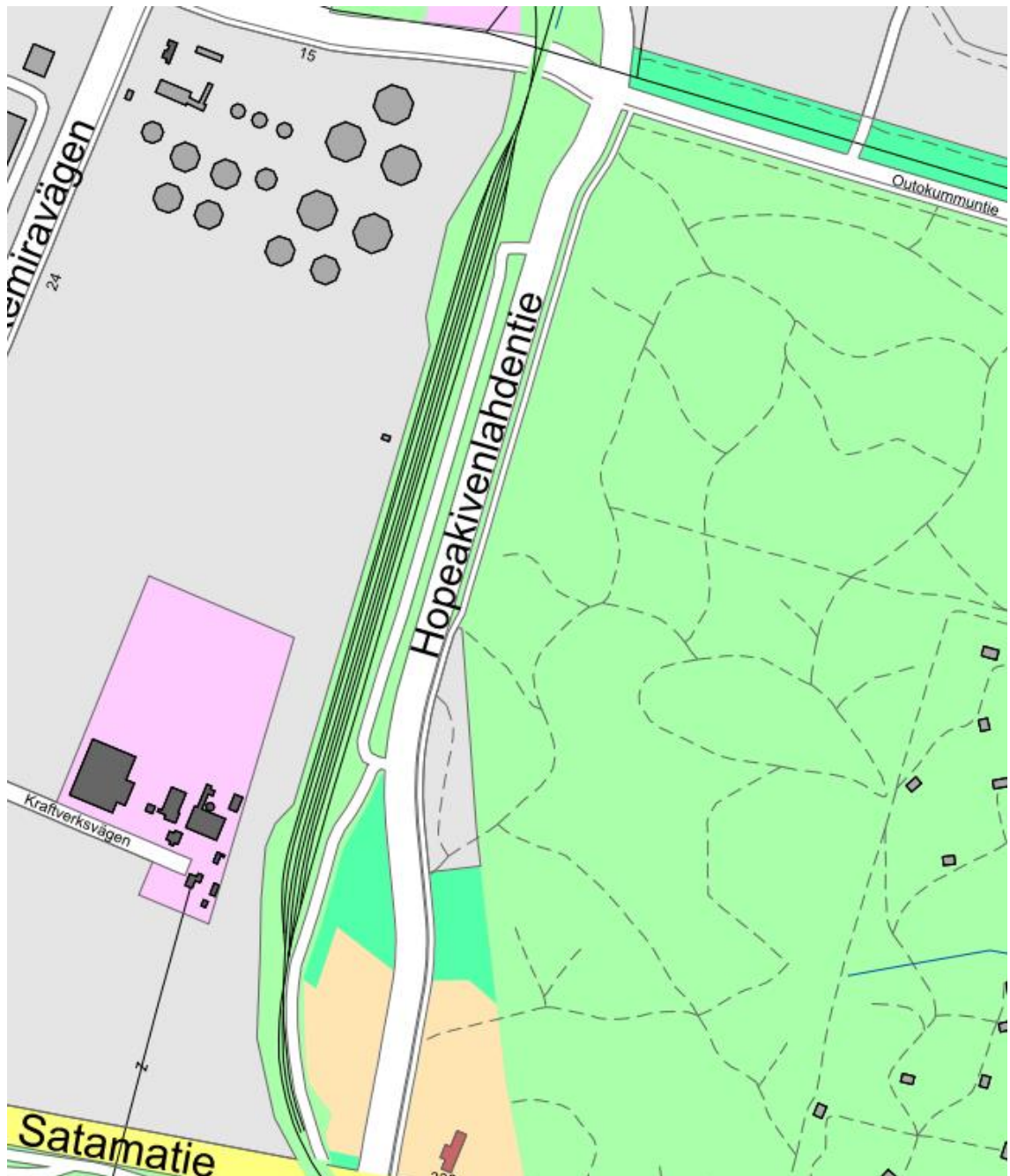
Kun verrataan edellä kuvattua Tampereen henkilöratapihan hulevesien hallintaa Tampereen kaupungin hulevesiohjelman periaatteisiin, voidaan todeta, että hulevesien hallinta on nykyisellään toteutettu hulevesiohjelman matalimman prioriteetin mukaan. Hulevedet siis johdetaan ilman viivytystä sadevesiviemäriin ja sitä kautta eteenpäin. Tampereen henkilöratapihan kehittämishanke on työtä kirjoitettaessa parhaillaan käynnissä ja se saattaa vaikuttaa myös ratapihan hulevesien hallintaan, mutta tietoa uusista ratkaisuista ei vielä ole.

4.2 Kokkolan Ykspihlajan ratapiha

Ykspihlajan ratapiha on Kokkolan sataman ratapiha, joka palvelee myös satamassa sijaitsevien Yara Suomi Oy:n ja Boliden Kokkola Oy:n tuotantolaitosten kuljetuksia. Ykspihlajan liikennepaikka koostuu kahdesta liikennepaikan osasta, Ykspihlaja tavarasta ja Ykspihlaja väliratapihasta, jotka molemmat ovat VAK-ratapihoja. Kantasataman ja Yaran tuotantolaitosten kuljetukset kulkevat Ykspihlaja tavarankautta. Yaran kuljetusten lisäksi kantasatamassa käsitellään muun muassa Talvivaaran kaivoksen kuljetuksia. Ykspihlajan väliratapiha palvelee pääasiassa syväsataman irtotavarakuljetuksia. Tämän lisäksi väliratapihan kautta kulkevat muun muassa First Quantum Mineralsin Pyhäsalmen kaivoksen pyriittikuljetukset ja Yaran pasutekuljetukset.

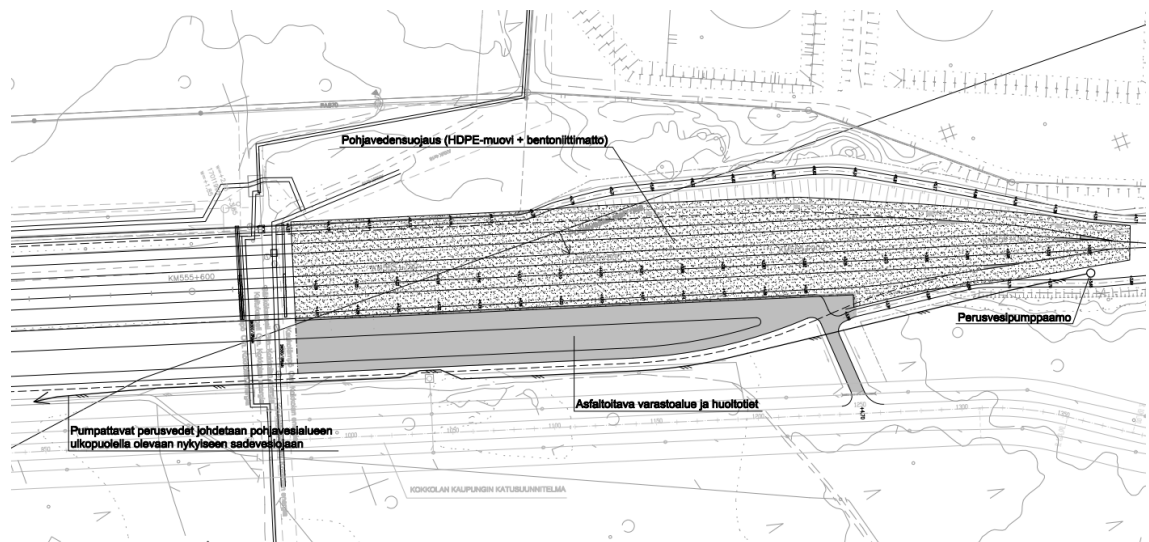
Kokkolan ja Ykspihlajan ratapihojen käytön painopiste on lähivuosina siirtymässä entistä voimakkaammin Ykspihlajaan. (Lapp et al 2017)

Kokkolan ja Ykspihlajan ratapihojen toiminnallisen parantamisen ensimmäinen vaihe toteutettiin 2009–2012, jolloin myös hulevesien hallintaa ja ratapihan kuivatusta on kehitetty. Kuvassa 22 on esitetty Ykspihlajan väliratapiha, josta kaakkoon päin sijaitsee Ykspihlajan tavara ja luoteeseen Kokkolan syväsatama.

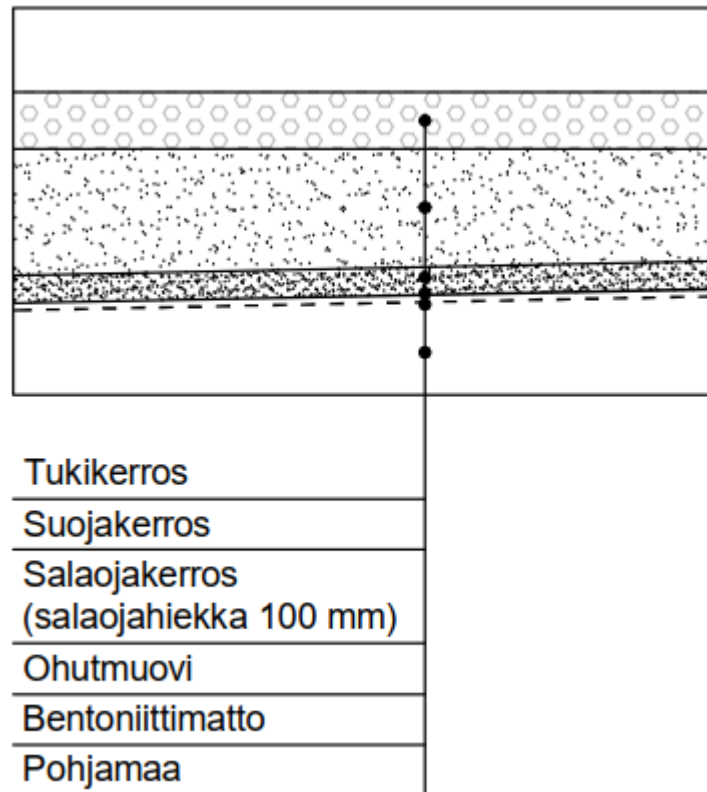


Kuva 22. Ykspihlajan väliratapiha. (Kokkolan karttapalvelu)

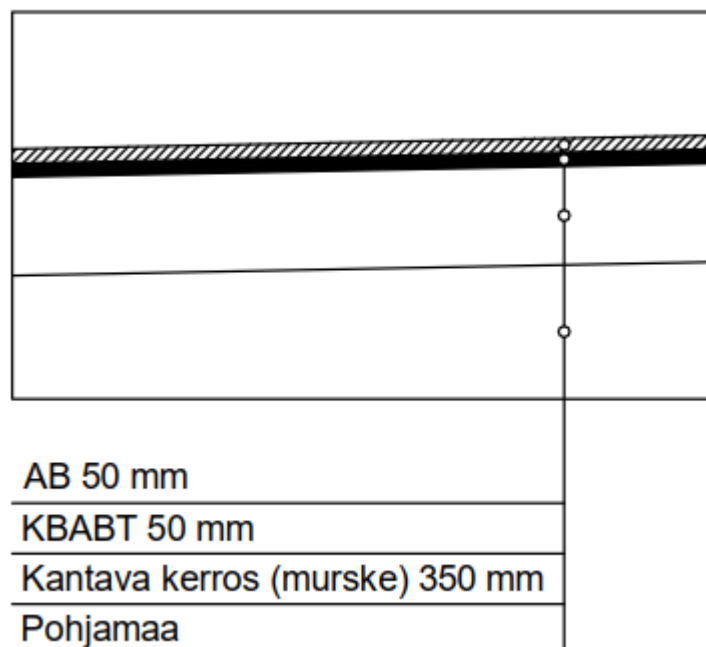
Ratapihan pohjoisosa on vedenhankintaa varten tärkeää pohjavesialuetta, minkä takia ratapihan pohjoisosaan on rakennettu kuvan 23 mukaiselle alueelle InfraRYL 2010 ohjeiden mukainen ns. vaativa kloridisuojaus, jossa suojaus tehdään kaksikerroksisena yhdistelmä rakenteena bentoniittimatolla ja sen päälle tulevalla limisaumatulla ohutmuovilla. Suojusrakenteen materiaalien on täytettävä ja rakentamisessa noudatettava InfraRYL 2010 kohtia 14234 (Teiden ja katujen pohjavedensuojusrakenteet). Radan pohjavedensuojusrakenne on esitetty kuvassa 24. Asfaltoidulla varastoalueella pohjavedensuojaus on toteutettu tiiviillä kumibitumiasfaltilla KBABT. Sen rakenne on esitetty kuvassa 25.



Kuva 23. Suunnitelmien mukainen pohjavedensuojusrakenteen laajuus. (VR rata 2009)

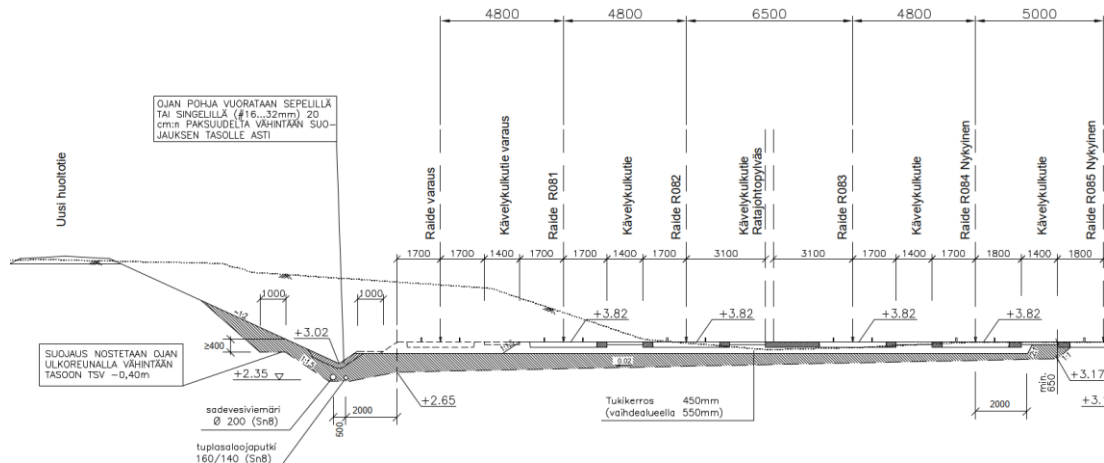


Kuva 24. Radan pohjavedensuojaurakenteen periaatepoikkileikkaus. (VR rata 2009)

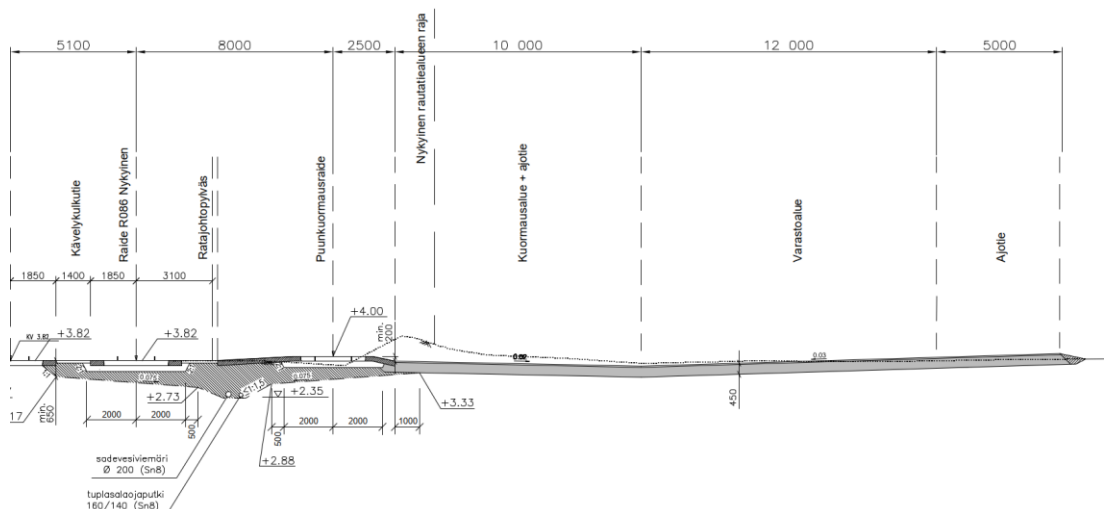


Kuva 25. Varastokentän pohjavedensuojauksen periaatepoikkileikkaus. (VR rata 2009)

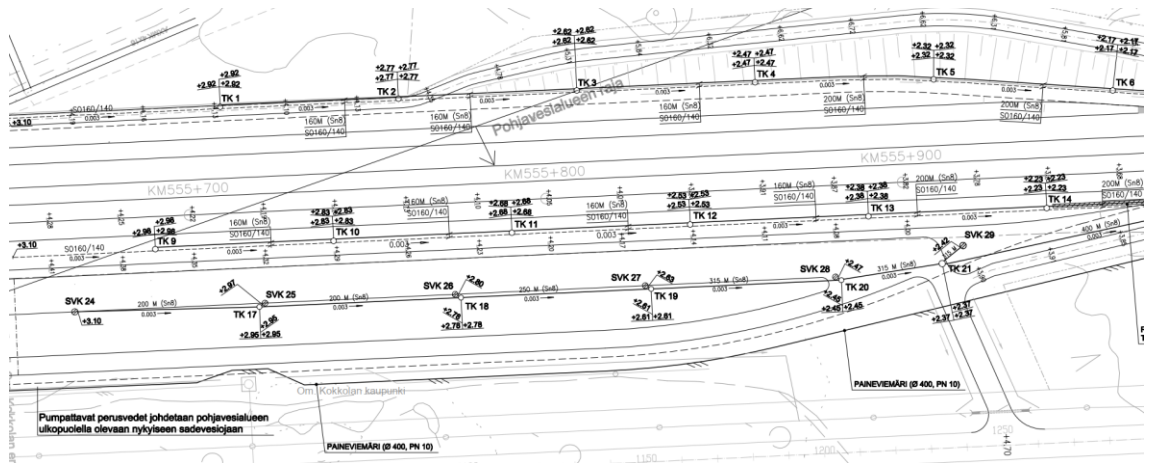
Rata-alueen kuivatus hoidetaan kahdella pohjavedensuojusrakenteen päälle tulevalla raitapihan reunoilla kulkevalla radan suuntaisella sadevesiviemäriinjalla. Sadevesiviemäriinjojen vieressä kulkee kuivatuksen varmistavat salaojaputket. Näiden linjojen lisäksi raitapihan itäpuolelle on tehty asfaltoitu kuormaus- ja varastointialue, joka kuivatetaan yhdellä sadevesilinjalla. Kaikki linjat viettävät pohjoisen suuntaan, missä ne johdetaan öljynerotusjärjestelmän läpi perusvesipumppaamoon, josta vedet pumpataan etelän suuntaan pohjavesialueen ulkopuolella olevaan sadevesiojaan. Perusvesipumppaamo on mitoitettu 180–200 l/s vesimäärälle. Kuvissa 26 ja 27 on raitapihan tyyppipoikkileikkaukset, joista ilmenee raitapihan kuivatuksen ja pohjavedensuojauksen periaate. Kuvissa 28 ja 29 puolestaan on esitetty raitapihan kuivatuksen suunnitelmakartta.



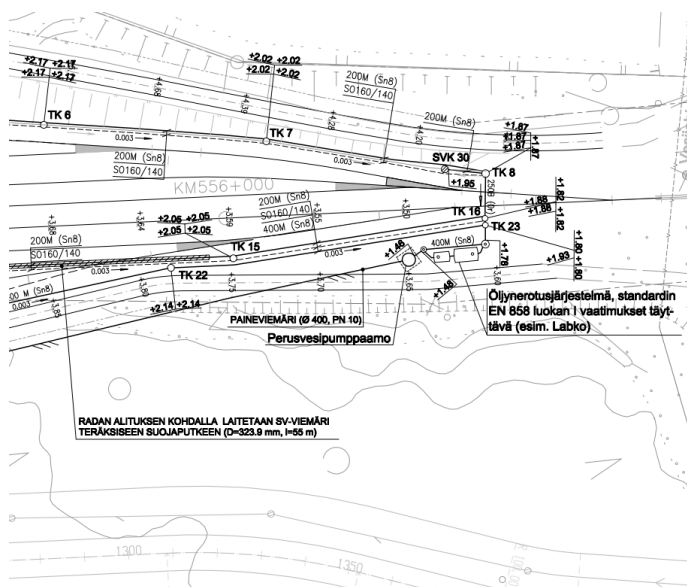
Kuva 26. Raitapihan raiteiden tyyppipoikkileikkaus. (VR rata 2009)

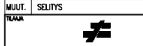


Kuva 27. Puunkuormausraiteen ja varastoalueen tyyppipoikkileikkaus. (VR rata 2009)



Kuva 28. Kuivatuksen suunnitelmakartta, ratapihan eteläosa. (VR rata 2009)



MAUT	SELITYS	PVM	TEHNYT	PVM	MYY.
TEKIJÄ					
MYY.					
RAKENTAJA					
PIIRIT	06.06.2009 Ari-Matti Ilkka				
SUUNN.	06.06.2009 Ari-Matti Ilkka				
TARK.	06.06.2009 Eino Ahlqvist				
MYY.					
PROJEKTI	 Oy VR-Rata Ab Rautatieasunnot				
TARK.	06.06.2009 Aarno Kinnunen				
MYY.	06.06.2009 Hannu Siira	4034 GEO_16501		2	17

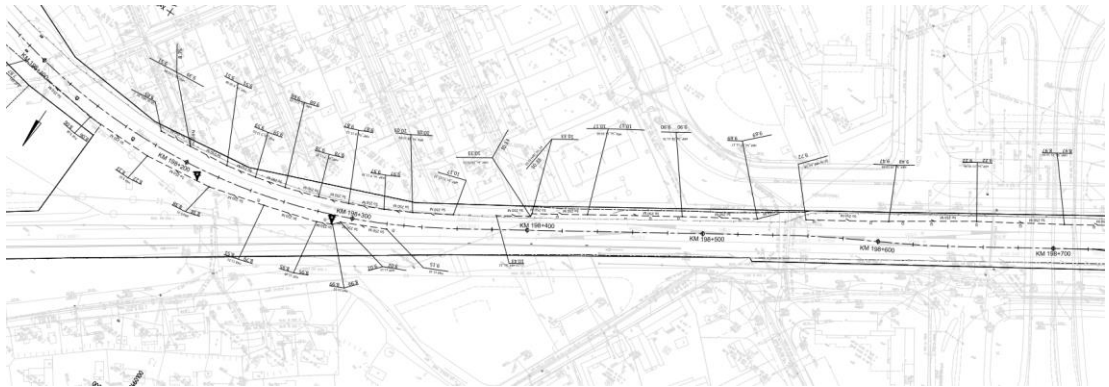
Kuva 29. Kuivatuksen suunnitelmakartta, ratapihan pohjoisosa. (VR rata 2009)

Kuvassa 27 esitetystä tyyppipoikkileikkauksesta puuttuu varastoalueen sadevesiviemäri, vaikka työkohtaisessa työselostuksessa se on mainittu ja kuivatuksen suunnitelmakartassa esitetty.

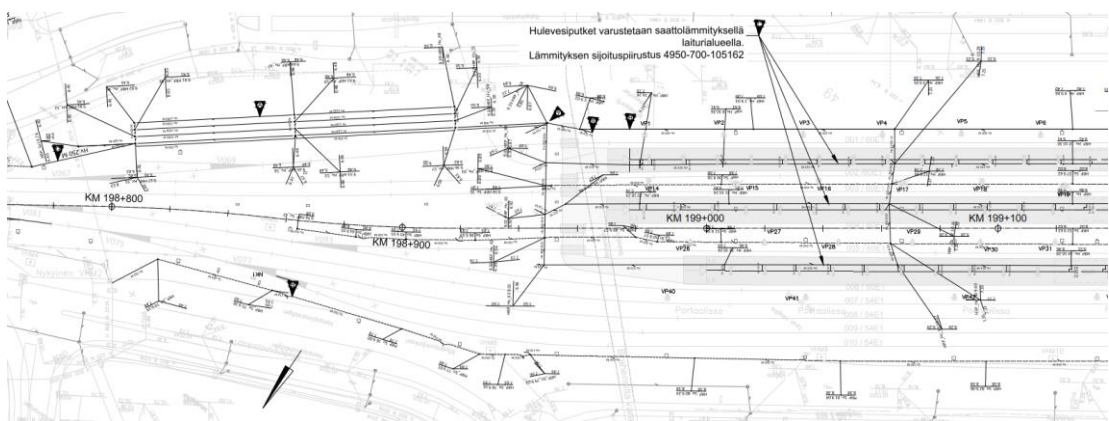
Ykspihlajan ratapihallakaan hulevesiä ei suunnitelmien tai työselostuksen mukaan viivytetä ennen purkamista ojaan. Ainoa käsittely, joka hulevesille tehdään, on johtaminen öljynerotimen läpi. Öljynerotusjärjestelmän tulee täyttää standardin EN 858 luokan I vaatimukset ja työselostuksen mukaan öljynerotusjärjestelmästä lähtevässä sadevedessä öljypitoisuus saa olla enintään 5 mg/l. Järjestelmä on mitoitettu 2,5 ha alueelle, josta noin 0,8 ha on asfalttia ja loput murske- tai ratasepelipintaista salaojitettua ratapiha-aluetta. (VR rata 2009)

4.3 Turun henkilöratapiha

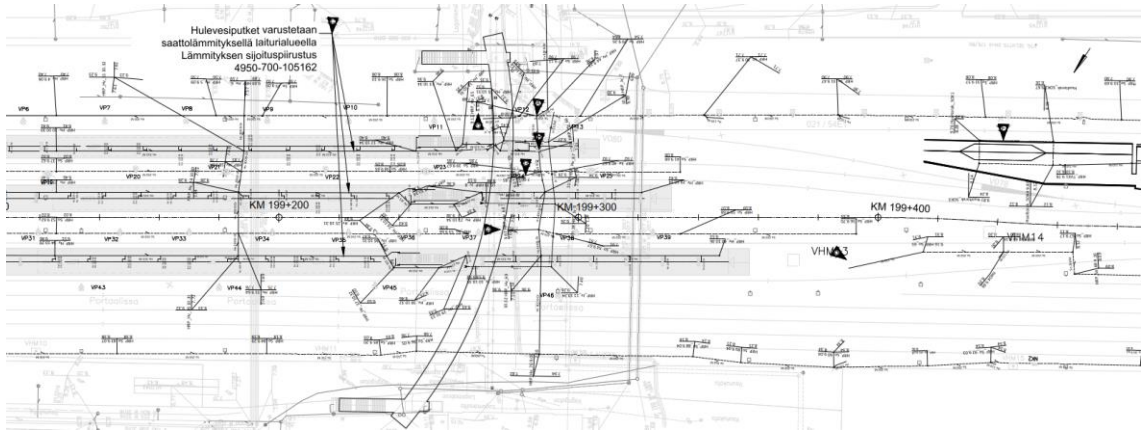
Käynnissä oleva Kupittaa-Turku-ratahanke sisältää muun muassa Turun aseman ratapihan ja Turun tavararatapihan parannustöiden suunnittelun ja toteutuksen. Hankkeen yhteydessä myös ratapihan kuivatus uusitaan ja hulevesien hallintaan on kiinnitetty tarkkaa huomiota heti suunnittelun alusta alkaen. Radan nykyinen kuivatus on toteutettu salaojilla, ja kuivatustaso on 90-luvulla tehdyssä perusparannuksessa ollut -1,6 m radan korkeusviivasta. Nykyisen radan kuivatuksen toiminnasta ei ole varmuutta, ja kaivoissa on havaittu seisovaa vettä. Kuivatustaso pidetään parannustöiden yhteydessä samana, eli noin kv-1,6 m. Radan kuivatus tulee paranemaan uusien salaojien ja paremmin vettä johtavan kalliomurskerakenteen vuoksi. Uudet radan kuivatuksen salaojalinjat on esitetty kuvissa 30, 31, 32 ja 33



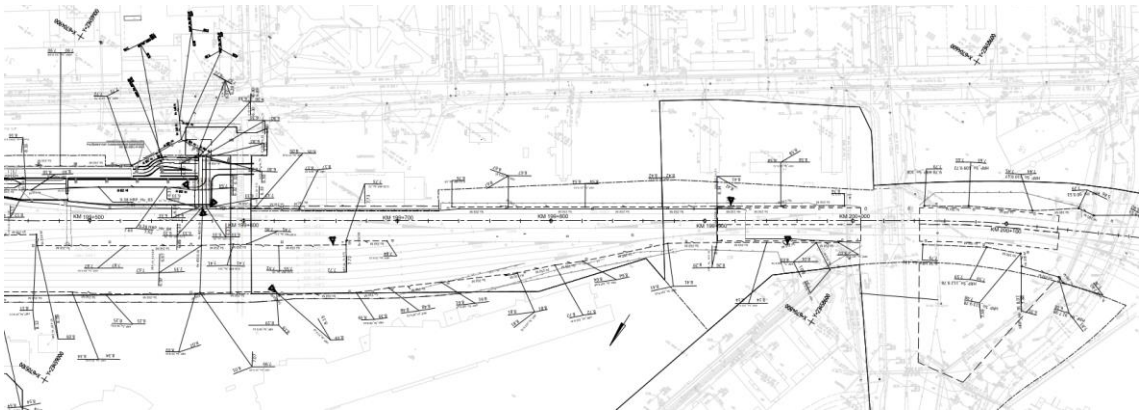
Kuva 30. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta itäpäätä. (Sweco 2023)



Kuva 31. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta laiturialueen itäosa. (Sweco 2023)



Kuva 32. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta laiturialueen länsiosa. (Sweco 2023)



Kuva 33. Turun henkilöratapihan kuivatuskartta länsipää. (Sweco 2023)


Laitureiden alueella kertyneet vedet kerätään laitureiden pintaan rakennetuilla linjakuivatuskaivoilla, jotka purkavat laiturin alle rakennettuun hulevesiviemäriin. Laiturikatoksien katoille kertyvä vesi johdetaan putkea pitkin alas katoksen päältä ja puretaan samaan viemäriin. Hulevesiviemäri alittaa radan ja johtaa vedet raiteiden eteläpuolelle ja siitä eteenpäin idän suuntaan hulevesien viivytysrakenteelle. Laiturialueen kuivatusrakenteita on esitetty kuvien 34 ja 35 poikkileikkauksissa.

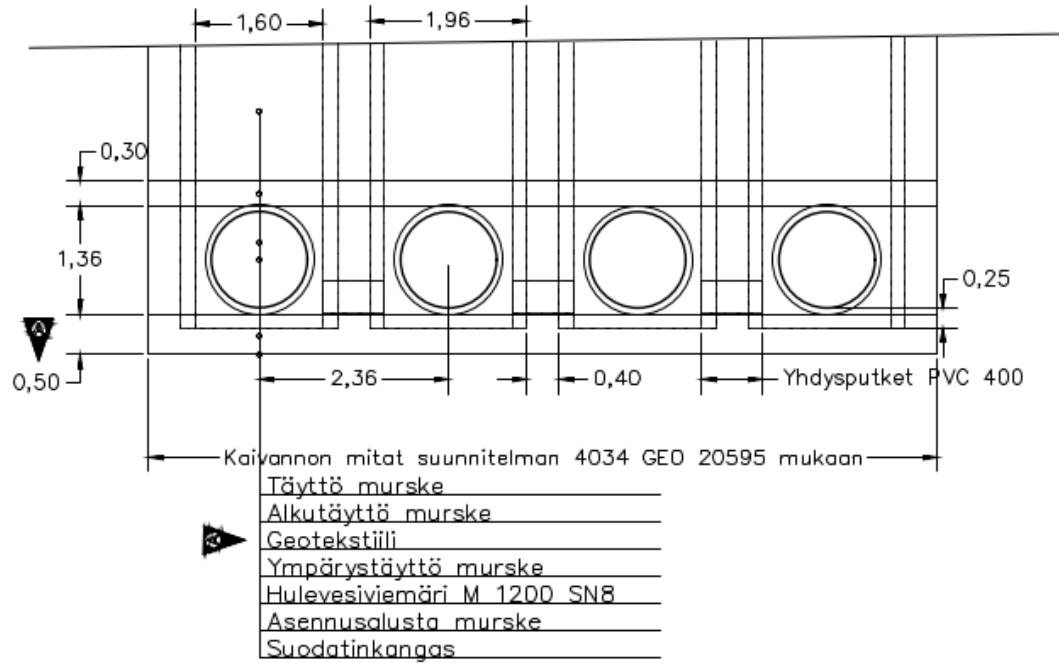


Kuva 36. Ilmakuva Turun henkilöratapihasta. (Turun karttapalvelu)

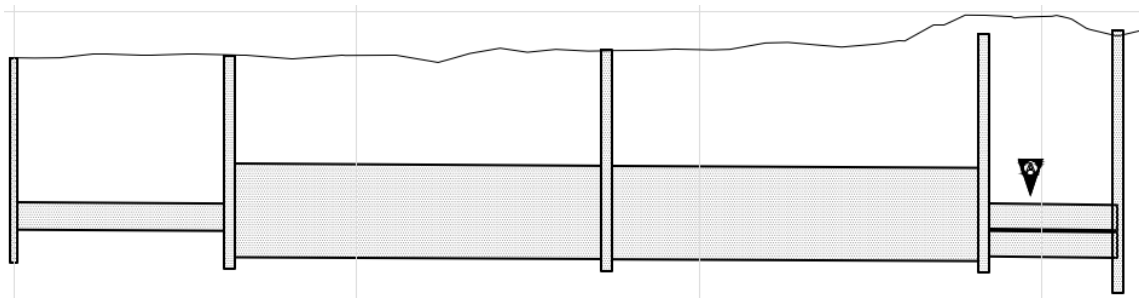
Hulevesiä puretaan hulevesiverkostoon kahdesta eri kohdasta, joten myös viivytsrakenteita on oltava kaksi. Kuten aiemmin jo todettiin, hulevesien hallinta toteutetaan viivyttämällä vettä maanalaisissa viivytytputkissa. Viivytsrakenteet sijoittuvat rakennettavien uusien laitureiden itäpään raiteiden eteläpuolelle ja autolastausalueelle pysäköintialueen alle. (Sweco 2023)

Molempien rakenteiden toimintaperiaate on sama: vesi johdetaan suurin, halkaisijaltaan 1200 mm hulevesiputkiin, joiden purkupäässä on pieni hulevesiputki, jota pitkin vettä puretaan jatkuvasti hitaasti säiliöstä pois. Lisäksi purkupäässä on suurempikokoinen ylivuotoputki, jota pitkin vesi pääsee purkautumaan ulos viivytytputkesta putken täytyessä liikaa. Näin ollen viivytytputki ei koskaan täyty kokonaan, eikä vesi nouse kuivatusjärjestelmään ja täytä kuivatuksen putkia. Viivytytputkia on useampi rinnakkain. Putket ovat kaikki samassa tasossa ja ne on yhdistetty toisiinsa vaakasuorilla putkilla ja kaivoilla siten, että vesi liikkuu vapaasti putkien välillä, jolloin viivytytputket muodostavat yhdessä yhden suuren viivytyssäiliön. Viivytsrakenteen poikki- ja pituusleikkaukset on esitetty kuvissa 37, 38, 39 ja 40. (Sweco 2023)



 KAIVANTO TOTEUTETAAN TUETTUNA
 KS SUUNNITELMA 4034 GEO 20595

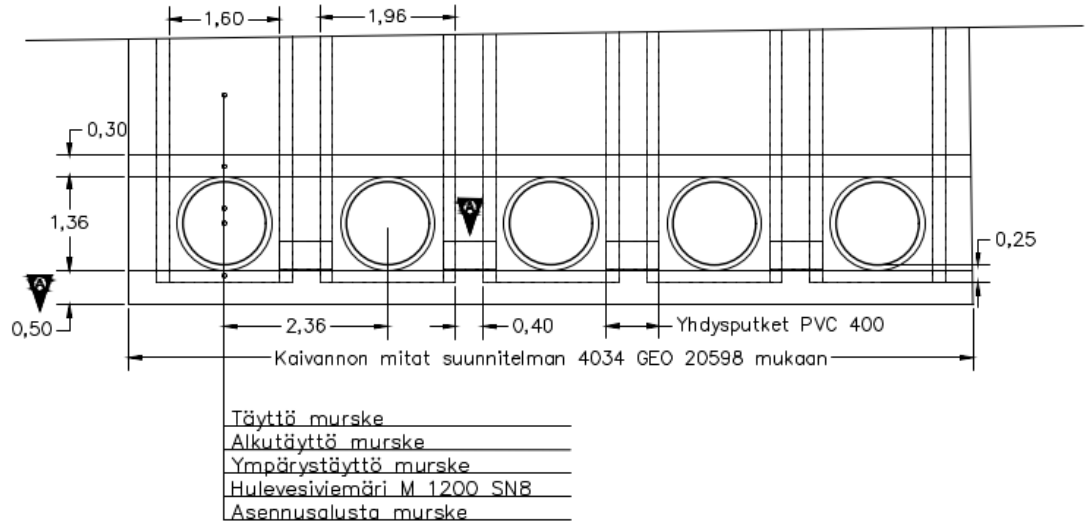


Kuva 37. Itäpään viivytysrakenteen poikkileikkaus. (Sweco 2023)

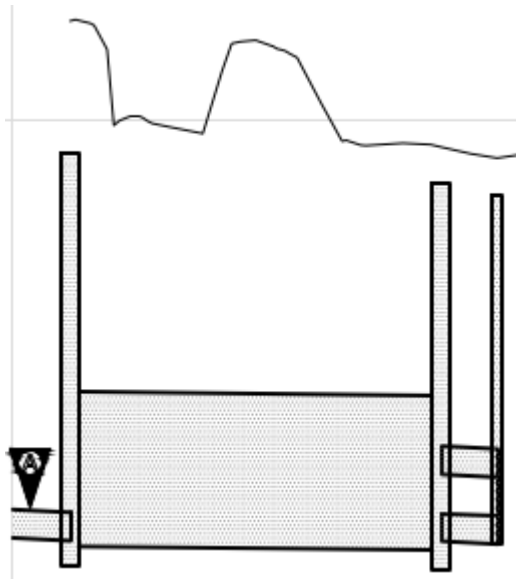


Kuva 38. Itäpään viivytysrakenteen pituusleikkaus. (Sweco 2023)


 KAIVANTO TOTEUTETAAN TUETTUNA
 KS SUUNNITELMA 4034 GEO 20598



Kuva 39. Autolastausalueen viivytyrakenteen poikkileikkaus. (Sweco 2023)



Kuva 40. Autolastausalueen viivytyrakenteen pituusleikkaus. (Sweco 2023)

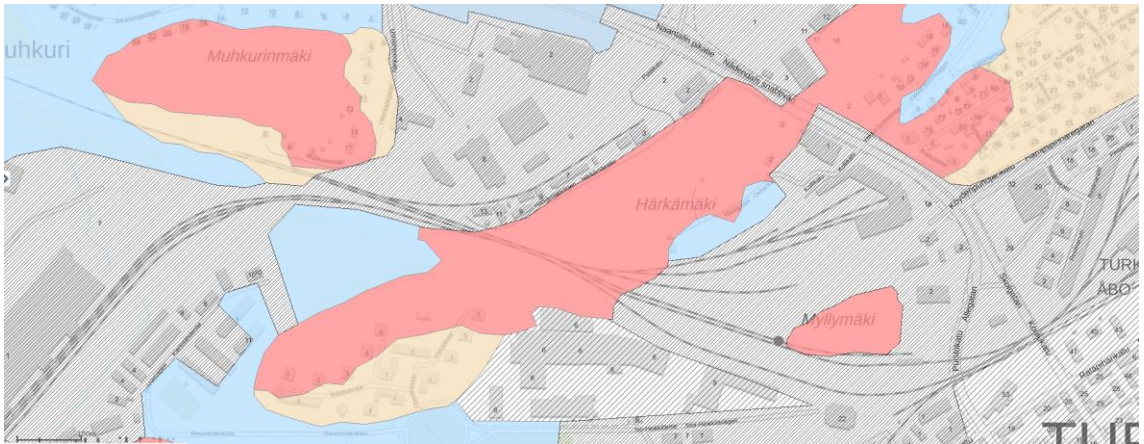
5. TUTKIMUSKOHTTEEN ESITTELY

Tutkimuskohteena on Turun Heikkilän ratapiha. Turun tavararatapiha sijaitsee henkilöratapihasta lounaaseen ja se sijoittuu Pitkämäen kaupunginosaan. Tavararatapihalla on kaksi sähköistettyä läpiajoraidetta ja kahdeksan sähköistämätöntä raidetta. Lisäksi radanpidon käytössä on kolme raidetta. Tavararatapihaa käytetään nykyään pääsääntöisesti matkustajaliikenteen vaihtotöihin, kaluston välisäilöntään ja lastaukseen. Ratapihan pohjoisinta raidetta käytetään myös sepelin lastaukseen. Tavararatapihan yhteydessä on myös yksi raakapuun kuormausraide. Pääraidetta lukuun ottamatta raiteilla varastoidaan muun muassa säiliövaunuja ja matkustajavaunuja.

Raiteet eivät nykyisellään sovellu tavarajunien tulo-, lähtö- ja lajitteluraiteiksi, koska ne ovat liian lyhyitä. Turku-Kupittaa ratahankkeen yhteydessä tavararatapihaa kehitetään ja sinne sijoitetaan kuusi tavaraliikenteen tulo-, lähtö- ja lajitteluraidetta. Tämän lisäksi tavararatapihalle sijoittuu vetureiden seisontraiteet ja tankkauspaikka, radanpidonraiteet ja materiaalien varastoalueet sekä VAK-ratapiha ja sammutusvesijärjestelmä. Hankkeessa varaudutaan myös lähijunaliikenteen käyttöhuoltoon ja seisontraiteisiin. (Väylävirasto 2021)

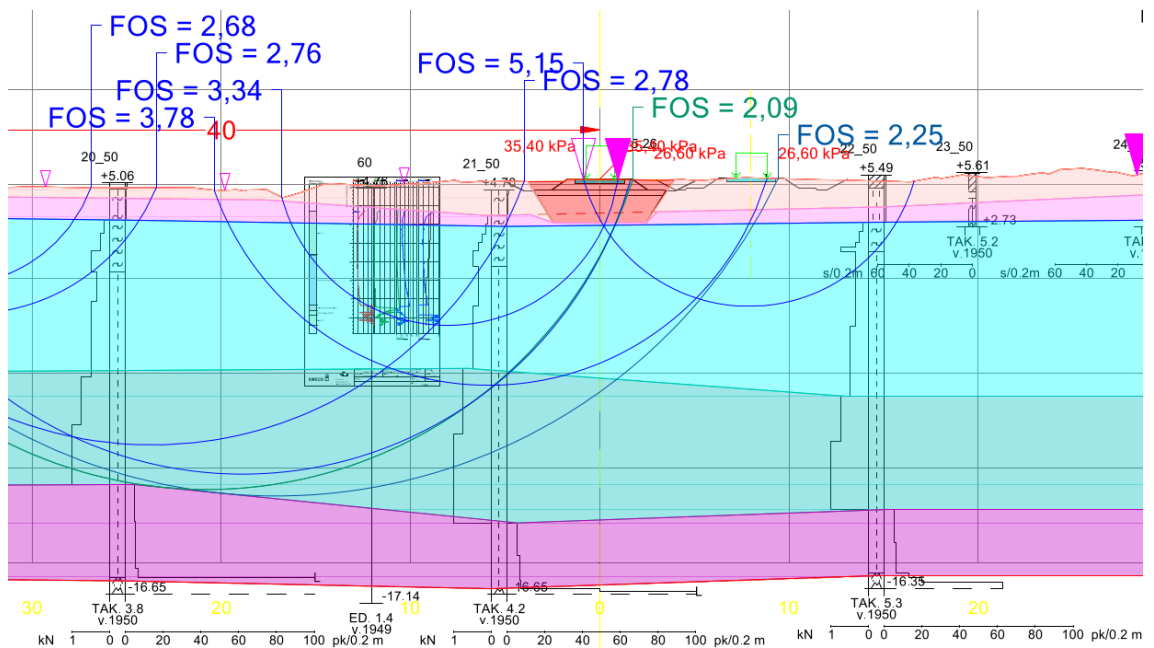
5.1 Pohjaolosuhteet

Maaperä Turun Heikkilän ratapihalla on Lounais-Suomelle tyypillisesti hyvin vaihtelevaa. Alueella on avokalliomäkiä, joiden välisissä laaksoissa on paksuja savikoita. Alueella on vähän sora- tai hiekkamuodostumia. (Liikennevirasto 210) Kuvassa 41 on esitetty tavararatapihan maaperäkartta, jossa punainen väri tarkoittaa kalliomaata, sininen savea, viivoitetut alueet täytemaata ja beige väri hiekkamoreenia. (GTK 2023)



Kuva 41. Heikkilän tavararatapihan maaperäkartta. (GTK 2023)

Alueella on paljon savikerroksia, joiden lujuus on pieni. Hulevesien hallinnan suunnittelua varten on pehmeiköllä tehty stabiiliteettilaskelmia. Pehmeikköalueilla stabiiliteetti on heikko, mikä käy ilmi kuvassa 42 esitetystä hulevesien hallinnan suunnittelun yhteydessä tehdyistä stabiiliteettilaskelmista.

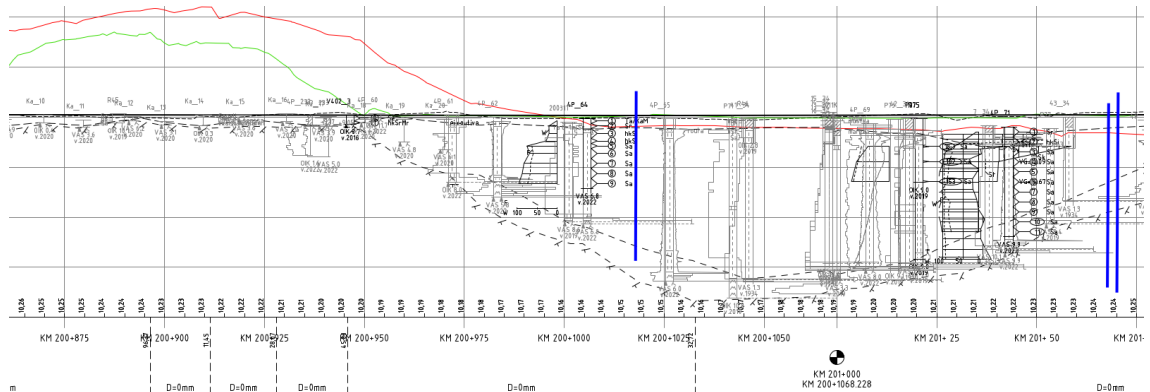


Kuva 42. Hulevesien hallinnan suunnittelua varten tehtyjen stabiiliteettilaskelmien tuloksia pehmeiköllä (Sweco 2023)

Kuvasta 42 voidaan nähdä, että ratapenkereen raiteista laskelmien perusteella piirretyt kriittisten liukupintojen viivat ulottuvat melko kauas radan keskilinjasta. Tämän vuoksi myös hulevesien hallintaa tai kuivatusta varten mahdollisesti rakennettavan avokaivannon tulee olla kaukana radasta, jotta radan stabiiliteetti ei heikkene kaivannon seurauksena. Radan kuivatuksen näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että varsinaiseen kuivatukseen avo-ojia ei voida käyttää, koska

avo-ojaa ei voida sijoittaa ratapenkereen viereen, vaan riittävän stabiliteetin varmistamiseksi etäälle ratapenkereestä, jolloin radan rakenteiden ja avo-ojan väliin jää huonosti vettä läpäisevää pohjamaata eikä vesi pääse radan rakenteista ojaan.

Ratapihan maaperässä haasteellista on myös kallion pinnan korkeuden jyrkkäpiirteinen vaihtelu. Kuvassa 43 on esitetty geoteknistä pituusleikkausta kuvassa 41 näkyvä ratapiha-alueen keskellä sijaitsevan avokallion länsipuolelta.



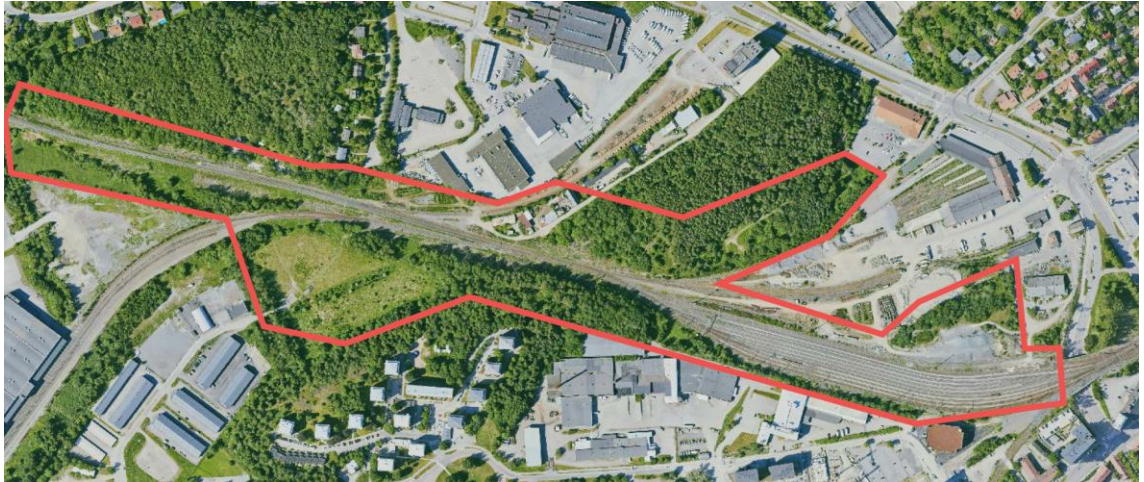
Kuva 43. Geotekninen pituusleikkaus ratapiha-alueella sijaitsevan avokallion länsipuolelta (Sweco 2023)

Pituusleikkauksen vasemmassa laidassa nykyinen maanpinta suunnittelualueella on selkeästi ympäröivää maanpintaa korkeammalla. Tällä alueella ratapihalla on avokalliota, jota joudutaan louhimaan ratapihan rakentamisen yhteydessä. Pituusleikkauksesta nähdään myös, että avokallioalueen ulkoreunassa kalliopinta painuu lyhyellä matkalla noin 15 metriä ratageometrian alapuolelle. Tällaiset vaihtelevat pohjaolosuhteet kasvattavat riskiä niin radan kuin hulevesien hallintarakenteiden epätasaiselle painumiselle.

Tavanomainen rautatieliikenne ei aiheuta merkittävää riskiä pohjaveden pilaantumiselle. Turun tavararatapiha ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, eikä ratapihan välittömässä läheisyydessä ole tällaisia alueita. Pohjaveden pilaantumisriski on kuitenkin tavararatapihalla olemassa vaarallisten aineiden kuljetusten onnettomuuksien yhteydessä varsinkin, jos kyseessä on vesiliukoisia aineita, jolloin haitallisia aineita voisi kulkeutua kauempana sijaitseville pohjavesialueille. (Liikennevirasto 210)

5.2 Merkittävät luontoarvot ja suojeltavat kohteet

Turun tavararatapihan ympäristöstä on tehty ympäristöselvitys, jossa on kartoitettu kasvillisuus- ja luontotyyppejä. Kuvassa 44 on esitetty selvitysalueen ortokuva.



Kuva 44. Ympäristöselvitysalueen ortokuva. (Turun karttapalvelu)

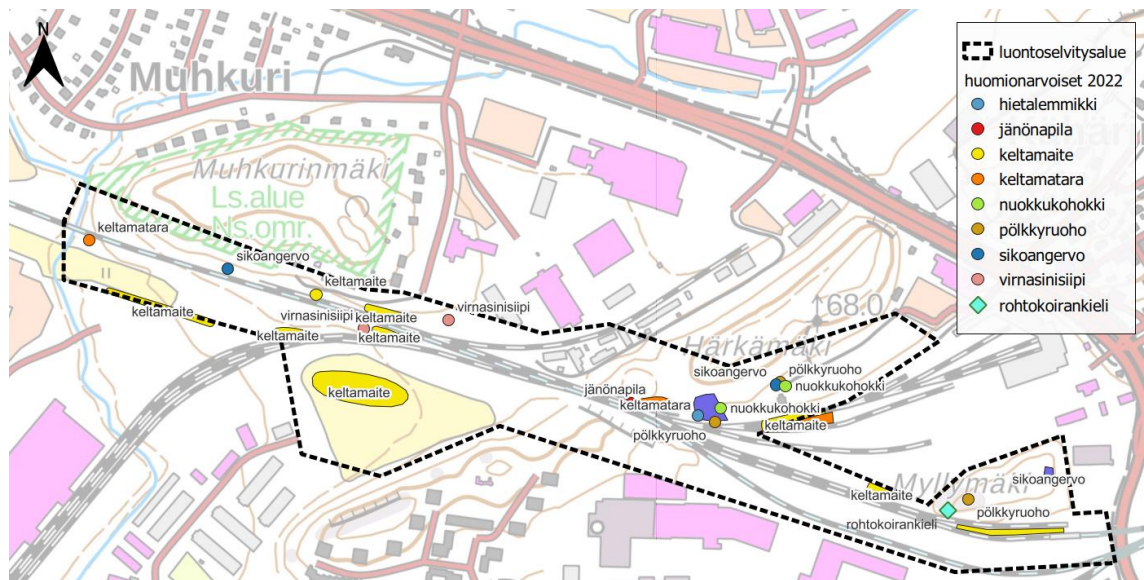
5.2.1 Selvitysalueen ja sen kasvillisuuden yleiskuvaus

Selvityksen mukaan Heikkilän ratapiha-alueen määräävänä rakenteena on ratalinja ja sen varrella olevat avoimena pidetyt keto- ja niittyalueet. Luoteessa selvitysalue rajautuu Muhkurin luonnonsuojelualueeseen, joka on tammivaltaista lehtoa. Selvitysalueen länsiosassa on entistä peltoa, jossa kasvaa tuoreen niityn tyyppistä ruoho- ja heinäkavillisuutta. Muhkurinmäen kohdalla selvitysalueen eteläreunalla on heinittynyttä peltoaluetta, jossa kasvaa runsaasti eri vieraslajeja sekä istutettuna, että itsestään levinneenä. Härkämäen kohdalla ratalinjan pohjoispuolella on varttunutta mäntyvaltaista metsää ja ratalinjan eteläpuolella metsä on mäntyjen ja lehtipuiden muodostamaa sekametsää. Alueen metsät ovat Muhkurinmäen osalta tammivaltaista lehtoa, Härkämäen kohdalla pääosin mäntyvaltaisia, paikoin lehtipuuvaltaisia nuoria tai varttuneita kasvatusmetsiä. Lehtipuista alueella kasvaa tammen lisäksi etenkin koivua ja haapaa, mutta myös muun muassa pihlajaa ja raitaa. Härkämäen puolen metsissä on niukasti lahoppua. Muhkurissa lahoppua on runsaasti. Pääsääntöisesti selvitysalueen puusto on nuorta yksittäisiä puita lukuun ottamatta. Yleisimmät selvitysalueen metsien kasvupaikkatyytit ovat lehtomainen kangas ja tuore kangas. Länsipäässä suunnittelualue rajautuu Saukonojaan (Kovasoja), joka on ratalinjan

kohdalla ilmeisesti jonkin verran muokattu puro. Kuninkoja-Kovasojan vesistöissä veden laatu on hyvä, koska siinä esiintyy muun muassa erittäin uhanalaisiksi luokitellut taimen ja jokirapu. Jokirapua on tavattu myös varsin lähellä luontoselvitysalueita. Tämä on rakennettaessa huomioitava niin, ettei puron virtaamaa pienennetä tai veden laatua huononnetta. (Sweco 2022)

5.2.2 Kasvilajisto

Pääosin luontoselvitysalueen niittyjen ja ketojen kasvillisuus koostuu eteläsuomalaisille niitty- ja ketoalueille ominaisista lajeista. Muun muassa pietaryrtti, mäkitervakko ja kissankello ovat runsaasti edustettuja. Ratapihoille tyypilliseen tapaan uudistulokkaat, kuten juovakannusruoho ja harmio, ovat runsaasti edustettuina. Paikoitellen esiintyy myös isomaksaruohoa ja neidonkieltä. Luontoselvitysalueella esiintyy rohtokoirankieli, joka on luokiteltu uusimmassa uhanalaisuusluokituksessa erittäin uhanalaiseksi. Luontoselvityksen ja laji.fi-tietokannan mukaan selvitysalueella esiintyy myös huomionarvoisia perinnebiotooppien putkilokasveja, kuten hietalemmikki, jänönapila, keltamaite, keltamatara, nuokkukohokki, pölkkyruoho ja sikoangervo. Näiden lajien havaitut esiintymät on esitetty kuvassa 45.



Kuva 45. Huomionarvoisten lajien havainnot kesän 2022 luontokartoituksessa. (Sweco 2022)

Kaikki nämä perinnebiotooppien huomionarvoiset lajit ovat avoimesta ja/tai häiritystä maaperästä hyötyviä lajeja, jotka hyötyvät myös puiden ja pensaiden

poistamisesta ja heinien niitosta. Niiden esiintymien ylläpitäminen selvitysalueella on siten melko helppoa, koska edellä mainittuja toimenpiteitä varmastikin joka tapauksessa tehtäisiin rata-alueella. Joissain tapauksissa, esimerkiksi keltamaiteen osalta, voi olla syytä harkita siirtoistutuksia, jotta siitä riippuvaisen juurilasiivien populaatio pysyisi suotuisalla suojelun tasolla. Kuvassa 46 on keltamaite, joka esiintyy melko runsaana ratalinjojen varsilla. (Sweco 2022)



Kuva 46. Keltamaite. (Sweco 2022)

5.2.3 Vieraslajit

Selvitysalueella kasvaa paikoittain komealupiinia ja kurtturuusua, jotka ovat haitallisia vieraslajeja. Nykyisellään lajien poistaminen olisi melko vaivatonta, mutta jos ne päästetään runsastumaan liiaksi, hävittäminen vaikeutuu. Rakennettaessa ja maita siirrettäessä tulee huolehtia siitä, ettei vieraslajeja siirretä samalla uusille alueille. Muita alueella havaittuja vieraslajeja ovat muun muassa terttuselja ja tuomipihlaja. (Sweco 2022)

5.2.4 Luontotyypit

Luontoselvityksen maastotöissä selvitysalueella ei havaittu luonnonsuojelulain (1096/1996) 29 §:n luontotyyppikohteita. Metsäkeskuksen avoimeen metsälakikohdepakettiin ei ole merkitty yhtään metsälain 10 §:n tarkoittamaa erityisen tärkeää elinympäristökuviota 100 metrin säteellä selvitysalueesta. Metsäkeskus tekee metsälakikohteiden viralliset rajaukset ja metsälaki koskee vain metsätaloutta, ei muuta maankäyttöä, vaikka metsälakikohteet ovat samalla huomionarvoisia keskimääräistä talousmetsää korkeampien luontoarvojensa vuoksi. Selvitysalue on enimmäkseen muokattua junarata-aluetta, joka ei luonteeltaan ole luonnontilaista. Härkämäen niitty puolestaan on osittain edustava niittyalue, jossa kasvaa perinnebiotooppilajeista runsaasti muun muassa sikoangervoa. Alue on kuitenkin kasvamassa umpeen ja hyötyisi niittämisestä ja ylimääräisten pensaiden ja puuntaimien raivaamisesta. Samassa kohdassa, junaradan varren etelään viettävällä rinteellä on paahteista ketoaluetta, jossa kasvaa muun muassa runsaasti mäkitervakkoa ja hietalemmikkiä. (Sweco 2022)

5.2.5 Muut luontodirektiivin liitteen IV lajit

Selvitysalueella on Laji.fi:ssä mainittuja luontodirektiivin liitteiden IV ja IVb lajien havaintoja erakkokuoriaisesta, idänkirsikorennosta ja isoapollosta. Liitteessä luetellut lajit edellyttävät suojelua, ja niiden lisääntymispaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kiellettyä. (Sweco 2022)

Erakkokuoriainen on suurikokoinen, rauhoitettu ja viimeisimmässä uhanalaisuusluokituksessa vaarantuneeksi luokiteltu kovakuoriaislaji, joka elää suurien lehtipuiden lahoissa ytimissä. Laji kuuluu myös erityisesti suojeltuihin lajeihin. Erakkokuoriainen elää Suomessa lähes pelkästään Turun Ruissalossa, mutta myös muualta Turun alueelta on joitain havaintoja. Näistä yksi on luontoselvitysalueelta, Muhkurin luonnonsuojelualueen reunalta, jossa lajista on tehty havaintoja yhdeltä lehtipuun rungolta. Kyseessä oleva laho ja järeä lehtipuu tulee jättää paikalleen, mutta sitä voidaan tarvittaessa tukea ja oksistoa keventää. (Sweco 2022)

Idänkirsikorennosta on Suomen lajitietokeskuksen aineistossa yksi havainto. Luontodirektiivin lisäksi laji on myös rauhoitettu luonnonsuojelulain nojalla. Koska idänkirsikorennolle ei ole sopivia lisääntymisympäristöjä, kuten lampia tai lampareita, kyseinen havainto koskenee ruokailulennolla olevaa yksilöä. Täten havainto ei vaikuta rakentamiseen alueella. (Sweco 2022)

Isoapollo on suurikokoinen, rauhoitettu ja viimeisimmässä uhanalaisuusluokituksessa erittäin uhanalaiseksi luokiteltu päiväperhoslaji. Selvitysalueella on yksi havainto vuodelta 2019. Lajin esiintymistä alueella selvitettiin touko-kesäkuussa 2022. Selvityksestä on laadittu erillinen raportti. Selvityksen perusteella vaikuttaa siltä, että vaikka isoapollon ravintokasvia, isomaksaruohoa, esiintyykin alueella, laji ei kuulu selvitysalueen vakituisen lajistoon. (Sweco 2022)

Lisäksi luontodirektiivin liitteen IV(a) eläimistä selvitysalueella voisi lajien elinympäristövaatimusten perusteella olla lähinnä joidenkin lepakkolajien lisääntymis- tai levähdyspaikka. Selvitysalueen läheisyydessä on rakennuksia, jotka saattavat soveltua lepakoiden lisääntymis-, levähdys tai talvehtimispaikoiksi. Alueen kehittämällä ei arvioida olevan vaikutusta lepakoiden lisääntymis- tai levähdyspaikkoihin. Maastokäynnin perusteella selvitysalueella ei ole viitasammakon lisääntymis- tai levähdyspaikaksi soveltuvia kohteita. (Sweco 2022)

5.2.6 Muut huomionarvoiset lajit

Suomen lajitietokeskuksen mukaan selvitysalueella on uhanalaisten, silmälläpidettävien, rauhoitettujen tai luontodirektiivin liitteisiin IV tai II kuuluvien eliölajien tunnettuja esiintymispaikkoja. Tällaisia lajeja luontoselvitysalueella ovat juurilasisiipi, helmihopeatäplä ja virnasinisiipi. (Sweco 2022)

Juurilasisiipi on vaarantuneeksi luokiteltu perhoslaji. Se kuuluu myös erityisesti suojeltaviin, koko maassa rauhoitettuihin ja kiireellisesti suojeltaviin lajeihin. Selvitysalueelta Suomen lajitietokeskuksen aineistossa on 11 havaintoa lajista 2000-luvun puolelta. Laji hyötyy elinympäristönsä avoimuudesta ja paahteisuudesta. Ratalinjan eteläpuolella oleva kuivahko niitty voisi parantua laadultaan juurilasisiipeä suosivaksi, mikäli sitä säännöllisesti niitettäisiin ja

leikkuujäte aina kerättäisiin pois. Siten tämä alue voisi toimia suojapaikkana lajille, mikäli nykyisiä ratalinjoja joudutaan muokkaamaan. (Sweco 2022)

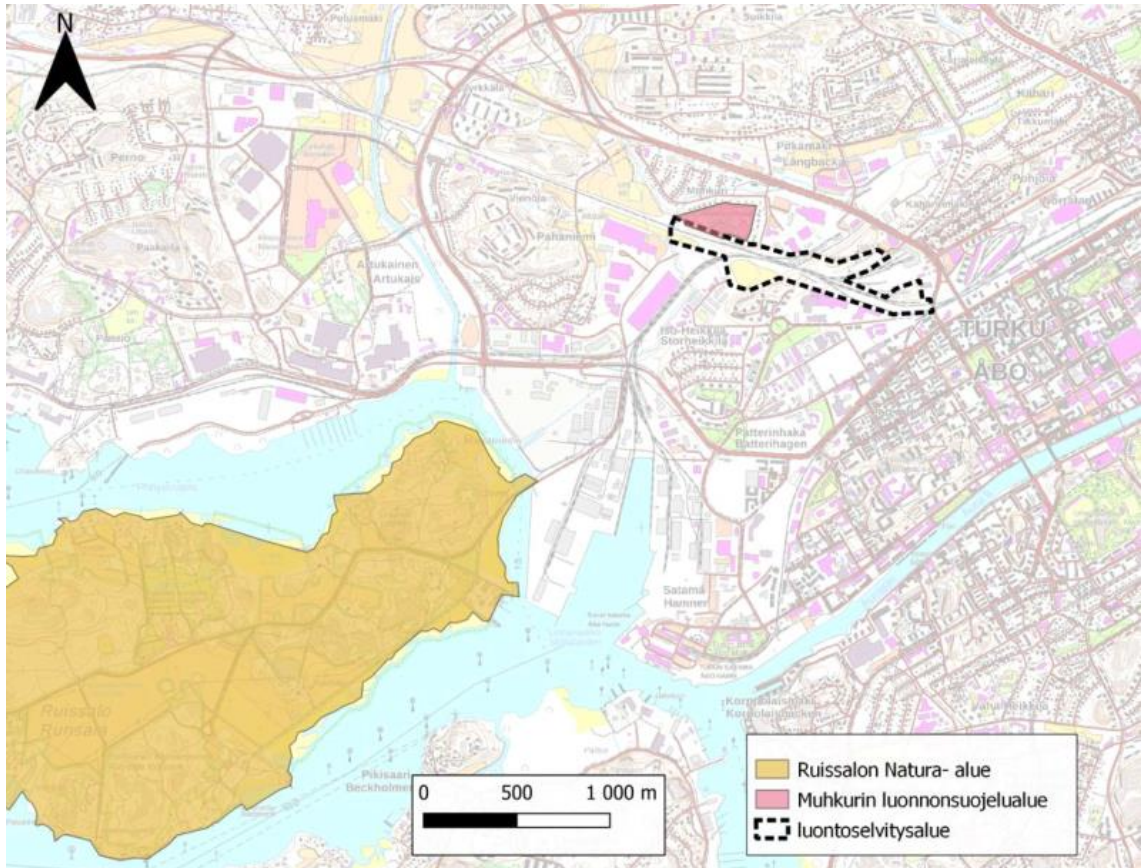
Helmihopeatäplä on Etelä-Suomessa harvinainen ja paikoittain silmälläpidettäväksi luokiteltu päiväperhoslaji. Laji suosii elinympäristönään avoimia ja paahteisia maastoja, kallioketoja, sorakuoppia ja joutomaita. Toukan ravintokasveja ovat erilaiset orvokit. Selvitysalueelta tai sen välittömästä läheisyydestä on Suomen lajitietokeskuksessa 2000-luvulta seitsemän havaintoa helmihopeatäplästä, kaikki vuodelta 2015. Tämän perusteella voidaan olettaa, että alue on lajin esiintymisaluetta. Laji hyötyy vastaavista hoitotoimenpiteistä kuin edellä mainittu juurilasisiipikin. (Sweco 2022)

Virnasinisiipi on vaarantuneeksi luokiteltu Etelä-Suomessa harvinaisena ja paikoittaisena esiintyvä päiväperhoslaji. Laji esiintyy avoimilla ja puoliavoimilla luontotyypeillä, kuten kedoilla ja niityillä. Toukan ravintokasveja ovat erilaiset virnat ja nätkelmät. Kuten edellä mainitut lajit, tämäkin laji hyötyy maaston avoimena pitämisestä. (Sweco 2022)

5.2.7 Natura- ja luonnonsuojelualueet, pohjavesialueet sekä muut luonnon arvoalueet

Ruissalon Natura-alue sijaitsee alle viiden kilometrin säteellä selvitysalueesta. Muhkurin luonnonsuojelualue rajautuu selvitysalueeseen sen luoteisosissa. Selvitysalueen ja Natura-alueen välillä on kuitenkin pääosin rakennettua ympäristöä ja vesistöä, joten alueiden välillä ei voi sanoa olevan ekologista yhteyttä. Tämän takia Natura- tarveharkinnalle ei ole tarvetta. (Sweco 2022)

Selvitysalue rajautuu Muhkurissa valtion luonnonsuojelualueeseen. Yhden kilometrin säteelle selvitysalueesta ei sijoitu valtakunnallisesti arvokkaita geologisia muodostumia, eli kallioalueita, kivikoita, tuuli- ja rantakerrostumia tai moreenimuodostumia. Selvitysalueella ei ole myöskään luokiteltuja pohjavesialueita tai luonnonsuojeluohjelma-alueita. Kuvassa 47 esitetään selvitysalueen läheisyydessä olevat Natura- ja luonnonsuojelualueet (Sweco 2022)



Kuva 47. Ruissalon Natura-alueen ja Muhkurin luonnonsuojelualueiden sijainnit suhteessa luontoselvitysalueeseen. (Sweco 2022)

5.2.8 Yhteenveto ympäristöselvityksestä

Turun Iso-Heikkilän luontoselvitysalue on lajistoltaan varsin monipuolinen kokonaisuus, jota luonnehtivat toisaalta junaradan varsien paahdeympäristöt ja toisaalta Muhkurin luonnonsuojelualueen tammilehdot. Kesän 2022 luontoselvitysten ja Suomen lajitietokeskuksen pohjatietojen perusteella alueella esiintyy useita huomionarvoisia lajeja. Näiden lajien huomiointi on mahdollista ratalinjausten rakentamisessa. Useimpien lajien kohdalla toimenpiteet liittyvät ympäristön avoimena pitämiseen, jotta sukkession kautta puiden, pensaiden ja korkeampien ruohojen varjostus ei tukahduta alueella esiintyvää arvolajistoa. Toisaalta erakkokuoriaisen kohdalla puhutaan yksittäisen puun säilyttämisestä. (Sweco 2022)

Alueella esiintyvän erityisesti suojellun ja rauhoitetun juurilasisiiven suotuisan suojelun tason säilyttämiseksi pitää huolehtia lajin ravintokasvin, keltamaitteen, populaation säilyvyydestä. Tämän varmistamiseksi olisi mahdollista esimerkiksi

siirtoistuttaa keltamaitetta junaradan varsilta alueen lounaisosan peltoaukealle, jossa sitä jo esiintyykin. (Sweco 2022)

Alueelta ilmoitetulla isoapollolla ei nähtävästi ole vakituista esiintymää alueella, vaikka sen ravintokasvia, isomaksaruohoa siellä kasvaakin. Sillä ei siten ole vaikutusta alueen rakentamiseen. (Sweco 2022)

Luontoselvitysalueen länsipäätä halkovassa Kuninkojassa elävät muun muassa erittäin uhanalainen taimen ja jokirapu. Tämän vuoksi alueen rakentamisessa on varottava muokkaamasta puron uomaa ja estettävä ylimääräisen kiintoaineksen valuminen vesistöön. (Sweco 2022)

Vieraslajitilanne selvitysalueella on mielenkiintoinen. Alueen lounaisosissa olevalle peltoaukealle on istutettu useita eri pensaslajeja, jotka ilmeisesti ovat alkaneet levitä edelleen tyhjälle alueelle. Myös komealupiinia ja kurturuusua esiintyy paikoitellen, mutta niin vähän, että niiden hävittäminen onnistuisi nykytilassa melko helposti. Poistamisesta tulee kuitenkin nopeasti huomattavasti työläämpää, jos niiden annetaan kasvaa kontrolloimattomasti. (Sweco 2022)

5.3 Turun VAK-toiminnot ja -kuljetukset

Turun ratapiha on ns. kemikaaliratapiha ja kolmannes Turun tavaraliikenteestä onkin VAK-kuljetuksia. Ratapihalla tehtävien vaihtotöiden vuoksi onnettomuusriski on suurempi kuin radoilla. (Liikennevirasto 2010) Vuonna 2003 Turun pääratapihan kautta kuljetettiin 647 904 tonnia ja vuonna 2004 629 290 tonnia vaaralliseksi luokiteltuja aineita. Suurimman osan, yhteensä 76 % kaikista kuljetetuista aineista, muodostivat ammoniakki, fosforihappo ja kaasukondensaatti. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2006) Taulukossa 22 on esitetty vaarallisten aineiden kuljetusmääriä eri rataosuuksilla.

Taulukko 22. Vaarallisten aineiden kuljetukset eri rataosuuksilla.
(Liikennevirasto 2010)

Kuljetusluokka	Selvitysalueen rataosa	Määrä tonneina
1: Räjähteet		Ei kuljetuksia
2: Puristetut, nesteytetyt ja paineen alaisina liuotetut kaasut	Toijalan rata	233
	Uudenkaupungin rata	233
	Turku – Salo	4
	Turku – Turun satama	-
3: Palavat nesteet	Toijalan rata	111
	Uudenkaupungin rata	-
	Turku – Salo	5
	Turku – Turun satama	0,05
4.1: Helposti syttyvät kiinteät aineet		Ei kuljetuksia
4.2: Helposti itsestään syttyvät aineet		Ei kuljetuksia
4.3: Aineet, jotka veden kanssa kosketuksiin joutuessaan kehittävät palavia kaasuja		Ei kuljetuksia
5.1: Syttyvästi vaikuttavat (hapettavat) aineet	Toijalan rata	0,3
	Uudenkaupungin rata	-
	Turku – Salo	5
	Turku – Turun satama	5
5.2: Orgaaniset peroksidit		Ei kuljetuksia
6.1: Myrkylliset aineet	Toijalan rata	0,03
	Uudenkaupungin rata	-
	Turku – Salo	-
	Turku – Turun satama	-
6.2: Tartuntavaaralliset aineet		Ei kuljetuksia koko Suomessa
7: Radioaktiiviset aineet		Ei kuljetuksia
8: Syövyttävät aineet	Toijalan rata	291
	Uudenkaupungin rata	291
	Turku – Salo	-
	Turku – Turun satama	-
9: Muut vaaralliset aineet	Toijalan rata	4
	Uudenkaupungin rata	-
	Turku – Salo	-
	Turku – Turun satama	4
Kaikki luokat yhteensä	Toijalan rata	640
	Uudenkaupungin rata	524
	Turku – Salo	14
	Turku – Turun satama	10

Kuten taulukosta nähdään, suuri osa vaarallisten aineiden kuljetuksista kohdistuu Uudenkaupungin radalle. Suuri osa näistä kuljetuksista selittyy varmastikin sillä, että Uudessakaupungissa sijaitsee Yaran lannoitetehtas, jonka tuotteita ja raaka-aineita kuljetetaan 750 000 tonnia rautateitse. (Yara Suomi)

5.4 Turun tavararatapihan kuivatuksen ja hulevesien hallinnan nykytila

Turun tavararatapihan kuivatuksen nykytilasta ei juurikaan ole tietoa. Henkilöratapihan puolelta arkistoista löytyy kuivatuskartta vuodelta 1993, jonka perusteella voisi olettaa, että myös tavararatapihan kuivatus olisi toteutettu salaojilla. Heikkilän tavararatapihalla ei kuitenkaan ole salaojakaivoja tai muita merkkejä olemassa olevista salaojista. Tavararatapihan keskellä on kuvan 48 mukainen vanha kivirumpu, joka viettää etelän suuntaan. Varsinkin rankkasateiden aikaan vesi lammikoituu radan eteläpuolelle.



Kuva 48. Heikkilän tavararatapihan alittava kivirumpu. (Sweco 2023)

Ratapihalla on myös arviolta noin 300 mm halkaisijaltaan olevan putken pää, jonne virtaa lähes aina ympäristöstä vettä, mutta putken toista päätä ei ole löydetty, eikä siis ole mitään tietoa, minne putkeen virtaava vesi menee. Putken pää on esitetty kuvassa 49. Tavararatapihan kuivatuksen voidaan varmuudella sanoa olevan nykytilassa puutteellinen, sillä ratapihan ympäristössä on lammikoitunutta vettä ja esimerkiksi kaapelikaivoissa seisoo vesi, kuten kuvassa 50 näkyy. Huonosti vettä läpäisevällä pohjamaalla puutteellinen kuivatus tarkoittaa todennäköisesti sitä, että radan rakenteet ovat koko ajan märkiä. Kuivatuksen lisäksi myös hulevesien hallinta Heikkilän tavararatapihalla on nykytilassa hyvin puutteellista, eikä ratapihan ympäristössä ole mitään hulevesien hallintarakenteita.



Kuva 49. Ratapihalta löytyneen putken pää. (Sweco 2023)



Kuva 50. Vettä ratapihan turvalaitekaapelikaivossa. (Sweco 2023)

6. HULEVESIEN HALLINTA HEIKKILÄN TAVARARATAPIHALLA

Turun Heikkilän ratapihan kehittämisen yhteydessä myös ratapihan kuivatus uusitaan ja salaojien ratapihalta keräämien vesien hallintaan panostetaan. Laajamittaisen kehityshankkeen yhteydessä hulevesien hallinta on mahdollista toteuttaa Turun kaupungin hulevesiohjelman periaatteiden mukaisesti. Hulevesien hallintarakenteiden valinnassa huomioidaan myös Heikkilän VAK-toiminnot ja niiden aiheuttaman riskin takia rakennettavat pohjavedensuojusrakenteet.

6.1 Vaihtoehtojen vertailu

Ratapihan kuivatus on toteutettava salaojilla, koska raiteiden väliin ei ole tilanpuutteen takia mahdollista rakentaa avo-ojia. Suunnittelun alussa tehtiin selvitys siitä, mihin ratapihalta kerätyt vedet olisi mahdollista purkaa. Heikkilässä mahdollisia purkupisteitä löytyi lopulta vain kaksi, joista toinen sijaitsi aivan suunnittelualan itäpäässä, ja toinen aivan suunnittelualan länsipäässä. Idässä hulevedet purettaisiin kaupungin hulevesiviemäriin, kun taas lännessä vedet purettaisiin Saukko-ojaan. Hulevesien hallintarakenteisiin tämä vaikutti siten, että idässä tilanpuutteen takia ainoa mahdollinen hallintaratkaisu olisi viivyttäminen maanalaisissa viivytyssäiliöissä. Lännessä taas tilaa on enemmän ja mahdollisia hulevesien hallintavaihtoehtoja on enemmän.

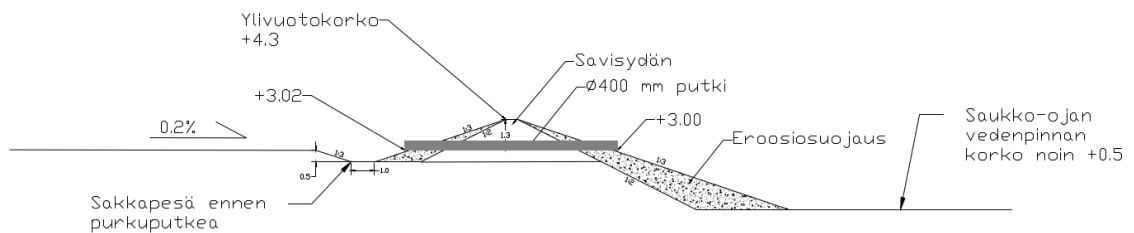
Kuivatuksesta tehtiin vaihtoehtotarkastelu kolmen eri kuivatusratkaisun välillä. Yhdessä vaihtoehdossa kaikki suunnittelualan vedet johdettaisiin Saukko-ojan suuntaan. Toisessa vaihtoehdossa ratapihan vedet johdettaisiin itään päin ja purettaisiin kaupungin verkkoon, kun taas ratapihan länsipuolelta vedet johdettaisiin Saukko-ojan suuntaan. Kolmas vaihtoehto oli eräänlainen hybridivaihtoehto, jossa puolet ratapihan vesistä johdetaan itään purettavaksi kaupungin verkkoon ja puolet ratapihan vesistä sekä suunnittelualan länsialueen vedet johdettaisiin Saukko-ojaan. Tässä vaihtoehdossa kaupungin hulevesiviemäriin purettava vesimäärä olisi pienempi, jolloin myös hulevesien hallintarakenteet voisivat olla pienempiä.

Vaihtoehtoista päädyttiin käyttämään ensimmäistä vaihtoehtoa, eli koko suunnittelualueen vedet johdetaan länteen Saukko-ojaan. Vaihtoehtoa puolsi muun muassa mahdollisuus hyödyntää luonnonmukaisia hulevesien hallintaratkaisuja. Lisäksi hulevedet voitaisiin hallita yhdessä paikassa, eikä kaupungin hulevesiviemäriin tarvitsisi purkaa lainkaan vesiä. Kun hulevesien purkusuunta oli päätetty, voitiin alkaa vertailla eri hulevesien hallintaratkaisuja. Suunnittelussa hulevesien hallinta pyrittiin ensisijaisesti toteuttamaan luonnonmukaisilla rakenteilla ja toisena vaihtoehtona oli rakentaa henkilöratapihan puolellakin käytettyjä viivytys säiliöitä. Luonnonmukaisia rakenteita puollettiin, koska maanpäällisille hallintarakenteille oli tilaa ja luonnonmukaiset rakenteet ovat edullisempia rakentaa kuin viivytys säiliöt.

Heikkilässä koko suunnittelualueen valuma-alueita käsitellään yhtenä kokonaisuutena ja kertyvä vesimäärä on hyvin suuri. Tämän vuoksi hulevesien hallintarakenteet, jotka soveltuvat pienille vesimäärille ja valuma-alueille, kuten esimerkiksi viherpainanteet voidaan sulkea pois. Heikkilän maaperä on huonosti vettäläpäisevää savea, joten käytännössä se karsii myös hulevesien imeyttämisen maaperään, eli esimerkiksi imeytyskaivantoja tai maanalaista imeytyskenttää ei voida rakentaa. Kosteikko ei myöskään ole tällä kohteella toteutuskelpoinen, koska sen tulisi olla tämän kokoisella valuma-alueella noin 2,5–5 hehtaaria, eikä hulevesien hallinnalle ole niin paljoa tilaa käytettävissä. Toteutuskelpoiseksi ratkaisuksi jäävät siis **maanpäällinen viivytysallas** tai **maan alle rakennettava viivytys säiliö**. Kummallakin ratkaisulla saadaan hidastettua veden virtausta Saukko-ojaan. Näistä kahdesta vaihtoehdosta päädytään toteuttamaan maanpäällinen viivytysallas. Valintaa puoltavat maanpäällisen altaan edullisemmat rakentamiskustannukset, sekä mahdollisuus hyödyntää lisätä vettä puhdistavaa kasvillisuutta, jolla voidaan lisätä myös ympäristön viihtyisyyttä

Saukko-ojassa olevien rumpujen kapasiteetti on riittämätön, joten on tarpeen viivyttää ratapihalta kertyviä vesiä. Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, hulevesien hallintarakenteeksi valittiin maanpäällinen viivytysallas, jossa vedet viivytetään ennen purkua Saukko-ojaan. Viivytysallas muotoillaan leveän avo-ojan tyyppiseksi rakenteeksi, koska pitkänomainen rakenne soveltuu käytettävissä olevaan tilaan parhaiten. Pitkänomaisella muodolla ja pienellä

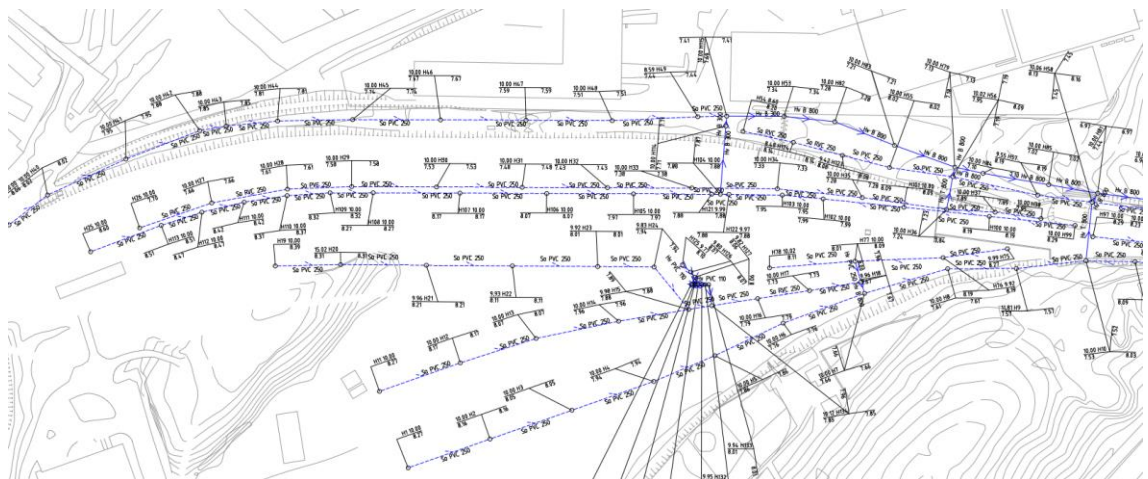
pituuskaltevuudella saadaan hidastettua veden virtaamaa, jolloin kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle eikä kulkeudu vesistöön. Viivytysaltaasta puretaan vettä purkuputkea pitkin. Purkuputken asennuskorkeudella voidaan määrittää altaan pysyvän vedenpinnan korkeus. Tulvatilanteessa vesi pääsee pois viivytysrakenteesta tulvimalla patorakenteen yli. Padon toimintaperiaate on esitetty kuvassa 51.



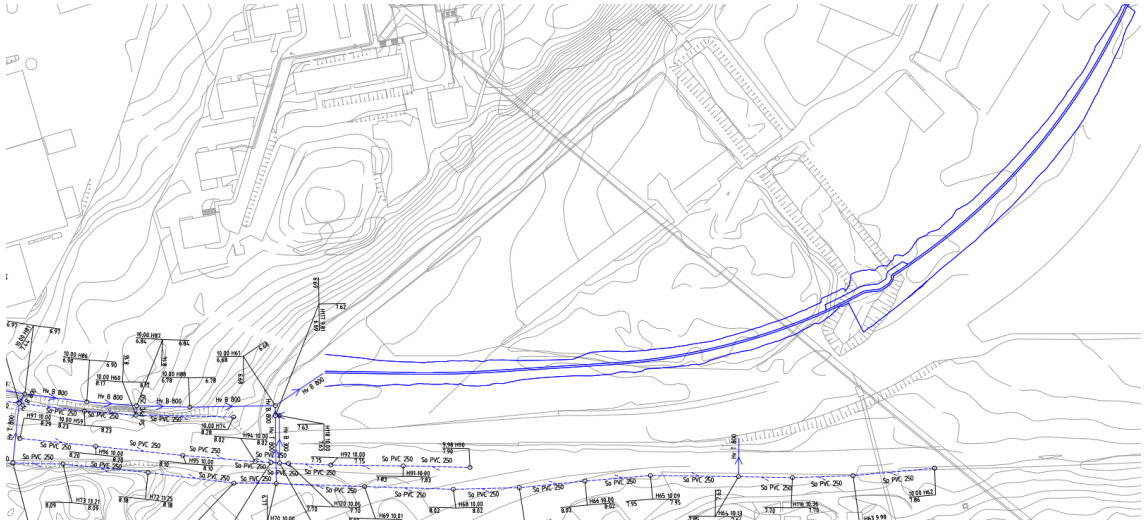
Kuva 51. Viivytysaltaan padon ja purkuputken periaatekuva (Sweco 2023)

6.2 Heikkilän ratapihan kuivatusratkaisut

Heikkilän ratapihalla radan kuivatus toteutetaan kuvien 52 ja 53 mukaisilla raiteiden suuntaisilla salaojalinjoilla. Kuivatuskartassa näkyvät myös VAK-raiteiden pohjavedensuojauksrakenteen kuivatuksen salaoja. Pohjavedensuojauksrakenteesta ja VAK-raiteiden kuivatuksesta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 6.3.



Kuva 52. Heikkilän ratapihan kuivatuskartta. (Sweco 2023)



Kuva 53. Heikkilän ratapihan länsiosan kuivatuskartta. (Sweco 2023)

Ratapihan eteläpuolelle rakennetaan siirtoputki, jota pitkin ratapihan vedet johdetaan lännen suuntaan rakennettavalle viivytykselle, joka näkyy kuvassa **X** sinisinä taiteviivoina. Siirtoputken viereen rakennetaan salaoja, joka varmistaa radan kuivatuksen myös siirtoputken alueella. Ratapihan pohjoispuolella olevien radanpitoraitteiden alueelta vedet johdetaan ratapihan pohjoispuolella alitukselle, jota pitkin vedet johdetaan siirtoviemäriin. Lännen suuntaan rakennetaan toinen radan alitus, johon johdetaan vesiä sekä idästä että lännestä. Kolmas radan alitus rakennetaan länteen uudenkaupungin- ja satamaraiteen erkanemiskohtaan. Radan alituksilla saadaan lyhennettyä salaojalinjojen pituuksia. Tällä tavalla pyritään välttämään rakennusvaiheessa tuettuja kaivantoja ja ylimääräisiä kaivuumassoja. Salaojalinjojen pituuskaltevuudet jäävät pieniksi varsinkin varsinaisen ratapihan alueella. Salaojalinjojen pituuskaltevuuden tulisi olla vähintään 0,4 %, mutta tätä ei kuitenkaan monessa kohtaa saavuteta.

6.3 VAK-raiteiden suojausrakenne

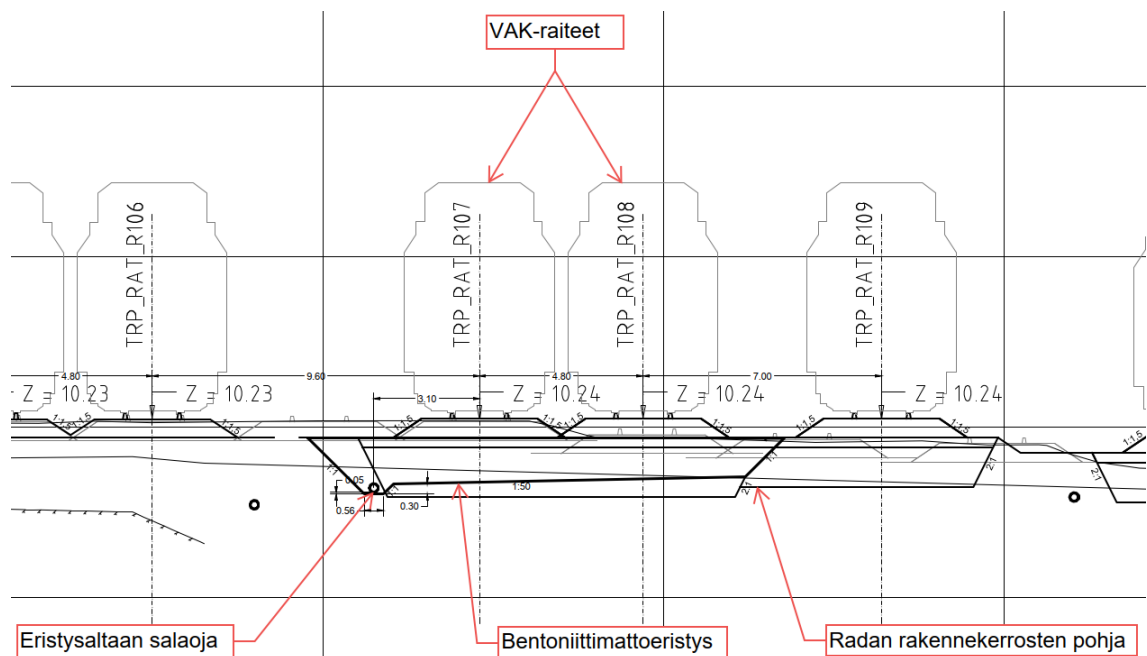
Turussa VAK-raiteiden kuivatuksen suunnittelussa on varauduttu tilanteisiin, joissa vaarallisia aineita tai sammutusvettä, johon on sekoittunut vaarallisia aineita, valuu maahan. Turun Heikkilän tavararatapiha ei sijoitu pohjavesialueelle, mutta VAK-kuljetusten aiheuttamaan ympäristön pilaantumisriskiin varaudutaan rakentamalla suojausrakenne. Rakenne toteutetaan VAK-raiteiden alle rakennettavana bentoniittimattokaukalona.

Bentoniittimatto koostuu kahdesta toisiinsa sidotusta geotekstiilistä, joiden välissä on luonnon bentoniittia. Bentoniitti puolestaan on paisuvahilaista, pehmeää ja helposti muovautuvaa savea, joka on syntynyt vulkaanisen tuhkan rapautumisen seurauksena. Bentoniitin päämineraali on montmorilloniitti, ja bentoniitin käyttö vedeneristysrakenteissa perustuu montmorilloniitin hyvään kykyyn absorboida vettä ja paisua hydratoituessaan moninkertaiseksi tilavuudeltaan. (Sikiö 2016)

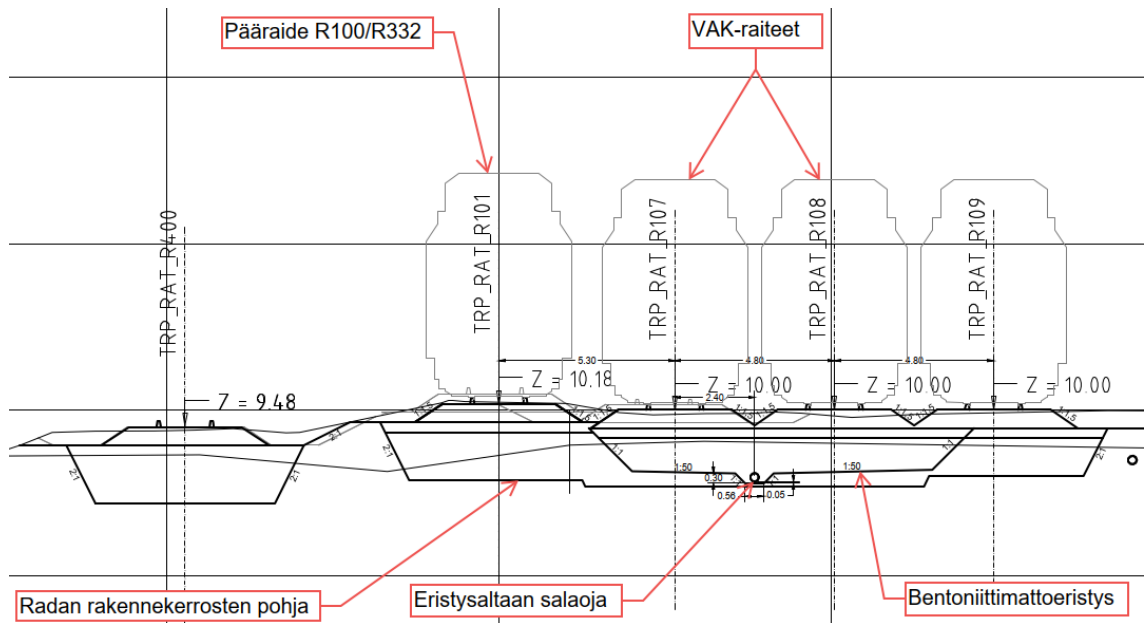
Bentoniittimatto tulee asentaa kuivana, se suojataan ohutmuovilla ja peitetään maakerroksilla nopeasti levittämisen jälkeen. Bentoniittimatto suojataan sateelta, jotta se hydratoituu ja paisuu vasta kuormitettuna. Vaadittu pieni vedenläpäisevyystaso saavutetaan, jos tiivistysrakenteen peitesyvyys hydratoitumisen aikana on vähintään 500 mm. Peitemaakerrokset ja päälle asennettava tiivistyskalvo suojaavat bentoniittimattoa juurten tunkeutumiselta sekä kuivumis- ja kastumissykliä ja jäätymis-sulamissykliä aiheuttamalta muutoksilta. Bentoniitin jännitystila hydratoitumisen aikana vaikuttaa bentoniitin vedenläpäisevyyteen huokosluvun kautta siten, että korkeampi jännitystila johtaa pienempään huokoslukuun ja edelleen pienempään vedenläpäisevyyteen. Hydratoituminen kestää tavallisesti viikosta kolmeen viikkoon. Pohjavedensuojusrakenteen ominaisuuksien ja etenkin pienen vedenläpäisevyyden säilyminen edellyttää myös, että tiivistyskalvon ja bentoniittimaton välissä ei ole tyhjää tilaa, kuten taitoksia tai vekkejä, rakennusaikana ei sada ja bentoniitti pystyy absorboimaan riittävästi kosteutta ympäröivistä maakerroksista. On tärkeää, että bentoniittimattoa vasten oleva kiviaines ei aiheuta bentoniittiin kemiallista eikä mekaanista kuormitusta. InfraRYL 2020 maksimirakeeksi on määritelty murskeella 16 mm. Tiivistyskalvon käyttö bentoniittimaton päällä suojaa bentoniittia myös likaantuneiden vesien aiheuttamalta kemialliselta rapautumiselta. Bentoniittimatot asennetaan tiilikattoperiaatteella ja liitetään toisiinsa limittämällä vähintään reunoissa 300 mm ja jatkoksissa 500 mm ja lisäämällä saumaan bentoniittijauhetta. (Sikiö 2016)

VAK-raiteiden suojausrakenne kuivatetaan bentoniittimaton päältä salaojalla. VAK-raiteiden kuivatus yhdistyy muuhun radan kuivatukseen, mutta jokaiseen liitoskohtaan rakennetaan venttiilikaivoja, joilla VAK-raiteiden kuivatus voidaan

eristää onnettomuustilanteessa muusta kuivatuksesta. Tällöin vedet varastoituvat bentoniittimaton päällä oleviin maakerroksiin ja ne voidaan imeä kaivosta ja kuljettaa puhdistettavaksi. Puhtaita ja onnettomuudessa pilaantuneita kuivatusvesiä ei siis missään vaiheessa sekoiteta keskenään, ja vaikka VAK-raiteiden kuivatuksen venttiili on kiinni, radan kuivatus toimii koko ajan normaalisti. VAK-onnettomuuksien varautumissuunnitelma on salassa pidettävää tietoa, eikä tarkkoja varautumiskeinoja siksi julkaista tässä työssä, joten todetaan vain, että VAK-raiteiden alle rakennettavan kaukalon tilavuus on mitoitettu normaalin mitoitussateen lisäksi myös riittäväksi onnettomuustilanteissa. Pohjavedensuojusrakenteen periaate on esitetty kuvissa 54 ja 55.



Kuva 54. VAK-raiteiden pohjavedensuojusrakenteen periaatekuva leveässä raidevälissä. (Sweco 2023)



Kuva 55. VAK-raiteiden pohjavedensuojusrakenteen periaatekuva kapeassa raidevälissä. (Sweco 2023)

Kuvassa 54 keskellä tummalla on esitetty VAK-raiteet R107 ja R108, joiden alla paksummalla viivalla on esitetty bentoniittimattokaukalo. Kuvassa on esitetty myös VAK-raiteita lähimmät raiteet ja ratapihan kuivatuksen salaojat, joilla ratapiha ja bentoniittimaton alapuoli kuivatetaan. Bentoniittikaukalo toteutetaan osin kuvan 54 ja osin kuvan 55 mukaisesti. Leveämmän raidevälin alueella rakenne viettää kuvan 54 mukaisesti reunaan päin koska salaojalle ja sen kaivoille on enemmän tilaa. Kun raideväli on kapea, toteutetaan suojausrakenne kuvan 55 mukaisesti. Kapean raidevälin alueella salaojakaivot joudutaan rakentamaan ohje-etäisyyttä lähemmäs radan keskilinjasta, joten salaoja ja kaivot sijoitetaan VAK-raiteiden väliin, etteivät kaivot olisi liian lähellä pääraidetta R100/R332. Tällöin myös bentoniittimatto rakennetaan viettämään keskelle.

7. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Ilmastonmuutos muuttaa sääolosuhteita, jolloin rankkasateet voimistuvat ja yleistyvät. Lisäksi kokonaissademäärä todennäköisesti keskimäärin kasvaa. Talvitulvat yleistyvät erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa ja lumisateiden määrä voi kasvaa. Sateisuuden lisääntyminen lisää huuhtoumia, eli huleveden laatu heikkenee. (Meriläinen et al. 2019)

Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi muodostuvien huleveden määrää lisää vettä läpäisemättömien, päällystettyjen pintojen pinta-alan kasvu rakennetussa ympäristössä. Huleveden määrän kasvun aiheuttama hulevesiverkoston lisääntynyt kuormitus luo tarpeen hulevesien määrälliselle hallinnalle. Esimerkiksi onnettomuuksien ja vuotojen aiheuttamat hulevesien haitta-ainepitoisuudet sekä korkea kiintoainepitoisuus puolestaan edellyttävät myös hulevesien laadullista hallintaa. Ratapihojen hulevedet eivät tee tässä poikkeusta, vaan hulevesien hallintaan on kiinnitettävä huomiota niin määrän kuin laadunkin suhteen.

Saatavilla olleiden lähteiden perusteella ratapihoilla ei ole erikseen kiinnitetty huomiota hulevesien hallintaan. Tyypillisesti radan kuivatusvedet johdetaan sellaisenaan joko läheiseen vesistöön tai kaupungin hulevesi- tai sekaviemäriin. Tähän voi olla selityksenä se, että ratapihat ovat pääsääntöisesti vanhoja, eikä niille ole tehty mittavia korjaustoimenpiteitä vuoden 2014 jälkeen, jolloin hulevesien hallinta korostui vesihuoltolainsäädännön uudistusten myötä.

Useiden tavararatapihojen raiteisto on tulossa lähivuosina elinkaarensa päähän ja ratapihoilla tarvitaan huomattavia peruskorjausinvestointeja. Lisäksi ratapihoilla on raidekapasiteettiongelmia varsinkin, kun Suomessa on ollut kehityksen suuntana tavarajunien pituuksien kasvattaminen. (Väylävirasto 2019) Maankäyttö- ja rakennuslaissa hulevesien hallinnan yleisiksi tavoitteiksi on määritetty muun muassa hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen niiden syntypaikalla, sekä hulevesistä ympäristölle ja kiinteistöille aiheutuvien haittojen ja vahinkojen ehkäiseminen ottaen huomioon myös ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä. Ratapihojen kehitystarve ja maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteet huomioiden voidaan olettaa, että tulevaisuudessa ratapihojen

kehityshankkeiden yhteydessä hulevesien hallintaan aletaan kiinnittää enemmän huomiota.

Ratapihojen hulevesien hallinnan keinojen valikoima on monipuolinen ja kaikkia kappaleessa 2.3 tarkasteltuja hulevesien hallintaratkaisuja voidaan periaatteessa hyödyntää. Varsinkin suurten kaupunkien ratapiha-alueet ovat kooltaan usein useita hehtaareita ja niiden valuma-alueet voivat olla vielä suurempia. Jos valuma-aluetta käsitellään Heikkilän ratapihan tapaan yhtenä kokonaisuutena, on valittavan ratkaisun luonnollisesti sovelluttava suurille valuma-alueille. Valuma-aluetta voidaan kuitenkin mahdollisuuksien mukaan käsitellä pienempinä osakokonaisuuksina, jolloin voidaan hyödyntää myös pienemmille vesimäärille tarkoitettuja ratkaisuja. Ratapihoilla hulevesien hallinnan suurimpana haasteena on monesti käytettävissä oleva tila. Varsinkin henkilöratapihoilla tilaa voi olla hyvin rajallisesti, eikä maanpäällisiä hulevesirakenteita ole mahdollista rakentaa. Myös radan pitkällä mitoitusiällä ja suurilla kuormilla on vaikutusta hulevesien hallintaan. Radan alle ei käytännössä voida sijoittaa hulevesirakenteita suuren kuormituksen ja rakenteiden huollettavuuden vuoksi. Ratapiha-alueen maaperä ja ympäristö aiheuttavat myös reunaehtoja valittaville hulevesien hallintaratkaisuille.

VAK-ratapihojen hulevesien hallinta poikkeaa muista ratapihoista siten, että niiden suunnittelussa on varauduttava myös VAK-onnettomuuksiin, jotka muodostavat raideliikenteen merkittävimmän ympäristöriskin. Onnettomuuksiin varautuminen vaatii jonkinlaisia erikoisratkaisuja radan kuivatuksessa ja hulevesien hallinnassa, jotta mahdollisessa onnettomuustilanteessa voidaan rajoittaa haitallisten aineiden leviämistä ympäristöön. Pohjaveden suojelemiseksi voidaan rakentaa veden virtausta estäviä tai ohjaavia pohjavedensuojusrakenteita. VAK-ratapihoilla kuivatuksen ja hulevesien hallinnan mitoituksessa on huomioitava ratapihalle laadittu varautumissuunnitelma, koska se saattaa lisätä vesimäärää mitoitussadetta suuremmaksi tai vaikuttaa muilla tavoin mitoitukseen. VAK-ratapihojen hulevesien hallintaan ei ole olemassa valmiita ratkaisuja eikä selkeää suunnitteluohjetta, joten kohteiden suunnittelu on hyvin tapauskohtaista. Toisaalta VAK-ratapihoja on Suomessa vain 13, joten niitä voidaan pitää erityiskohteina.

Esimerkkikohteena työssä tarkasteltua Turun Heikkilän VAK-tavararatapihaa voidaan pitää VAK-toimintoja lukuun ottamatta melko tyypillisenä kohteena ratapihojen hulevesien hallinnan näkökulmasta. Lähtötilanne ratapihalla on, ettei radan kuivatusrakenteista ole tarkkaa tietoa, ja aikoinaan kuivatuksen suunnittelussa käytetyt mitoituskriteerit poikkeavat nykyisistä. Hulevesien hallinta on siis suunniteltava ja toteutettava käytännössä täysin alusta alkaen. Toisaalta hulevesien hallinta on helpompaa suunnitella ja toteuttaa kun olemassa olevat hulevesirakenteet eivät aseta uusille rakenteille reunaehtoja esimerkiksi korkojen osalta.

VAK-toiminnot huomioidaan Heikkilässä bentoniittimatolla toteutettavalla suojausrakenteella, joka on rakenteena itsessään melko yksinkertainen. VAK-raiteiden kuivatuskin poikkeaa muun radan kuivatuksesta vain siten, että kohtiin, joissa VAK-raiteiden kuivatus yhdistyy muun radan kuivatukseen, rakennetaan venttiilikaivot VAK-raiteiden kuivatusjärjestelmän sulkemista varten. Suurimmat haasteet Heikkilän VAK raiteiden suojauksessa aiheutuvat yhteensovituksesta muihin rakenteisiin. Suojausrakenteesta aiheutuu toki lisäkustannuksia, mutta suojausrakenteen rakentamisella voidaan vähentää vaarallisten aineiden kulkeutumista ympäristöön. Onnettomuuden sattuessa suojausrakenteella saadaan rajattua maa-aineksen pilaantumista pienemmälle alueelle.

Ratapihojen hulevesien hallinnan suunnittelussa on huomioitava:

- Radan pitkä mitoitusikä
 - rakenteiden mitoituksessa joudutaan ennustamaan esimerkiksi ilmastonmuutoksen vaikutus alueen valuntaan useiden kymmenien vuosien päähän
 - Suunnittelussa ennakoidaan myös tulevia muutoksia raideliikenteessä ja kuljetuksissa
 - Hulevesien hallintarakenteiden sijainti valitaan siten, että ne rajoittavat mahdollisimman vähän alueen käyttöä, kunnossapitotöitä ja tulevia muutoksia
 - Hallintarakenteiden huolto tulisi voida suorittaa aiheuttamatta häiriötä raiteilla liikkuvalla kalustolle
- Valuma-alueen suuri pinta-ala
 - Hallittava vesimäärä on suuri
 - Valuma-alue voi olla kannattavaa jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin hulevesien hallinnan helpottamiseksi
 - Vettä voidaan joutua johtamaan pitkiä matkoja, mikä aiheuttaa haasteita ohjeiden mukaisien pituuskaltevuuksien saavuttamiseen
 - Mahdollinen tulva- tai tukkeutumisriski
- Ympäristö
 - Purettaessa vesistöön purkuvesistön virtaamaa ei saa muuttaa niin, että siitä olisi haittaa vesistön eliöille.
 - Mahdolliset uhanalaiset lajit ja muut ympäristölle arvokkaat kohteet on huomioitava
 - Hulevesien hallintarakenteilla voidaan mahdollisuuksien mukaan myös edistää ympäristöarvoja ja ympäristön viihtyisyyttä
- Mahdolliset VAK-toiminnot ja niiden vaikutukset
 - VAK-onnettomuudet aiheuttavat raideliikenteen suurimman ympäristöriskin
 - Mahdolliset suojausrakenteet ja niiden aiheuttamat erikoisratkaisut
 - Kuivatuksen ja hulevesien hallinnan toiminta mahdollisessa onnettomuustilanteessa
 - Rakenteiden pitkäaikaiskestävyys, toiminnan seuranta ja korjattavuus onnettomuustilanteessa

Hulevesien hallinta on tulevaisuudessa entistä keskeisemmässä roolissa myös ratapihoilla. Tässä työssä tehtyjen tarkastelujen perusteella voidaan todeta, että hulevesien hallintaan ratapihoilla on omat reunaehdonsa ja erityispiirteensä, mutta rataympäristössä voidaan kuitenkin suurelta osin soveltaa samoja ratkaisuja kuin muillakin kaupunkiympäristön alueilla. VAK-toiminnot tuovat hulevesien hallintaan omat haasteensa, mutta niistäkin huolimatta hulevesien hallinta on täysin mahdollista toteuttaa melko yksinkertaisilla rakenteilla myös VAK-ratapihoilla.

LÄHTEET

Aho, J. & Gilbert, Y (2012), Ympäristöministeriön raportteja 5/2012, VAK-ratapihat ja kaavoitus, Vaarallisten aineiden kuljetus ja suuronnettomuuden mahdollisuuden huomiointi. Ympäristöministeriö, Helsinki. Saatavissa (viitattu 14.4.2023): https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41513/YMra_5_2012_VAK-ratapihat_ja_kaavoitus.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ahola, O., Kesti, E., Laanti, J., Linnakoski, K., Levomäki, M., Lipponen, J., Mattsson T., Mäki, O., Niemi, H., Nordman, I., Ojala, R., Räisänen, A., Salmela, J., Salminen, P., Siirto, T., Siponen, P., Väkevä, K. (2016). Turun kaupungin hulevesiohjelma. [Verkojulkaisu] Turun kaupunki: Turku. Saatavissa (viitattu 17.3.2023): http://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//turun_kaupungin_hulevesiohjelma_2016.pdf

A-insinöörit, KSOY & VR Rata (2010) Henkilöratapihan muutos, yleissuunnitelma. Suunnitelmaselostus. Tampere. Saatavissa (viitattu 18.7.2023): https://ekstrat.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8330/ehdotus/liite10_henkiloratapihan_yleissuunn.pdf

Geologian tutkimuskeskus (GTK) (2023). Maankamara [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 6.7.2023): <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>

Gilbert, Y. & Kumpulainen, A. (2010) VAK-ratapihojen turvallisuuden arviointi ja valvonta. Helsinki. Saatavissa (viitattu 11.7.2023): https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78203/Julkaisu_7-2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y

likkanen, P. & Haapala, S. (2018) Rautatieliikenteen käyttövoimat tavaraliikenteessä. Liikenneviraston selvityksiä 16/2018. Helsinki. Saatavissa (viitattu 29.5.2023): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/152412/lts_2018-16_978-952-317-524-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ilmastonkestävä kaupunki: Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito [Verkojulkaisu]. Saatavissa (viitattu 8.5.2023) https://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito_ty%C3%B6kalu.pdf

Inha, L. (2010) Hulevesien hallinta rakennetuilla alueilla. Diplomityö Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Saatavissa (viitattu 10.7.2023): <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/6631/inha.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Jaakola, H. 2015. Hulevesien hallinta mallintamalla. Diplomityö Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Saatavissa (viitattu 12.4.2023) <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23196/jaakola.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Jyväskylän kaupunki. Kankaan hulevesikanava [Verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 12.7.2023): <https://www.jyvaskyla.fi/kaavoitus/projektit-ja-ohjelmat/sinivihrea-infrastruktuuri/kankaan-hulevesikanava>

Kokkolan karttapalvelu. Saatavissa (viitattu 21.7.2023): <https://kartta.kokkola.fi/ims/>

Kuntaliitto (2012) Hulevesiopus. Suomen kuntaliitto, Helsinki. Saatavissa (viitattu 11.4.2023): <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopus>

Laki tulvariskien hallinnasta (2010). Finlex [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 17.3.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>

Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta (1994) Finlex [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 2.10.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940719#L3P12>

Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta annetun lain muuttamisesta. (2018) Finlex [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 31.7.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181007>

Lapp, T., Iikkanen, P & Lepistö, A. (2017) Kokkolan ja Ykspihlajan ratapihojen tarveselvitys. Helsinki. Saatavissa (viitattu 19.7.2023): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/147766/lr_2017_kokkolan_yk_spihlajan_978-952-317-490-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Liikennevirasto. (2010) Ohje kemikaaliratapihan turvallisuusselvityksen ja pelastussuunnitelman laatimiseksi. Saatavilla (viitattu 31.7.2023): https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/RHK/ohje_kemikaaliratapihan_turvallisuusselvityksen.pdf

Liikennevirasto (2010) Turun seudun rataympäristöselvitys. Helsinki. Saatavissa (viitattu 6.7.2023): <https://core.ac.uk/download/pdf/39981068.pdf>

Liikennevirasto (2013). Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013. Verkkojulkaisu. Saatavissa (viitattu 17.3.2023): https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita 13/2018 (2018). Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3 Radan rakenne. Liikennevirasto, Helsinki. Saatavissa (viitattu 24.3.2023): https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-13_rato3_web.pdf

Liikenne- ja viestintäministeriön asettaman valmisteluryhmän loppuraportti (2006) Turun ratapiha-alueen kehittäminen. Helsinki. Saatavissa (viitattu 6.7.2023): <https://www.asepanseutu.fi/wp-content/uploads/LVM-Loppuraportti-150206.pdf>

Maankäyttö- ja rakennuslaki (1999). Finlex [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 17.3.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Meriläinen, P., Lanki, T., Miettinen, I., Hokajärvi, A-M., Simola, A., Tiittanen, P., & Yli-Tuomi, T. (2019) Ilmastonmuutos- ja vesihuoltovarautuminen ja terveysvaikutukset. Suomen ilmastopaneeli 10/2019. Saatavilla (viitattu 28.7.2023): https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/12/Ilmastonmuutos-ja-vesihuolto_final.pdf

Ratalaki (2007). Finlex [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 17.3.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070110>

RT RTS_1727 Hulevesirakenteet (2017). Saatavissa (viitattu 30.5.2023): https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103006?external_system=Juha&page=1&navref=Search

Sikiö, M-T. (2016). Bentoniitista rakennettujen pohjavedensuojaurakenteiden toimivuuden taustaselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 48/2016, Helsinki. Saatavissa (viitattu 12.9.2023): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/128278/lts_2016-48_978-952-317-324-8.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Strömmer, H. (2019). Vaarallisten aineiden kuljetukset vuonna 2017. Liikenne- ja turvallisuusvirasto (Trafi), Helsinki. Saatavissa (viitattu 3.5.2023): https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Traficom%20julkaisuja_4_2019_VaarallistenAineidenKuljetukset2017.pdf

Suomen kuntaliitto ry (2017) Hulevesioppaan päivitettyt luvut lainsäädännön muutosten osalta, Vuoden 2012 Hulevesioppaan liite. Helsinki. Saatavissa (viitattu 13.4.2023): <https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2017/1829-hulevesioppaan-paivitetyt-luvut-lainsaadannon-muutosten-osalta>

Suomen ympäristökeskus (2022). Hulevesien hallinnan vastuut ja ohjeistus. [Verkkojulkaisu]. Saatavissa (viitattu 30.5.2023): <https://www.vesi.fi/vesitieto/hulevesien-hallinnan-vastuut-ja-ohjeistus/>

Sweco (2022) Turun Iso-Heikkilän niittyalueiden luontoselvitys. (viitattu 4.7.2023)

Sweco (2023) Kupittaa-Turku-ratahanke, rakentamissuunnitelmat. (Viitattu 16.8.2023)

Tampereen kaupunki (2023). Oskari-karttapalvelu [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 18.7.2023): <https://kartat.tampere.fi/oskari/>

Traficom (2022), Maailmanpoliittisen tilanteen vaikutuksia liikennejärjestelmään [Verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 14.3.2023): <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/maailmanpoliittisen-tilanteen-vaikutuksia-liikennejarjestelmaan?toggle=L%C3%A4hteet%20ja%20lis%C3%A4tiedot>

Traficom (2023). Vaarallisten aineiden rautatiekuljetukset [Verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 27.3.2023): <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/vaarallisten-aineiden-rautatiekuljetukset?toggle=Ratapihat%20%28VAK%29%20>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). VAK-vaarallisten aineiden kuljetus. [Verkkosivu] Saatavissa (viitattu 3.5.2023): <https://tukes.fi/vak>

Turun karttapalvelu. Saatavissa (viitattu 6.5.2023): <https://opaskartta.turku.fi/ims/>

Turun kaupunki (2005) Ratapiha-alueen osayleiskaavaehdotuksen (25/2005) selostus. Saatavissa (viitattu 11.7.2023): https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//ratapiha-alueen_osayleiskaava_selostus.pdf

Vainiomäki, V. (2018) Rautateillä vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuneet onnettomuudet ja vaaratilanteet. Liikenne- ja turvallisuusvirasto (Trafi), Helsinki. Saatavissa (viitattu 3.5.2023): https://www.traficom.fi/sites/default/files/32615-Trafin_julkaisuja_21_2018_Rautateilla_vaarallisten_aineiden_kuljetuksessa_tapahtuneet_onnettomuudet_ja_vaaratilanteet.pdf

Vakkilainen, P., Kotola, J., Nurminen, J. (2005) Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Helsinki. Saatavissa (viitattu 12.7.2023): https://ilmastotyokalut.fi/bitstream/handle/10138/40647/SY_776.pdf?sequence=1

VAK-strategia 2012–2020 (2012), Vaarallisten aineiden kuljetus Suomessa, Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki. Saatavissa (viitattu 14.4.2023): https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78026/Vaarallisten_aineiden_kuljetus_Suomessa.pdf

Vesilaki (2011). Finlex [verkkosivu]. Saatavissa (viitattu 17.3.2023): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110587>

VR rata. (2009) Ykspihlajan väliratapiha, pohja- ja maanrakennustöiden työkohtainen työselostus rakentamissuunnitelma. (Viitattu 18.8.2023)

Väylävirasto. (2021) Turun ratapiha ja Turku-Kupittaa kaksoisraide: Ratasuunnitelma 2021. Helsinki. Saatavissa (viitattu 15.5.2023): https://vayla.fi/documents/25230764/107438956/01a_Ratasuunnitelmaselostus_RevA_Turun+ratapiha+ja+Turku+-+Kupittaa+kaksoisraide.pdf/6a8aad36-7c15-3369-5f9b-

[eef2fb682a42/01a_Ratasuunnitelmaselostus_RevA_Turun+ratapiha+ja+Turku+-+Kupittaa+kaksoisraide.pdf?t=1643283264272](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/1643283264272/eef2fb682a42/01a_Ratasuunnitelmaselostus_RevA_Turun+ratapiha+ja+Turku+-+Kupittaa+kaksoisraide.pdf?t=1643283264272)

Väyläviraston ohjeita 27/2021 (2021). Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 20 Ympäristö ja rautatiealueet. Väylävirasto, Helsinki. Saatavissa (viitattu 27.3.2023): https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-27_rato20_web.pdf

Väyläviraston julkaisu 32/2019. (2019) Ratapihojen kehityskuva ja verkollinen rooli. Saatavilla (viitattu 3.8.2023): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/173629/vj_2019-32_978-952-317-705-3.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Väyläviraston julkaisu 23/2021, Alueellisen junaliikenteen tekninen selvitys 2021, Helsinki. Saatavissa (viitattu 14.4.2023): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/180738/vj_2021-23_978-952-317-859-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Väyläviraston julkaisu 60/2021. (2021, päivitetty 2023) Rautateiden verkkoselostus 2023. Saatavilla (viitattu 3.8.2023): https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/182819/vj_2021-60_978-952-317-909-7.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Yara Suomi, Uudenkaupungin tehtaat. [verkkosivu] Saatavissa (viitattu 6.7.2023): <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/uusikaupunki/tehtaat/>

Zacheus, A. (2021). Hulevedet asemakaavamääräyksissä Tampereella. Tampereen yliopisto, diplomityö. Tampere. Saatavissa (viitattu 10.7.2023): <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/132306/ZacheusAnni.pdf?sequence=2&isAllowed=y>