

HANHIKANKAAN POHJAVESIALUEEN suojelusunnitelma 2021

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	6
2. Ilmastonmuutos	8
2.1 Katsaus Mikkelin säähistoriaan	9
2.1.1 Lämpötila	9
2.1.2 Sadanta	10
2.1.3 Haihtuminen	11
2.1.4 Lumentulo, syvyys ja routaantuminen	12
2.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset lämpötilaan ja sadantaan Mikkelin seudulla	13
2.3 Ilmastonmuutos ja pohjavesi	14
2.4 Ilmastonmuutoksen aiheuttamia mahdollisia uhkia	15
3. Geologia ja hydrogeologia	17
3.1 Hanhikankaan pohjavesialueen rajat	18
3.2 Hanhikankaan pohjavesimuodostuman synty	20
3.3 Hanhikankaan pohjavesialueen geologia	21
3.4 Hanhikankaan pohjavesialueen hydrogeologia	25
3.5 Pohjavedenvirtausmalli	27
3.6 Muodostuvan pohjaveden määrä ja pinta-pohjavesivuorovaikutus	29
3.7 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Hanhikankaan pohjavesialueella	31
3.8 Pintaveden virtausmalli	34
3.9 Ilmastonmuutoksen vaikutukset pintaveden virtaukseen ja viipymään Hanhilammessa	39
4. Hanhikankaan pohjavedenottamo	42
4.1 Hanhikankaan pohjavedenottamon historia	43
4.2 Hanhikankaan pohjavedenottamon vedenottolupa ja pumppausmäärät	43
4.3 Hanhikankaan pohjavedenottamon tulevaisuus	46
4.4 Hanhikankaan pohjavedenottamon toimintaperiaate	46
5. Vedenlaadunseuranta	47
5.1 Talousvedenlaadunseuranta	48
5.2 Pohjavedenlaadunseuranta	48
5.3 Pintavedenlaadunseuranta	48
5.4 Pintavesi- pohjavesitarkkailuvelvoitteen alaiset toimijat	49
5.5 Seurannan kehitystarpeet	50
6. Hanhilammen valuma-alueen vesistöjen tila ja pintavedenlaatu	51
6.1 Vesienhoitosuunnitelma	52
6.2 Hanhilammen valuma-alueen vesistöjen tilan muutos 1966-2019	52
6.3 Seitsennimisen joen muutos 1960-2020	54
6.4 Pankajoen vedenlaadun muutos 1995-2017	55
6.5 Hanhilammelle päätyvä fosforikuorma	57
6.6 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Hanhilammen fosfori- ja kiintoaines kuormitukseen	60

7. Hanhikankaan pohjaveden tila ja vedenlaatu	63
7.1 Vesienhoitosuunnitelma	64
7.2 Kaivovedenlaatu suhteessa laatuvaatimukseen	64
7.3 Verkostovedenlaatu suhteessa laatuvaatimukseen	65
7.4 Vedenottomäärien vaikutus raakaveden laatuun	65
8. Pintavesi-pohjavesi laatuysteys ja sen kehitys	67
9. Pankajojen ja hanhilammen veden raakavesikelpoisuus	69
10. Maankäyttö hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella	74
10.1 Corine aineisto	75
10.2 Kaavoitus	77
11. Pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysi	79
11.1 Yleistä DRASTIC -menetelmästä	80
11.2 Hanhikankaan pohjavesialueen DRASTIC-haavoittuvuusanalyysi	80
12. Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysi	85
12.1 Haavoittuvuusluokkien perusteet	86
12.2 Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysi	86
13. Riskien luokittelu	91
13.1 Riskien ominaisuudet ja luokittelu	92
13.2 Riskimatriisi	92
14. Onnettomuusriskit	95
14.1 Vaarallisten aineiden kuljetukset Jyväskylän tiellä	96
14.2 Vaarallisten aineiden kuljetukset Savonradalla	102
14.3 Teollisuusalueet	105
14.4 Lentokenttä	107
14.5 Huolto- ja jakeluasemat	109
14.6 MATTI-rekisterikohteet	111
15. Ympäristöön päästettävät kemikaalit ja niiden aiheuttamat riskit	115
15.1 Kaupungin katujen pölynsidonta	116
15.2 Liukkaudentorjunta valtion teillä	118
15.3 Hautausmaat	120
15.4 Golfkenttä	121
15.5 Maatalous	123
16. Infrarakenteiden riskit	125
16.1 Jätevesiviemärit	126
16.2 Jätevesipumppaamot	127
16.3 Hulevedet	128
16.4 Sähkömuuntajat	131
16.5 Kaukolämpö	132
16.6 Öljysäiliöt	133

17. Maankäytöstä aiheutuvat riskit	136
17.1 Maa-ainestenotto	137
17.2 Metsätalous	140
17.3 Muodostuvan pohjaveden määrän väheneminen	141
18. Ilmastonmuutoksen ja vedenlaadun muutosten aiheuttamat riskit	143
18.1 Ilmastonmuutos	144
18.2 Likolampi	145
18.3 Rantaimetymisalueen vedenlaadun muutokset	146
19. Varautuminen riskeihin	148
19.1 Riskimatriisista esille nousevat riskit	149
19.2 Toiminta kemikaalionnettomuuden sattuessa	150
19.3 Varautumissuunnitelma	150
19.4 WSFS-DEMALA	150
20. Johtopäätökset	152
Lähteet	158

LIITTEET

LIITE 1_Hanhikankaan pohjavesialueella tehdyt tutkimukset
LIITE 2_Säähavainnot 1931-2020
LIITE 3_Pohjapadot Hanhilammen valuma-alueella
LIITE 4_Päästöskenaariot
LIITE 5_Pohjavedestä mitatut suureet 1991-2020
LIITE 6_Vesistöjen muutokset 1966-2019
LIITE 7_Seitsennimisen joen tilan muutos 1960-2020
LIITE 8_Pankajoen vedenlaadun muutokset 1995-2017
LIITE 9_Pankajoen vedenlaadun muutokset kausittain 1995-2017
LIITE 10_Esimerkki menetelmästä pohjavedenlaadun parantamiseksi
LIITE 11_Talousveden laatu vuonna 2020
LIITE 12_Vedenottamon kaivoista mitattujen suureiden muutokset välillä 1991_2019
LIITE 13_Pintavesien raakavesikelpoisuus Iso-Vuolinko_Pieni-Vuolinko_Pankalampi
LIITE 14_Hanhikankaan pohjavesialueen DRASTIC -analyysin laskentaperusteet
LIITE 15_Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysin määrittäisperusteet
LIITE 16_Mikkelin lentoasema
LIITE 17_Likolampi
LIITE 18_Suojelusuunnitelman toimenpidesuosituksen ja vastuut



01

JOHDANTO

1. JOHDANTO

Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialue on Pursialan pohjavesialueen ohella Mikkelin tärkein raakavesilähde. Se kattaa tällä hetkellä noin 20 % Mikkelin kaupungin talousveden tarpeesta ja tulevaisuudessa sen rooli tulee vielä kasvamaan nykyisestään. Hanhikankaan pohjavesialueen suojeleminen on erittäin tärkeää, varsinkin kun tärkeimpään pohjavesialueeseen, Pursialan pohjavesialueeseen, on liittynyt useita pohjaveden laatua uhkaavia maaperän pilaantumistapauksia. Suojelusuunnitelman tavoitteena on varmistaa hyvälaatuisen pohjaveden saanti myös tulevaisuudessa.

Tässä suojelusuunnitelmassa käydään läpi pohjavesialuetta uhkaavat riskitekijät ja riskien minimoimiseksi ja ehkäisemiseksi laaditut toimenpidesuositukset. Suojelusuunnitelmassa on pyritty huomioimaan aiempia suojelusuunnitelmia kattavammin pintavesivälitteiset ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit Hanhikankaan pohjavesialueelle. Riskien tunnistamista, ennustamista ja arviointia varten Mikkelin seudun ympäristöpalvelut on teettänyt Suomen ympäristökeskuksella (SYKE) virtaama-, kuormitus- ja onnettomuustilannemallit Emolanjoen valuma-alueelle. Mallinnustyö toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen WSFS-VEMALA-nimisellä hydrologisella mallilla (jäljempänä VEMALA). VEMALA -ohjelma laskee joka päivä koko Suomen alueelta vesien virtaamat ja niiden mukana kulkeman typpi-, fosfori- ja kiintoainekuormituksen. Sitä on hyödynnetty aiemmin myös mm. Mäntyharjussa vuonna 2018 tapahtuneen Kinnin kemikaalionnettomuuden vaikutusten arvioinnissa. RAINMAN -projektissa VEMALA -ohjelma kalibroitiin vastaamaan Hanhilammen valuma-alueen hydrologisia- ja kuormitushavaintoja. Lisäksi mallilla simuloitiin mahdollista onnettomuustilannetta Hanhilammen valuma-alueella. Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tehnyt osana RAINMAN -projektia pohjaveteen kohdistuvien riskien tunnistamista ja arviointia varten ilmastonmuutoksen huomioivan pohjaveden virtausmallin ja DRASTIC-haavoittuvuusanalyysin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Mallien tulokset on esitetty tässä suojelusuunnitelmassa ja ne ovat suuntaa-antavia. Hanhikankaan pohjavesialuetta koskevat tiedossa olevat tutkimukset on esitetty liitteessä 1. Tässä suojelusuunnitelmassa pyritään antamaan kattava kuvaus tämän hetkisestä Hanhikankaan pohjavesialueen tuntemuksesta.

Ilmastonmuutos on otettu suojelusuunnitelman läpileikkaavaksi teemaksi. Suojelusuunnitelma on laadittu Hanhikankaan pohjavesialueelle aiemmin vuosina 1996, 1999, 2001 ja 2010.

Suojelusuunnitelman päivitystyö on osa EU:n Kaakkois-Suomi – Venäjä ohjelman (CBC) rahoittamaa RAINMAN-projektia (Towards higher adaptive capacity in urban water management). Suojelusuunnitelman päivitys on toteutettu yhteistyössä Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden, Geologian tutkimuskeskuksen ja Etelä-Savon ELY-keskuksen, Mikkelin kaupungin, Mikkelin Vesilaitoksen, Etelä-Savon pelastuslaitoksen sekä Etelä-Savon Energian kanssa. Tähän työhön on haastateltu myös lukuisia eri alojen asiantuntijoita.

Suojelusuunnitelman päivitystyön aloittamisesta kuulutettiin Länsi-Savo lehdessä 8.4.2021 ja kaupungin nettisivuilla 6.4.-6.5.2021 välisenä aikana. Suojelusuunnitelman päivityksestä järjestettiin myös työpaja sidosryhmille 12.5.2021. Työpajassa esiteltiin GTK:n ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) mallinnustöiden tuloksia ja pohdittiin seuraavia aiheita; ilmastonmuutos ja pohjavesi, hulevesien hallinta, onnettomuuteen varautuminen. Lisäksi pohjavesialueella sijaitsevista riskitekijöistä ja Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevista pintavesivälitteisistä riskitekijöistä ja niiden vaikutusten arvioinnista järjestettiin sidosryhmille työpajat 27.9.2021 ja 13.10.2021 ja 21.10.2021. Työpajoissa esiteltiin työssä esiinnousseet riskitekijät ja niiden sijainti haavoittuvuusanalyysikartoille. Työpajoissa pyrittiin määrittämään yhdessä riskiluokat (haitallisen tapahtuman todennäköisyys ja haitan suuruus). Kaikkien työpajojen tuloksia on hyödynnetty suojelusuunnitelman päivityksessä.

Suojelusuunnitelman päivityksen hyväksyy Mikkelin kaupunginvaltuusto. Kiitokset kaikille niille, jotka ovat osallistuneet suojelusuunnitelman laadintaan ja tietojen keräämiseen ja antaneet haastatteluja. Erityiskiitos työpanoksesta Hanna Pasoselle, Heikki Tanskaselle, Sara Karvolle.

Suojelusuunnitelman on laatinut tutkija, DI Juha Rautio Mikkelin seudun ympäristöpalveluista.



02

ILMASTONMUUTOS

2. ILMASTONMUUTOS

Säätä, lämpötilaa ja sademääriä, on tutkittu paljon myös Mikkeliissä ja lämpötilan ja sademäärien kehitystä pystytään ennustamaan erilaisilla ilmastomalleilla ja päästöskenaarioilla. Sekä säähistoriasta että ennusteista voidaan nähdä, että muutosta on tapahtunut ja tapahtuu edelleen. Osa ilmastomuutoksen aiheuttamista uhkakuvista tunnistetaan jo, mutta on todennäköisesti olemassa myös vielä tunnistamattomia uhkakuvia. Ilmastomuutokseen on syytä pyrkiä varautumaan jo ennakolta. Jotta pystytään ymmärtämään sään tulevaisuutta, on syytä tuntea myös säähistoria.

2.1 Katsaus Mikkelin säähistoriaan

Mikkeliissä on tutkittu säätä ja sen ilmiöitä vuosina 1926-2021. Mittauksia on suoritettu Rantakylän, Mikkelin lentoaseman sekä Suonsaaren sää-asevilla. Sää-tiedot ovat kaikkien saatavilla ilmatieteenlaitoksen sivuilla. Lisäksi tutkittua tietoa löytyy Seppo Häkkisen

julkaisusta Sadetta, poutaa, hellettä ja pakkasta, Säähavaintoja Etelä-Savon tutkimusasemalla Mikkeliissä 1926-1993.

2.1.1 Lämpötila

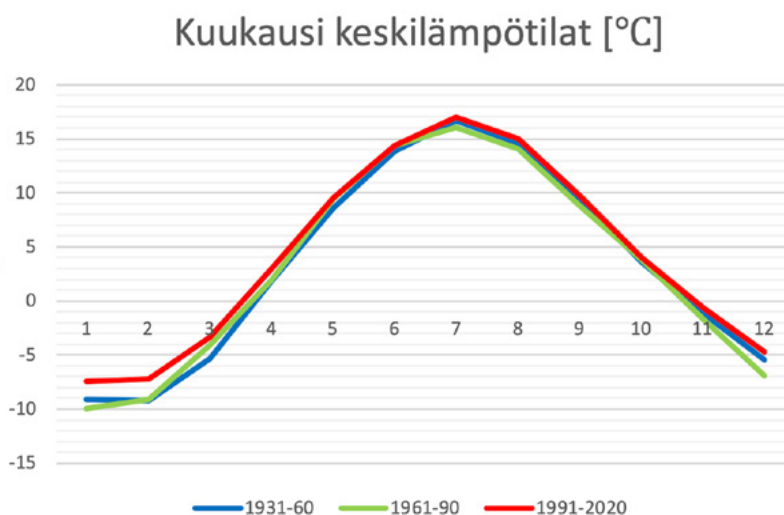
Mikkelin vuosikeskilämpötila on noussut 1991-2021 yli 1°C verran. Suurinta lämpötilan kasvu on ollut talvikuukausina.

Ilmastomuutoksen tiedetään vaikuttavan vuosikeskilämpötiloja nostavasti. Mikkelin sää-asevilla tehdyistä mittauksista voidaan nähdä, että vuosikeskilämpötilan nopea kohoaminen on alkanut ajanjaksolla 1991-2020. Välillä 1931-1990 vuosikeskilämpötiloissa ei tapahtunut muutosta. Viimeisen 30 vuoden aikana vuosikeskilämpötila on noussut Mikkeliissä noin 1 °C verran. Samansuuntainen ja suurin lämpötilan muutos on nähtävissä koko Suomessa (ks. liite 2).

Taulukosta 1 ja kuvasta 1 nähdään, että Mikkelin keskilämpötilan kasvu on ollut suurinta joului-, tammi- ja helmikuussa ja pienintä touko-, kesä- ja lokakuussa. (Häkkinen, 1993, 7, Ilmatieteenlaitos, 2021a, Nikander, 2021.)

Taulukko 1. Keskilämpötilat (°C) kuukausi- ja vuositasolla ajanjaksoina 1931-60 ja 1960-90 (Häkkinen, 1993, 7, Ilmatieteenlaitos, 2021a, Nikander, 2021).

kuukausi vuosi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ka
1931-60	-9,1	-9,2	-5,3	1,8	8,6	13,9	16,7	14,6	9,4	3,6	-1,1	-5,4	3,2
1961-90	-9,9	-9,1	-4,1	1,9	9,4	14,4	16,1	14,1	8,8	3,8	-1,7	-6,9	3,1
1991-2020	-7,4	-7,2	-3,3	3,0	9,6	14,4	17,0	15,0	9,8	4,0	-0,6	-4,7	4,2



Kuva 1. Keskilämpötilat (°C) kuukausi- ja vuositasolla ajanjaksoina 1931-60 ja 1960-90 (Häkkinen, 1993, 7, Ilmatieteenlaitos, 2021a, Nikander, 2021).

2.1.2 Sadanta

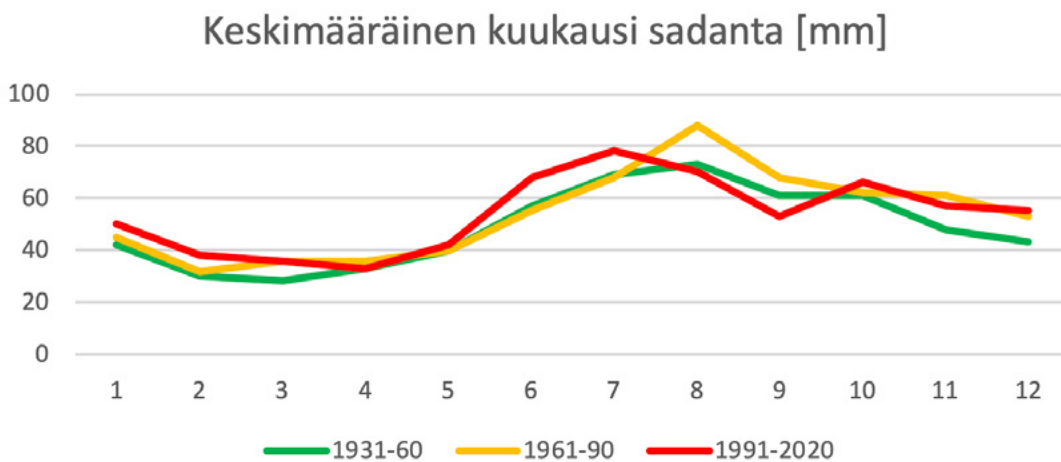
Mikkelin keskimääräiset vuosittaiset sademäärät ovat kasvaneet ajanjaksolla 1961-1990 58 mm verrattuna ajanjaksoon 1930-1960. Kasvu on painottunut talveen ja syksyyn. Kesäsaateet ovat aikaistuneet ajanjaksolla 1990-2020.

Ilmastonmuutoksen tiedetään kasvattavan myös sademääriä. Mikkelin sääasemilta mitattujen sademäärien perusteella vuosina 1931-60 satoi keskimäärin 585 mm

vettä vuodessa. Vuosina 1961-1990 satoi keskimäärin 643 mm vettä vuodessa. Kasvu keskimääräisissä sademäärissä näiden ajanjaksojen välillä on 58 mm. Taulukosta 2 ja kuvasta 2 voidaan nähdä, että sademäärän kasvu ajanjaksojen välillä on painottunut talveen ja syksyyn. Sadepäiviä on ollut vuodessa keskimäärin 190 kpl/v ajanjaksolla 1931-1960 ja 210 kpl/v ajanjaksolla 1961-1990. (Häkkinen, 1993, 29-31, 35.) Sademäärä ajanjaksona 1991-2020 on ollut keskimäärin 645 mm vuodessa. Sademäärässä ei ole tapahtunut juurikaan muutosta suhteessa ajanjaksoon 1961-1990. (Ilmatieteenlaitos, 2021b.)

Taulukko 2. Keskimääräiset sademäärät [mm] kuukausi- ja vuositasolla ajanjaksoina 1931-60 ja 1960-90 sekä 1991-2020 (Häkkinen, 1993, 29-31, Ilmatieteenlaitos, 2021b).

kuukausi vuosi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ka
1931-60	42	30	28	33	40	57	69	73	61	61	48	43	585
1961-90	45	32	36	36	40	55	68	88	68	62	61	53	643
1991-2020	50	38	36	33	42	68	78	70	53	66	57	55	645



Kuva 2. Keskimääräiset sademäärät [mm] kuukausi- ja vuositasolla ajanjaksoina 1931-60 ja 1960-90 sekä 1991-2020 (Häkkinen, 1993, 29-31, Ilmatieteenlaitos, 2021b).

2.1.3 Haihtuminen

Vuosina 1961-1993 keskimääräinen haihtuminen on ollut 412 mm vuodessa. Haihtunta on mitattu haihtumisaltaasta joka päivä välillä 1.5.-30.9. klo 8:00. Pienimmillään (317,9 mm) keskimääräinen haihtuminen on ollut vuonna 1987 ja suurimmillaan (470,8 mm) vuonna 1975. (Häkkinen, 1993, 28.) Vuosilta 1930-1960 ei ole vastaavia tietoja saatavilla. (Häkkinen, 1993, 29-31, 35.)

2.1.4 Lumentulo, syvyys ja routaantuminen

Talvi on lyhentynyt molemmista päistä, eikä maa routaannu enää syvälle.

Keskimäärin pysyvän lumen tulopäivä on ollut 2.12. ajanjaksona 1930-60 ja 26.11. ajanjaksona 1960-90. Välillä 1930-1990 pysyvä lumi on tullut ainoastaan viisi kertaa tammikuun puolella (4.1.1990, ja 28.1.1973 ja 23.1.1957 ja 3.1.1944 ja 21.1.1930). (Häkkinen, 1993, 36-38.)

Taulukko 3. Lumen keskimääräiset syvyydet kuukauden 15.päivä ajanjaksoina 1931-60 ja 1961-90 (Häkkinen, 1993, 38).

Ajanjakso	marras	joulu	tammi	helmi	maalis	huhti
1930-60	4	15	32	45	50	30
1960-90	4	20	37	51	55	30

Pysyvän lumen lähtöpäivä on ollut keskimäärin 22.4. ajanjaksolla 1930-60 ja 26.4. ajanjaksolla 1960-90. Aikaisimmillaan pysyvä lumi on lähtenyt 3.4.1954 ja myöhäisimmillään 11.5.1981. Pysyvä lumi on lähtenyt 1930-90 välillä yhteensä 13 vuonna vasta toukokuun puolella. (Häkkinen, 1993, 36-38.)

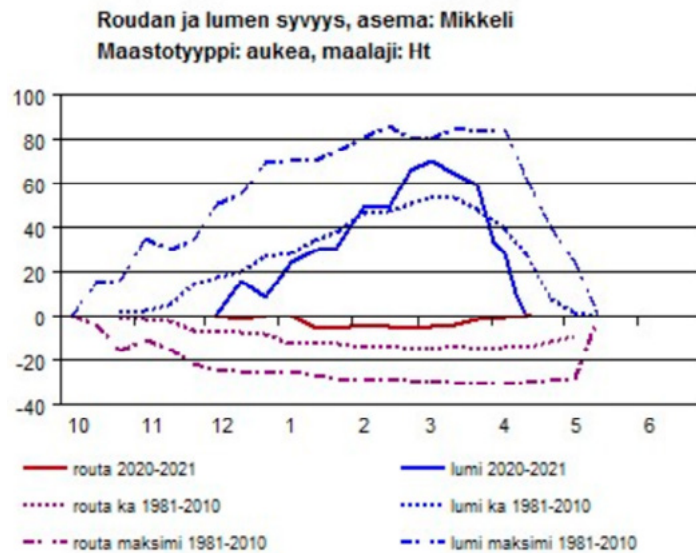
Lumen suurin syvyys on ollut keskimäärin 60 cm 1930-60 ja 66 cm 1960-90. Lumipeitepäiviä on ollut keskimäärin 153 kpl/v 1930-60 ja 156 kpl/v 1960-90. Pienimmillään lumipeitepäiviä on ollut vuonna 96 kpl talvikautena 1929-30 ja suurimmillaan 197 kpl talvikautena 1980-81. Taulukossa 3 on esitetty keskimääräiset lumen syvyydet kuukausittain. (Häkkinen, 1993, 36-38.)

Maa on routaantunut keskimäärin 25.11. ja routa sulanut keskimäärin 29.4. ja roudan suurin syvyys on ollut keskimäärin 19 cm ajanjaksona 1961-90. Väliltä 1931-1960 ei ole saatavissa vastaavia tietoja. (Häkkinen, 1993, 38.)

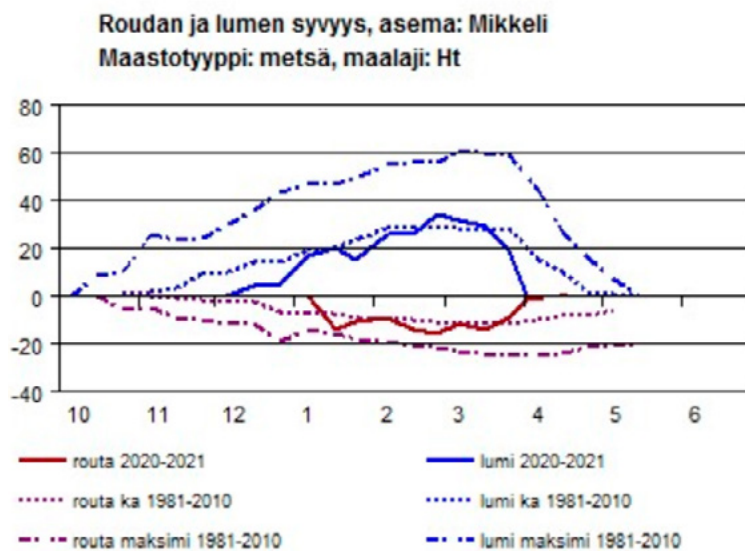


Ajanjaksolta 1991-2021 ei ollut käytettävissä aiempien vuosien kaltaisia tarkkoja tietoja. Suomen ympäristökeskuksen sivuilta saatavista kuvaajista (kuvasta 3 ja 4) voidaan nähdä kuitenkin, kuinka meneillään oleva talvikausi 2020-2021 suhteutuu vuosien 1981-2010

roudan syvyyden ja lumen paksuuden keskiarvoihin ja maksimeihin. Kuvaajista voidaan nähdä kuukaudella molemmista päistä lyhentynyt talvikausi sekä huomattavasti pienempi roudan paksuus aukealla maastotyypillä.



Kuva 3. Roudan ja lumen syvyys Mikkelin sääasemalla talvikautena 2020–2021 verrattuna 1981–2010 vuosien keskiarvoon ja maksimiin. Maastotyyppi aukea ja maalaji ht (Suomen ympäristökeskus, 2021a).



Kuva 4. Roudan ja lumen syvyys Mikkelin sääasemalla talvikautena 2020–2021 verrattuna 1981–2010 vuosien keskiarvoon ja maksimiin. Maastotyyppi metsä ja maalaji Ht (Suomen ympäristökeskus, 2021a).

2.2 Ilmastonmuutoksen vaikutukset lämpötilaan ja sadantaan Mikkelin seudulla

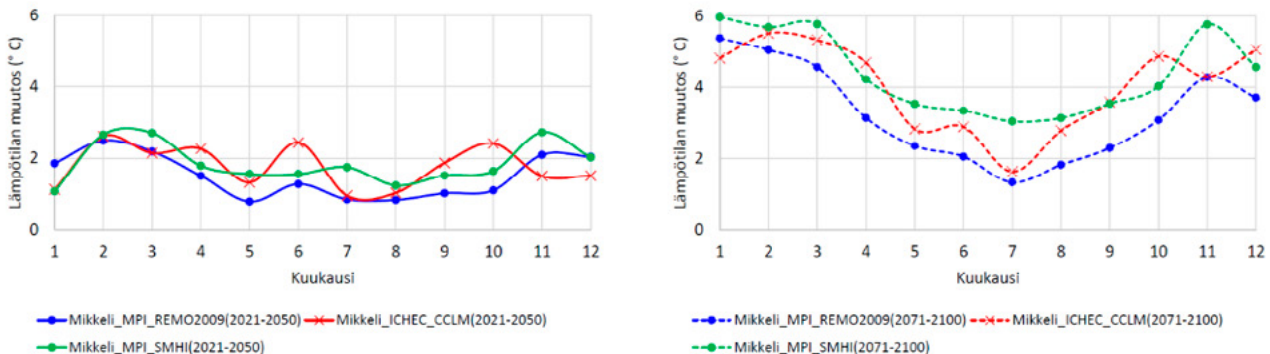
Talvikuukausien keskilämpötilan nousu, enimmillään jopa 5,5 °C vuosisadan loppuun mennessä, vaikuttaisi olevan luonnollinen jatkumo lämpötilan aiemmalle kehitykselle.

Hanhikankaan pohjavesialueen suojelusuunnitelman päivityksen yhteydessä RAINMAN-projektissa selvitettiin myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia Mikkelin seudulla lähinnä pohjaveden muodostumisen näkökulmasta. Tätä varten analysoitiin kolmen alueellisen ilmastomallin tuloksia. Analysoidut ilmastomallit olivat REMO2009, CCLM ja SMHI RCA4. Kaikissa malleissa taustalle valittiin IPCC:n RCP8.5 päästöskenaario. Tämä päästöskenaario on kasvihuonekaasujen määrän mahdollinen kehityskulku, jossa kasvihuonekaasujen päästöt kasvavat nykytahdilla (nk. business-as-usual). Klein

ja Luoma (2020) ovat esitelleet tarkemmin kaksi ensimmäistä alueellista ilmastomallia ja kolmas analysoitu ilmastomalli kuvataan Hanhikankaan pohjavesialueen virtausmallinnusraportissa (Hyvönen et al., 2021).

Tehdyssä ilmastonmuutosanalyysissä arvioitiin lämpötilan ja sadannan kehitystä aikaväleillä 2021–2050 ja 2071–2100. Vertailuarvona käytettiin Ilmatieteen laitoksen Mikkelin lentoaseman säähavaintoasemalta vuosina 1981–2010 mitattujen havaintojen keskimääräisiä arvoja. Nykyilmasto sekä lämpötilan ja sadannan kehitys RCP8.5 päästöskenaarion mukaisesti määrittävät vaihtelualueen, missä rajoissa Mikkelin seudun ilmasto todennäköisesti kehittyy seuraavien 80 vuoden aikana.

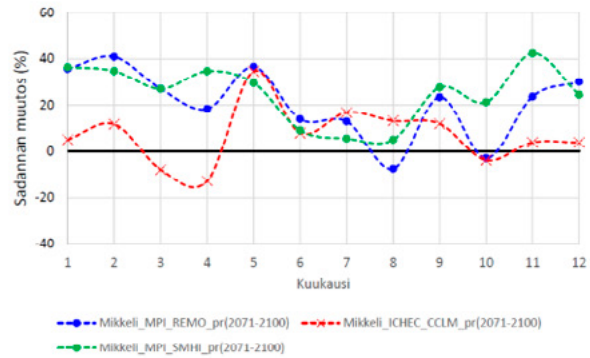
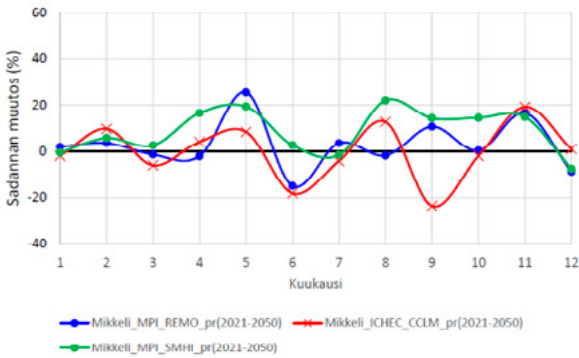
Alueellisten ilmastonmuutosmallien mukaan lämpötilan nousun Mikkelin seudulla on arvoitu olevan aikavälillä 2021–2050 noin 1.0–2.5 °C ja aikavälillä 2071–2100 noin 1.5–5.5 °C verrattuna vuosiin 1981–2010 (kuva 5). Lämpötilan nousu on analysoitujen mallien mukaan pienintä kesällä ja suurinta talvikuukausina.



Kuva 5. Alueellisten ilmastonmuutosmallien (REMO2009, CCLM ja SMHI RCA4) mukaan arvioitu lämpötilan muutos Mikkelin seudulla aikavälillä 2021–2050 (vasen kuvaaja/A) ja aikavälillä 2071–2100 (oikea kuvaaja/B) verrattuna Mikkelin lentoaseman säähavaintoasemalta vuosina 1981–2010 mitattujen havaintojen keskimääräisiin lämpötila-arvoihin (Klein ja Luoma 2020, Jarva ja Klein [toim.] 2022).

Ilmastonmuutosmallien mukaan vuosisadanta kasvaa Mikkelin seudulla aikavälillä 2021–2050 ja 2071–2100 verrattuna vuosina 1981–2010 mitattuun sademäärään (kuva 6). Mallien kuvaama sadannan muutos ei ole yksiselitteinen ja kuukausittaisissa sadannan muu-

toksissa on huomattavia eroja mallilaskelmien välillä. Useamman alueellisen ilmastomallin analyysi osoittaa, että Suomessa sadanta kasvaa tulevaisuudessa eniten ajanjaksolla marraskuusta tammikuuhun (Ruosteenoja et al., 2016).



Kuva 6. Alueellisten ilmastomuutosmallien (REMO2009, CCLM ja SMHI RCA4) mukaan arvioitu sadannan muutos Mikkelin seudulla aikavälillä 2021–2050 (vasen kuvaaja/kuvaaja A) ja aikavälillä 2071–2100 (oikea kuvaaja/kuvaaja B) verrattuna Mikkelin lentoaseman säähavaintoasemalta vuosina 1981–2010 mitattujen havaintojen keskimääräisiin sademääriin (Klein ja Luoma 2020, Jarva ja Klein [toim.] 2022).

2.3 Ilmastonmuutos ja pohjavesi

Ilmastonmuutoksen seurauksena pohjaveden pinnat voivat vaihdella aiempaa enemmän ja tällä voi olla vaikutuksia pohjaveden laatuun.

Ilmastonmuutos vaikuttaa pohjaveden muodostumiseen ja vaikutuksia havaitaan erityisesti pohjaveden pinnankorkeudessa. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) pitkäaikaisten pohjavesiskenaarioiden perusteella Suomen keskiosissa pohjaveden pinnat voivat laskea jopa merkittävästi ilmaston muuttuessa. Pohjavesipintojen lasku olisi em. skenaarioiden perusteella suurinta loppukesällä ja syksyllä. Tämä johtuu kevään aikaistumisesta ja kesän kuivuusjaksojen pidentymisestä, sekä kesällä tapahtuvan haihdunnan määrän lisääntymisestä lämpötilan noustessa ja kasvukauden pidentyessä. Toisaalta syksyisin sadannan lisääntyminen edesauttaa pohjavesivarastojen täydentymistä. Sateisemmat ja pidemmät syysjaksot hidastavat myös routakerroksen muodostumista ja pidentävät pohja-

vesivaraston täydentymisaikaa nykyiseen verrattuna. Talvella roudattomuus ja lumen toistuvat sulamisjaksot voivat lisätä pohjavesivarastojen täydentymistä aiemasta poiketen talviaikaan myös Suomen keskiosissa. (Suomen ympäristökeskus 2019).

Ilmastonmuutoksen seurauksena pohjaveden pinnat voivat siis vaihdella aiempaa enemmän. Talvella vedenpinnat nousevat luultavasti hieman nykyistä korkeammalle, kesällä ne saattavat laskea nykyistä alemmaksi (Orvomaa 2021). Ilmastonmuutoksen ei kuitenkaan arvioida vähentävän Suomen pohjavesivarantojen kokonaismäärää, vaikka vuodenaikaisvaihtelut voivat ajoittain aiheuttaa haasteita veden riittävytydessä (Orvomaa 2020). Paikallisesti ilmastonmuutoksen vaikutukset pohjavesivarantoihin voivat kuitenkin vaihdella riippuen pohjavesimuodostuman koosta sekä muodostumaan kohdistuvasta vedenhankinnasta.

Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut vaikuttavat myös pohjaveden laatuun. Pohjaveden pinnan lasku muuttaa maaperän happiolosuhteita, mikä puolestaan

vaikuttaa maaperässä olevien aineiden liukoisuuteen. Toisaalta pohjaveden pinnan nousu voi edesauttaa maaperässä aiemmin pohjaveden pinnan yläpuolella olleiden haitta-aineiden huuhtoutumista pohjaveteen (mm. Orvomaa 2021). Pohjaveden pinnankorkeuden lasku voi myös lisätä rantaimetyymistä, jolloin pintavettä pääsee pohjavesimuodostumaan ja voi heikentää pohjaveden laatua (Suomen ympäristökeskus 2019).

2.4 Ilmastonmuutoksen aiheuttamia mahdollisia uhkia

Ilmastonmuutos nostaa ilmakehän ja vesistöjen lämpötiloja sekä aiheuttaa muutoksia hydrologisessa kierrossa. Myrskyt ja tulvat lisääntyvät, talvisateet yleistyvät ja runsastuvat, kesäiset kuivat kaudet pitenevät sekä yleisesti ottaen sään ääri-ilmiöt ja niiden voimakkuus kasvavat. Nämä tekijät vaikuttavat sekä pinta- että pohjavesien määrään, laatuun ja virtausolosuhteisiin.

1) Pintavesien laatu heikkenee

Pintavesissä lämpötilan nousu voi lisätä levien massasiintymiä. Lämpenemisen myötä vesistöjen kesäaikainen kerrostuneisuus vahvistuu, mikä heikentää pohjien happitilannetta. Hapettomissa olosuhteissa pohjasedimenteistä vapautuu fosforia vesipatsaaseen, ja se taas saattaa lisätä perustuotantoa (Vienonen ym. 2012, s. 34). Perustuotannon kasvu johtaa myös veden samenessen, jolloin hapenkulutus kasvaa. Lämpötilan nousu lisää myös bakteeri- ja sienipitoisuuksia vesistöissä (Ilmasto-opas.fi). Kesäkauden kuivuusjaksot pienentävät tulovirtaamia vesistöihin, jolloin hapekkaan veden virtaaminen vesistöön vähenee. Tämä voi näkyä myös talven olosuhteissa aiheuttaen happikatoa sekä sen tuomia ongelmia, kuten sisäisen ravinnekuorituksen kiihtymistä ja sitä kautta edelleen rehevöitymistä (Vienonen ym. 2012, s. 32).

2) Pohjaveden laatu ja määrä heikkenee

Pohjavedet voivat lämmitä ilman lämpötilan kohotessa tai rantaimetyyvän veden lämpenemisen myötä, mikä voi lisätä riskiä mikrobitoiminnan kasvulle poh-

javesissä (Vienonen ym. 2012, s. 58). Pitkällä aikavälillä pohjavesien pintojen arvioidaan laskevan kesäaikaan, jolloin pohjaveden happipitoisuus voi laskea ja rauta- ja mangaanipitoisuudet nousta. Kun pohjaveden pinta on tavallista alempana, voivat virtausolosuhteetkin muuttua, jolloin pohjaveteen voi kulkeutua ympäristöstä haitallisia aineita (Vienonen ym. 2012, s. 31 - 32). Happikato voi aiheuttaa myös ammoniumin, orgaanisen aineksen, metaanin ja rikkivetykaasujen esiintymistä pohjavesissä. Koska kuivuus vaikuttaa pohjaveden määrään, se voi vaikeuttaa riittävän ja hyvälaatuisen talousveden saantia (Ilmasto-opas.fi). Kuivina vuosina myös pohjaveden humuspitoisuus saattaa nousta ja kemiallinen hapenkulutus kohota (Ympäristö.fi).

3) Sateiden ajankohta ja voimakkuus muuttuvat

Rankkasateiden ja sadejaksojen lisääntyessä ravinteiden huuhtoutuminen vesistöihin ja pohjavesiin kasvaa, jolloin vesien ravinne-, kiintoaine- ja humuspitoisuudet voivat nousta. Ravinteita, kiintoainesta ja humusta kulkeutuu vesistöihin enenevässä määrin myös talvisin, sillä lumeton kausi pitenee ja talvisateet voimistuvat. Lisääntynyt ravinnekuormitus kiihdyttää vesistöjen rehevöitymistä (Vienonen ym. 2012, s. 27). Vuosidannan kasvu ei välttämättä riitä kasvattamaan kesän virtaamia, koska lämpötilan noustessa haihduntakin nousee, mikä voi johtaa jopa vuosivalunnan pienentymiseen. Rankkasateet ja lisääntynyt sademäärä voivat kuitenkin lisääntyneen huuhtouman lisäksi aiheuttaa eroosiota ja tulvia (Ilmasto-opas.fi).

4) Tulvariskit kasvavat

Tulvatilanteessa vesistöjen pintavettä voi päästä imeytymään pohjavesimuodostumiin alueilla, joilla pohjavesimuodostuma rajoittuu järviin ja jokiin heikentäen pohjaveden laatua (Vienonen ym. 2012, s. 27). Myös märät talvet ja rankkasateet voivat aiheuttaa pintaveden pääsyn pohjavesiin. Myrskytuhot taas voivat aiheuttaa häiriöitä vedenjakelussa (Ympäristö.fi).



5) Liukkaudentorjunta tarve lisääntyy

Teiden suolaus voi aiheuttaa vesistöjen ja pohjavesien kloridipitoisuuden kasvua. Liukkaudentorjunnan tarve lisääntyy, kun lämpötilat vaihtelevat nollan asteen molemmin puolin. Ilmaston lämmitessä teiden suolaus ensin lisääntyy, ja myöhemmin kääntyy laskuun (Vienonen ym. 2012).

6) Pintaveden ja pohjaveden orgaanisen aineksen määrä nousevat

Orgaanisen aineen (humuksen) määrä on noussut ja vesistöt ovat tummuneet parin viime vuosikymmenen aikana Suomessa. Ilmiö on havaittu myös muualla Pohjois-Euroopassa ja -Amerikassa. Vesien tummumisen ilmiön on arvioitu johtuvan ilmastonmuutokses-

ta, happamoittavien sateiden vähenemisestä sekä maankäytöstä. Ilmastonmuutoksen myötä leudot, vähäroutaiset talvet sekä sadannan ja valunnan äärevöityminen ovat lisänneet huuhtoutuvan hiilen määrää. Happamoittavien sateiden väheneminen, mikä sinänsä on positiivinen asia, on myös lisännyt humuksen huuhtoutumista. Laskeuman muutoksen arvioidaan tulevaisuudessa vähenevän, kun taas ilmastonmuutoksen vaikutuksen vastaavasti kasvavan. Ilmastonmuutoksen ja happamoittavien sateiden ohella maankäytön vaikutus orgaanisen aineen huuhtoutumiseen on merkittävä. Turvetuotannon ohella tummumisen taustalla on alettu tunnistaa myös turvemaiden metsätalous. Orgaanisen aineen (humuksen) määrän lisääntyminen aiheuttaa ongelmia sekä vesistöissä että pohjavedessä ja vedenottossa. (Härkönen ja Lepistö, 2021; Sarkola ja Nieminen, 2014, 5-9)

A blue-tinted photograph of a forested lake. The water is calm, reflecting the surrounding trees and sky. The trees are mostly bare, suggesting a late autumn or winter setting. A large, white, stylized number '03' is overlaid in the center of the image. Below the number is a thin white horizontal line.

03

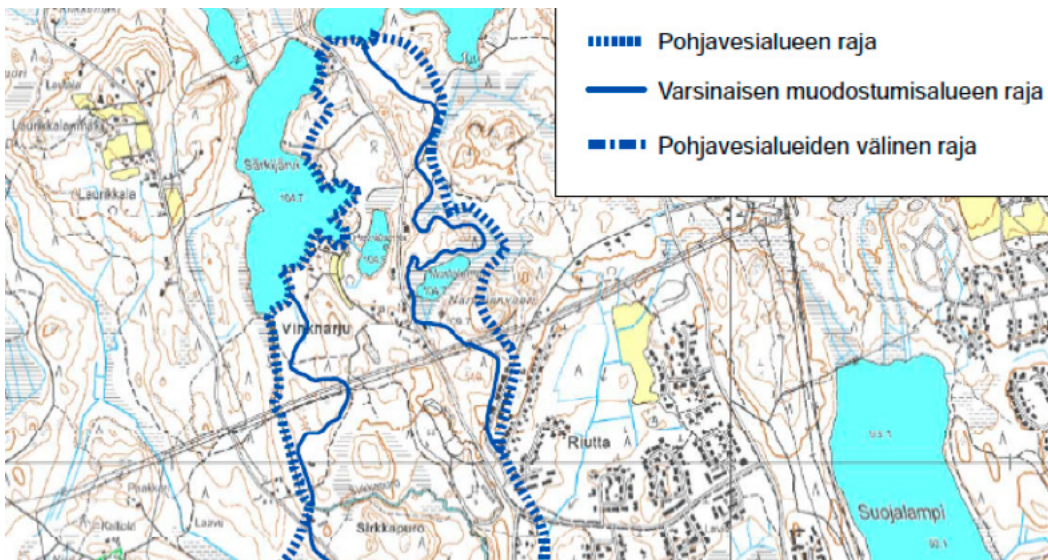
GEOLOGIA JA
HYDROGEOLOGIA

3. GEOLOGIA JA HYDROGEOLOGIA

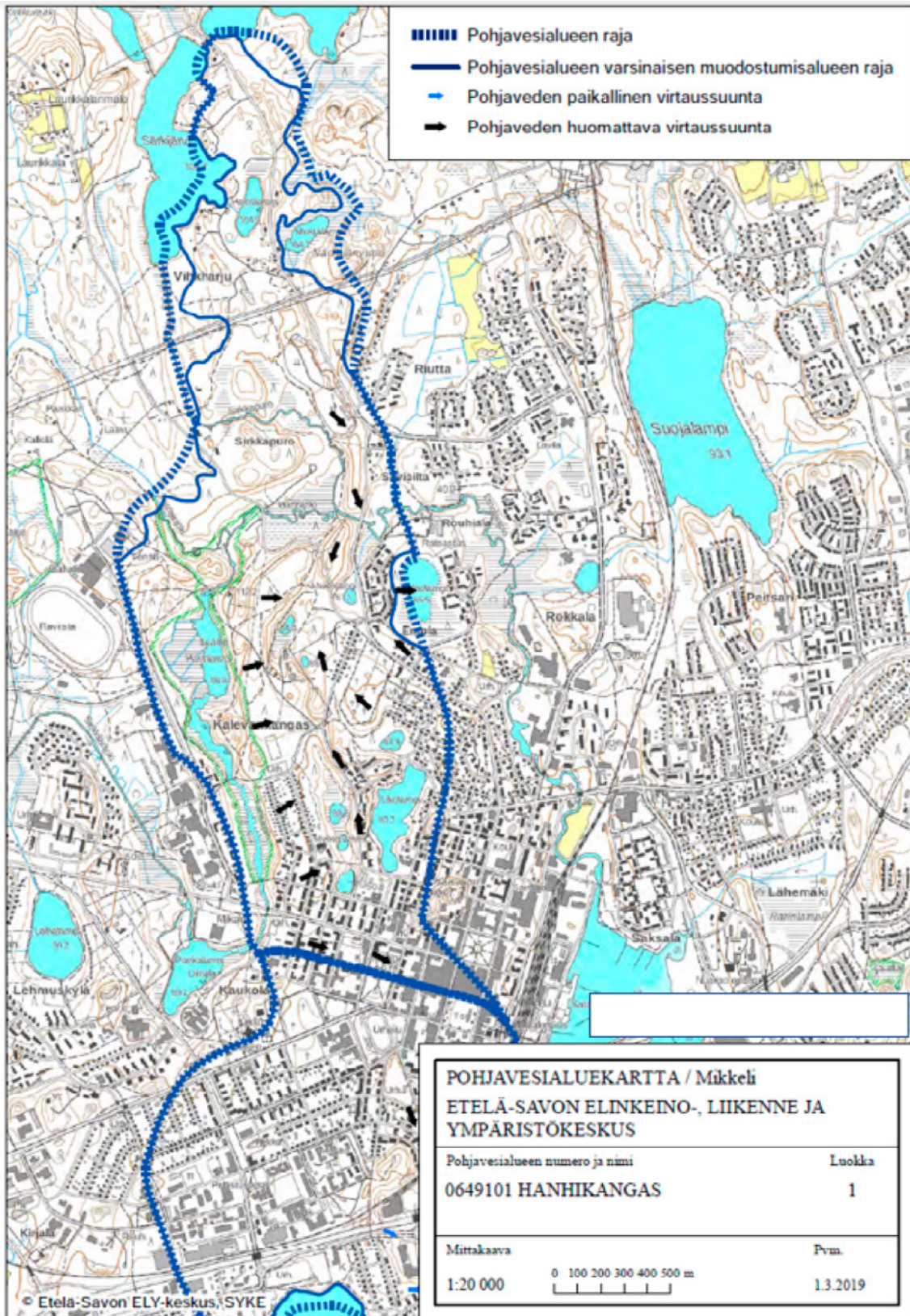
3.1 Hanhikankaan pohjavesialueen rajat

Hanhikankaan pohjavesialue (649101) sijaitsee Mikkelin kaupungin keskusta-alueen tuntumassa. Se on luokiteltu vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi (1-luokka). Pohjavesialueen pinta-ala on noin 3,5 km², josta pohjaveden varsinaisen muodostumisalueen pinta-ala on 3,21 km². Hanhikankaan pohjavesialue on eteläosastaan yhteydessä Pursialan pohjavesialueeseen (0649151). (Suomen ympäristökeskus 2021b)

Etelä-Savon ELY-keskus on tehnyt Hanhikankaan pohjavesialueen luokitus- ja rajaustarkistuksen vuosien 2018–2020 aikana (ks. kuvat 7 ja 8). Hanhikankaan pohjavesialueen vanha rajausta laajennettiin Särkijäven ranta-alueella noin 50 metrin etäisyydelle vesistöön. Pohjavesialueen muodostumisalueen raja päivitettiin vastaamaan Suomen ympäristökeskuksen Ranta 10 -paikkatietoaineiston rantaviivaa. Luokitustyö perustuu vuonna 2015 uudistettuun lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004), jonka luvussa 2a säädetään pohjavesialueiden rajauksesta ja luokittelusta.



Kuva 7. Hanhikankaan pohjavesialueen vanha raja. Huomaa muutos Särkijärven kohdalla (Etelä-Savon ELY-keskus, 2011).



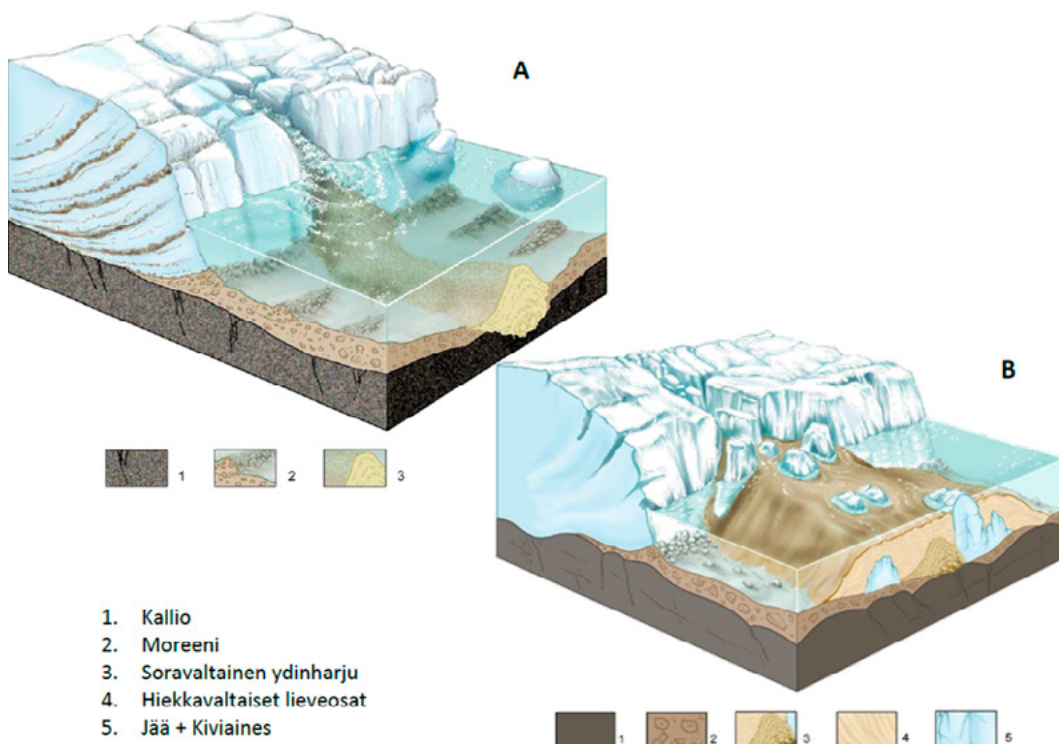
Kuva 8. Hanhikankaan pohjavesialueen uusi rajaus (Etelä-Savon ELY-keskus, 2019).

3.2 Hanhikankaan pohjavesi- muodostuman synty

Hanhikankaan pohjavesimuodostuman synty liittyy viimeisimmän jääkauden sulamisvaiheessa jäätikön sisällä tai jäätikkökielekkeiden välissä virranneen jäätikköjoen toimintaan (kuva 9). Virtausolosuhteissa tapahtuneiden muutosten vuoksi harjumuodostumaan syntyi karkeudeltaan, lajittuneisuudeltaan ja vedenjohtavuusominaisuuksiltaan erilaisia maalajikerroksia. Karkeasorainen ydinharju syntyi voimakkaiden kielekke- ja jäätikköjokivirtausten tuloksena. Laajentuneissa jäätikkörailoissa ja -altaissa kerrostui hitaamman virtauksen vaikutuksesta hiekkavaltaisia kerrostumia. Hanhikankaalla jäätikön reunan edessä olleeseen Itämeren Yoldiameren tasoon kerrostui hiekka- ja hieta-valtaisia deltoja. Tässä vaiheessa meren rantavoimien vaikutuksesta harjualueella tapahtui maakerrosten kulumista ja uudelleen kerrostumista. (Rainio ja Johanson 2004, teoksessa Koivisto 2004, Rainio et al., 1990, Salonen et al., 2002) Muodostuman syntyhistoriaa ja

geologista rakennetta on kuvattu tarkemmin Hanhikankaan alueella tehdyssä pohjavesialueen rakennetutkimuksessa (Väänänen et al., 2015).

Mikkelin seudun harjumuodostuma on kerrostunut lähes pohjoiseteläsuuntaisena jaksona, joka laajenee Mikkelin keskustan pohjoispuolella Hanhikankaan – Kalevankankaan harjudeltamuodostumaksi. Tästä muodostumasta on erotettavissa varsinainen ydinharjuselänne ja sen vierelle Yoldiameri-vaiheen ylimmän rannan tasoon kerrostuneita deltamuodostumia. Harjun ympäristössä on suppakuoppia ja suppalampia, joita ovat esimerkiksi Kalevankankaalla sijaitsevat kolme pientä lampea eli Myrkkylammit sekä Hanhikankaan vedenottamon lähistöllä olevat lammet. Harjulaajentuma on kerrostunut useita neliökilometrejä kattavaan muuta ympäristöään matalampaan kallioperän altaaseen, jossa lännempänä sijaitsee mm. Mikkelin ravirata. Kalliomaat kohoavat tämän painanteen pohjoispuolella Vihkharjun kohdalla ja eteläpuolella Kirjalan-Kaukolan-Naisvuoren-Rokkalan linjalla.



Kuva 9. Kaaviollinen piirros pitkittäisharjun synnystä mannerjäätikön edustalle syvään veteen. A) Harjun karkea ydinosa syntyy tunneliin tai jäätikön reunan välittömään läheisyyteen. Ydinharjussa saattaa esiintyä haarautumia, sivuttaissiirtymiä ja katkoksia esim. sulamisvesien vuodenaikaisvaihtelun tai kerrostumistalon topografiavaihtelun seurauksena. B) Myöhemmin kerrostuminen jatkuu railossa ja/tai kauempana jäätikön reunasta, jolloin syntyivät harjun hiekkavaltaiset lievealueet. Kuva H. Kutvonen, GTK.

3.3 Hanhikankaan pohjavesi-alueen geologia

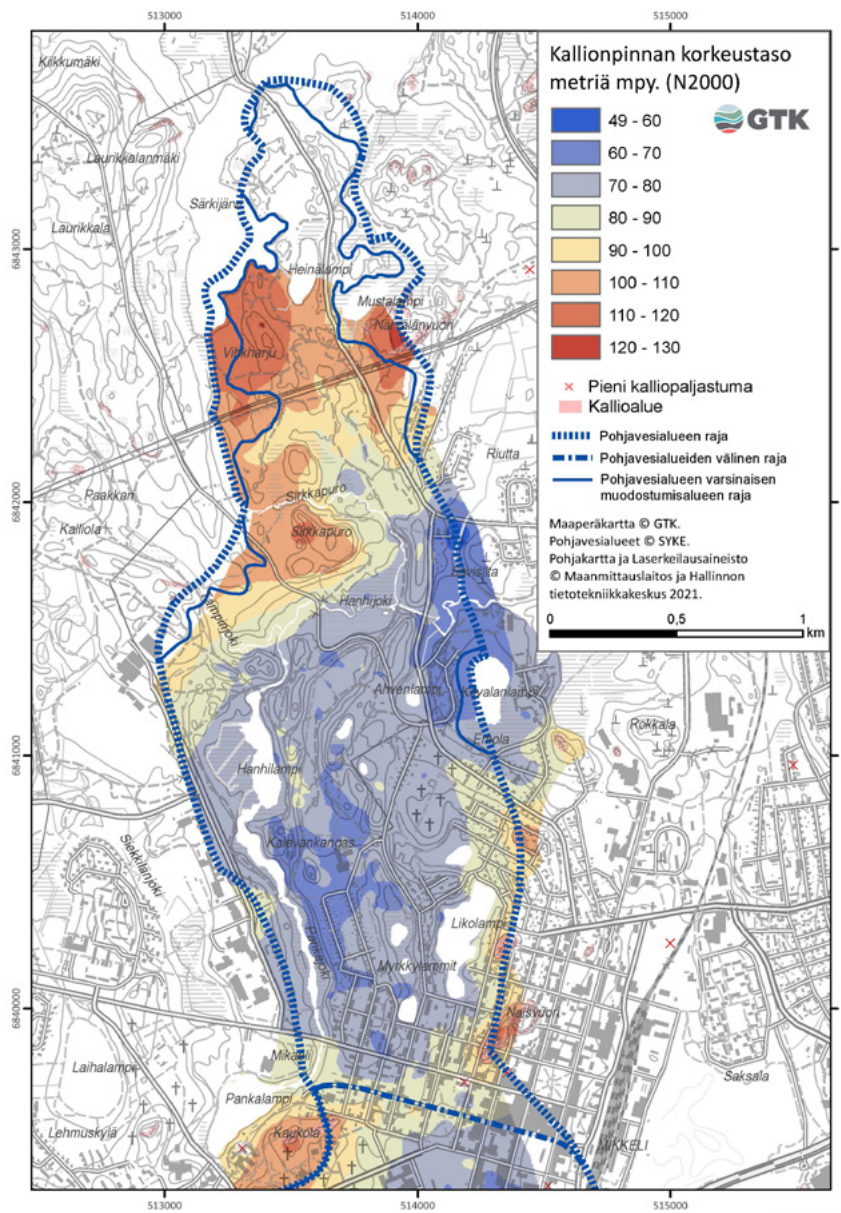
Hanhikankaan pohjavesialueen geologinen kuvaus perustuu alueella tehtyyn harjurakennetutkimukseen (Väänänen et al., 2015). Raportti on satavilla Geologian tutkimuskeskuksen Hakku-palvelusta.

Kallioperä

Mikkelin alueen kallioperä koostuu pääasiassa svekofennisistä (1930–1780 Ma) metamorfoituneista kivilajeista. Alueelle tyypillisiä kivilajeja ovat kiillegneissi, kvartsimaa-älpägneissi, erilaiset graniitit (leuko- ja mikrokliniigraniitti) sekä kvartsi- ja granodioriitti (Di-

giKP200, 2010). Hanhikankaan alue on kivilajikartan mukaan kokonaan kiillegneissialueella (biotittiparagneissi).

Hanhikankaan pohjavesialueen pohjoisosassa, Särkijärven eteläpuolella on laajoja kalliopaljastuma- ja kallioma-alueita. Kallionpinta on tällä alueella tasolla +100 – +130 m mpy (N2000). Hanhijoen eteläpuolella, vedenottamon ympäristössä, kallionpinta on tasolla +70 – +80 m mpy (N2000) ja Kalevankankaan alueella tasolla +60 – +70 m mpy (N2000). Kallionpinta nousee pohjavesialueen eteläosassa, Hanhikankaan ja Pursialan pohjavesialueiden rajalla, tasolle +80 – +90 m mpy (N2000). Kuvassa 10 esitetty kallioperän korkokuva perustuu alueelle tehtyyn pohjavesialueen rakennemalliin (Väänänen et al., 2015).

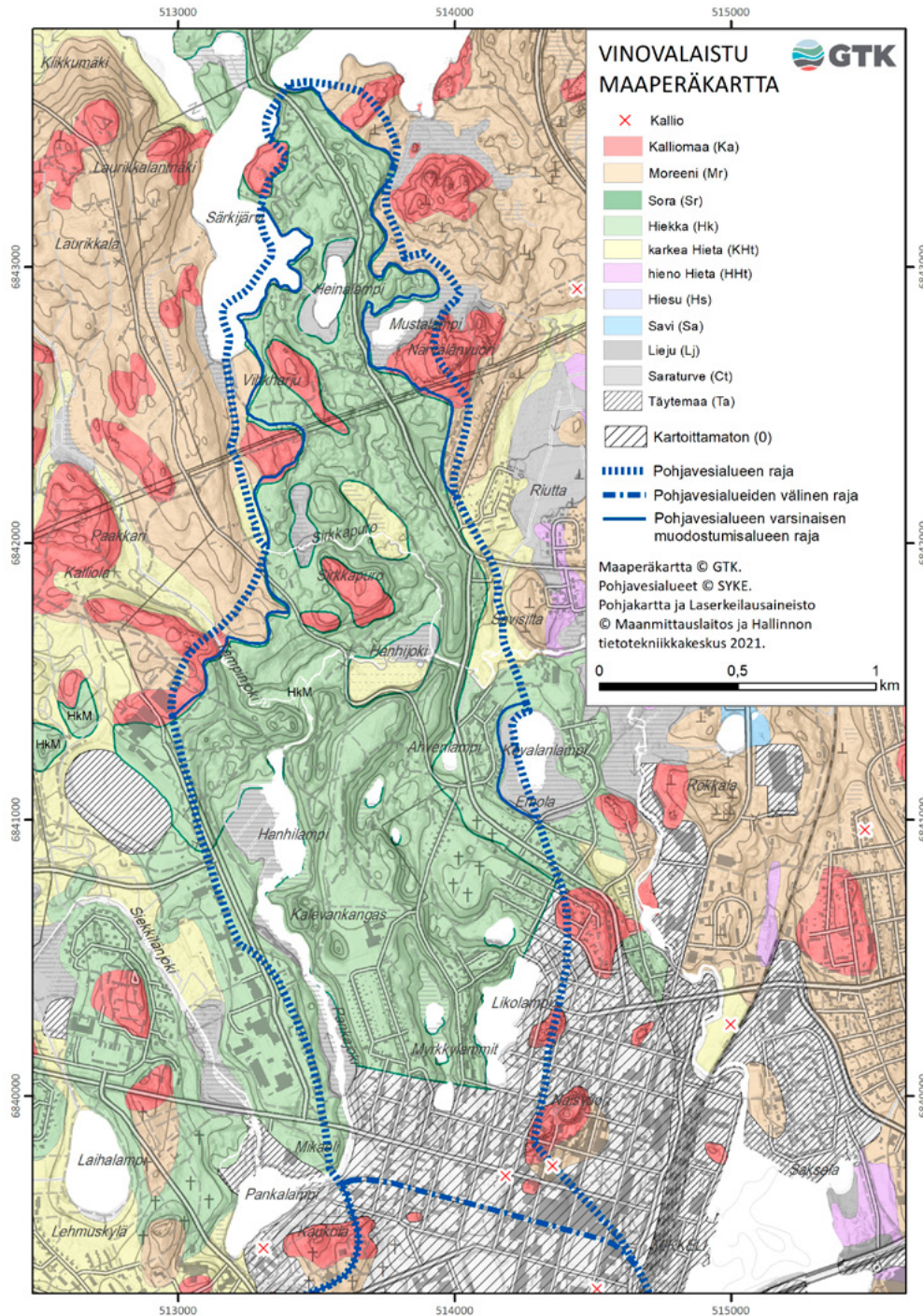


Kuva 10. Hanhikankaan pohjavesialueen kallioperän korkokuva. (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakarta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).

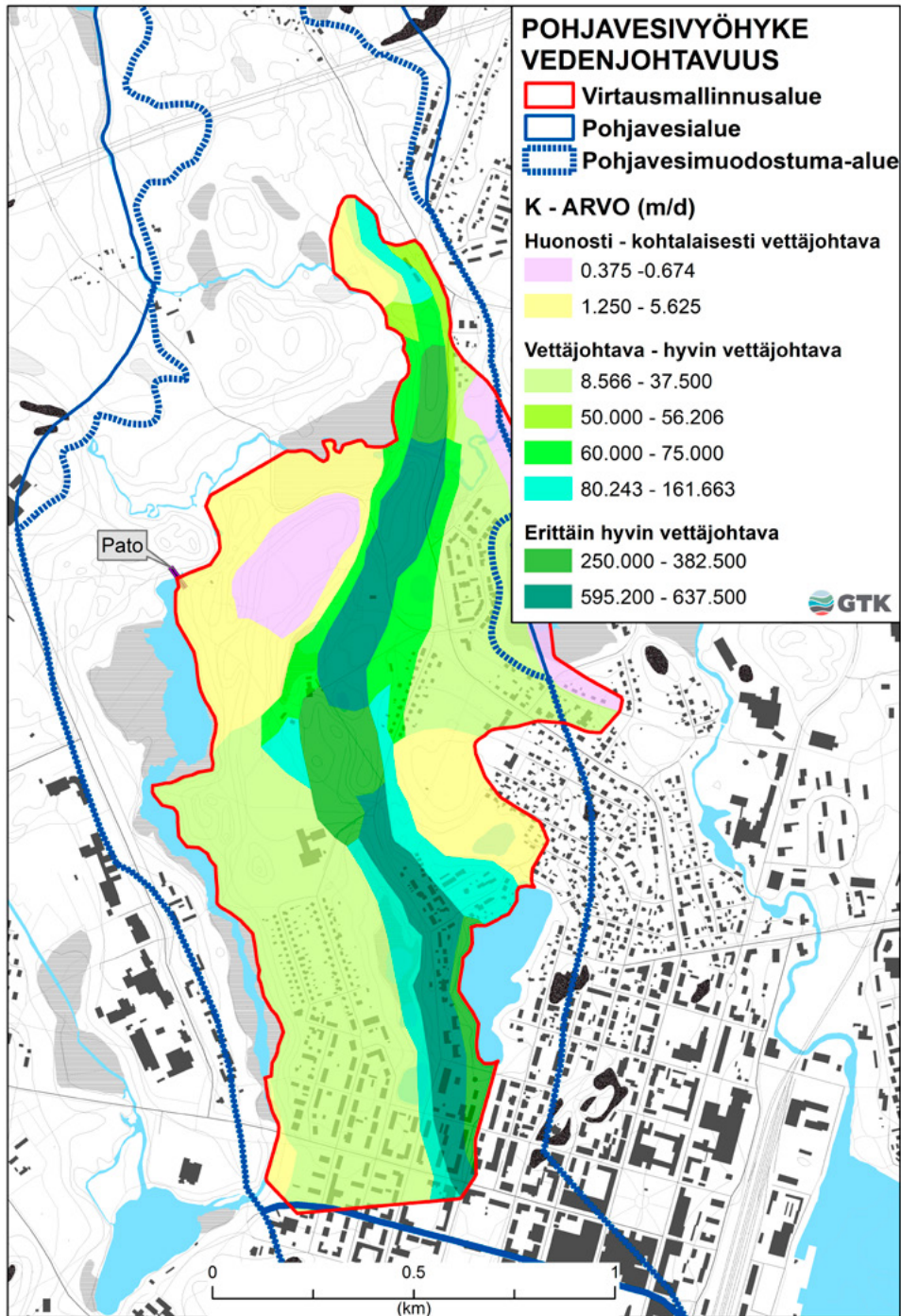
Maaperä

Hanhikankaan pohjavesialue on maaperältään hiekkavaltainen harjumuodostuma (Kuva 11). Lampien ja soistumien alueella pintamaalaji on turvetta. Alueen pohjoisosissa kallio on paikoin paljastuneena harjuhiekkojen ympäröimänä.

Virtausmallinnusta varten mallinnusalue jaettiin vedenjohtavuusvyöhykkeisiin (kuva 12). Luokittelu perustuu alueella tehtyihin tutkimuksiin (mm. maatutkaluotaus ja maaperäkairaukset) sekä geologiseen tulkintaan. Pääosa Hanhikankaan pohjavesialueesta on vettä hyvin tai erittäin hyvin johtavia maalajeja. Heikosti tai kohtalaisesti vettä johtavat maalajit sijaitsevat muodostuman reunoissa.



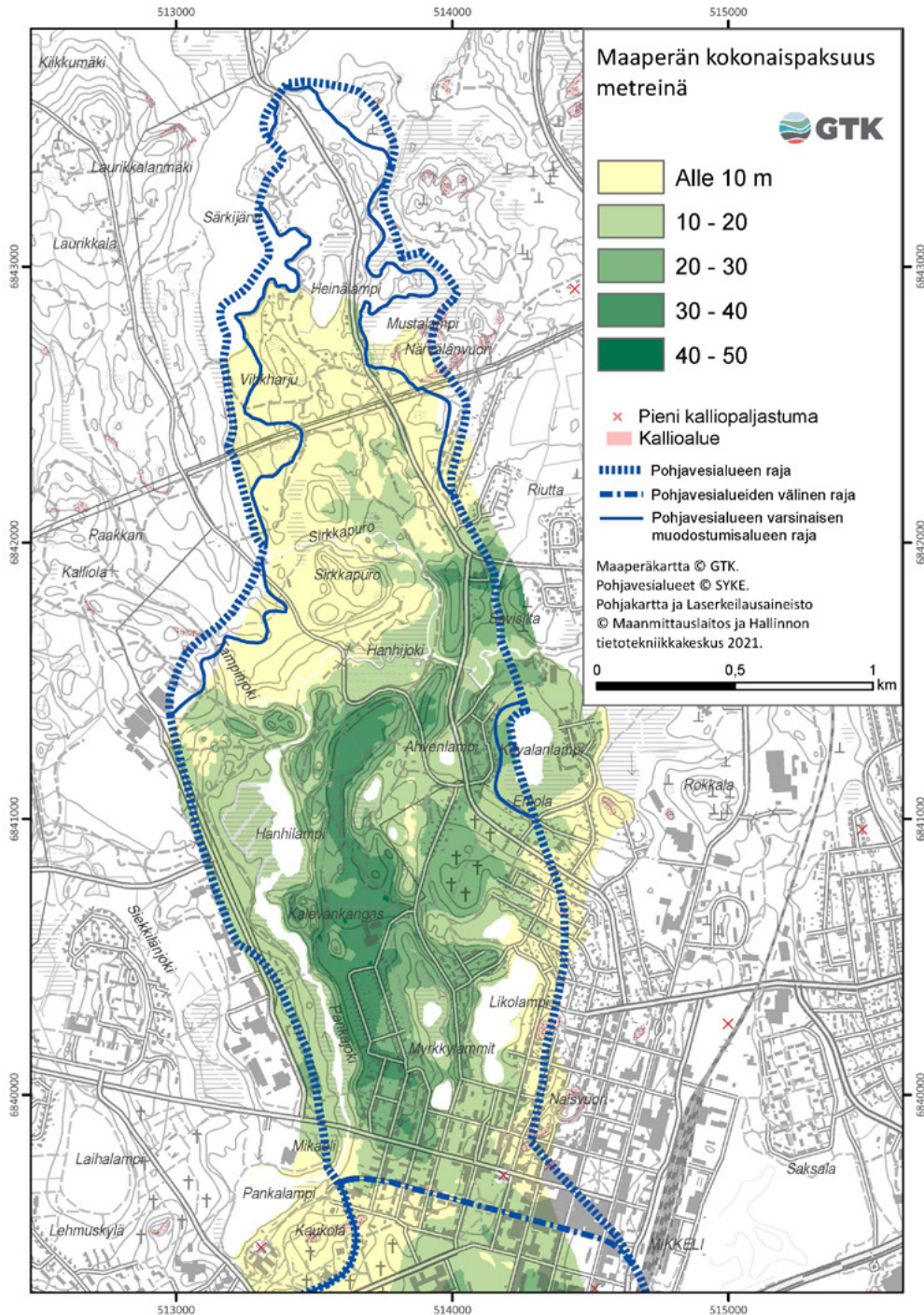
Kuva 11. Hanhikankaan pohjavesialueen vinovalaistu maaperän korkokuvakartta (Maaperäkartta © GTK, Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta ja Laserkeilausaineisto © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).



Kuva 12. Hanhikankaan pohjavesialueen vedenjohtavuusluokat pohjavesivyöhykkeessä (Hyvönen et al., 2021), (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).

Pohjavesialueen keskiosissa maaperän kokonaispak-
suus on laajoilla alueilla vähintään 20 metriä ja pai-
koin 30–40 metriä. Hanhijoen pohjoispuolella, missä

maastossa todetaan kalliopaljastumia, maaperän ker-
rospaksuus on alle 10 metriä. (Kuva 13, Väänänen et
al., 2015).

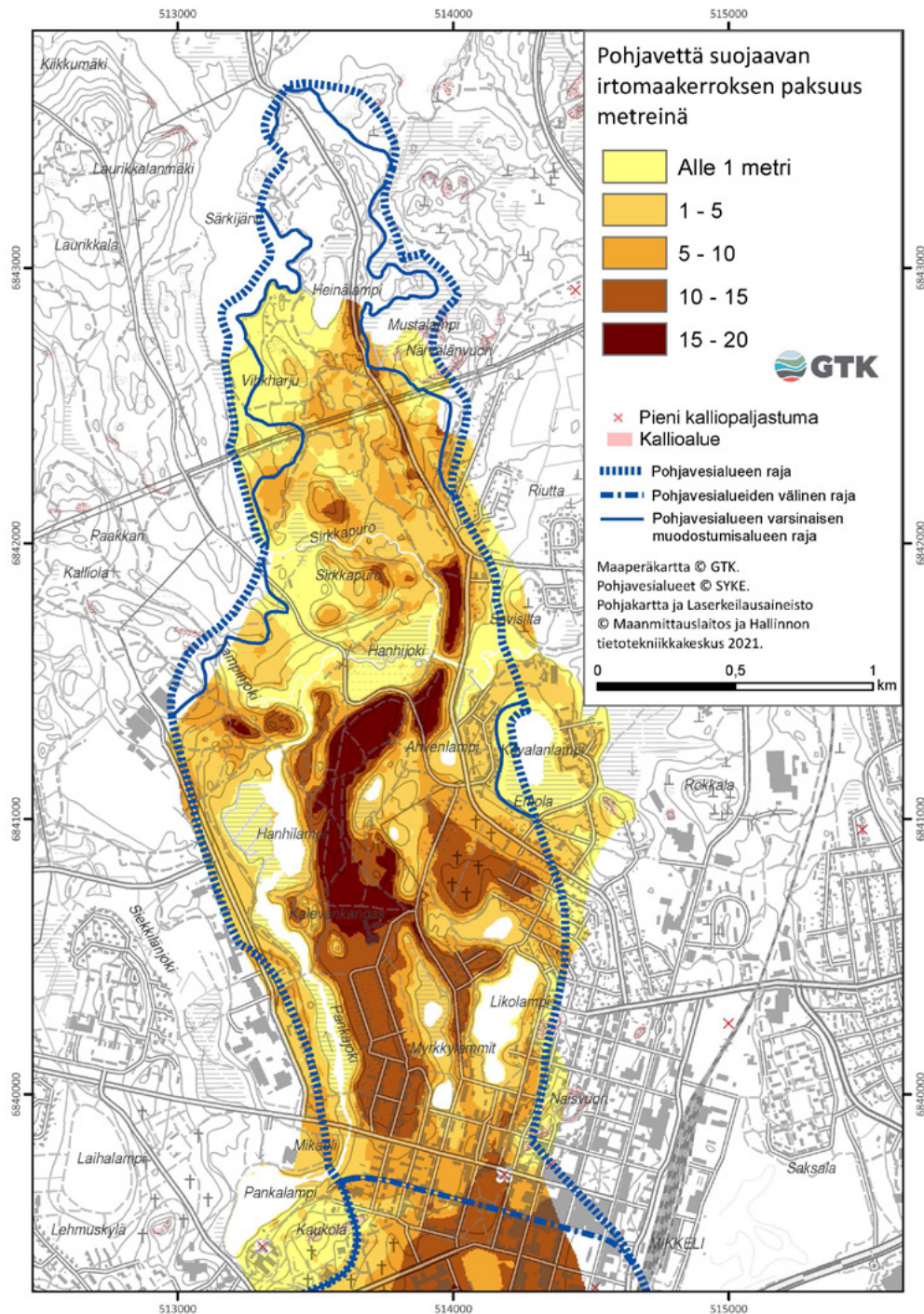


Kuva 13. Hanhikankaan pohjavesialueen maaperän kokonaispak-
suus. (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallin-
non tietotekniikkakeskus 2021).

3.4 Hanhikankaan pohjavesialueen hydrogeologia

Hanhikankaan pohjavesialueella pohjaveden yläpuolisen maakerroksen paksuus on suurimmillaan pohjavesialueen keskiosissa, noin 10–20 metriä. Tällä alueella maaperän vedenläpäisevyys on hyvä tai erittäin hyvä.

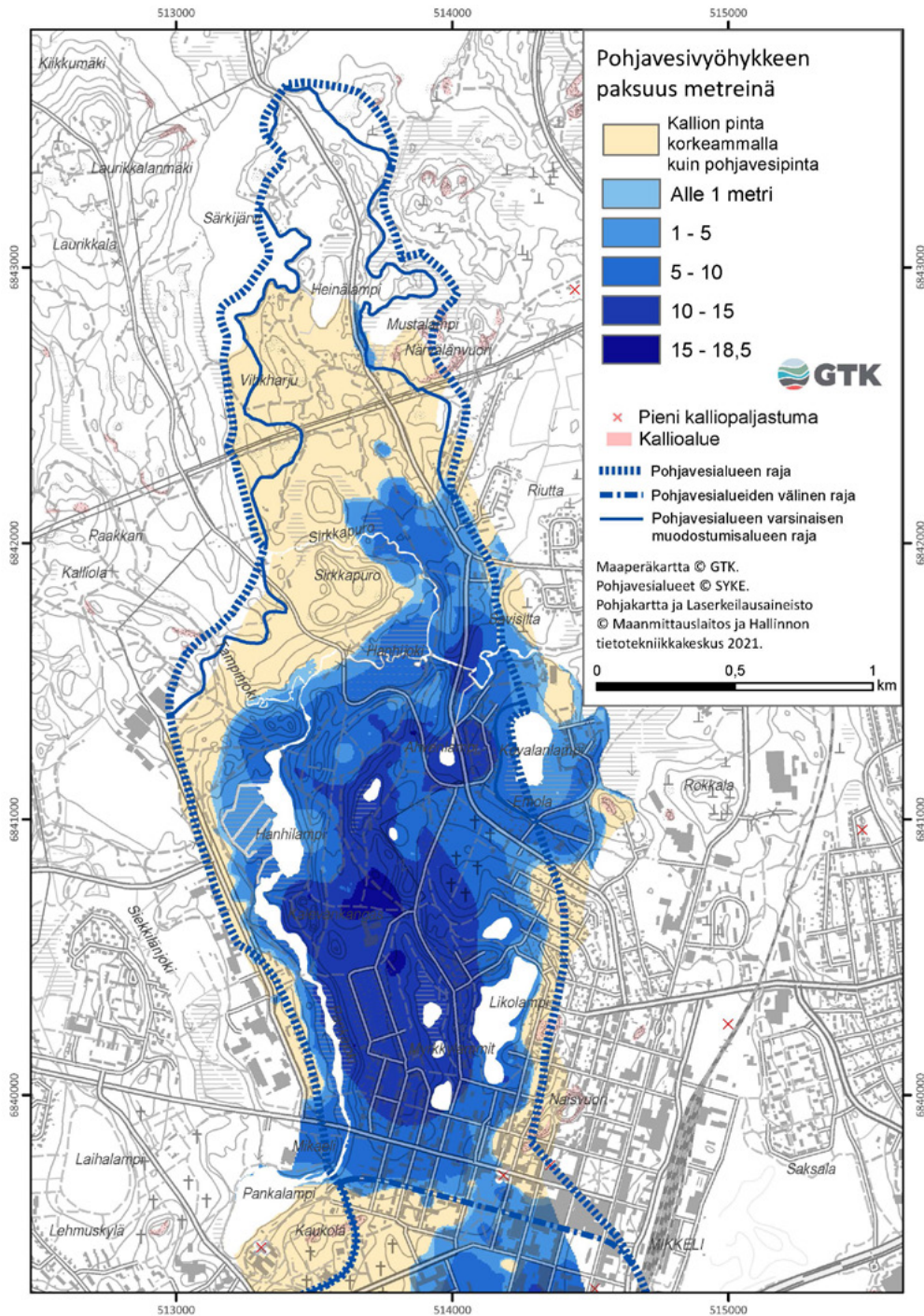
Pohjavesialueen pohjoisosassa pohjavettä suojaavan irtomaakerroksen paksuus on alle 5 metriä, mutta myös maaperän vedenläpäisevyys on heikompaa kuin muodostuman ydinalueella. Tältä alueelta myös virtausyhteys Hanhijoen eteläpuolelle on heikko. (kuva 14, Väänänen et al., 2015)



Kuva 14. Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavettä suojaavan maakerroksen paksuus. (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).

Hanhikankaan pohjavesialueen keskiosissa pohjavesivyöhykkeen paksuus on noin 5–15 metriä. Paksuimmat pohjavedellä kyllästyneet maakerrokset sijaitsevat Hanhikankaan vedenottamon etelä-kaakkoispuolella Kalevankankaan alueella, missä pohjavesivyöhykkeen paksuus on keskimäärin 15 metriä. Hanhijoen pohjois-

puolella ei mallinnusten perusteella todeta pohjavedellä kyllästyneitä maakerroksia. Ainoastaan Sirkkapuron varressa pohjavesivyöhykkeen paksuus on noin 1–5 metriä. Pohjavesimuodostuman pohjoisosassa kalliopinta on pohjavesipinnan yläpuolella. (Kuva 15, Väänänen et.al 2015)



Kuva 15. Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavesivyöhykkeen paksuus. (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).

Pohjavedenpinta on Hanhikankaan pohjavesialueella tasolla +86 – +91 m mpy (N2000). Pohjaveden pinta on korkeimmillaan Hanhijoen pohjoispuolella Sirkkapuron varrella tasolla +87 – +91 m mpy (N2000). Muodostuman länsiosassa Hanhilammen itäpuolella pohjavesi on tasolla +88 – +89 m mpy (N2000). Pohjavesimuodostuman etelä- ja itäosassa Likolammen ja Myrskylampien ympäristössä pohjavesi on tasolla +87,5 – +88 m mpy (N2000). Alimmillaan pohjavedenpinta on pohjavesimuodostuman keskiosassa Hanhikankaan vedenottamon ympäristössä tasolla +86,5 – +87 m mpy (N2000).

3.5 Pohjaveden virtausmalli

Alue, jolta pohjavesi pääosin kulkeutuu Hanhikankaan pohjavedenottamolle, on pienempi kuin pohjaveden muodostumisalue. Kulkeutumisaika pintavesistä pohjavedenottamolle lyhenee merkittävästi ottomäärän noustessa.

Pohjaveden virtausmallinnus on tehty 1,45 km²:n kokoiselle alueelle, jolta pohjavesi pääosin kulkeutuu vedenottamolle. Tämä alue on pienempi kuin itse pohjaveden muodostumisalue (3,21 km²). Pohjaveden päävirtaus tapahtuu harjuytimen suuntaisesti etelästä pohjoiseen sekä Hanhijoelta ja sen pohjoispuolelta pohjoisesta etelään kohti vedenottamoaluetta. Tällä ydinalueella pohjaveden virtaus on myös voimakkaimmillaan. Hanhilammen alueelta pohjavesi virtaa länsi-luoteesta itä-koillisen suuntaan. Voimakkainta virtaus on lammen eteläosasta kohti pohjavesialueen keskiosia. Nykytilanteessa ja nykyisellä vedenottomäärällä (2 300 m³/d) Likolampi toimii osin pohjaveden purkauspaikkana ja lampeen purkautuva pohjavesimäärä on mallinnustulosten perusteella vähäinen. Pohjavesialueen eteläosassa pohjavesivirtaus suuntautuu lännestä itään ja kääntyy muodostuman kaakkoisosassa luode-kaakko-suuntaiseksi. Hanhikankaan ja Pursialan pohjavesialueiden välillä oleva kalliokynnys rajoittaa alueiden välistä pohjavesivirtausta, mutta ei täysin katkaise pohjavesialueiden välistä virtausyhteyttä (kuva 16). Kuvassa esitetty pohjavesipinta kuvastaa

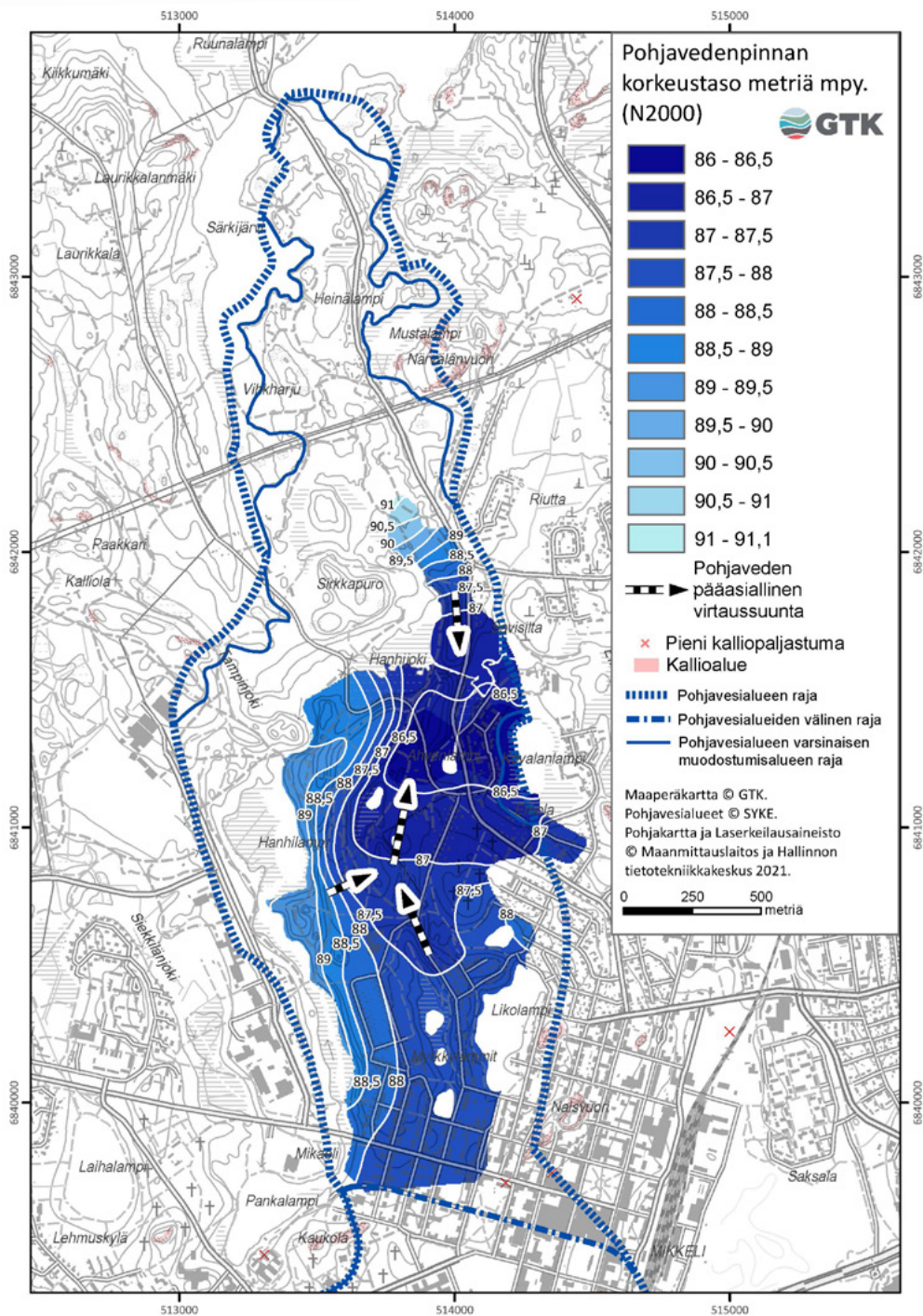
tilannetta, jossa Hanhikankaan vedenottamon keskimääräinen otto on tasolla 2 300 m³/d. (Hyvönen et al., 2021)

Veden virtausnopeus maaperässä riippuu maalajin raekoosta. Hienorakeisimmilla sedimenteillä virtausnopeus on pieni, savessa virtausta ei tapahdu käytännössä lainkaan. Kohtuullisia virtausnopeuksia todetaan vasta hienossa hiekassa tai sitä karkeammassa maalajeissa, ja pohjaveden virtausnopeudet maaperässä kasvavat aineksen raekoon ja lajittuneisuuden kasvaessa. Hiekassa pohjaveden virtausnopeuden kertaluokka on 0,5 – 5 m/vrk ja soravalataisissa maakerroksissa 2 – 15 m/vrk. (Mälkki 1999)

Virtausmallin mukaan Hanhilammen ja vedenottamon välinen virtausaika on noin 300 päivää vedenottomäärällä 2 300 m³/vrk eli virtausnopeus on noin 2,7 m/vrk. Mikäli vedenottamolta otettaisiin luvanmukainen vesimäärä 4 500 m³/vrk, on em. virtausaika noin 150 päivää eli virtausnopeus Hanhilammen ja vedenottamon välillä noin 5,3 m/vrk. (Hyvönen et al., 2021)

Virtausmallinnustulosten mukaan kaivoalueen pohjoispuolella harjun keskiselänteiden läpi länsi-itäsuuntaisesti virtaava Hanhijoki toimii pääosin pohjavesien purkauspaikkana, kun pohjaveden pumppausmäärä on 2 300 m³/d. Mutta ottoluvan mukaisella maksimimäärällä pumpattaessa (4 500 m³/d), Hanhijoen ottamoalueen pohjoispuolelle sijoittuva osa toimisi puroveden imeytymispaikkana ja pohjavesien kulkeutumisaika tältä alueelta kaivolle 5 olisi minimissään 85 vuorokautta. (Hyvönen et al., 2021.)





Kuva 16. Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavedenpinnankorkeus ja päävirtaussuunnat. (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).

3.6 Muodostuvan pohjaveden määrä ja pinta-pohjavesivuorovaikutus

Suuri osa Hanhikankaan vedenottamolta pumpattavasta pohjavedestä on rantaimetyntynyttä Hanhilammen ja Pankajoen pintavettä. Likolammen vettä ei päädy vedenottamolle nykyisellä ottomäärällä (2 300 m³/d) . 4500 m³/d ottomäärällä Likolampi kuuluu vedenottamon kaivojen kaappausalueiden piiriin.

Arvio Hanhikankaalla sadannan kautta muodostuvan pohjaveden määrästä on 1 700 m³/d. Arvio koskee koko pohjavesialuetta ja se on laskettu sadannan (650 mm), muodostumisalueen pinta-alan (3,21 km²) ja keskimääräisen imeytymiskertoimen (0,3) perusteella. Imeytymiskerroin on arvioitu maa-aineksen rakeisuuden, maanpinnan muotojen (morfologian) ja kasvillisuuden perusteella. (Suomen ympäristökeskus 2021b.)

Pohjaveden virtausmallin mukaiselle mallinnusalueelle (1,45 km²) keskimäärin vuorokaudessa imeytyvä sadantamäärä on arviolta noin 930 m³/d (ks. kuva 12). Pohjavedenvirtausmallinnuksen alueelta pohjavesi pääosin kulkeutuu vedenottamolle. (Hyvönen et al., 2021)

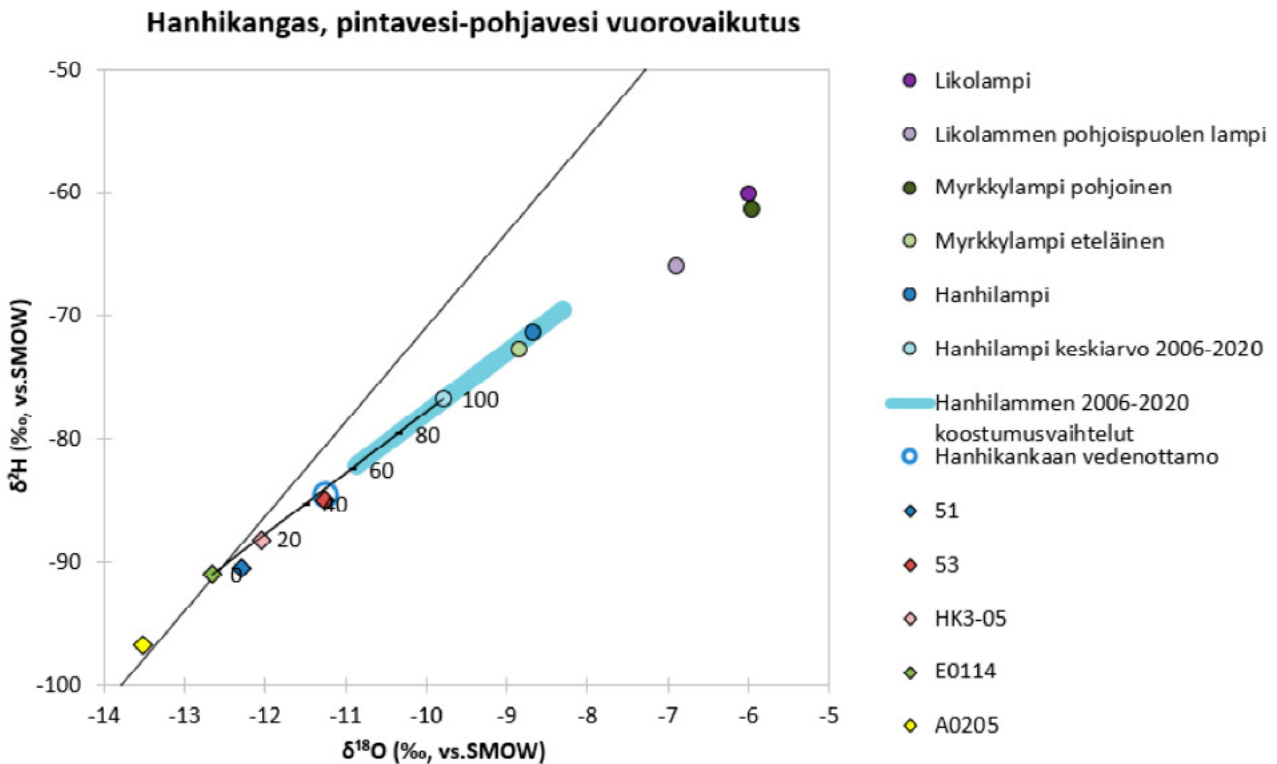
Hanhikankaan pohjavedenottamolta voidaan kuitenkin ottaa huomattavasti enemmän vettä kuin sadannan kautta pohjavesialueelle imeytyy. Hanhikankaan pohjavedenottamon vedenottoluvan mukainen maksimiottomäärä on 4500 m³/d. Tämä perustuu siihen, että merkittävä osa Hanhikankaan pohjavedenottamolta pumpattavasta vedestä on rantaimetyntynyttä Hanhilammen ja Pankajoen pintavettä.

Hanhikankaan pohjavesialueella on tutkittu pinta-vesi-pohjavesivuorovaikutusta vuosina 2006–2007 (Mikkelin vesilaitos, 2008) sekä RAINMAN -projektissa (Kaipainen et al., 2021). Vuosina 2006-2007 toteutetun isotooppiseurannan (Mikkelin vesilaitos, 2008) perusteella on ollut tiedossa, että Hanhikankaan vedenottamolle tulee merkittäviä määriä vettä Hanhilammesta ja Hanhijoesta. Vuoden kestäneen koepumppauksen yhteydessä tehtyjen tutkimusten perusteella arvioitiin, että keskimäärin 60 % tuotantokaivojen vedestä on pintavettä vedenottomäärällä 4 500 m³/vrk (Mikkelin vesilaitos 2008). RAINMAN -projektin yhteydessä tehdyillä tutkimuksilla selvitettiin, voiko vedenottamolle tai pohjavesimuodostumaan imeytyä pintavettä myös Likolammen suunnasta.

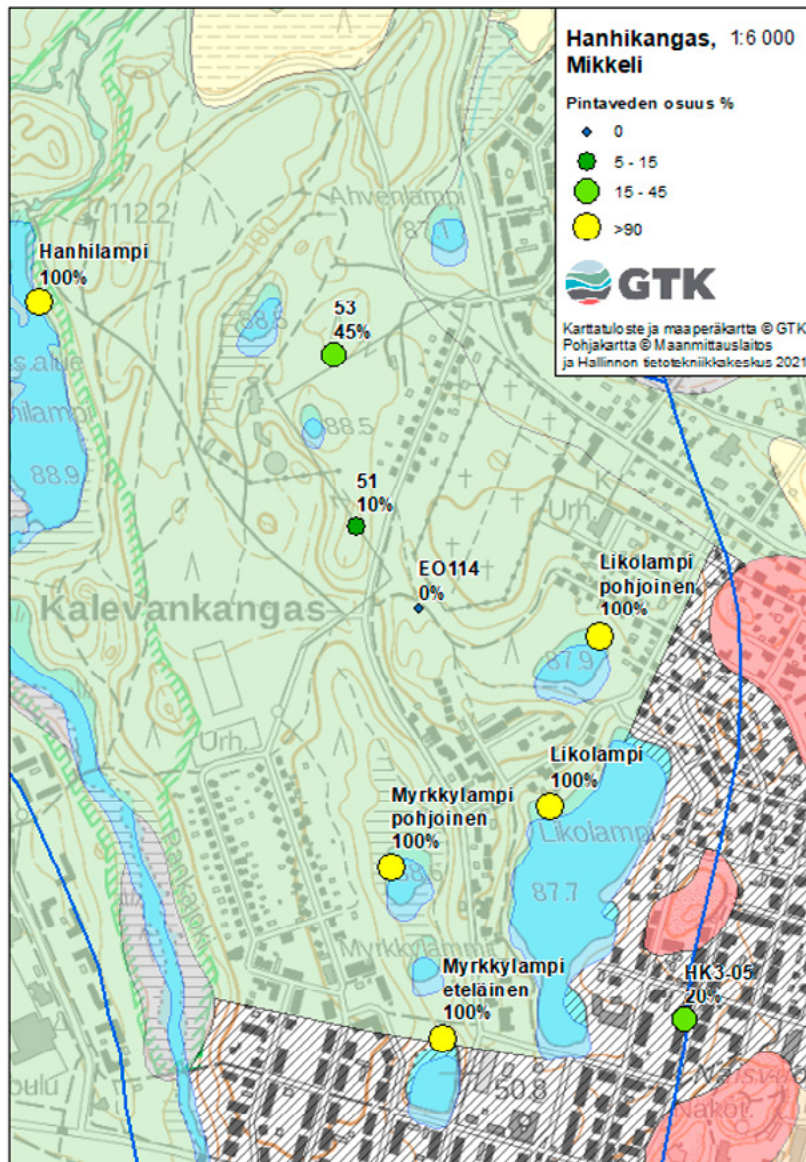


Vuoden 2020 tutkimukset toteutettiin luotaamalla pohjavesiputkia, tekemällä kenttämittauksia (T, EC, pH ja O) sekä analysoimalla vesinäytteiden isotooppi-koostumus. Lisäksi hyödynnettiin vuosien 2006-2007 seurantatutkimuksia alueen pinta- ja pohjavesien hapen isotooppi-koostumuksesta. Tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan todeta, että pintaveden osuus vedenottamolla vaihtelee vuodenaikojen mukaan noin

35 %–55 %. Pintaveden lähde on Hanhilampi eikä Likolammen vettä päädy vedenottamolle nykyisellä vedenottomäärällä ja Hanhilammen padon korkeudella. Virtausmallinussimulaatio luvan mukaisella vedenottomäärällä (4 500 m³/vrk) kuitenkin osoittaa, että Likolampi kuuluu vedenottamon vaikutusalueeseen (Hyvönen et al., 2021). Tulokset on esitetty isotooppi-kuvaajalla kuvassa 17 ja kartalla kuvassa 18.



Kuva 17. Hanhikankaan pohjavesialueen ja sen lähiympäristön näytevesistä analysoidut hapen ja vedyn δ -arvot vasten Suomen paikallisten meteoristen vesien (LMWL) -suoraa (musta yhtenäinen viiva), joka kuvaa vuosittaista sadevesien vedyn ja hapen isotooppi-koostumusten jakaumaa (Kortelainen, 2007). Luonnollisen pohjaveden (E0114) ja Hanhilammen veden vuosien 2006–2007 ja 2020 keskiarvon välille on esitetty sekoitussuora, missä pintaveden osuudet on esitetty prosentteina. (Kaipainen et al., 2020)



Kuva 18. Hanhikankaan pohjavesialueen pintaveden osuudet vuoden 2020 tutkimuksessa. Vedenottamon sijaintia ei ole merkitty karttaan. Vedenottamalla on 45 % pintavesiosuus. Taustakarttana käytetty alueen 1:20 000 maaperäkarttaa, jossa vihreä väri kuvaa hiekkaa, punainen kallioaluetta, keltainen hietaa ja harmaa turvetta. (Kaipainen et al., 2020) (Maaperäkartta © GTK, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021).

3.7 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Hanhikankaan pohjavesialueella

Pohjaveden muodostumisen ajankohta siirtyy tulevaisuudessa talvikuukausille ja keväinen muodostuspiikki häviää. Kesän kuivuusjakso aikaistuu ja pidentyy.

Hanhikankaan pohjavesialueelle aiemmin tehtyä virtausmallia (Väänänen et al., 2015) päivitettiin RAINMAN-projektissa alueelta saatujen uusien tietojen pohjalta. Ilmastonmuutoksen simulointia varten päivitetty ajansuhteen muuttumaton virtausmalli (steady-state) muutettiin ajansuhteen muuttuvaksi virtausmalliksi (transient) ja malliin (MODFLOW) kytkettiin pohjaveden yläpuolinen pohjavedellä kyllästymätön eli osittain kyllästynyt maakerrososuus. Näin virtausmallilla

voidaan laskea valitun ilmastoskenaarion mukainen pohjavedeksi imeytyvän vesimäärän vaihtelu huomioiden lumen sulanta, vesisateet, evapotranspiraatio (haihdunta) ja pintavalunta. Mallinnuksessa käytettiin SMHI:n alueellista RCA4 ilmastomallia ja IPCC:n RCP8.5 päästöskenaariota. Ilmastomallin ja pohjavedenvirtausmallinnuksen yhdistäminen on kuvattu tarkemmin Hanhikankaan pohjavesialueen virtausmallinnuksen raportissa (Hyvönen et al., 2021).

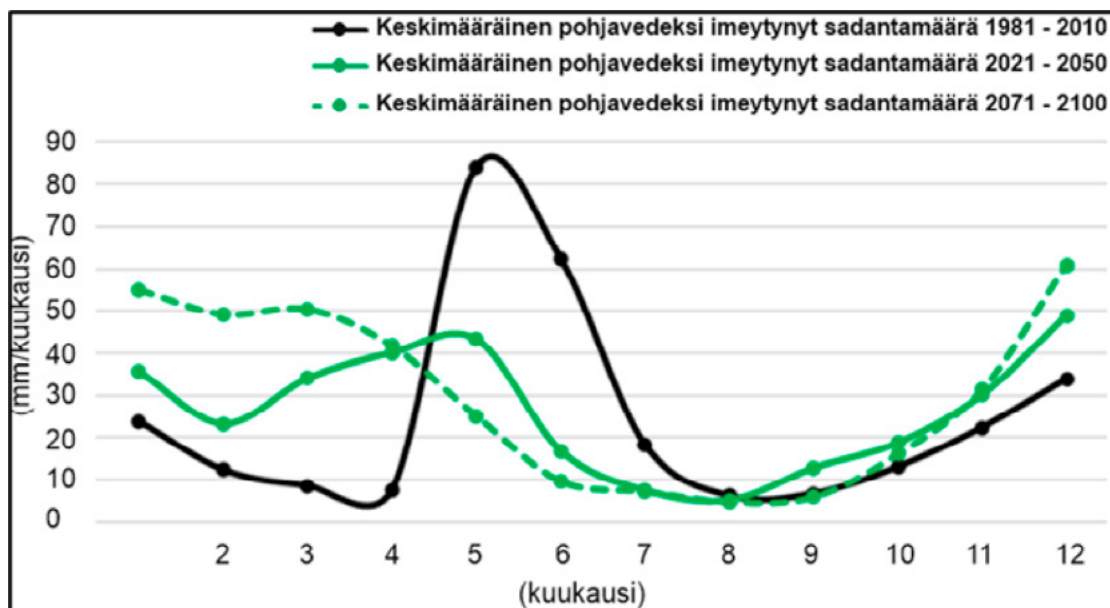
Ajansuhteen muuttuvalla virtausmallilla simuloitiin pohjaveden pinnankorkeuden ja virtauksen vuodenaikaisvaihtelua sekä tutkittiin ilmastomuutoksen vaikutuksia Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavesipinnankorkeuksiin ja virtaussuuntiin aikavälillä 2021–2100. Simuloinnit tehtiin sekä nykyisellä vedenotomäärällä (2 300 m³/vrk) että voimassa olevan luvan (ISAVI/15/04.09/2010) mukaisella vedenottomäärällä (4 500 m³/vrk).

Mikkelin alueella pohjaveden muodostuminen on ajanjaksolla 1981–2010 ollut suurinta keväisin touko-kesäkuussa (Kuva 19, musta käyrä). Ajanjaksoille 2021–2050 ja 2071–2100 (Kuva 19, vihreät käyrät) laskettujen ilmastoskenaarioiden mukaan touko-kesäkuussa tapahtuva sade- ja sulamisveden imeytyminen pohjavedeksi kuitenkin vähenee huomattavasti, mikä johtuu talviaikaan tapahtuvista lumen sulamisjaksoista ja kevään aikaistumisesta. Pohjaveden muodostumista tapahtu-

nee tulevaisuudessa tasaisemmin läpi vuoden talviaikaisten routajaksojen lyhentyessä tai hävitessä kokonaan. Samanaikaisesti kesäaikaan pohjavesivarastojen täydentyminen vähenisi muun muassa kasvukauden aikaistuuessa. Erityisen merkittävä muutos imeytyvän pohjaveden määrässä näyttäisi olevan keväisin, jolloin pohjavesivarannot nykyisissä ilmasto-olosuhteissa täydentyvät lumien sulamisen myötä jo aiemmin keväällä kuin mitä nykyilmastossa. Mallinnettujen ilmastoskenaarioiden perusteella pohjavedeksi imeytyvän sadeden määrä kasvaa.

Ilmastomuutoksen vaikutusta Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavedenpinnan korkeuteen tarkasteltiin kolmessa mallinnusalueelle sijoitetussa laskentasolussa (pisteet 694-696, Kuva 20).

Nykyilmastossa (ajanjakso 1981-2010, Kuva 21) pohjavedenpinnan taso on vuositasolla tarkasteluna korkeimmillaan kesäkuukausina ja alimmillaan syys- ja talvikuukausina (syys-joulukuu ja tammi-huhtikuu). Tulevaisuudessa (aikavälit 2021–2050 ja 2072–2100) nykyilmastossa todettua sulamisvesien aiheuttamaa pohjavesipintojen nousua alkukesällä ei enää ole nähtävissä. Vastaavasti pohjavedenpinnan tasot asettuivat korkeammalle tasolle talvikuukausina verrattuna nykyilmastoon. Ajanjaksolla 2072–2100 pohjavedenpinta kohoaisi tammi-huhtikuun välisenä aikana enemmän verrattuna ajanjaksoon 2021–2050. Ero on

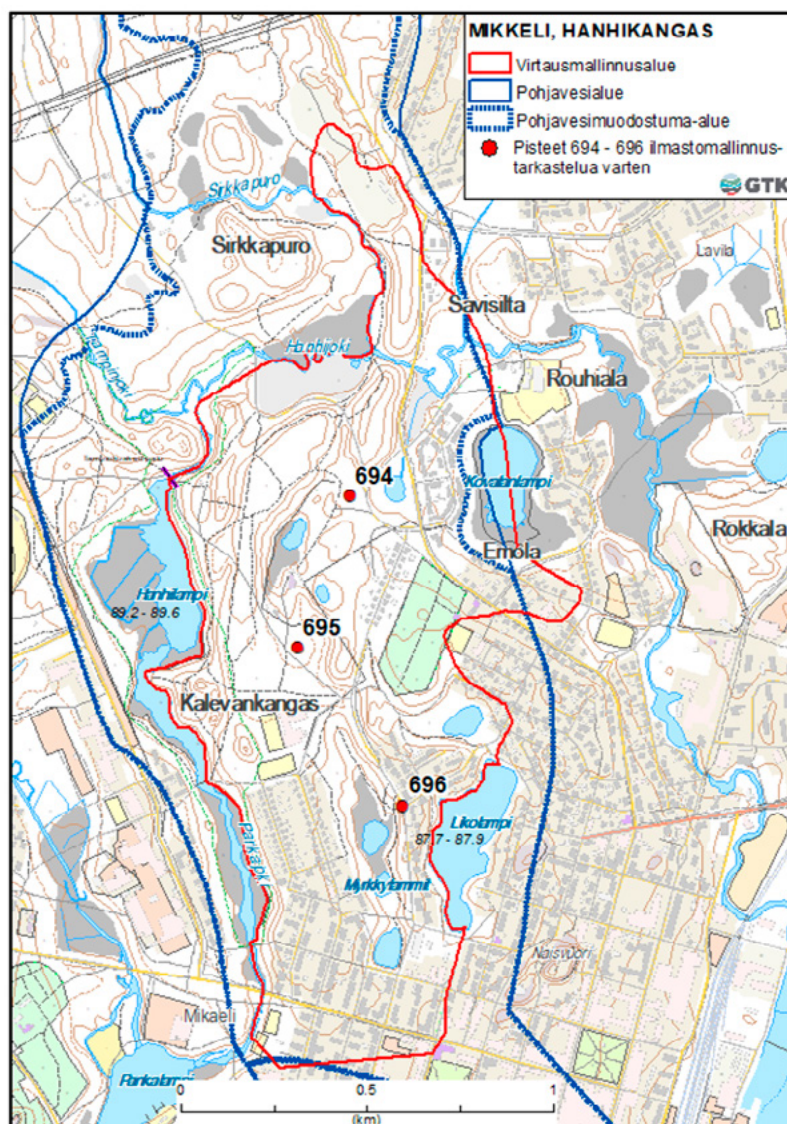


Kuva 19. Keskimääräinen sadannasta pohjavedeksi imeytyvä vesimäärä ajanjaksoilla 1981–2010, 2021–2050 ja 2071–2100 Hanhikankaan pohjavesialueella (Hyvönen et.al 2021).

lisäksi selvemmin havaittavissa suuremmalla vedenotomäärällä (4 500 m³/vrk). Mallinnustulosten mukaan ilmastonmuutoksen vaikutukset pohjavedenpinnan tasoon ovat syyskuukausina vähäiset nykyilmastoon verrattuna.

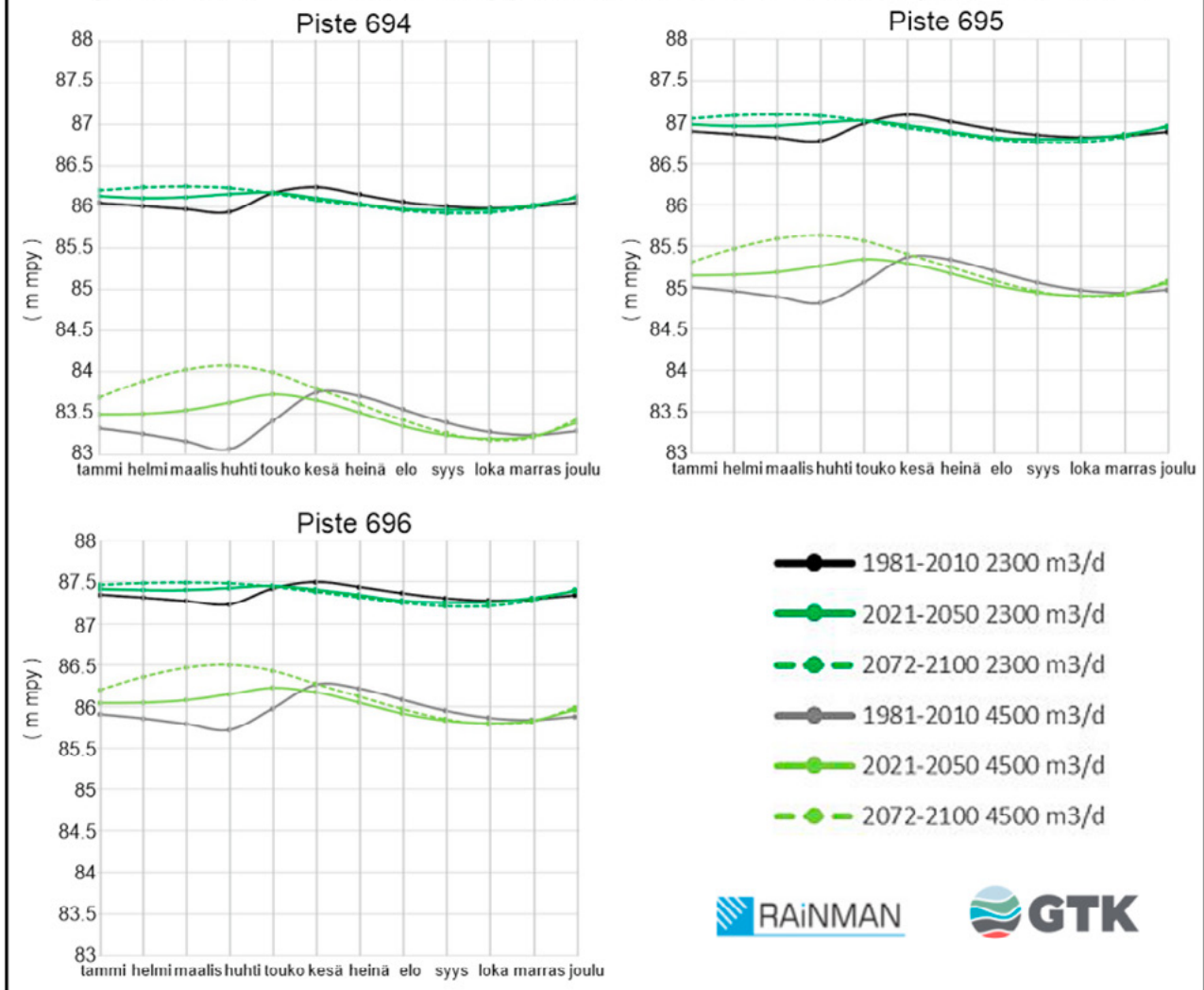
Mallinnustulosten tarkastelun perusteella voidaan todeta, että ilmastonmuutos vaikuttaa muodostuvan pohjaveden määrään Hanhikankaan pohjavesialueella. Pohjaveden muodostumista tapahtuu tasaisemmin pitkin vuotta. Lumien sulamiseen liittyvä pohjaveden muodostumishuippu häviää, minkä seurauksena eri-

tyisesti kuivina kesinä pohjavesivarastot pienenevät. Pintavesien imeytyminen pohjavesimuodostumaan voimistunee tulevaisuudessa erityisesti, jos vedenotto-määriä kasvatetaan. Tällöin pohjaveden virtauskuvasa tapahtuu muutoksia ja vedenottamon vaikutusalue voi kasvaa erityisesti Likolammen suuntaan.



Kuva 20. Ilmastonmuutokseen liittyvien mallinnustulosten tarkastelua varten valittujen laskentapisteiden 694, 695 ja 696 sijainti Hanhikankaan pohjavesialueella (Hyvönen et al., 2021). (Pohjavesialueet © SYKE, Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021)

Pohjavedenpinnan tasovaihtelu 1981 - 2010, v. 2021 - 2050 ja v. 2072 - 2100. Pumppausmäärät 2 300 m³/d ja 4 500 m³/d



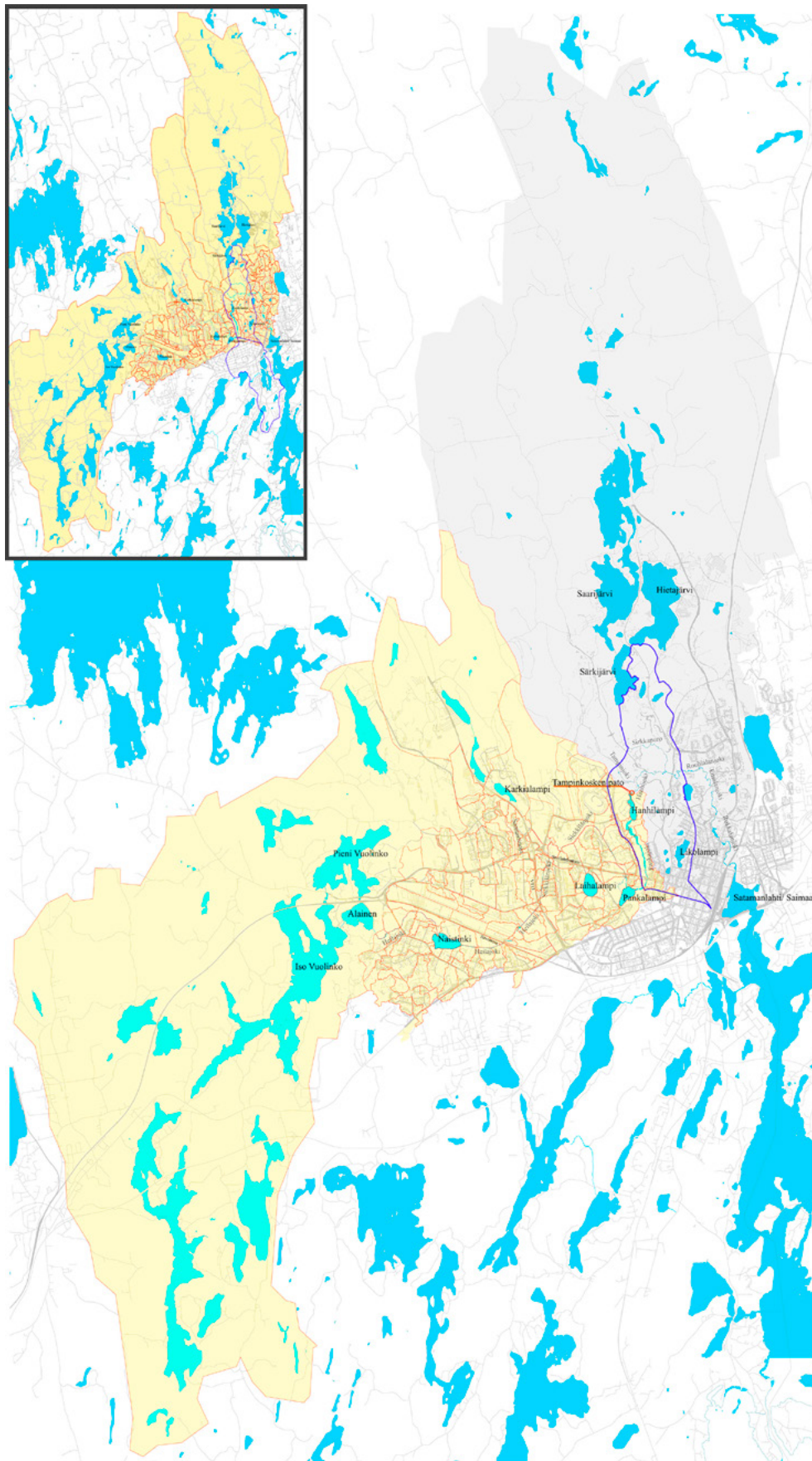
Kuva 21. Pohjavedenpinnan taso tammikuusta joulukuuhun laskentasoluissa 694, 695 ja 696 eri ajanjaksoina (1981–2010, 2021–2050 ja 2072–2100) tarkasteltuna. Ylemmät käyrät kuvaavat tilannetta nykyisellä vedenotolla 2 300 m³/vrk ja alemmat käyrät tilannetta voimassa olevan luvan mukaisella vedenotolla 4 500 m³/vrk. (Hyvönen et al., 2021.)

3.8 Pintaveden virtausmalli

Noin 70 % Hanhilammelle tulevasta vedestä on Iso-Vuolingosta ja Pieni-Vuolingosta ja niiden valuma-alueilta peräisin.

Hanhikankaan pohjavesialue sijaitsee kokonaisuudessaan Emolanjoen valuma-alueen sisällä (kuva 22). Hanhikankaan pohjavesi on Pöyryn vuonna 2006-2007 tekemien pohjavesitutkimuksien mukaan noin 60 %

pintavesilähtöistä. Pöyryn vuosina 2006-2007 ja GTK:n vuosina 2020-2021 tekemien tutkimusten mukaan pintaveden rantaimetyminen pohjavesimuodostumaan tapahtuu pääosin Pankajoesta ja Hanhilammesta. (Hyvönen et al., 2021; Ikäheimo ja Hakoniemi, 2008, s. 1-28). Rantaimetyksellä muodostuvan pohjaveden kannalta merkityksellisin Emolanjoen valuma-alueen osa on Hanhilammen valuma-alue. Hanhilammen valuma-alue käsittää kaikki ne valuma-alueet vesistöineen, joiden vesi valuu lopulta Hanhilampeen.

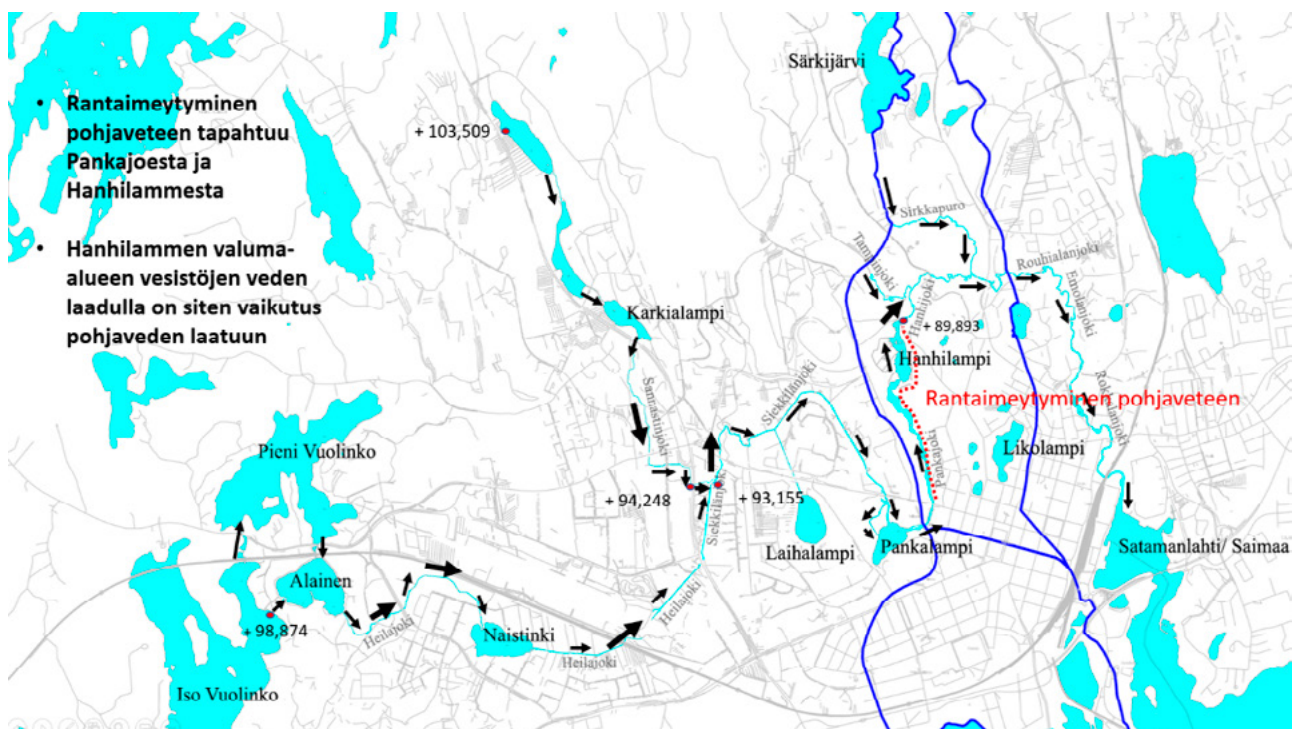


Kuva 22. Hanhilammen valuma-alue keltaisella (iso kuva). Ylhäällä vasemmalla Emolanjoen valuma-alue kokonaisuudessaan. Hanhikankaan pohjavesialue on esitetty sinisellä viivalla. Tunnistetut pienvaluma-alueet punaisella viivalla.

Vesi virtaa Hanhilammelle kahta pääreittiä pitkin (kuva 23). Toinen reitti on Iso-Vuolinko ja Pieni-Vuolinko – Alainen – Heilajoki – Naistinki – Heilajoki (muut nimet: Naistinginjoki, Lentokentänjoki) – Siekkilänjoki – Pankalampi – Pankajoki – Hanhilmampi ja toinen pohjoisen suunnan Paloinlampi – Keskilampi – Karkialampi – Sannastinpuro – Siekkilänjoki jne.

Hanhilammesta vesi etenee Hanhijoki- Rouhialanjoki – Emolanjoki – Rokkalanjoki -jokiketjua pitkin Satamanlahteen. Koska jokiketjulla on seitsemän eri nimeä, sitä on totuttu kutsumaan myös nimellä Seitsenniminen joki.

kialammen suunnalta Sannastinpuroa pitkin tulee noin 13 % Hanhilammen vedestä. Kaupunkitaajamien osuus Hanhilammelle tulevasta vedestä on noin 17 %. Kaupunkitaajamissa syntyvä valumavesi on suurimaksi osaksi hulevettä. Hulevedellä tarkoitetaan rakennetussa ympäristössä sateen tai lumen sulamisen seurauksena syntynyttä pitkin maanpintaa, kattoja ja muita pintoja virtaavaa ja hulevesiviemäreissä virtaavaa vettä.

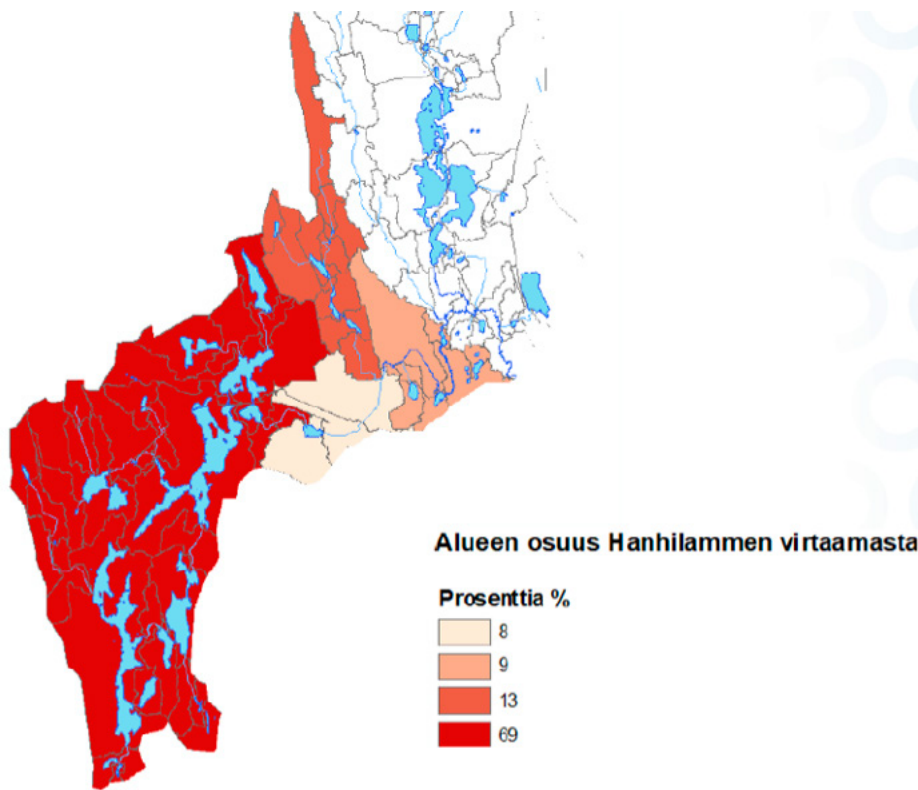


Kuva 23. Päävirtausreitit Hanhilammelle. Mustat nuolet osoittavat virtausta. Paksut nuolet voimakasta virtausta.

Korkeuseroa Iso-Vuolingon ja Hanhilammen luusuan välillä on noin 9 metriä ja Paloinlammen ja Siekkilänjoen välillä noin 10 m. Virtausta Iso-Vuolingon ja Hanhilammen välillä rajoitetaan kolmella pohjapadolla; Iso-Vuolingon ja Alaisen välisellä pohjapadolla, Naistingin luusuan pohjapadolla sekä Hanhilammen luusuan pohjapadolla (kutsutaan myös Tampinkosken padoksi). Pohjapatoja on kuvattu tarkemmin liitteessä 3.

Suurin osa noin 70 % Hanhilammelle tulevasta vedestä on Iso-Vuolingosta ja Pieni Vuolingosta ja niiden valuma-alueilta peräisin (kuva 24 punainen alue). Kar-

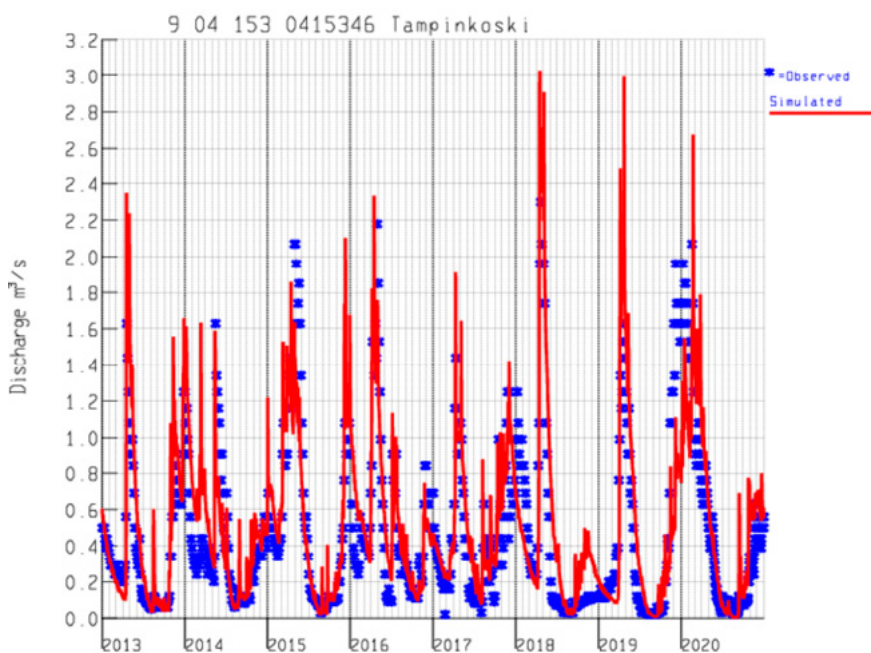
Tampinkosken virtaama on alivirtaamakausilla (valuntakatkojen aikana) vain kymmeniä litroja sekunnissa (pienimmät mitatut arvot ovat noin 20 litraa/s (0,02 m³/s), kun taas yli virtaamakaudella virtaama voi olla useampia kuutioita sekunnissa (suurin mitattu arvo on noin 2,3 m³/s). Keskivirtaama on noin 0,5 m³/s. Päivätasolla Tampinkosken padon kautta kulkee noin 132 m³ - 261 000 m³ vettä ja vuositasolla Tampinkosken padon kautta virtaa noin 14,5-18,7 miljoonaa m³ vettä. Valuntakatkon aikana virtaus voi olla hetkellisesti lähes pysähtynyt. (SYKE WSFS-VEMALA, 2021.)



Kuva 24. Mistä Hanhilammelle tuleva vesi on peräisin (Huttunen et al., 2021).

Kuvassa 25 on esitetty punaisella Suomen ympäristökeskuksen mallinnusohjelma VEMALA:n laskemat mittaustuloksilla (Hanhilammen valuma-alueella tehdyt syvyysmittaukset, pinnankorkeusmittaukset ja virtausmittaukset) kalibroidut Tampinkosken virtaamat

(m³/s) ja sinisellä vedenkorkeuden mittauksiin ja purkautumiskäyrään perustuvat virtaamat (m³/s). Malli kalibroitii osana RAINMAN-projektia. Mallin tulokset vastaavat nyt hyvin todellista tilannetta.

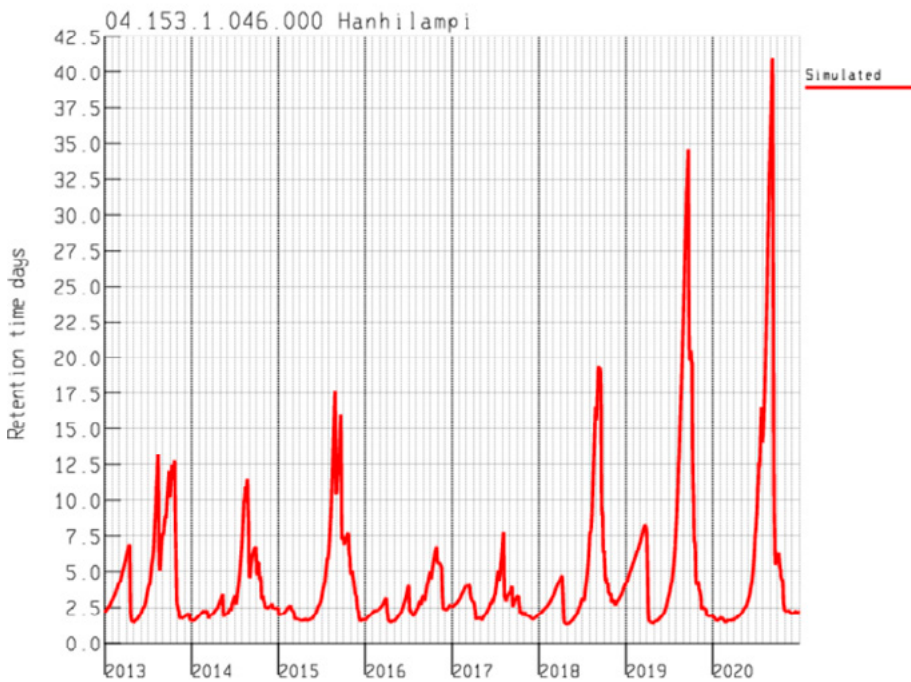


Kuva 25. Tampinkosken (Hanhilammen padon) virtaamavaihtelut 2013–2020. Tampinkosken virtaama voi vaihdella useammasta kuutiosta muutamiin kymmeneen litroiin sekunnissa (Huttunen et al., 2021).

Kuvassa 26 on esitetty VEMALA:n simuloimat Hanhilammen viipymät ajanjaksolla 2013-2020. Viipymät on pisimmillään olleet yli 40 päivää ja lyhimmillään noin 2 päivää.

Kuvassa 27 on esitetty Tampinkosken virtaamat miljoonina kuutioina ajanjaksolla 2013-2020.

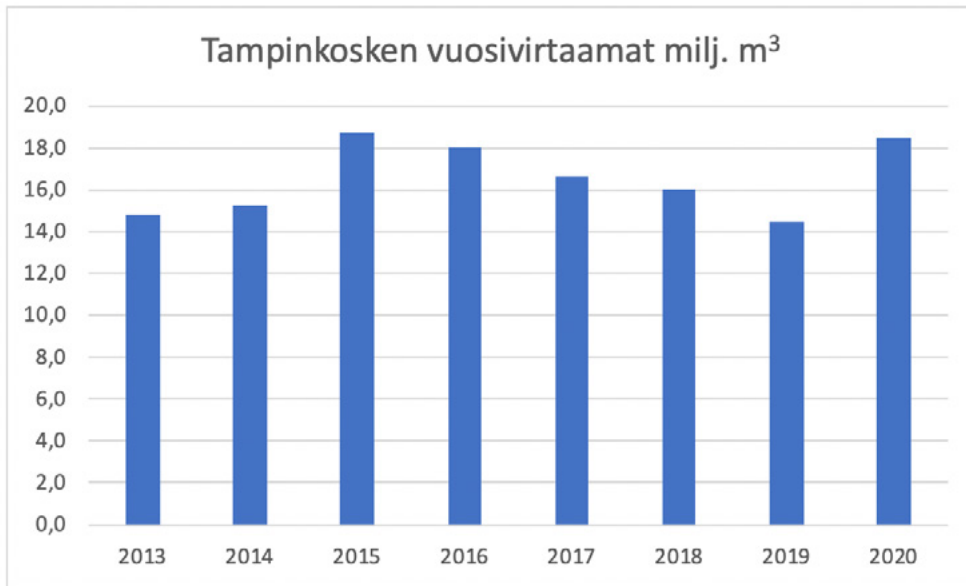
Taulukossa 4 on esitetty eri virtaamatilanteiden virtaukset ajanjaksolta 2013-2020. Tulokset ovat VEMALA-mallin laskemia.



Kuva 26. Hanhilammen viipymät välillä 2012–2021 (Huttunen et al., 2021).

Taulukko 4. Tampinkosken virtaamat eri virtaamatilanteissa ajanjaksolla 2013–2020 (SYKE WSFS-VEMALA, 2021).

Virtaama	Selite	Lyhenne	2013 - 2020
Keskivirtaama	Keskiarvo kaikista virtaamista	MQ	0.524 m ³ /s
Keskialivirtaama	Keskiarvo kaikista alivirtaamista	MNQ	0.036 m ³ /s
Keskiylivirtaama	Keskiarvo kaikista ylivirtaamista	MHQ	2.379 m ³ /s
Alivirtaama	Pienin virtaama vuodessa	NQ	0.001 m ³ /s
Ylivirtaama	Suurin virtaama vuodessa	HQ	3.030 m ³ /s
90% pysyvyys Q	Virtaama, joka toteutuu 90 % ajasta	Q	0.072 m ³ /s



Kuva 27. Tampinkosken kautta kulkenut kokonaisvesimäärä vuosina 2013–2020 (SYKE WSFS-DEMALA, 2021).

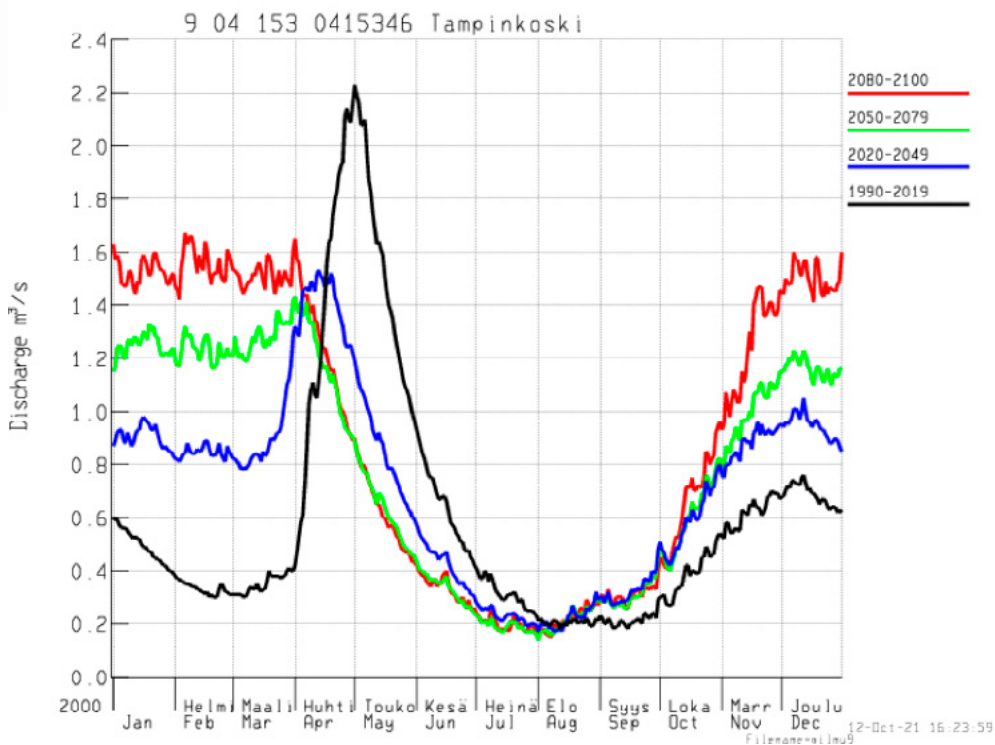
3.9 Ilmastonmuutoksen vaikutukset pintaveden virtaukseen ja viipymään Hanhilammessa

Mallinnuksen perusteella ilmastonmuutos aikaistaa ja pidentää kesän kuivaa jaksoa pienemmilläkin päästöskenaarioilla (RCP2.5) jo vuoteen 2050 mennessä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset virtaukseen ja viipymiin vaikuttavat väistämättömiltä.

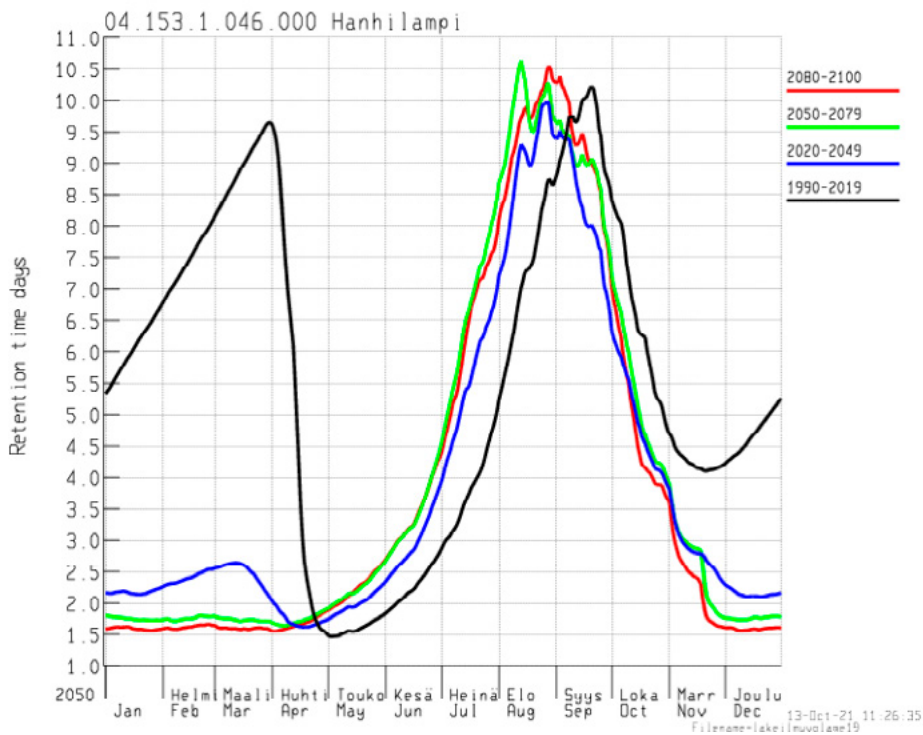
Kuvissa 28 ja 29 on esitetty DEMALA:lla mallinnetut Tampinkosken virtaamat ja Hanhilammen viipymät nykyhetkessä ja tulevaisuudessa ilmastomalliyhdistelmää MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaariota RCP8.5 (voimakas ilmastonmuutosskenaario) hyödyntäen. Kuvaaajissa esitetyt virtaamien ja viipymien arvot ovat pitkän jakson päiväkeskiarvoja. Ne eivät siis edusta virtaamien ja viipymien ääripäitä (minimeitä ja maksimeitä). Mallinnuksen perusteella vuosisadan loppuun mentäessä keväinen ylivalmapiikki on kadonnut ja talvivalunta lisääntynyt moninkertaiseksi. Talven alivirtaamakausi on hävinnyt kokonaan ja kesän alivirtaamakausi on aikaistunut ja pidentynyt. Hanhilammen talviaikainen viipymä on vuosisadan loppuun mentäessä lyhentynyt merkittävästi (virtaaman kasvun vuoksi) ja kesäinen pitkän viipymän ajanjakso on aikaistunut ja pidentynyt huomattavasti. (Huttunen et al., 2021.)

Vertailun vuoksi veden viipymiä ja virtaamia Hanhilammessa mallinnettiin myös päästöskenaarioilla RCP2.6, RCP4.5 ja toisella ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja päästöskenaariolla RCP4.5 (ks. kuvat 30 ja 31). Liitteessä 4 on kuvattu tarkemmin eri päästöskenaarioita. Mallinnuksen mukaan viipymissä tapahtuu selkeitä muutoksia jo päästöskenaariolla RCP2.5 vuoteen 2050 mennessä (ks. kuva 30). Riippuen käytetystä ilmastomalliyhdistelmästä muutokset saattavat olla RCP4.5:llä suuremmat kuin RCP8.5:llä. MOHC-HadGEM2-ES ilmastomalliyhdistelmän ja päästöskenaariolla RCP4.5 mukaan keskimääräiset maksimi-viipymät kasvavat myös merkittävästi (ks. kuva 30). (Huttunen et al., 2021.)

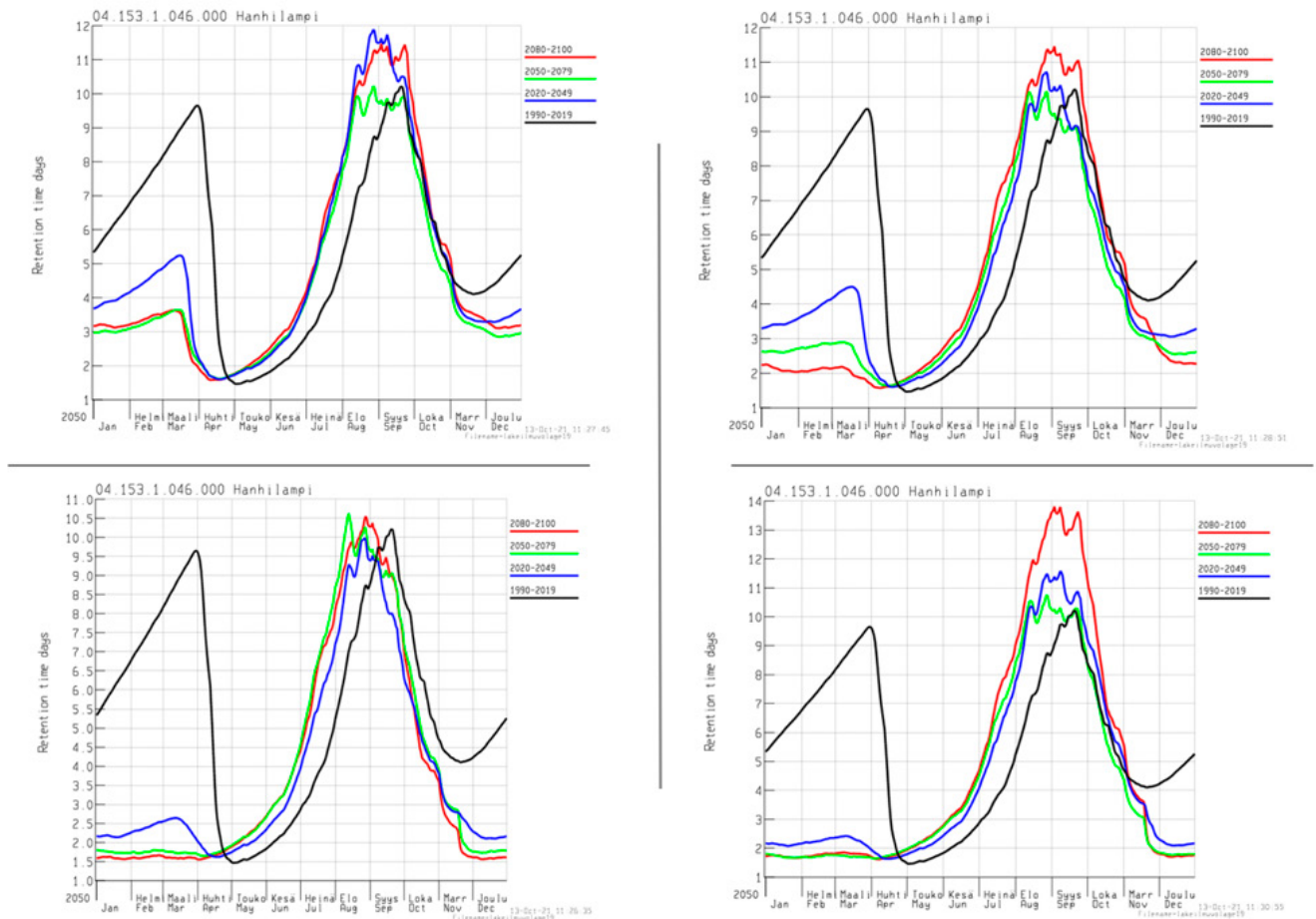
Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyy merkittäviä epävarmuuksia, joten tuloksia ilmastoskenaarioista tulisi tarkastella suuntaa-antavina. Eri ilmastomallit saattaisivat antaa hieman näistä tuloksista poikkeavia tuloksia. Lisäksi laskennoissa ei ole huomioitu erikseen rankkasateiden muuttumista. Rankkasateiden arvioidaan kasvavan ilmastonmuutoksen vaikutuksesta enemmän kuin keskimääräiset sateet. (Huttunen et al., 2021.)



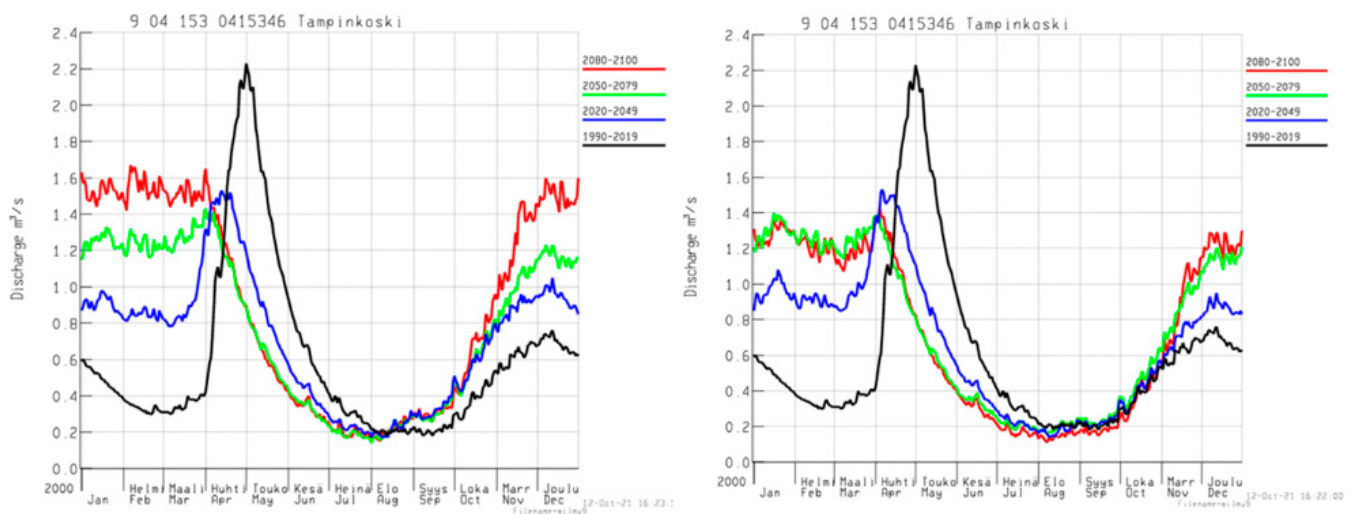
Kuva 28. Tampinkosken virtaaman pitkän jakson päiväkeskiarvo nykytilassa ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR ja RCP8.5 päästöskenaariolla mallinnettuna (Huttunen et al., 2021).



Kuva 29. Hanhilammen viipymän muutokset ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR ja RCP8.5 päästöskenaariolla mallinnettuna (Huttunen et al., 2021).



Kuva 30. Hanhilaamman viipymät ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaario RCP2.6:llä vasemalla ylhäällä, Hanhilaamman viipymät ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaario RCP4.5:llä oikealla ylhäällä ja Hanhilaamman viipymät ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaario RCP8.5:llä vasemmalla alhaalla ja Hanhilaamman viipymät ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja päästöskenaariolla RCP4.5 oikealla alhaalla. (Huttunen et al., 2021).



Kuva 31. Tampinkosken virtaama ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaario RCP8.5:llä vasemalla ja oikealla Tampinkosken virtaama ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja päästöskenaariolla RCP4.5. (Huttunen et al., 2021).

04

HANHIKANKAAN
POHJAVEDENOTTAMO

4. HANHIKANKAAN POHJAVEDENOTTAMO

Hanhikankaan pohjavesialueelle ei ole haettu suoja-alueita tai olla hakemassa, koska pohjaveden suojelun kannalta on katsottu tarkoituksenmukaisemmaksi edistää pohjavedensuojelua maankäytön, asumisen ja rakentamisen ohjauksella ja muilla vastaavilla ohjaavilla toimenpiteillä. Suoja-alueen tarvetta tulisi jatkossa arvioida ja pohtia suoja-alueella saatavia hyötyjä suhteessa nykyiseen maankäytön ohjaukseen.

Mikkelin vesilaitos vastaa vesihuollon järjestämistä toiminta-alueillaan Mikkelin kantakaupungissa, Rantakylässä, Otavassa, Anttolassa, Haukivuorella, Ristiinassa ja Suomenniemellä. Mikkelin vesilaitoksen asiakkaina ovat lähes kaikki kaava-alueilla olevat kiinteistöt ja tuotantolaitokset sekä Mikkelin alueella toimivat vesiosuuskunnat. Hanhikankaan, Pursialan ja Porrassalmen pohjavesialueilla sijaitsevilta vedenottamoilta saavat vetensä yli 45 000 ihmistä Mikkelin kantakaupungin alueella mukaan lukien Rantakylä, Otava ja Anttola. (Mikkelin vesilaitoksen johtokunta, 2021; Tikkanen, 2021.)

4.1 Hanhikankaan pohjavedenottamon historia

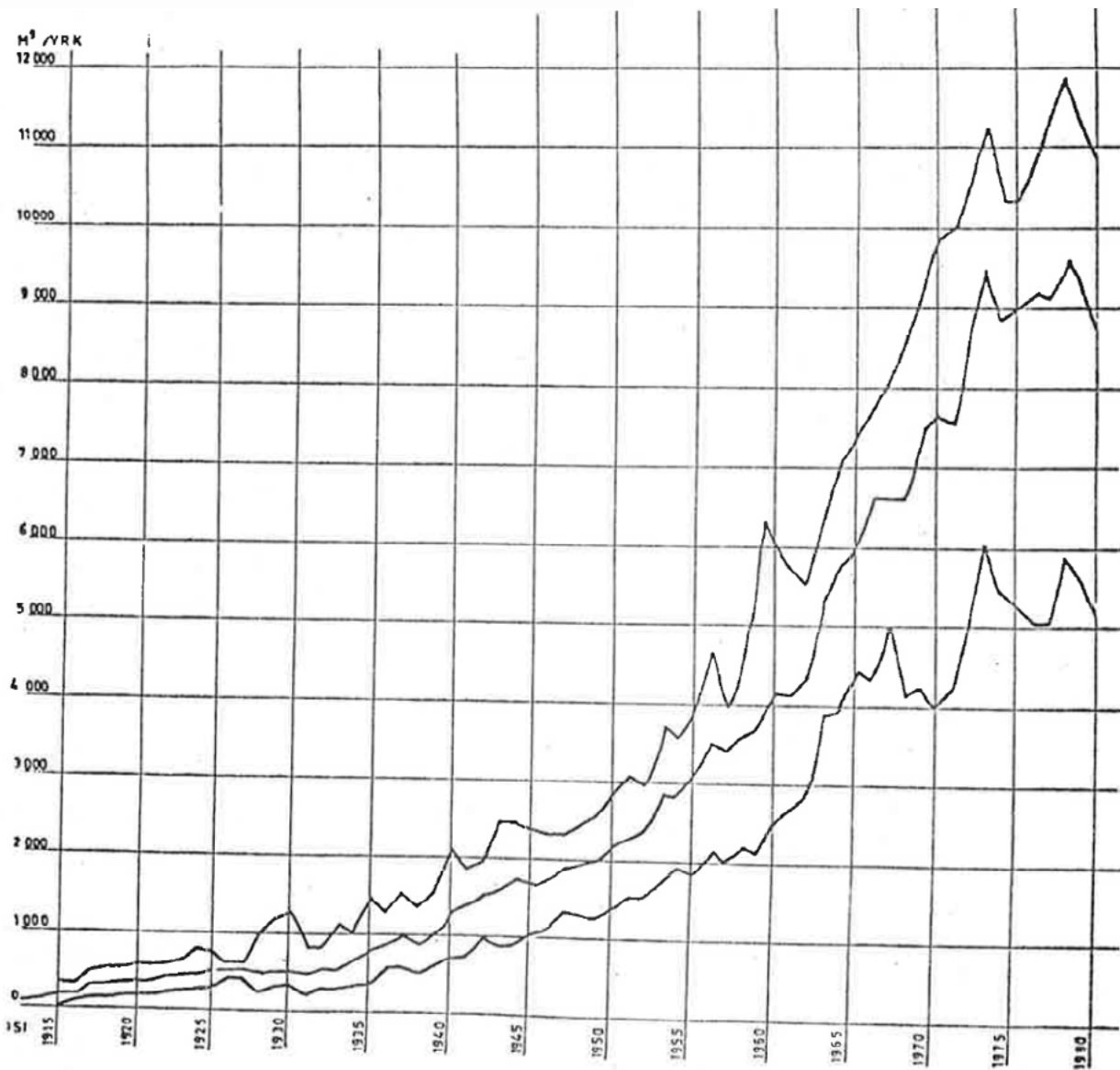
Hanhikankaan vedenottamo rakennettiin vuonna 1911. Se toimi välillä 1911-1959 Mikkelin ainoana vedenhankintapaikkana. Laitosta laajennettiin vuonna 1943. Pursialan vedenottamon valmistuttua 1959 sen kapasiteetti riitti täyttämään Mikkelin vedentarpeen ja Hanhikankaan pohjavesilaitoksen toiminta lakkautettiin. Vuosina 1959-1968 Pursialan vedenottamo toimi ainoana vedenhankintapaikkana. Vuonna 1968 vedenkulutus kasvoi niin, että Hanhikangas päätettiin ottaa uudelleen käyttöön. Tässä yhteydessä laitos korjattiin, uudistettiin ja automatisoitiin. Hanhikankaan laitoksen kemialiointia ja selkeytystä uudistettiin vuosina 1988-1989. (Rautio, 2011,30,31; Marttio, 2008, 1; Mikkelin Vesilaitos, 2021a.)

Hanhikankaan vedenottamon laajennus (laitos- ja säiliökapasiteetin lisääminen) valmistui vuonna 2016. Uusi saostuslaitos valmistui myös vuonna 2016. Vedenottamon laajennus toteutettiin vedensaannin turvaamiseksi poikkeustapauksissa. Uudistuksien jälkeen Hanhikankaan vedenottamolla on resursseja tuottaa talousvettä 4 500 m³/d. (Mikkelin vesilaitoksen johtokunta, 2016, s 2; Mikkelin vesilaitoksen johtokunta, 2017, s 1.)

4.2 Hanhikankaan pohjavedenottamon vedenottolupa ja pumppausmäärät

Hanhikankaan vedenottamon nykyinen lupa (IS-AVI/15/04.09/2010) vuodelta 2020 sallii 4500 m³/d vedenoton Hanhikankaan vedenottamolta. Uusi lupa sallii myös Hanhilammen veden imeyttämisen teko-pohjavedeksi. Pöyryn vuonna 2006-2007 tekemien pohjavesitutkimuksien mukaan Hanhikankaan pohjavedenottamolta voidaan pumpata 4500 m³/d vettä ilman, että se vaikuttaa merkittävästi ympäristöön tai pumpattavan raakaveden laatuun. Aiempi Itä-Suomen vesioikeuden myöntämä lupa vuodelta 1967 N:o 5/II/67 sallii 3000 m³/d vedenoton. Arvot ovat m³/d kuukausikeskiarvona laskettuja. (Itä-Suomen aluehallintovirasto, 2010; Itä-Suomen vesioikeus, 1967; Ikaheimo ja Hakoniemi, 2008, s. 28.)

Kuvassa 32 on esitetty Hanhikankaan vedenottomäärät (minimi, keskiarvo, maksimi) vuosina 1915-1959. Vuosina 1959-1967 kuvassa näkyvät pelkästään Pursialan vedenottamon pumppausmäärät ja vuodesta 1968 lähtien sekä Pursialan että Hanhikankaan vedenottamoiden pumppausmäärät.



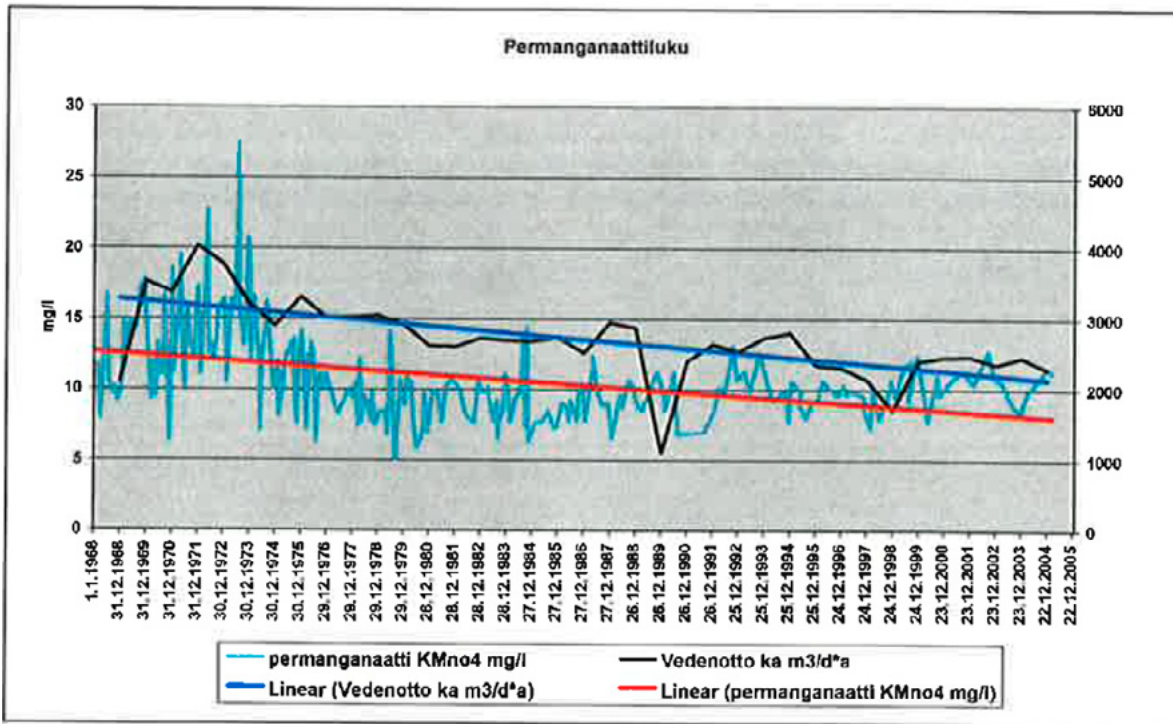
Kuva 32. Hanhikankaan vedenottomäärät (minimi, keskiarvo, maksimi) vuosina 1915–1959. Vuodesta 1959–1968 näkyy Pursialan vedenottamon pumppausmäärät ja vuodesta 1968 lähtien sekä Pursialan että Hanhikankaan vedenottamoiden pumppausmäärät. (Leikas, 1981, s.33.)

Kuvassa 33 on esitetty Hanhikankaan pohjavesialueelta pumpattu vesimäärä (musta viiva) vuosina 1968–2005. 2000-luvulla pumppausmäärät ovat pysyneet melko vakiona ollen noin 2 000 m³/d.

Taulukossa 5 on esitetty Hanhikankaan, Pursialan ja Porrassalmen vedenottamoiden pumppausmäärät vuonna 2020. Tällä hetkellä noin 20 % Mikkelin kaupungin vedentarpeesta on peräisin Hanhikankaan pohjavedenottamolta. Vedenottamon kaivoista pumpattua

pohjavettä kutsutaan raakavedeksi. Vedenottamon käsittelyprosessien läpi kulkenutta vettä kutsutaan talousvedeksi. Vedenottamolla raakavedestä tehdään hyvä laatuista talousvettä.

Mikkelin kaupungin vedentarpeen on ennustettu kääntyvän laskuun tulevina vuosina (ks taulukko 6) (Mikkelin vesilaitos, 2021, s 7).



Kuva 33. Hanhikankaan pohjavedenottamolta pumpattu vesimäärä vuosina 1968–2005 (tumma musta viiva) (Ikäheimo ja Hakoniemi, 2008, s.6).

Taulukko 5. Mikkelin vesilaitoksen pumppausmäärät ja talusveden tuotantomäärät vuonna 2020 (Turunen, 2021)

Vedenottamo	Raakavesi (m ³ /a)	Raakavesi (m ³ /d)	Talousvesi (m ³ /a)	Talousvesi (m ³ /d)	Osuus talusveden tuotannosta (%)
Pursiala	2417013	6604	2113267	5774	75
Hanhikangas	750889	2052	579305	1583	20
Hietalahti	137737	376	134085	366	5

Taulukko 6. Mikkelin vesilaitoksen käyttösuunnitelma 2021, tunnuslukuja (Mikkelin vesilaitos, 2021b, s 7).

Tunnusluku	TP 2019	TA 2020	TA 2021	TS 2022	TS 2023	TS 2024
Veden myynti, 1000 m ³	2644	2710	2650	2580	2580	2580
Jäteveden myynti/vastaanotto, 1000 m ³	2574	2630	2630	2630	2630	2630
Vesi- ja jätevesitaksa yht. €/m ³	4,35	4,48	4,54	4,68	4,82	4,96



4.3 Hanhikankaan pohjaveden- ottamon tulevaisuus

Hanhikankaan vedenottamolta pumpattavan veden määrää on tarkoitus tulevaisuudessa kasvattaa. Tarkoituksena on nostattaa Hanhikankaan pohjaveden-ottamon osuutta Mikkelin kaupungin tarpeisiin tuotetusta vedestä. Kaupungin vedenkulutus ei ole kasvanut. Hanhikankaan vedenoton tehostamisella on tarkoitus turvata kaupungin vedensaantia tulevaisuudessa.

Mikäli pohjavesi ei uudessa ottotilanteessa riittäisi Hanhikankaan pohjavesialueella, on mahdollista, että lisävettä tuotaisiin pohjoisesta Vuohiniemen ja Haukilammen pohjavesialueilta tai pintavettä Puulasta tai Luonterista. Tämä vaatisi kuitenkin uuden vedenotto-
luvan.

4.4 Hanhikankaan pohjaveden- ottamon toimintaperiaate

Vedenottoaivoista (yhteensä 5 kpl) pumpatun raakaveden käsittelyprosessina on kemiallis-biologinen prosessi, joka koostuu hiilidioksidin poistamisesta raakavedestä, pH-arvon säädöstä lipeällä, flokkauksesta, jota tehostetaan syöttämällä saostuskemikaalia ja selkeytyksestä, jossa prosessista poistetaan muodostunut rautasakka. Mangaania poistetaan biologisesti Dynasand-suodattimissa, ja lopuksi lähtevä vesi desinfioidaan UV-laitteilla. (Turunen, 2021.)



05

VEDENLAADUN-
SEURANTA

5. VEDENLAADUN SEURANTA

5.1 Talousvedenlaadun seuranta

Mikkelin vedenjakelualueelle johdetaan vettä kolmelta eri vedenottamolta. Mikkelin vesilaitoksen verkostoveden laatua seurataan viranomaisnäytteillä. Talousvesiasetuksessa (1352/2015) säädetään tutkimustiheys vedenjakelualueelle toimitettavan kokonaisvesimäärän mukaan. Mikkelissä viranomaisnäytteitä otetaan yli kolmikertaisesti lainsäädännön edellyttämään määrään verrattuna. Näytteet otetaan 12 kertaa vuodessa 6-8 eri näytepisteestä. (Toivanen, 2021.)

Näytteenottosuunnitelma on laadittu niin, että näytteitä otetaan eri puolilta vedenjakelualueetta ja näytepisteet edustavat kaikilta vedenottamoilta toimitettua vettä. Hanhikankaan vedenottamon vettä edustaa näytteenottokerrasta riippuen 2-3 näytepistettä. Useissa näytepisteissä vesi on eri vedenottamoiden sekoittunutta vettä ja sekoitussuhde vaihtelee vuorokauden ajasta riippuen, joten tulokset eivät kuvaakaan yhden vedenottamon veden laatua. (Toivanen, 2021.)

Suurin osa näytteistä on talousvesiasetuksen edellyttämiä jatkuvan valvonnan näytteitä, joissa tutkitaan indikaattoribakteereita ja muita perusmuuttujia kuten pH, sameus, sähkönjohtavuus ja rauta. Kaksi kertaa vuodessa tutkitaan laajemmat jaksottaisen seurannan määritykset, joissa tutkitaan jatkuvan valvonnan analyysien lisäksi mm. laajasti eri metalleja ja torjunta-aineita. Viiden vuoden välein tehdään kaikkein laajimmat tutkimukset, jolloin tehdään lisäksi esimerkiksi radioaktiivisuus- ja VOC-määrityksiä. Talousveden laatu on täyttänyt talousvesiasetuksen laatuvaatimukset. (Toivanen, 2021.)

5.2 Pohjavedenlaadun seuranta

Mikkelin vesilaitos tekee omaan käyttötarkkailuun liittyvää pohjaveden laadun seurantaa Hanhikankaan pohjavesialueella.

Etelä-Savon ELY-keskus tekee Hanhikankaan pohjavesialueella pohjaveden tarkkailua, joka perustuu lakiin vesienhoidon merenhoidon järjestämisestä (1299/2004). Sen 9 §:ssä määrätään pohjavesien seurannasta.

Vesienhoitoon liittyvää tarkkailua ole pysyvää vaan sitä muutetaan tarpeen mukaan. Hanhikankaalla sitä on tehty yhteensä 6 pisteestä kahdesti vuodessa alkukestästä ja loppusyksystä.

Seurantaohjelma perustuu lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004, 9 §). Lisäksi Etelä-Savon ELY-keskus tekee jatkuvaluontoista pohjavesientarkkailua osana valtakunnallisia pohjavesiseurantoja. (Ranta, 2021)

Vesienhoitoon liittyvän seurannan lisäksi Hanhikankaan pohjaveden laatua on tutkittu taulukossa 7 esitettyissä tarkkailuohjelmissa. Lisäksi Hanhikankaan pohjavesialueella on tehty lukuisia näytteenottoja, joiden ei ole ilmoitettu liittyvän mihinkään hankkeeseen. Kaikki ed. mainitut Hanhikankaalla tehtävät seurannat antavat kattavan kuvan pohjavesialueen tilasta.

Pohjavedestä on em. seurantaohjelmissa tutkittu yhteensä 582 eri ominaisuutta tai ainetta (ks. liite 5). Hanhikankaan pohjavedestä tuotettu talousvesi täyttää talousvedelle asetetut laatuvaatimukset ja suositukset. Hanhikankaan pohjavesialueella on muutama pienialainen kohde, joissa on havaittavissa edelleen haitta-ainejäämiä pohjavedessä (ks. kohta MATTI-kohteet). Haitta-aine jäämät eivät kuitenkaan uhkaa pohjavedenottoa tällä hetkellä ja niitä tarkkaillaan. (Ranta, 2021.)

5.3 Pintavedenlaadun seuranta

Pintavedenlaadun seurantaa tekevät useat toimijat Mikkelissä; Mikkelin seudun ympäristöpalvelut, Etelä-Savon ELY-keskus, Mikkelin Vesilaitos ja Xamk.

Mikkelin seudun ympäristöpalvelut tekee, 2-3 vuodeksi vahvistettavan ohjelman mukaisesti, veden laadun perusseurantaa Hanhilammen valuma-alueen vesistöissä. (Tällä hetkellä Pieni-Vuolinko on Mikkelin seudun ympäristöpalvelujen seurantavesi, jossa näytteenototvälinä on 5 vuotta.) Tämän lisäksi ympäristöpalvelut tekevät muiden toimijoiden tietopohjaa täydentävää vedenlaadun seurantaa, ja hankkeissa tai osana ympäristövalvonnan seurantaa tehtävää vaihtuvaa teemallista seurantaa. Tyypillinen teemallisen seurannan aihe on Hanhilammen valuma-alueelle kuuluvien pienvaluma-alueiden hulevesien laatu.

Taulukko 7. Lista pohjaveden seurantaan liittyvistä hankkeista (Hertta-tietojärjestelmä, 2021).

Koodi	Hankkeen nimi	Ajankohta (näytteenotto)
Tark_491_2 - Mikkeli	Hanhikankaan vedenottamon tarkkailuohjelma	1991–2013
E12005	Eräät orgaaniset ja epäorgaaniset haitta-aineet Etelä-Savon vedenottamoiden raaka- ja pohjavesissä	2005
PIMA_002 - SOILI	Mikkeli, Savilahdenkadun Shell	2005–2008
T-0017 - Mikkeli	Hanhikankaan pohjavedenottamon kehittäminen, pohjavesitutkimukset	2006–2007
E5410	Vesienhoitoalueiden pohjavesien selvityskohteiden tutkimukset (Etelä-Savo)	2009
E4327	Vesienhoitoalueiden pohjavesien seuranta	2010–2015
VaiO_XVK31501	Haitallisten aineiden kartoitus pohjavesissä	2011–2012
XRN2784 - VAURI		2012–2013
18T0070	Perfluorattujen yhdisteiden kartoitus	2014
T-0034	Pohjavesiselvitykset Etelä-Savossa	2014–2015
Tark_491_5 - Mikkeli	Pursialan vedenottamon käyttötarkkailu	2015
XC02113	Valtakunnalliset pohjavesiseurannat	2016 ->

Etelä-Savon ELY-keskuksen järjestämällä pintavesien seurannalla pyritään saamaan yhtenäinen ja monipuolinen kokonaiskuva vesien tilasta. Seurantatietoa hyödynnetään muun muassa ekologisen tilan luokittelussa, tarvittavien toimenpiteiden arvioinnissa sekä toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioinnissa.

Emolanjoen (04.153) valuma-alueella seurannan piirissä olevia pintavesimuodostumia ovat Hanhijoen valuma-alueen osalta Oulanki, Naaranki, Iso-Vuolinko, Pankalampi ja Hanhijoki. Pohjoisesta Hanhijokeen laskevan Sirkkapuron valuma-alueella on kolme seuranta paikkaa: Tarsalanjärvi, Saarijärvi ja Sirkkapuro. Edellä mainitut vesimuodostumat ovat pääosin peruseurannan piirissä ja seurantaa tehdään niissä 3 tai 6 vuoden välein riippuen kohteesta.

Mikkelin Vesilaitos tekee pohjavesiseurantaan liittyen seurantaa myös rantaimetyvän veden laadusta kaksi kertaa vuodessa. Aiemmin tämän seurannan mittauspiste on ollut Pankajoessa (Piste 228), mutta ilmeisesti väärinkäsityksen myötä piste on vaihtunut Hanhijokeen (piste 229) Tampinjoen purkupisteen jälkeen eikä edusta hyvin rantaimetyvää vettä. Näytepiste tulisi palauttaa alkuperäiselle paikalle.


Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamkin) hankkeissa (esimerkiksi Vemidi, LugaBalt2, Uumo, Huky, Hula, Water +) syntyy pohjaveden suojelussa hyödynnettävissä olevaa seurantatietoa Hanhilammen valuma-alueen vesistöistä.

5.4 Pintavesi- pohjavesitarkkailuvelvoitteen alaiset toimijat

Hanhikankaan pohjavesialueella ei ole ympäristöluvanvaraisia valvottavia toimijoita. Hanhilammen valuma-alueella on seuraavat ympäristöluvanvaraiset Etelä-Savon ELY-keskuksen valvomat toimijat:

- Aurajoki Oy
- Mikkelin lentoasema
- L&T Ympäristöpalvelut Oy
- Mikkelin Ampujat ry
- Puolustusvoimat, Logistiikkalaitoksen esikunta

Näistä toimijoista Tuskussa sijaitsevilla Mikkelin lentoasemalla ja L&T Ympäristöpalvelut Oy:llä on pintavesitarkkailuvelvoite. Kyrönpellossa sijaitsevilla Mikkelin Ampujat ry:n ja Puolustusvoimien ampumaradoilla on sekä pintavesien että pohjaveden tarkkailuvelvoite. Aurajoki Oy:llä ei ole päästöjä vesistöön, joten sillä ei ole tarkkailuvelvoitetta. Aurajoki Oy:llä on aiemmin ollut oikeus päästää prosessivesiä hulevesiviemäriin ja sen vuoksi tarkkailuvelvoite vuosina 1973-2006. Lisäksi Tuskun alueella on toiminut Mikkelin kompostointilaitos, jolla on ollut vesistö tarkkailuvelvoite. Kompostointilaitoksen toiminta on kuitenkin loppunut jo vuonna 2006. Molempien ampumaratojen vesistövaikutukset ovat melko pienet tai niitä ei ole ollenkaan. (Ranta, 2021.)



Aurajoki Oy:n prosessivesien johtamisesta maastoon on saattanut seurata maaperän pilaantumista, mikä voi näkyä kohonneina sinkkipitoisuuksina purkualueen alapuolisten ojien maaperässä. Tätä olisi syytä tutkia ennen kuin edellä mainittuja alueita otetaan muuhun käyttöön.

5.5 Seurannan kehitystarpeet

Pohjaveden ja pintavesien mittaustarpeiden suunnitteluun tulisi perustaa ohjausryhmä.

Mittausdatan tuottaminen ja jakaminen

Pinta- ja pohjavesitarkkailua tekee Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella usea toimija. Mittaustietoa luodaan paljon, mutta se on hajallaan ja usein on vaikeaa saada kokonaiskäsitystä alueelta olemassa olevasta vedenlaatuaineistosta. Esimerkiksi torjunta-aineita ei ole mitattu Hertta -tietojen perusteella ollenkaan Hanhilammen valuma-alueen pintavesistä. Kaikki tieto ei myöskään päädy Herttaan kaikkien hyödynnettäväksi. Mittaustulokset tulisi toimittaa VESLA:an, josta ne voidaan viedä Herttaan ja VEMALA:an. Siltä osin, kun tieto ei ole akredoidun mittajan tuottamaa (esim. opinnäytetyöt) olisi toivottavaa, että olisi olemassa jonkinlainen aineistopankki, josta tieto olisi tarvittaessa hyödynnettävissä. Mittausdatan luomiseen ja suunnitteluun tarvittaisiin ohjausryhmä, joka suunnittelisi yhdessä mittaustarpeita ja joka pystyisi helposti kootusti hyödyntämään tuotettua aineistoa. Ohjausryhmään tarvittaisiin edustajat kaikilta niiltä toimijoilta, jotka keräävät alueelta pinta- ja pohjaveden mittausdataa.

Mittauspuutteiden paikkaaminen

Pintavedenlaadun seurantaan tulisi lisätä torjunta-aineiden mittaaminen pintavesistä ja torjunta-aineiden käytön seuranta tulisi olla suunnitelmallista ja säännöllistä.

Nykyisellä seurantaverkolla pystytään seuraamaan riittävällä tavalla päävaluma-alueiden keskusaluiden vedenlaadun pitkäaikaista kehitystä. Se ei kuitenkaan tuota riittävästi tietoa veden laadultaan heikkojen jaksojen toistuvuudesta ja kestosta. Tulevaisuudessa on tarpeellista kohdentaa lisää seurantaa Hanhilammen osalta vuodenaikaisvaihtelun selvittämiseen. Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan imeytettävän raakaveden seurantaa esitetään täydennettävän intensiiviseurannan vuodelle, jossa näytteenottoa kohdistetaan vesivuoden eri jaksoille painottaen selkeästi niitä jaksoja, joihin VEMALA - vesistömallilla simuloidut Hanhilammen viipymät kuuluvat päiväkohtaisesti tarkasteltuna pisimpään kolmannekseen. Näytteenottoon perustuvan mittaamisen ohella suositellaan hyödynnettävän jatkuvatoimisia mittaustekniikoita kuten vedenlaatuantureita. Hanhilammen ohella esitetään, että vakavesistä Pankalampi ja Karkialampi otetaan säännöllisen seurannan piiriin. Alueelle esitetään laadittavaksi oma erillinen yhdennetyn seurannan ohjelma, jossa hyödynnetään tietoja alueella tällä hetkellä noudatettavien seurantaohjelmien ja T&K hankkeiden näytteenottoaikatauluista.

Pankajoessa ja Hanhilammessa toistuvasti esiintyvien lämpökestoisten koliformisten bakteerien lähteen selvittämiseksi olisi syytä tehdä geenimarkkeritestejä löydöistä, jotta pystytään sanomaan, mistä lähteestä suolistoperäiset bakteerit ovat peräisin ja pohtimaan keinoja, joilla päästölähdettä voidaan hallita.

Myös mikromuovien määrää voisi olla syytä tutkia Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavedestä sekä Hanhilammen valuma-alueen vesistöistä (erityisesti Hanhilammesta), jotta saataisiin käsitys pinta- ja pohjavesien sisältämästä mikromuovista.

Hulevesien vaikutukset

Hanhilammen valuma-alueen teollisuustyyppisillä hulevesialueilla tulisi kartoittaa tarkemmin hulevesialueiden välisiä hulevesien laadullisia eroja. Tätä aineistoa voidaan hyödyntää hulevesien laadullisen hallinnan toimenpiteitä kohdistettaessa. Myös jo tehtyjen hulevesiratkaisuiden toimivuutta olisi syytä mitata.

A blue-tinted photograph of a forest with a building in the background, overlaid with white text. The scene is a dense forest of bare trees, with a multi-story building visible through the trees in the background. The water in the foreground reflects the trees and the building. The text is centered and reads '06 HANHILAMMEN VALUMA-ALUEEN VESISTÖJEN TILA JA PINTAVEDENLAATU'.

06

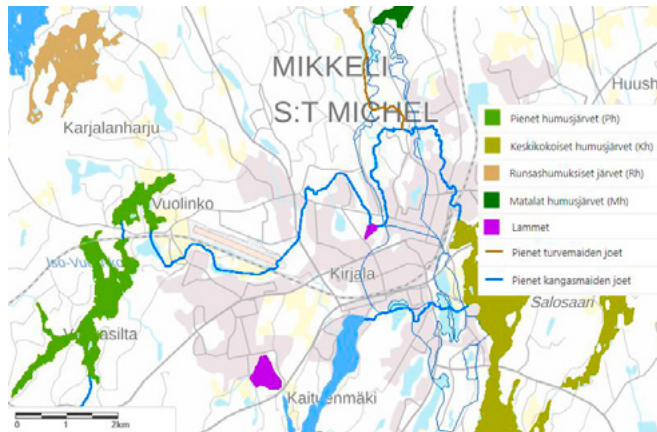
HANHILAMMEN
VALUMA-ALUEEN
VESISTÖJEN TILA
JA PINTAVEDEN-
LAATU

6. HANHILAMMEN VALUMA-ALUEEN VESISTÖJEN TILA JA PINTAVEDENLAATU

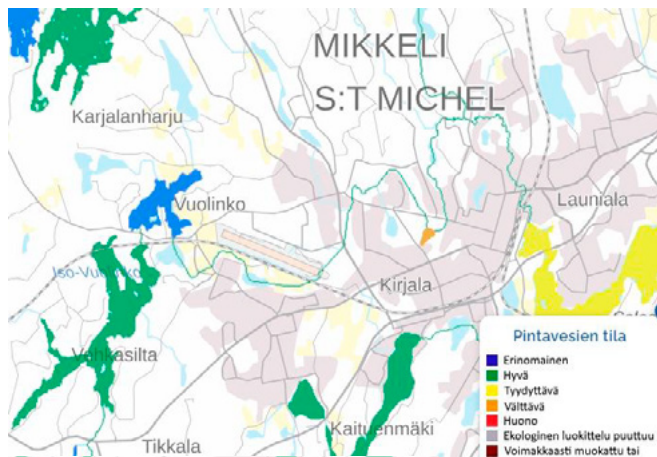
6.1 Vesienhoitosuunnitelma

Hanhilammen valuma-alueen vesistöjen tilaa on arvioitu Vesienhoitosuunnitelmassa vuosille 2022-2027. Siinä Iso-Vuolinko on määritelty ekologiselta tilaltaan hyväksi, Pieni-Vuolinko erinomaiseksi ja Pankalampi välttäväksi (ks. kuva 34). Pankalammen osalta vesienhoitosuunnitelmassa on asetettu tavoitteeksi saavuttaa Pankalammen hyvä tila vuoteen 2027 mennessä. (Kotanen et al., 2021; Kotanen, 2021.)

Pintavesien tyypit



Pintavesien ekologinen tila



Pankalampi
Korkea Klorofylli-A pitoisuus
Korkea fosforipitoisuus
Korkea ammoniumtypen pitoisuus
Alhainen happipitoisuus
Merkittävä osa kuormituksesta kaupungin hulevesistä
Tavoite saavuttaa hyvä tila v. 2027 mennessä

Kuva 34. Hanhilammen valuma-alueen pintavesityypit ja pintavesien ekologinen tila vesienhoidon 3. kaudella. Kaikkia vesistöjä ei ole luokiteltu (SYKE vesikarttapalvelu, 2021).

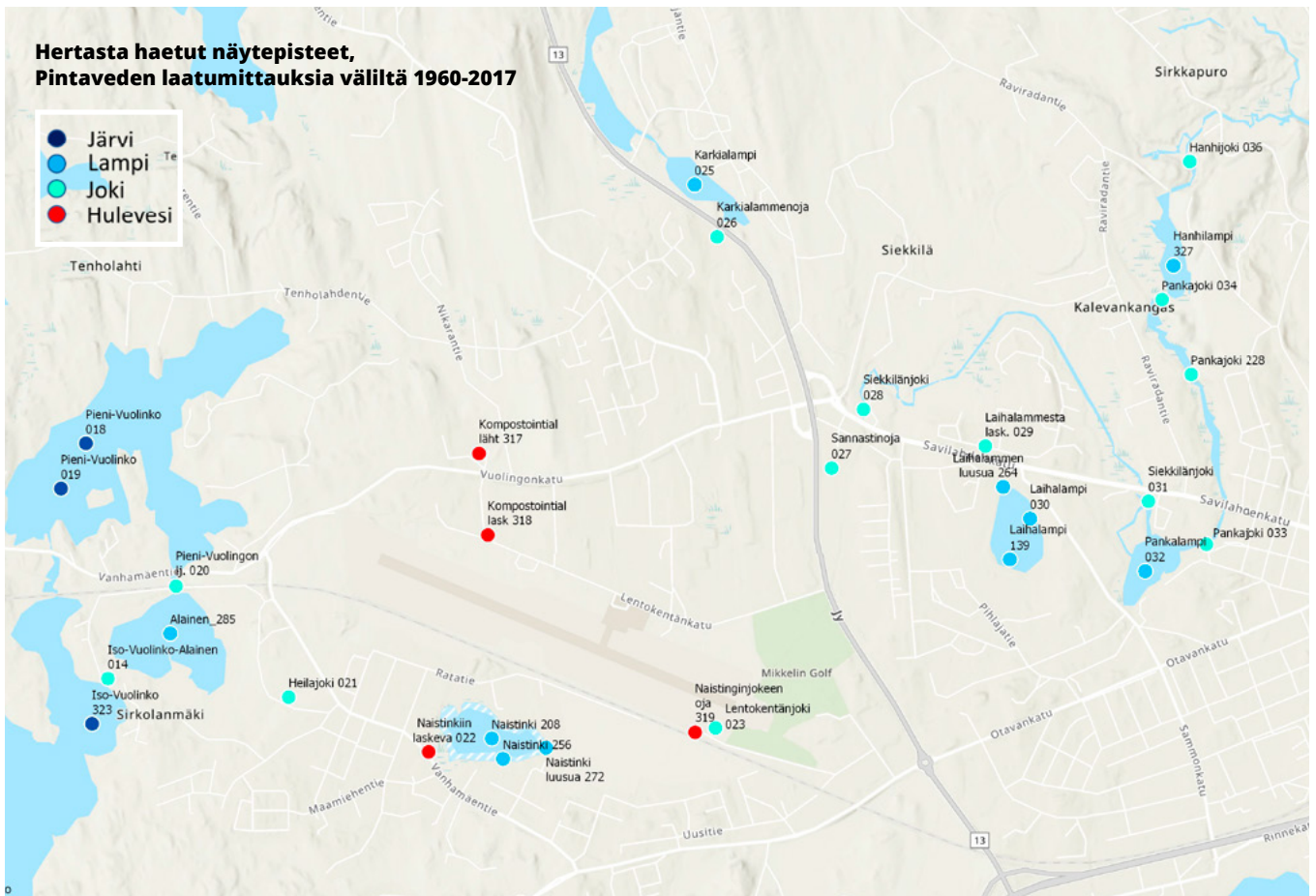
6.2 Hanhilammen valuma-alueen vesistöjen tilan muutos 1966-2019

Kemiallinen hapenkulutus on noussut kaikissa järvissä/lammissa. Iso-Vuolington ja Pieni-Vuolington tilassa on alttiutta sisäisen kuormituksen käynnistymiseen. Tämä tulisi huomioida Iso-Vuolington ja Pieni-Vuolington suojelussa.

Hanhilammen valuma-alueen vesistöjen tilaa ja muutoksen suuntaa arvioitiin Suomen ympäristökeskuksen ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertasta saatavien pintavesinäytetulosten avulla (ks. kuva 35). Alueen vesistöistä on tehty pintaveden laatumittauksia vuodesta 1960 alkaen.

Vesistöjen tilan muutosten tarkasteluun otettiin mukaan Iso-Vuolinko, Pieni-Vuolinko, Naistinki, Karkialampi, Laihalampi ja Pankalampi sekä Hanhilampi. Tästä tarkastelusta on jätetty pois Alainen, koska siitä ei ole kuin yksi näytekertta. Isommista järvistä kuten Iso-Vuolingosta on runsaasti vedenlaatutuloksia ja näytteenottokertoja pidemmältä ajalta, kun taas esimerkiksi Karkialammesta on vain kuusi näytteenottokertaa. Hanhilammesta on puolestaan niin vähän mitattuja suureita ja näytekertoja, että Hanhilammen muutoksia ei juuri pystytä arvioimaan. Toisaalta Pankajoki 228 pistettä analysoidaan seuraavissa kappaleissa tarkemmin ja näytepisteen veden voidaan ajatella edustavan rantaimetyymisalueen vettä. Vesistöjen tilanmuutoksen kuvaajat on esitetty liitteessä 8.

Kaikissa tarkastelluissa vesistöissä on havaittavissa samansuuntaisia muutoksia. Kemiallinen hapenkulutus on noussut kaikissa järvissä. Rautapitoisuus on kasvanut etenkin alusvedessä eli lähellä pohjaa kaikissa paitsi Pieni-Vuolingossa. Rautapitoisuutta voi nostaa pohjasedimentistä hapettomissa olosuhteissa vapautuva rauta. Myös väriluku on noussut Pieni-Vuolinkoa lukuun ottamatta kaikissa järvissä. Värilukuun vaikuttavat sekä humuspitoisuuden että rautapitoisuuden kasvu. Klorofylli-a:n pitoisuus on kasvanut suurimmassa osassa vesistöistä, mikä viittaa alkavaan rehevöitymiseen. Myös näkösyvyys on alentunut suurimmassa osassa vesistöistä, pois lukien Naistinki ja Laihalampi, joissa se ei ole mataluuden vuoksi mitattavissa.



Kuva 35. Pintavesianalyseja varten Hertasta haetut näytepisteiden sijainti. Punaisten pisteiden nimityksenä käytetään hertan ojavesi nimityksestä poiketen hulevesi -nimitystä.

Sameus on noussut kaikissa paitsi Karkialammessa. Sameuteen vaikuttavat esimerkiksi humuspitoisuuden kasvu ja kesällä rehevöityminen.

Lähes kaikille virtavesijatkumon vakavesille (järvet ja lammet) yhteistä on myös hapettomuuden esiintyminen ajoittain alusvedessä. Happivaje voi olla luontais-takin varsinkin kerrostuneisuuskauden loppuvaiheessa syvänteissä, mutta siihen voi vaikuttaa esimerkiksi järven rehevyytaso sekä kuormitus. Kaikissa järvissä esiintyy ajoittain myös korkeita typpipitoisuuksia etenkin alusvedessä. Tyyppiä voi vapautua pohjasedimentistä hapettomissa olosuhteissa. Typen pitoisuuksissa on siis havaittavissa merkkejä alkavasta sisäisestä kuormituksesta, mutta fosforipitoisuudet eivät tämän aineiston perusteella viittaa sisäiseen kuormitukseen. Yksittäisiä korkeampia arvoja kuitenkin esiintyy. Suurimmat fosforipitoisuudet on mitattu kosteikkotyypissä äärevästi käyttäytyvässä Laihalmesta. Alttiutta sisäiseen kuormitukseen on havaittavissa Pankalammen ohella myös Iso- ja Pieni-Vuolingossa. Niiden ti-

la voikin muuttua nopeastikin huonoon suuntaan, jos sisäinen kuormitus pääsee käyntiin. Tämä alttius tulisi huomioida järvien suojelussa. Keinoina kyseeseen tulevat lähinnä valuma-alueella tehtävät ulkoista kuormitusta rajoittavat kunnostustoimet.

Useisiin Seitsennimisen joen varrella olevien vesistöjen nykytilaan, vesistötyyppiin, ulkoisen kuormituksen paineenkestokykyyn ja rehevöitymisherkkyyteen vaikuttavat edelleen vanhat alueella tehdyt hydrologis – morfologiset muutokset. Näitä ovat esimerkiksi Naistingin lammen pinnan laskeminen noin metrillä 1930 -luvulla, Iso-Vuolingon ja Alaisen välille 1930 -luvulla kaivettu kuivatusuoma, Laihalammen vedenpinnan laskeminen, Pankalammen rannan rakentaminen ja tulo-uoman uudet järjestelyt. Vesistöjen tilaa ja virtaamia on säädelty myös kolmella padolla, Hanhilammen luusuan pohjapadolla, Naistingin pohjapadolla sekä Iso-Vuolingon ja Alaisen välisellä pohjapadolla. Hanhilammen yläpuoliset vesistöt ja niiden valuma-alueella tapahtuneet muutokset edustavat Suomessa melko tyypillisiä kehi-

tyskulkuja. Muutokset alkoivat voimistua 1850-luvulla maatalousmaan valtaamiseksi tehtyjen järvenlaskujen myötä. Järvenlaskuja seurasi 1930-luvulta käynnistynyt valtiojohtoinen systemaattinen maatalousmaan hankinta soita ja muita alavia maita kuivattamalla. Tätä vaihetta seurasivat 40- ja 50-luvuilla käynnistyneet peruskuivatushankkeet, joihin kytkeytyi pieniä järvenlaskuja. Näitä seurasi käytännössä koko Suomen kattava turvemaiden kuivattaminen metsätalouksikäyttöön. Nämä varsinkin Emolanjoen valuma-alueen hydrologisiin ominaispiirteisiin kohdistuneet muutokset muodostavat tietynlaisen pysyvän alttiuden esim. ilmastonmuutoksen aiheuttamien hydrologisten muutosten (valuntajaksojen muutokset, orgaanisen aineksen mineralisaatio, routa) kautta.

6.3 Vedenlaadun muutokset Seitsennimisessä joessa vuosina 1960-2020

Seitsennimiseen jokeen päätyvä kuormitus on vähentynyt 1960-luvulta lähtien. Edelleen on kuitenkin nähtävissä hulevesien vaikutus joen vedenlaatuun. Veden laatu huononee alajuoksulle edetessä. Sannastinojan suunnalta tulee merkittävä kemiallisen hapenkulutuksen kuorma, jonka pienentämismahdollisuuksia olisi syytä tutkia.

Joen tilan muutosta tutkittiin kuvassa 35 turkoosilla värillä esitetyistä jokinäytepisteistä (ks. kuva 35). Tulokset on haettu keväällä 2021 Hertta ympäristötietojärjestelmästä. Joen tilanmuutoskuvaajat on esitetty liitteessä 9.

Useassa mitatussa suureessa on havaittavissa kasvua alajuoksua kohti mentäessä. Etenkin Sannastinojan suunnasta pohjoisesta vaikuttaa tulevan kuormitusta humuspitoisen veden muodossa, mikä näkyy mm. typen ja kemiallisen hapenkulutuksen korkeammissa arvoissa. Myös väriluku nousee kohti Seitsennimisen joen alajuoksua, eli vedessä on yläjuoksulla vähemmän humusta ja muuta orgaanista ainesta sekä rautayhdisteitä. Rantaimeytyvän veden humuspitoisuuden nousu ja korkea humuspitoisuus raakavedessä voi aiheuttaa ongelmia vedenpuhdistuksessa. Vaikuttaa siltä, että humuspitoisuuden nousua voitaisiin ehkäistä keskittymällä Sannastinpuron suunnalta tulevan kuormituksen

hillitsemiseen (ks. kuva 36 ja 37). Sannastinpuron valuma-alueella on paljon ojitettuja turvemaita (ojitettuja soita, ojitettuja turvemuuntumia).



Kuva 36. Sannastinpuroilta tuleva tumma humuspitoinen vesi purkautuu tässä Siekkilänjokeen. Väriero on silminnähtävä. Kuva vuoden 2020 syksyltä.



Kuva 37. Sannastinpuron ja Siekkilänjoen yhtymäkohdan jälkeen eri suunnilta tuleva vesi sekoittuu ja lopputuloksena on huomattavasti tummempi ja sameampi vesi. Kuva vuoden 2020 syksyltä.

Yleisesti ottaen kuormitus jokeen näyttää hieman laske-neen 1960-luvulta. Tämä näkyy esimerkiksi ravinteiden ja raudan pitoisuuksissa sekä koliformisten bakteerien määrässä. Typpikuorman pieneneminen johtuu todennäköisesti lentokentän urean käytön vähentämisestä.

Suuri hajonta viittaa runsaaseen vaihteluun kyseisessä suureessa. Esimerkiksi sameudessa on havaittavissa suurta vaihtelua, ja tämä viittaa lähteenä hulevesikuormitukseen. Seitsennimisen joen vedenlaadussa on edelleen havaittavissa selvä hulevesien vaikutus.

Hulevesien vaikutus vedenlaatuun painottuu alajuoksulle. Hulevesien määrään ja laatuun vaikuttavat erityisesti maankäyttö eli pinnoitettujen alueiden osuus ja sillä tapahtuva toiminta sekä ilmastonmuutos, joka voi lisätä rankkasateita ja tulvia.

6.4 Pankajoen vedenlaadun muutokset vuosina 1995-2017

Ilmastonmuutoksen lisäämä talvivalunta on jo lisääntynyt, mikä näkyy mm. fosforipitoisuuden kasvuna talvikaudelta otetuissa pintavesinäytteissä. Kloridi- ja typpipitoisuudet ovat vähentyneet. Pankajoen veden pH on palautunut luonnollisempaan tilaansa.

Pankajoen vedenlaadun muutosta on tutkittu ja pyritty esittämään tarkemmin, koska se edustaa rantaimeytyvää pintavettä ja siitä on paljon näytetuloksia. Havaintopisteestä Pankajoki 228 on otettu näytteitä vuodesta 1995 vuoteen 2017 asti 2 – 6 kertaa vuodessa lähes joka vuosi. Aineisto on haettu Hertta – tietokannasta keväällä 2021. Pankajoen vedenlaadun kokonaismuutos ja muutos kausittain (kesä, talvi, välikausi) on esitetty liitteissä 10 ja 11. Taulukossa 8 on esitetty Pankajoesta (näytepiste 228) mitattujen suureiden keskiarvot, minimi- ja maksimit.

Pankajoen vedenlaadussa on havaittavissa samaa tummumiskehitystä kuin muissakin alueen vesistöissä, sillä kemiallinen hapenkulutus ja väriluku ovat nousseet viitaten humuspitoisuuden kasvuun. Fosforipitoisuus on pysynyt suunnilleen samana, mutta typpipitoisuus ja erityisesti ammonium-muotoisen typen pitoisuus on vähentynyt.

Ammoniumin ja sitä kautta kokonaistypen pitoisuuksien aleneminen on todennäköisesti seurausta urean käytön vähentämisestä Mikkelin lentokentän liukkaudentorjunnassa. (Seitsenniminen joki virtaa Pankajokeen lentokentän kautta, ja lentokentällä on käytetty ureaa liukkaudentorjuntaan vuoteen 2017 asti nykyistä käyttöä huomattavasti enemmän (ks. kohta lentokenttä)). Pankajoen happipitoisuus ja hapen kyllästysaste ovat kasvaneet. Happipitoisuus ja hapen kyllästysaste ovat voineet kasvaa esimerkiksi kuormituksen vähentymisen seurauksena, sillä kuormitus vesistöön näkyy

yleensä myös kasvaneena hapen kulutuksena vesistössä, (mikä todetaan näytteissä yleensä matalina hapen kyllästystarvoina).

Myös kloridipitoisuus on alentunut, mikä viittaa kloridikuorman vähenemiseen. Kloridia päätyy vesistöihin lähinnä teiden suolauksen kautta sekä mahdollisesti lannoitteista ja jätevesistä. Sähkönjohtavuus on vähentynyt luultavasti kloridipitoisuuden pienenemisen myötä.

Pankajoessa pH on selvästi noussut, mikä johtuu todennäköisesti happamoitumisen vähenemisestä ja vesistön happamuuden palautumisesta luonnollisempaan tilaansa. Vesistöjen pH laski yleisesti 1970 – 80 -luvulla ns. happosateiden seurauksena, ja ongelma on suurelta osin poistunut sen jälkeen, kun rikki kiellettiin polttoaineissa.

Pankajoen näytetulokset jaoteltiin kausittain tarkempaa tarkastelua varten. Kausikohtaisella tarkastelulla haluttiin selvittää, eroavatko kehityssuunnat kausittain, ja näkyykö tuloksissa ilmastonmuutoksen aiheuttamaa kehitystä. Kausittainen tarkastelu on tehty myös siitä syystä, että näytteenoton alussa 1990 – luvulla näytteenotokerrat ovat painottuneet välikautteen, ja talvi- ja kesäkaudet ovat tulleet mukaan vasta 2000 -luvun puolella. Myöhemmin taas näytteenotto on joidenkin suureiden osalta painottunut kesäkauteen. Vuodenaika vaikuttaa huuhtouman ja valunnan kautta esimerkiksi ravinteiden pitoisuuksiin, ja siten näytteenottoajankohdan muutokset voivat näkyä tuloksissa. Talvikausi sisältää näytteet helmi – maaliskuulta (joulu- ja tammikuulta ei lainkaan näytteitä), kesäkausi sisältää näytteet kesä – syyskuulta ja välikausi sisältää huhti – toukokuun ja loka – marraskuun näytteet. Välikausi tunnetaan hydrologisessa vuodentakierrossa paremmin kausina, johon ajoittuvat vuotuiset, noin kolmen viikon pituiset, kevätylivalunnan ja syysylivalunnan muodostavat ylivalumakaudet. Ylivaluntakautena kulkeutuu tyypillisesti yli puolet vuoden vesilevintäisen kuormituksen vuositasoinen aineistä.

Mittaustulosten perusteella huuhtouma on suurin välikaudella (eli ylivaluntakausilla), ja silloin etenkin aineiden pitoisuuksissa on havaittavissa eniten vaihtelua. Tämä näkyy esimerkiksi kloridin, typen ja ammoniumtypen pitoisuuksissa sekä kemiallisen hapenkulutuksen arvoissa. Ylivaluntakausilla Hanhilammen viipymä

on toisaalta lyhyimmillään, joten suuresta kulkevasta ainemäärästä ja hetkellisesti korkeista ainepitoisuuksista huolimatta muodostuman rantaimetyvän pohjaveden osalta riski ei ole välttämättä tällä jaksolla kohonnut.

Kausittain tarkasteltuna näytetuloksista voidaan nähdä, että kemiallinen hapenkulutus on noussut jokaisena vuodenaikana. Väriluku taas on noussut talvella ja välikauden aikana. Fosforipitoisuuksissa näkyy kasvua ainoastaan talvella, kun muina vuodenaikoina se näyttää pysyneen samana tai jopa laskeneen. Fosfo-

ripitoisuuden talven aikainen kasvu viittaa talvivalunnan lisääntymiseen, mikä vaikuttaisi olevan seurausta ilmastonmuutoksesta seuranneista leudommista talvista. Myös kemiallisen hapenkulutuksen ja väriluvun talvenaikainen kasvu liittyyneen talvivalunnan lisääntymiseen (fosfori liikkuu usein humuksen mukana). Talvivalunta lisää aineiden kulkeutumista vesistöihin, sillä lumettomien ja roudattomien kausien pidentyessä vesi pääsee huuhtomaan ravinteita mukanaan. Ilmastonmuutos on maankäyttömuutosten ohella tärkeimpiä tekijöitä vesistöjen tummumisen taustalla.

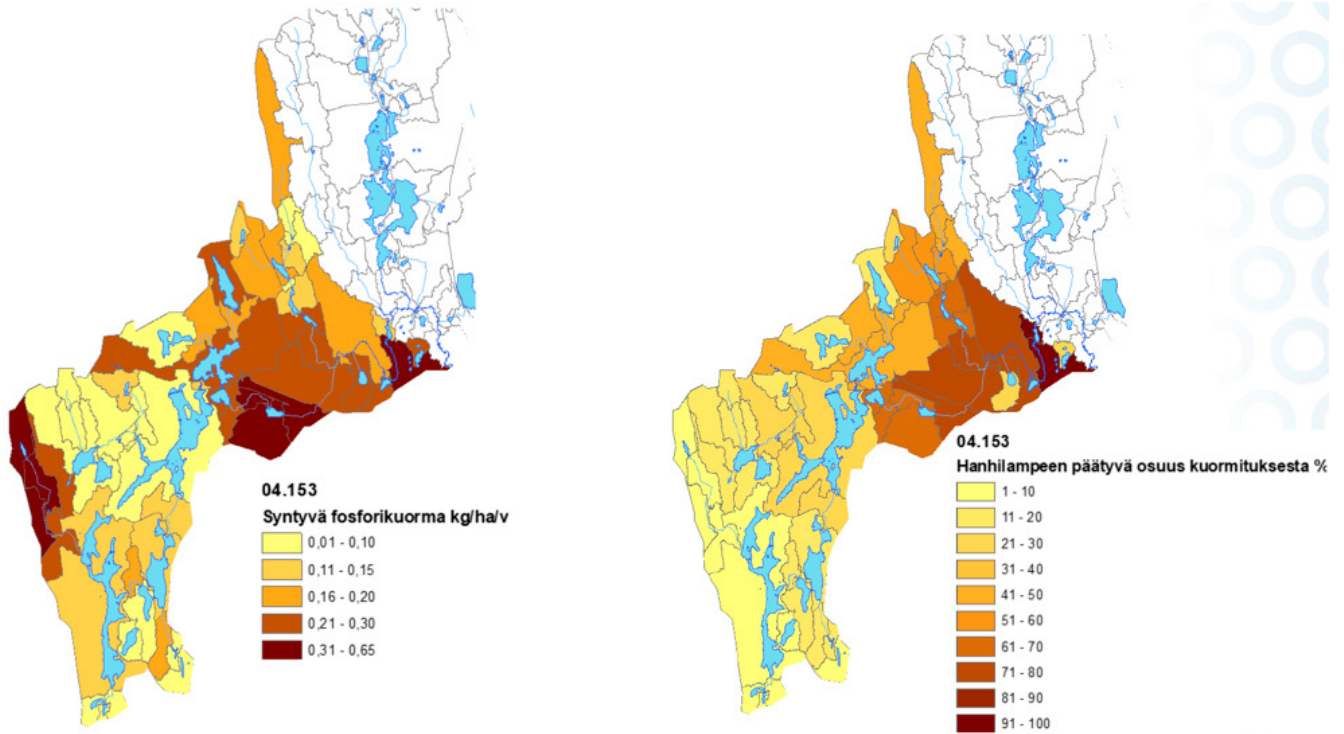
Taulukko 8. Pankajoen vedenlaatuhavainnot, keskiarvot, minimi ja maksimit vuosilta 1995–2017. Huom. mittausajankohdat vaikuttavat mm. lämpötilaan. Tulokset edustavat näytteenotokertojen keskiarvoja, minimejä ja maksimeja. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2021).

Havaintopiste Pankajoki 228, havainnot vuosilta 1995-2017	Yksikkö	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Alkaliniteetti	mmol/l	0,3	0,2	0,6
Ammonium typpenä, suodattamaton	µg/l	110,8	2	600
Fosfaatti fosforina, suodattamaton	µg/l	5,9	4,9	6,3
Hapen kyllästysaste	kyll.%	61,5	13	108
Happi, liukoinen	mg/l	7,6	1,9	11
Kemiallinen hapen kulutus	mg/l	11,7	7	21
Kiintoaine, karkea	mg/l	2,3	1,4	3,3
Kloridi	mg/l	9,4	6	17
Kokonaisfosfori, suodattamaton	µg/l	22,9	10	47
Kokonaistyyppi, suodattamaton	µg/l	848,8	430	2300
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset	kpl/100m	23,9	0	141
Lämpötila	°C	8,6	0	22
pH		6,6	6,2	6,9
Rauta, hajotus	µg/l	864,0	580	1000
Sameus	FNU	2,9	2,2	4,1
Sähkönjohtavuus	mS/m	9,8	4,4	17
Väriluku	mg/l Pt	86,8	40	150
Klorofylli-a	µg/l	12,1	2,2	53

6.5 Hanhilammelle päätyvä fosforikuorma

Hulevedet ovat toiseksi suurin fosforikuorman lähde Hanhilammelle päätyvästä fosforikuormasta.

Hanhilammelle päätyvää fosforikuormaa mallinnettiin Suomen ympäristökeskuksen WSFS-VEMALA-ohjelmalla. Hanhilammen valuma-alueella syntyvä fosforikuorma ja siitä Hanhilammelle päätyvä osuus on esitetty kuvassa 38. Kuvasta nähdään kuinka kaupunkitaajamien alueilta (hulevesialueilta) syntynyt fosforikuorma päätyy lähes kokonaan Hanhilammelle. Tarkastelu on tehty keskimääräiselle vesivuodelle.

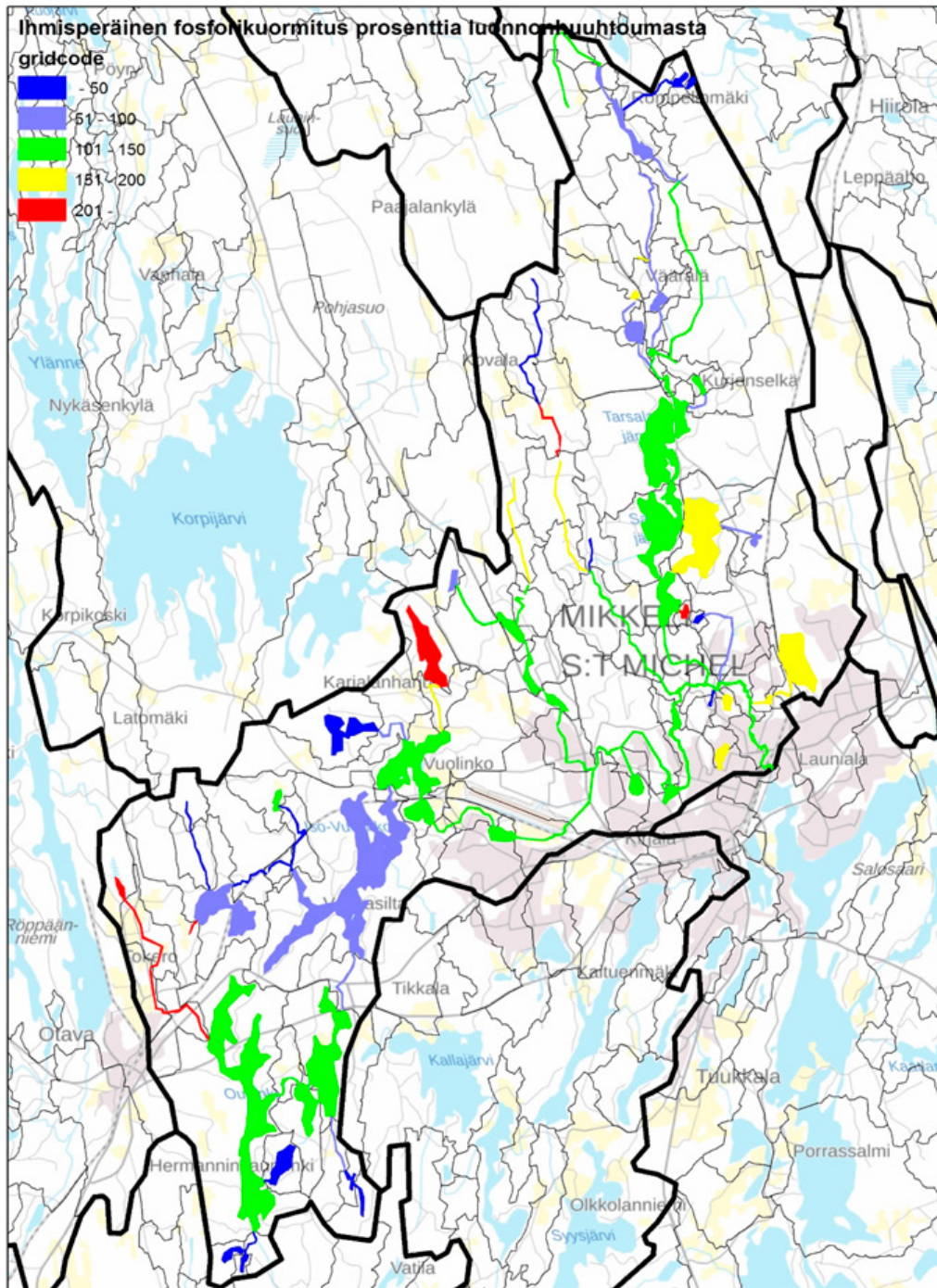


Kuva 38. Oikealla Hanhilammen valuma-alueella syntyvä fosforikuorma kg/ha/v ja vasemmalla Hanhilammen päätyvä osuus kuormituksesta % (Huttunen et al., 2021).

Kuvassa 39 on esitetty VEMLA -ohjelman mallintama ihmisperäisen fosforikuormituksen osuus prosentteina luonnonhuuhtoumasta nykyhetkellä.

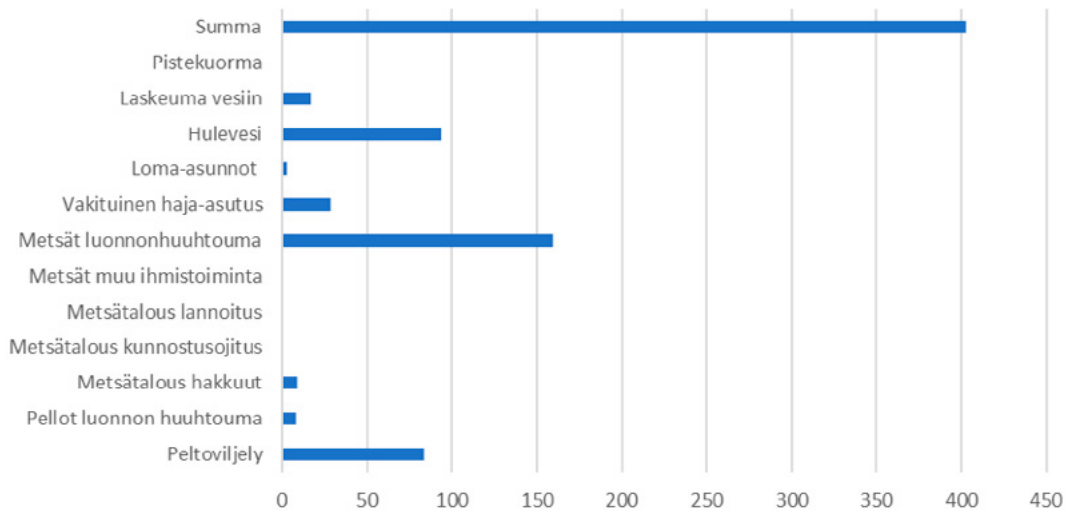
Kuvassa 40 on esitetty Hanhilammen fosforikuorma lähteittäin. Hanhilammen yläpuolisesta maankäytöstä noin 14 % on hulevettä tuottavia rakennettuja alueita. Mallin arvion mukaan huleveden osuus fosforin koko-

naiskuormituksesta on noin 23 %. Mallin mukaan suurimmat hulevesien aiheuttamat fosforipitoisuudet syntyvät lumien sulaessa sekä etenkin kesällä pidempien kuivien jaksojen jälkeen kun sataa rankasti. Hulevesien osuus fosforikuormasta voi olla hetkittäin merkittävä. Kuvassa 41 on esitetty hulevesien aiheuttama fosforipitoisuus Hanhilammessa, verrattuna kokonaispitoisuuteen. (Huttunen et al., 2021.)

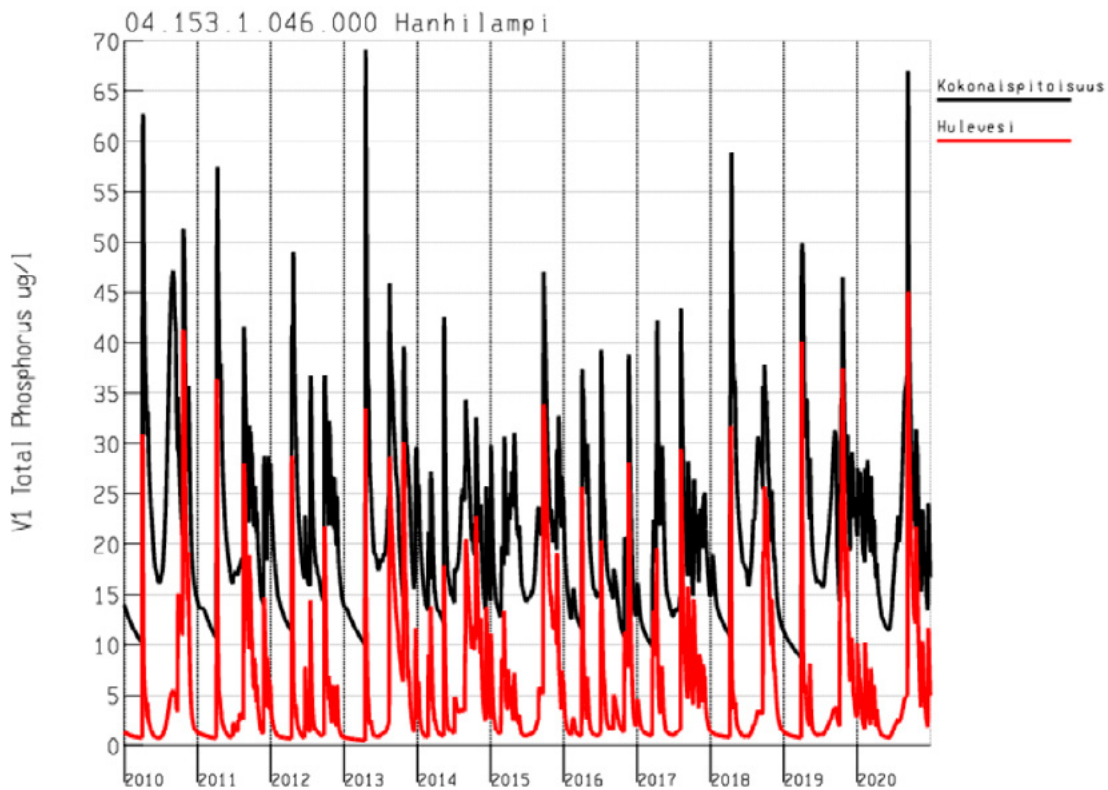


Kuva 39. Ihmisperäinen fosforikuormitus verrattuna luonnonhuuhtoumaan (Huttunen et al., 2021).

Hanhilammen fosforikuorma lähteittäin nykytilassa 2013-2020 [kg/v]



Kuva 40. Hanhilammen fosforikuorma lähteittäin nykytilassa 2013–2020 (Huttunen et al., 2021).



Kuva 41. Hulevesien kuormituksen vaikutus Hanhilammen kokonaisfosforipitoisuuteen. Huomioi hulevesikuorman äärevä vaihtelu (Huttunen et al., 2021).

6.6 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Hanhilammen fosfori- ja kiintoainekuormitukseen

Hanhilammen fosfori- ja kiintoainekuormitus ovat selkeästi kasvamassa ilmastonmuutoksen seurauksena. Virtaavan vesimäärän kasvun johdosta fosforikuormituksen kasvu ei kuitenkaan näy keskimääräisessä tilanteessa Hanhilammen fosforipitoisuuden kasvuna. Kiintoainekuorman kasvu sen sijaan näkyy Hanhilammen kiintoainepitoisuuksien kasvuna. (Huttunen et al., 2021.)

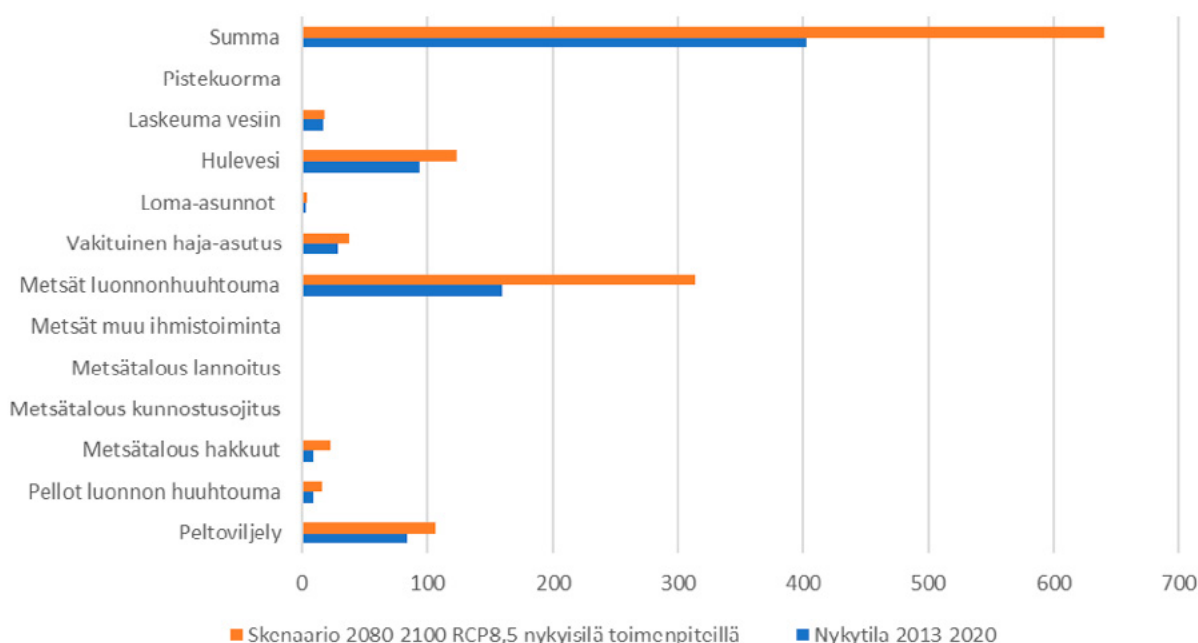
Suurimman fosforikuormituksen kasvun aiheuttavat metsien luonnonhuuhtoutuman kasvu, hulevedet ja peltoviljely (ks. kuva 42). Ilmastomalliyhdistelmän MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaarion RCP8.5 mukainen Hanhilammen fosforikuorma kasvaa noin 60 % (238 kg/v) vuosisadan loppuun mennessä nykyisillä toimen-

piteillä. Hanhilammen kiintoainekuormitus kasvaa päästöskenaarion RCP8.5 mukaan 83 % (40 000 kg/v) vuosisadan loppuun mennessä nykyisillä toimenpiteillä.

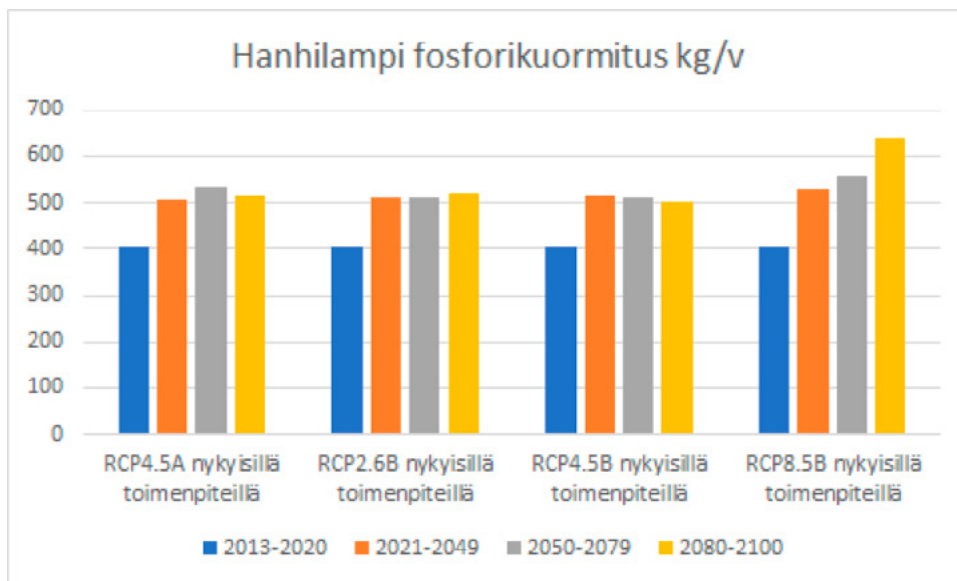
Kuvissa 43 ja 44 on esitetty Hanhilammen fosforikuormitus ja fosforipitoisuus eri päästöskenaarioilla ja ilmastomalliyhdistelmillä MPI-M-MPI-ESM-LR ja MOHC-HadGEM2-ES. Kuvaajista voidaan huomata, etteivät ilmastonmuutoksen vaikutukset ole aina lineaarisia (vertaa päästöskenaarioita RCP2.6 ja RCP4.5). Varsinkin hydrologian muutoksiin vaikuttaa se, miten sadanta ja lämpötila muuttuvat vuoden sisällä eli miten suuri osa sateesta tulee talvella kun haihdunta on vähäistä. (Huttunen, 2021).

Kuvissa 45 ja 46 on esitetty Hanhilammen kiintoainekuormitus ja kiintoainepitoisuus eri päästöskenaarioilla ja ilmastomalliyhdistelmillä MPI-M-MPI-ESM-LR ja MOHC-HadGEM2-ES.

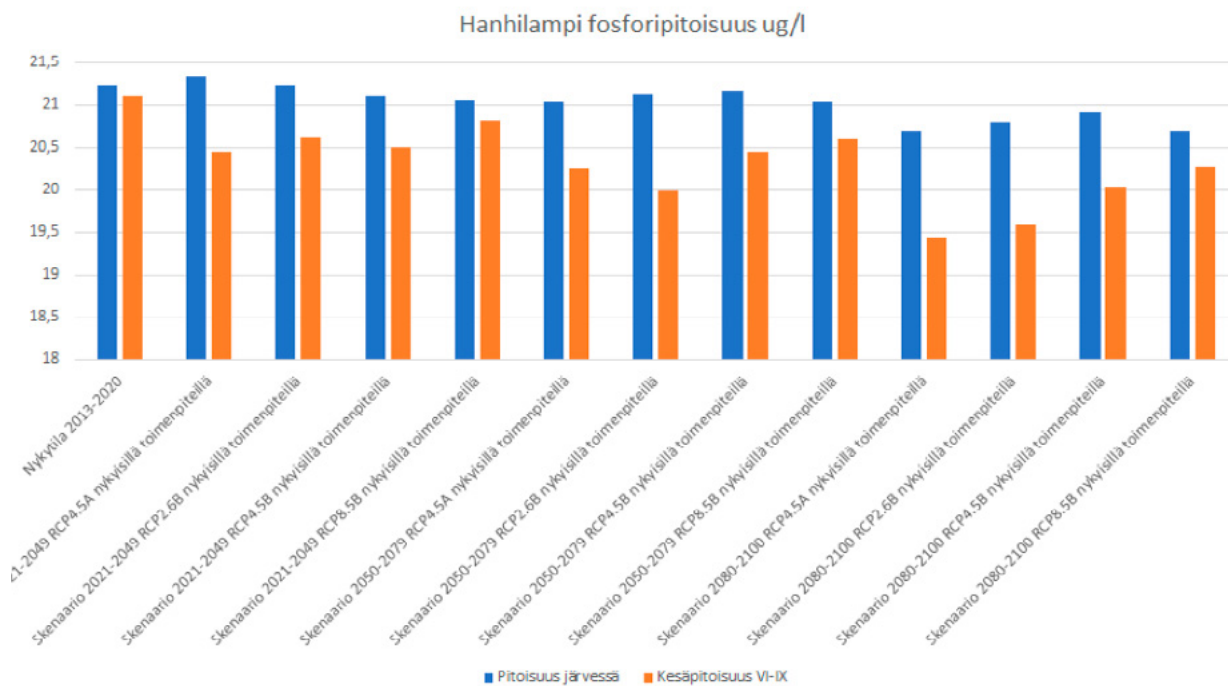
Hanhilammen fosforikuorma lähteittäin nykytilassa ja 2080-2100 [kg/v]



Kuva 42. Hanhilammen fosforikuorma nykytilassa ja ajanjaksolla 2080–2100 ilmastomalliyhdistelmän MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaarion RCP8.5 mukaan (Huttunen et al., 2021).

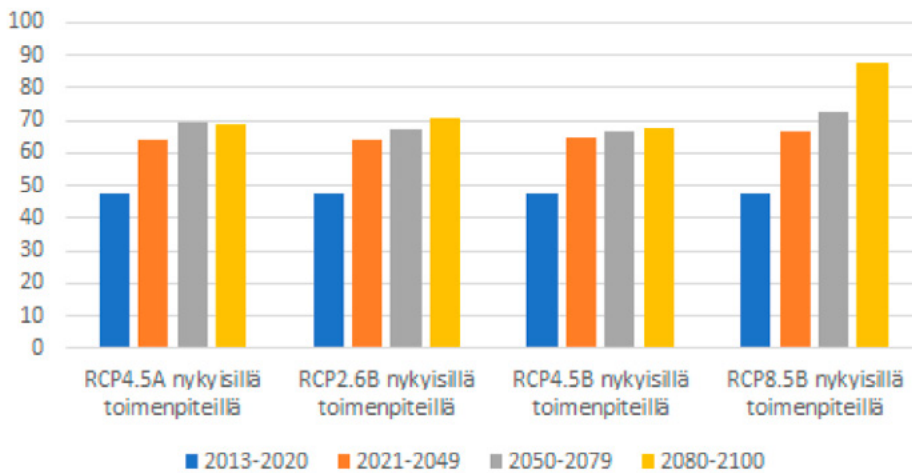


Kuva 43. Hanhilammen fosforikuormitus eri skenaarioissa. RCP4.5A on mallinnettu ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja B loppuiset skenaariot ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR (Huttunen et al., 2021).



Kuva 44. Hanhilammen fosforipitoisuus eri skenaarioissa. RCP4.5A on mallinnettu ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja B loppuiset skenaariot ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR (Huttunen et al., 2021).

Hanhilammen kiintoainekuormitus 1000kg/v



Kuva 45. Hanhilahti kiintoainekuormitus eri skenaarioissa. RCP4.5A on mallinnettu ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja B loppuiset skenaariot ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR (Huttunen et al., 2021).

Hanhilammen kiintoainepitoisuus mg/l



Kuva 46. Hanhilahti kiintoainepitoisuus eri skenaarioilla nykyisillä toimenpiteillä. RCP4.5A on mallinnettu ilmastomalliyhdistelmällä MOHC-HadGEM2-ES ja B loppuiset skenaariot ilmastomalliyhdistelmällä MPI-M-MPI-ESM-LR (Huttunen et al., 2021).



07

HANHIKANKAAN
POHJAVEDEN TILA
JA VEDENLAATU

7. HANHIKANKAAN POHJAVEDEN TILA JA VEDENLAATU

Hanhikankaan vedenottamolta käyttöön pumpattava talousvesi täyttää talousvesi-asetuksen asettamat vaatimukset.

Hanhikankaan vedenottamon kaivoista pumpattava raakavesi ylittää raudan ja mangaanin ja kaliumpermanganaattiluvun suhteen STM:n asettamat talousvedenlaatuvaatimukset. Hanhikankaan vedenottamo toimiikin pääosin raudan ja mangaanin ja humuksen poistolaitoksena.

Pintaveden vaikutus on havaittavissa lähes koko Hanhikankaan pohjavesimuodostumassa. Pohjavettä leimaa korkea rauta- ja mangaani- ja humuspitoisuus sekä heikko happitilanne. Korkea humuspitoisuus johtuu pintaveden vaikutuksesta. Heikko happitilanne johtuu humuksen hajoamisen happea kuluttavasta vaikutuksesta. Korkea rauta- ja mangaanipitoisuus puolestaan pohjaveden heikosta happitilanteesta. Hanhilammen happipitoisuus vaihtelee välillä 5-12 mg/l kun Hanhikankaan vedenottamon kaivovesissä happea on vain luokkaa 1 mg/l. (Ikäheimo & Hakoniemi, 2008, 18.)

7.1 Vesienhoitosuunnitelma

Hanhikankankaan pohjavesialue on vesienhoidossa määritelty riskialueeksi, mutta hyvään määrälliseen ja kemialliseen tilaan. Riskialue statuksen pohjavesialue saa siksi, että alueella on paljon ihmistoimintaa (mm. Mikkelin kaupungin keskusta) sekä pilaantuneita maita. Alueen pohjavesipilaantumia on katsottu kuitenkin sen verran paikallisiksi, että pohjavesialueen kemiallinen tila on hyvä. Pohjaveden pinta alueella ei laske tiettävästi pysyvästi, joten määrällinen tila on myös hyvä. Hanhikangas oli aikaisemmin määritelty vesienhoidossa huonoon määrälliseen tilaan, mutta koska vedenotosta aiheutuva pohjaveden määrän väheneminen korvautuu lähinnä Hanhilammen vedellä, niin perusteita vesienhoidon määritelmien mukaiselle huonolle määrälliselle tilalle ei ole. (Ranta, 2021)

7.2 Kaivovedenlaatu suhteessa laatuvaatimuksiin

Taulukossa 9 on esitetty Hanhikankaan vedenottomon viidestä kaivosta vuosina 1991-2019 mitattujen suureiden keskiarvot, minimi- ja maksimit sekä Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1325/2015) annetut talousveden laatuvaatimukset. Annetut laatuvaatimukset ylittyvät raudan, mangaanin ja kaliumpermanganaattiluvun suhteen. Raudan ja mangaanin suhteen laatuvaatimukset ylittyvät myös minimiarvoilla.

STM:n asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015) hapettavuudelle (CODMn-O₂) annettu laatuvaatimus on alle 5,0 mg/l. Kaliumpermanganaatti luvuksi (KMnO₄ -luku) muutettuna raja-arvo on noin 20 mg/l. Muunnoskerroin on 3,95. Keskimääräiset kaliumpermanganaattiluvut täyttävät selkeästi annetun laatuvaatimuksen. Kaivon 1 osalta maksimipitoisuus on ylittänyt annetun laatuvaatimuksen.

STM:n asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015) pH:lle annettu laatuvaatimus on 6,5-9,5. Vaatimus täyttyy keskiarvojen ja maksimien suhteen, mutta minimi ei täytä laatuvaatimusta. Pohjaveden pH on kuitenkin ollut kasvusuunnassa.

Annetut laatuvaatimukset täyttyvät kloridin, sähkönjohtavuuden, ammoniumin ja lämpötilan osalta myös maksimiarvoilla. Vapaalle hiilihapolle, kokonaiskovuudelle ja alkaliteetille ei ole annettu raja-arvoja Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015).

Hanhikankaan pohjavedenlaatu ja vedenottamon toimintaa voidaan mahdollisesti parantaa maaperän/pohjaveden tehohapetustekniikkaa hyödyntämällä ja kaivoja puhdistamalla (ks. liite 10). Tätä mahdollisuutta olisi syytä tutkia tarkemmin.

Taulukko 9. Hanhikankaan kaivoveden laatu vuosina 1991–2020 (Turunen, 2021).

Suure	Kaivo 1	Kaivo 2	Kaivo 3	Kaivo 4	Kaivo 5	STM laatuvaatimus
Sähkönjohtavuus [mS/m], ka	15,5	17,3	16,9	15,6	13,4	<250
Sähkönjohtavuus [mS/m], min ja max	12,8-20,9	13,9-21,8	11,4-23,0	11,1-21,1	9,1-19,0	<250
Rauta (Fe) [mg/l], ka	6,8	6,9	6,4	6,1	5,3	< 0,2
Rauta (Fe) [mg/l], min ja max	2,76-9,91	5,03-8,55	2,32-8,76	4,36-10,07	1,91-8,30	< 0,2
Mangaani (Mn) [mg/l], ka	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	< 0,05
Mangaani (Mn) [mg/l], min ja max	0,08-0,38	0,14-0,48	0,13-0,36	0,11-0,46	0,07-0,33	< 0,05
kloridi [mg/l], ka	11,1	12,4	11,5	10,6	8,4	< 250
kloridi [mg/l], min ja max	6,9-15	6,5-18,6	4,1-18,1	3,9-17,7	4,6-15,1	< 250
pH, ka	6,5	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5-9,5
pH, min ja max	6,2-6,7	6,4-6,8	6,2-6,7	6,3-6,7	6,2-6,7	6,5-9,5
Vapaa hiilihappo, [mg/l], ka	37,5	36,7	37,7	35,5	32,3	ei arvoa
Vapaa hiilihappo, [mg/l], min ja max	23,1-53,1	18,5-49,1	16,5-54,1	16,6-50,9	18,8-46,1	ei arvoa
kok. kovuus, [mmol/l], ka	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	ei arvoa
kok. kovuus, [mmol/l], min ja max	0,29-0,56	0,4-0,69	0,34-0,65	0,30-0,63	0,27-0,63	ei arvoa
alkaliteetti, [mmol/l], ka	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	ei arvoa
alkaliteetti, [mmol/l], min ja max	0,6-1,49	0,41-1,21	0,55-1,36	0,55-1,26	0,31-1,08	ei arvoa
kaliumpermanganaattiluku (KMnO ₄ -luku), [mg/l], ka	14,6	11,9	9,7	10,2	9,1	< 20
kaliumpermanganaattiluku (KMnO ₄ -luku), [mg/l], min ja max	8,2-27,5	3,3-19,6	5,8-15,2	6,1-16,5	4,6-15,2	< 20
NH ₄ , [mg/l], ka	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	< 0,5
NH ₄ , [mg/l], min ja max	0,01-0,2	0,03-0,26	0,04-0,29	0,01-0,26	0,01-0,19	< 0,5
lämpötila, [°C], ka	7,3	7,2	7,1	7	6,7	< 20
lämpötila, [°C], min ja max	6-8,3	6-9,0	5,7-9,0	5,8-8,3	5,4-9,2	< 20

7.3 Verkostovedenlaatu suhteessa laatuvaatimukseen

Mikkelin vesilaitoksen jakeluverkoston veden laatua tutkitaan säännöllisesti Mikkelin Vesilaitoksen ja terveysuojeluviranomaisen toimesta valvontatutkimusohjelman mukaisesti. Tuotetun talousveden laatua valvottiin vuonna 2020 analysoimalla noin 120 kpl verkostovesinäytteitä. Poikkeamia vedenlaadussa havaittiin kohonneiden bakteerimäärien osalta 3 kertaa. Uusintänäytteissä määrät olivat tippuneet alle viitearvojen. Talousvesi on vuonna 2020 täyttänyt Sosiaali- ja terveysministeriön asettamat talousveden laatuvaatimukset (1352/2015). Mikkelin vesilaitoksen tuottaman talousveden laatututkimustulokset vuonna 2020 on esitetty liitteessä 13. (mikkelinvesi.fi)

7.4 Vedenottomäärien vaikutus raakaveden laatuun

Näytetietojen valossa vedenoton kasvataminen kasvattaa permanganaattilukua ja mangaanipitoisuutta. Vuosien 2006-2007 koepumppausten perusteella pumppausmäärien kasvattamisella luvan mukaiseen määrään (4500 m³/d) ei ole kuitenkaan merkittäviä vaikutusta raakaveden laatuun tai ympäristöön.

Pöyry on tutkinut Hanhikankaan kaivovesinäyte- ja pumppaustietojen perusteella vedenlaadun ja vedenoton välistä riippuvuutta ajanjaksolla 1968-2005 (ks taulukko 10). Tällä aikavälillä Hanhikankaan veden-

ottamon vedenoton määrä on ollut laskusuunnassa. Mangaanipitoisuudella ja permanganaattiluvulla on näytetietojen perusteella lievä positiivinen korrelaatio suhteessa vedenottoon. Eli vedenoton laskiessa myös niiden pitoisuus laskee. Vedenoton ja kaliumperman-ganaatin korrelaatio perustuu siihen, että vedenoton lisääntyessä myös Hanhikankaan pohjavesialueelle imeytyvän humuspitoisen pintaveden osuus lisääntyy (Ikäheimo, 2021). Raudalla vaikuttaisi olevan negatiivinen korrelaatio pumppausmääriin näytetietojen va- lossa. Kuitenkin yleensä pohjaveden rautapitoisuudet kasvavat pohjavedenpintojen alentuessa (vedenoton kasvaessa). (Ikäheimo & Hakoniemi, 2008, 4-8)

Pöyryn vuonna 2006-2007 tekemien, yli vuoden kestä- neiden koepumppausten perusteella vedenoton kas- vattamisella ei ole merkittävää vaikutusta pumpattavan raakaveden laatuun ja ympäristövaikutukset ovat hyvin pieniä ja lyhytkestoisia. Koepumppaus suoritettiin vai- heittain aloittamalla vedenotto 3.10.2006 3600 m³/d:sta ja nostamalla se kahden ja puolen kuukauden päästä 4300 m³/d:iin, joka pyrittiin pitämään koepumppauksen loppuun 17.10.2007. (Ikäheimo & Hakoniemi, 2008, 13, 28.)

Taulukko 10. Vedenoton ja vedenlaadun välinen korrelaatio (Ikäheimo & Hakoniemi, 2008, 4-8).

Suure	Korrelaatio vedenttomäärään	Suure	Vedenotto
Sähkönjohtavuus	Ei korreloi	pysyy samana	laskee
Rautapitoisuus	lievä negatiivinen korrelaatio	kasvaa	laskee
Mangaanipitoisuus	lievä positiivinen korrelaatio	laskee	laskee
Vapaa hiilihappo CO ₂	lievä negatiivinen korrelaatio	kasvaa	laskee
Alkaliniteetti	lievä negatiivinen korrelaatio	kasvaa	laskee
Permanganaattiluku	lievä positiivinen korrelaatio	laskee	laskee

A blue-tinted photograph of a forest with a body of water and a white fence in the foreground. The scene is serene, with tall trees and a calm water surface reflecting the surroundings. A white wooden fence is visible in the lower-left corner, and a multi-story building is partially visible in the background on the right.

08

PINTAVESI-POHJA-
VESI LAATUYHTEYS
JA SEN KEHITYS

8. PINTAVESI-POHJAVESI LAATUYHTEYS JA SEN KEHITYS

Hanhikankaan pohjaveden ja rantaimieytyvän Hanhilammen/Pankajoen pintaveden laadun välillä on selkeä yhteys. Veden laadun heikkeneminen tai paraneminen Pankajoessa ja Hanhilammessa näkyy myös Hanhikankaan vedenottamolta pumpattavassa raakavedessä.

Taulukossa 11 on esitetty Hanhikankaan kaivoveden laadun kehityksen suunta ajanjaksolla 1991-2019 ja Pankajoen veden laadun kehityksen suunta vuosina 1995-2017. Taulukosta voidaan nähdä, että pintaveden laadun muutokset, sekä hyvässä että pahassa, näkyvät pumpattavassa pohjavedessä. Esimerkiksi kloridipitoisuus on laskenut rantaimieytyvässä pintavedessä ja sen pitoisuus on laskenut myös kaivovedessä. Kloridia ei esiinny luontaisesti juurikaan pohjavedessä Mikkeliissä, vaan se on peräisin teiden/katujen suolauksesta tai mahdollisesti jätevesien tai lannoitteiden vaikutuksesta. Kloridipitoisuuden laskeminen on hyvä kehityssuunta, jonka tosin voi kääntää kasvuun ilmastomuutoksen lisäämää liukkaudentorjuntatarve. Myös pH:n nousu on hyvä kehityssuunta. pH:n kasvu on todennäköisesti seurausta happamoittavien sateiden vähenemisestä.

Kemiallinen hapenkulutus puolestaan on kasvanut selkeästi Pankajoessa ja se on kasvanut myös raakavedessä. Kasvua on tapahtunut siitä huolimatta, vaikka

pumppausmäärät eivät ole kasvaneet. Pumppausmäärien ja kemiallisen hapenkulutuksen välillä on Pöyrin 2006 tekemien pumppausmäärä ja kaivoveden laatuanalyysin mukaan lievä positiivinen korrelaatio. Eli pumppausmäärien lisääntyessä myös pintaveden osuus lisääntyy ja sitä myöten humuspitoisuus ja kemiallinen hapenkulutus kasvavat. Kemiallisen hapenkulutuksen kasvu on nähtävissä koko Hanhilammen valuma-alueen vesistöissä. Tämä on huono kehityssuunta.

Kemiallisen hapenkulutuksen kasvu pohjavedessä voi johtaa hapettomiin olosuhteisiin pohjavedessä. Tällöin metallien liukeneminen lisääntyy ja haitallisia yhdisteitä voi päästä helpommin vedenottamolle.

Taulukosta 11 voidaan myös nähdä pohjaveden lämpötilan nousu, mikä on saman suuntainen kuin Mikkelin keskilämpötilan nousu samalla ajanjaksolla. (Mikkelin vuosikeskilämpötila on kasvanut yli 1 °C verran ajanjaksolla 1991-2020.) Ilmastomuutos vaikuttaa siis myös pohjaveden lämpötilan nousuun. Tämä voi olla huono kehityssuunta pohjaveden laadun kannalta. Lämpötilan nousu pohjavedessä edistää bakteerien kasvua pohjavedessä. Yhdessä kemiallisen hapenkulutuksen kasvun kanssa nämä voivat johtaa siihen, että vedenvalmistuksessa voidaan joutua käyttämään enemmän desinfiointia. Käytettäessä klooria humuspitoisen pohjaveden desinfiointiin voi syntyä terveydelle haitallisia yhdisteitä.

Liitteessä 14 on esitetty vedenottamon kaivoista mitattujen suureiden muutos kuvaajat välillä 1991-2019.

Taulukko 11. Hanhikankaan kaivoveden laadun kehityksen suunta ajanjaksolla 1991-2019 ja Pankajoen veden laadun kehityksen suunta vuosina 1995-2017.

Suure	Kaivo 1	Kaivo 2	Kaivo 3	Kaivo 4	Kaivo 5	228 Pankajoki
Sähkönjohtavuus,	+ 7 %	-16 %	-28 %	-26 %	-21 %	-30 %
Rauta (Fe),	-3 %	-17 %	-30 %	-26 %	-23 %	Vähän mittauksia
Mangaani (Mn),	-18 %	-15 %	-26 %	-28 %	-38 %	Vähän mittauksia
kloridi,	-9 %	-34 %	-54 %	-44 %	-38%	-46 %
pH,	+ 0,06 yksikköä	+ 0,09 yksikköä	+ 2 yksikköä	+ 0,07 yksikköä	- 0,02 yksikköä	+ 0,4 yksikköä
Vapaa hiilihappo,	+ 31 %	+ 21 %	-5 %	+ 6 %	+ 17 %	Ei mit
kok. kovuus,	-2 %	-9 %	-18 %	-16 %	-12 %	Ei mit
alkaliniteetti,	+ 63 %	+ 42 %	+ 11 %	+ 12 %	+ 14 %	Sama
kaliumpermanganaattiluku (KMnO₄ -luku),	+ 64 %	+ 29 %	+ 45 %	+ 24 %	+ 33 %	+68 % (CODMn)
NH ₄ ,	+ 21 %	-10 %	-35 %	-41 %	-10 %	-95 %
lämpötila	+ 19 %	+ 10 %	+ 7 %	+ 9 %	+ 6 %	Eri vuodenaikat vaikuttavat



09

PANKAJOEN JA
HANHILAMMEN
VEDEN RAAKAVESI-
KELPOISUUS

9. PANKAJOEN JA HANHILAMMEN VEDEN RAAKAVESIKELPOISUUS

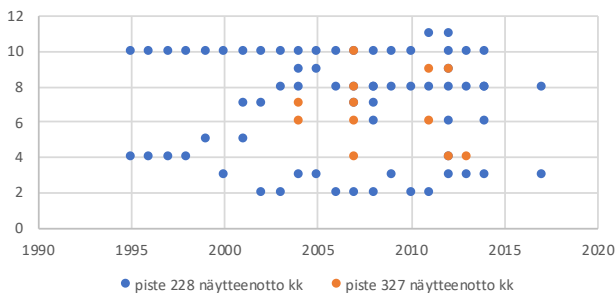
Pintaveden raakavesikelpoisuus laskee Pankalammelle tultaessa. Iso-Vuolingon ja Pieni-Vuolingon vesi on pääosin hyvälaatuista raakavettä. Pankajoen ja Hanhilammen vedessä esiintyy laatupoikkeamia, joita esiintyy erityisesti kevään ylivirtaamalla ja loppukesän ja syksyn alivirtaamalla. Laatupoikkeamien osasyynä ovat kaupungin hulevedet.

Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisussa 20 (1985) on annettu raja-arvoja pintaveden soveltuvuudesta raakavedeksi. Raja-arvoja on annettu useille eri suureille ja luokat soveltuvuudelle ovat erinomainen, hyvä, tyydyttävä, huono ja sopimaton. Tässä työssä tutkittiin näiden raja-arvojen avulla Pankajoen ja Hanhilammen veden soveltuvuutta raakavedeksi. Lisäksi soveltuvuus

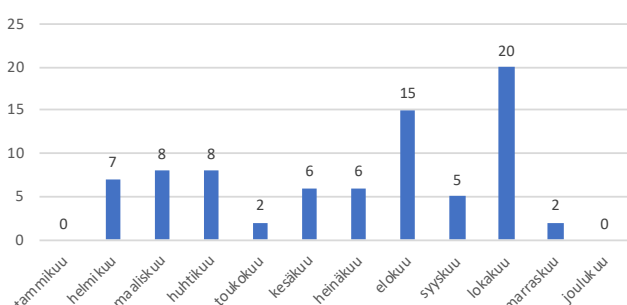
tutkittiin myös Pankalammen ja Iso-Vuolingon ja Pieni-Vuolingon osalta. Tavoitteena oli selvittää, esiintyykö raakavedessä pohjavettä uhkaavia laatupoikkeamia ja missä kohtaa ne alkavat esiintymään vesistöissä. Selvityksen perusteella Iso-Vuolingon ja Pieni-Vuolingon vesi on vielä pääasiassa hyvälaatuista raakavettä. Laatupoikkeamat lisääntyvät Pankalammelle tultaessa. Pankalammen huono tilanne näkyy todennäköisesti Pankajoen ja Hanhilammen raakaveden laatupoikkeamissa. Pankalammen, Iso-Vuolingon ja Pieni-Vuolingon tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 15.

Pankajoki 228 ja Hanhilampi 327 (ks. kuva 47) valittiin tutkittaviksi näytenpisteiksi, koska ne edustavat hyvin rantaimettyvää pintavettä ja niistä on pitkä mittaushistoria. Näytteenottokertojen on ollut yhteensä 79 kpl. Näytetiedot saatiin ympäristötietojärjestelmä Hertasta. Näytteitä ei ole otettu ollenkaan tammi- ja joulukuussa, mutta muut kuukaudet ovat melko hyvin edustettuina.

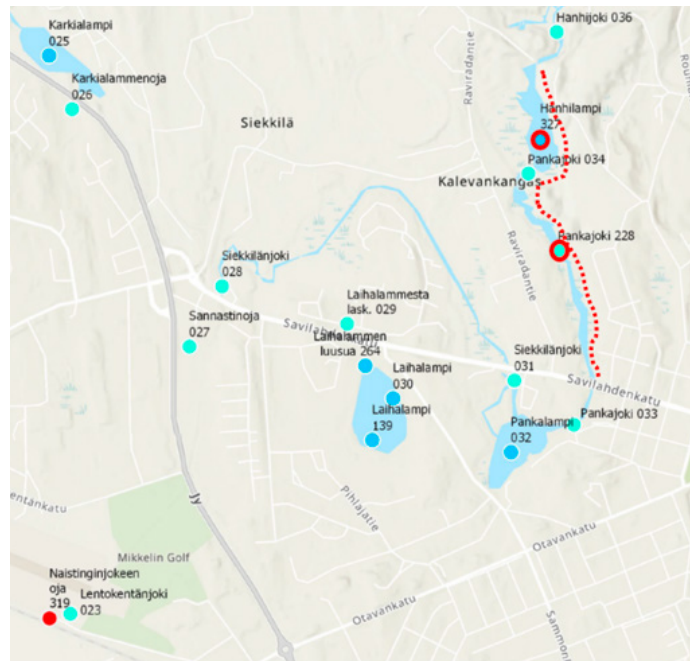
Pankajoki 228 (1995-2017) ja Hanhilampi 327 (2004-2013) näytenottoja yht. 79 kpl



piste 228 (1995-2017) ja 327 (2004-2013) näytenottoja yht. 79 kpl



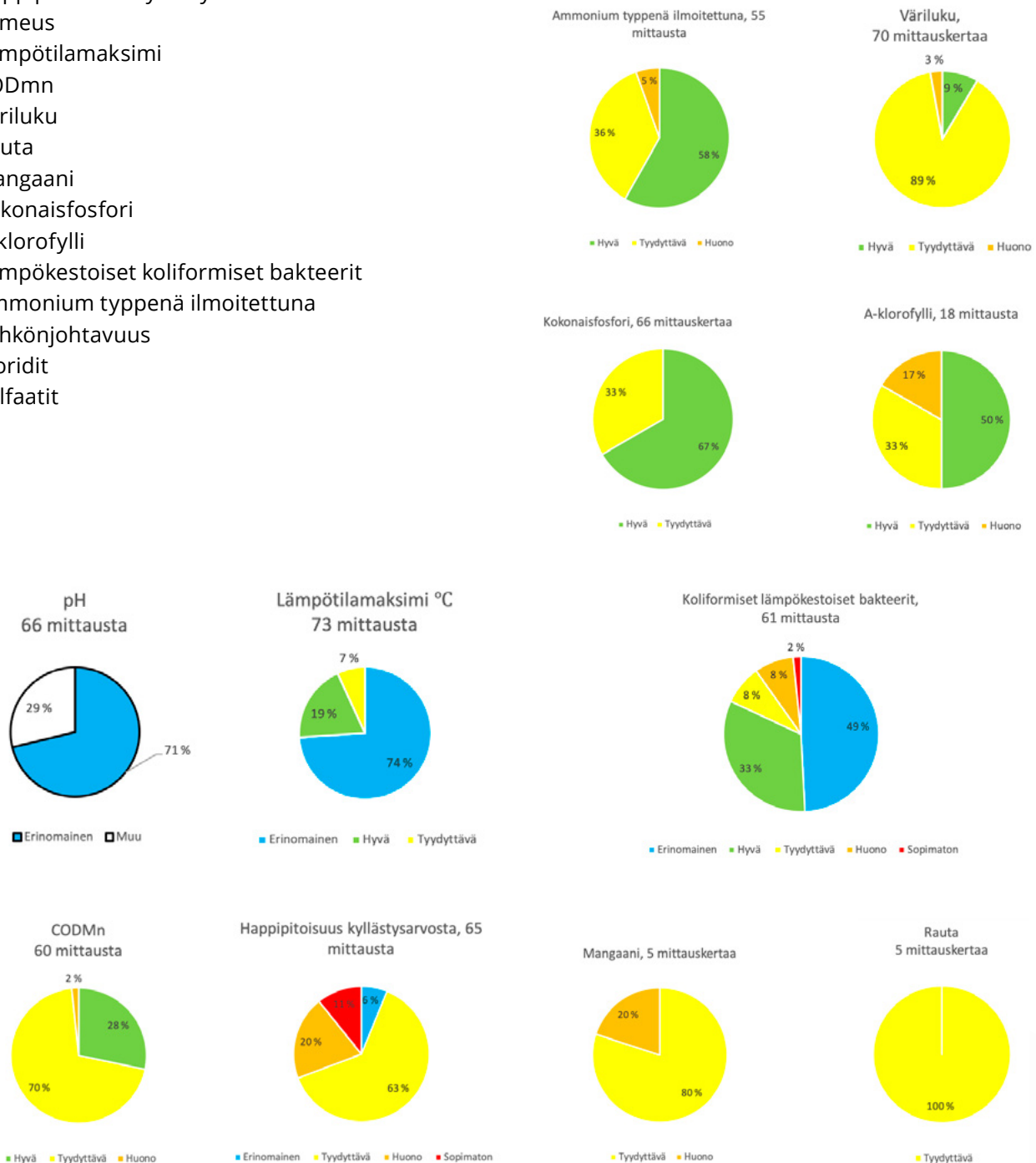
Kuva 47. Pankajoki 228 ja Hanhilampi 327 näytenpisteet ja näytteenottoajankohdat. Pankajoki 228 näytteet on otettu välillä 1995-2017 ja Hanhilampi 327 näytteet välillä 2004-2013.



Kaikkia vesi- ja ympäristöhallituksen raakavesiluokituksen mukaisia arvioitavia suureita ei ole mitattu Pankajoen ja Hanhilammen mittauspisteistä. Arvioitavat suureet, joita oli myös mitattu Pankajoki 228 ja Hanhilampi 327 pisteistä, olivat:

- pH
- Happipitoisuus kyllästysasteesta
- Sameus
- Lämpötilamaksimi
- CODmn
- Väriluku
- Rauta
- Mangaani
- Kokonaisfosfori
- A-klorofylli
- Lämpökestoiset koliformiset bakteerit
- Ammonium typpinä ilmoitettuna
- Sähkönjohtavuus
- Kloridit
- Sulfaatit

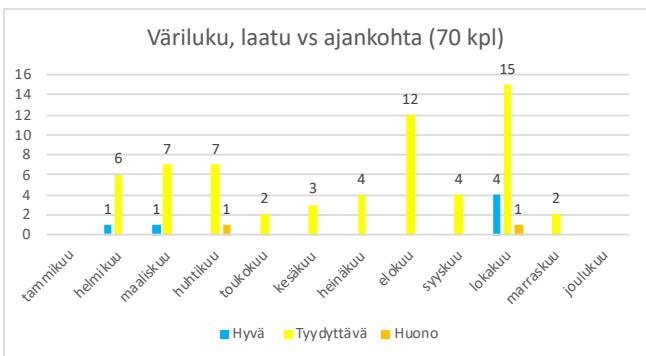
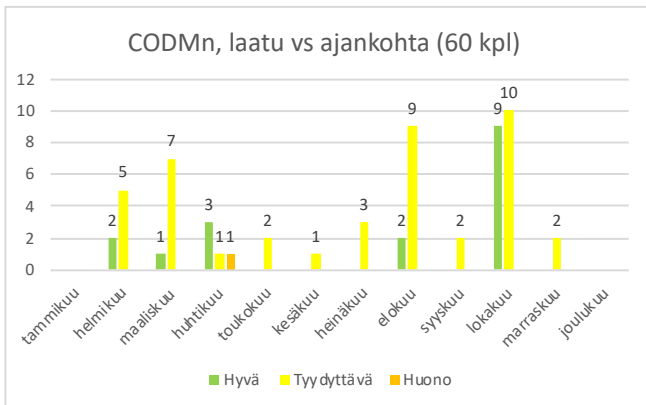
Näistä sähkönjohtavuus, kloridi ja sulfaatit olivat mitattujen joukossa, mutta niistä ei ole annettu ollenkaan arvoja erinomaiselle ja hyvälle luokalle. Sähkönjohtavuuden, kloridin ja sulfaatin arvot olivat tyydyttävällä tasolla. Muiden mitattujen arvojen luokat on esitetty kuvassa 48.



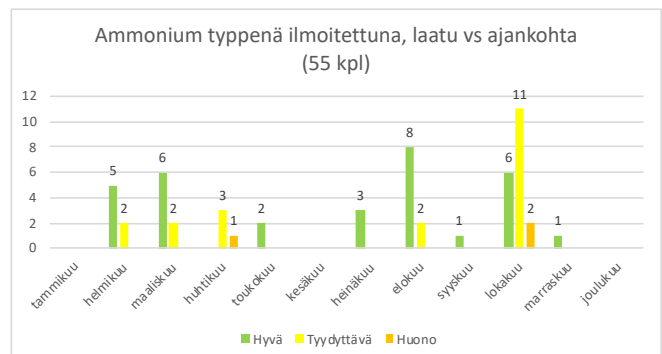
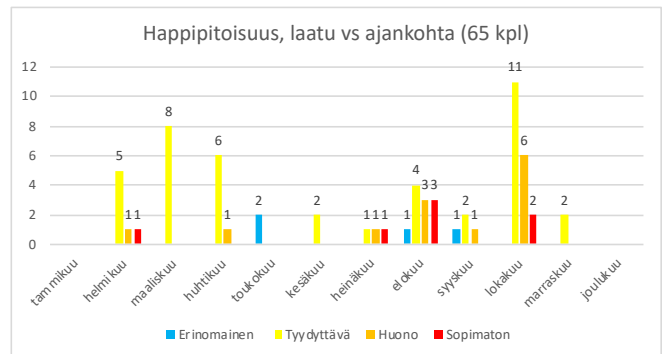
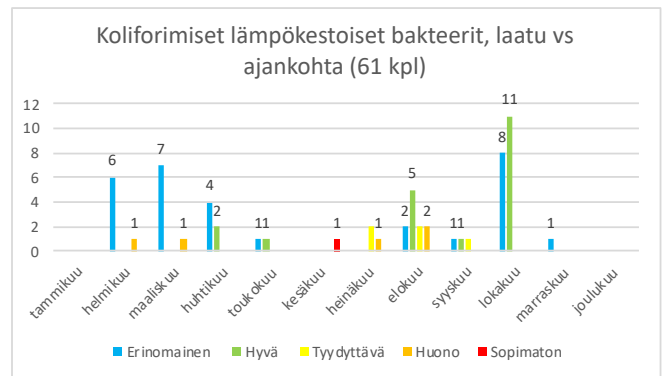
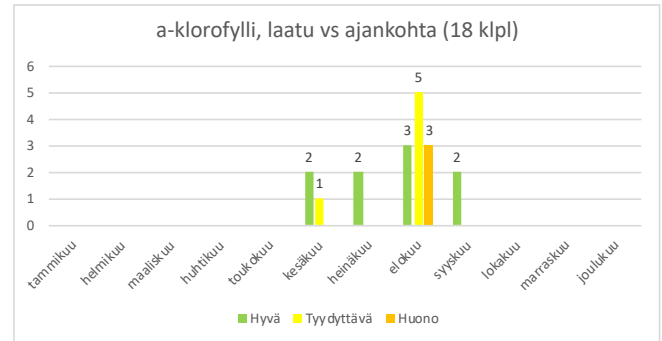
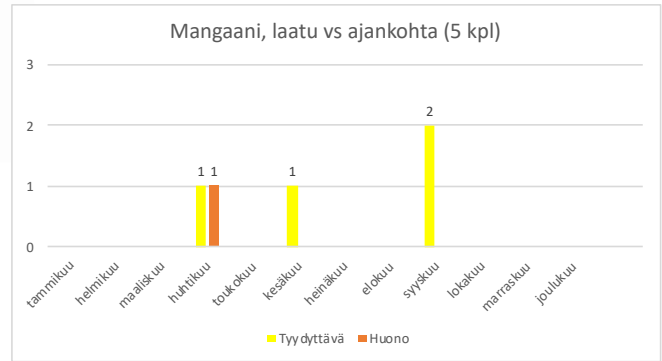
Kuva 48. Rantameytyvän Pankajoen ja Hanhilammen veden soveltuvuus raakavedeksi. Analyysi perustuu Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisussa 20 (1985) annettuihin raja-arvoihin pintaveden soveltuvuudesta raakavedeksi.

Mittaustulosten perusteella vaikuttaa siltä, että Pankajoen ja Hanhilammen vesi on pääosin tyydyttävää, hyvää tai erinomaista raakavettä. Myös huonoja ja sopimattomiakin arvoja kuitenkin esiintyy. Huonoja arvoja esiintyy kemiallisesta hapenkulutuksesta (CODMn), happipitoisuudesta, ammoniumin pitoisuudesta, väriluvusta, a-klorofyllipitoisuudesta, koliformisista lämpökestoista bakteereista sekä mangaanista. Mangaanissa tosin näyttekertoja on vain 5. Sopimattomia arvoja saadaan happipitoisuudesta ja koliformisista lämpökestoista bakteereista.

Laatupoikkeamat esiintyvät selkeästi keväällä ja kesä-lä-syksyllä (ks. kuva 49). Värilukua ja kemiallista hapenkulutusta lukuunottamatta laatupoikkeamat esiintyvät silloin, kun Tampinkosken virtaama on alle keskivirtaaman. Eli laatupoikkeamat esiintyvät siis kevään ylivirtaamakaudella, jolloin hulevesiä on paljon liikkeellä ja Seitsemennimisessä joessa on suuret virtaamat, ja loppukesän alivirtaamakaudella, jolloin Seitsemennimisessä joessa on pienet virtaamat ja hulevesien osuus virtaamasta suuri ja hulevesien ainepitoisuudet suuria.



Kuva 49. Hanhilammen ja Pankajoen veden laatupoikkeamien suhde vuodenaikaan.



Rantaimeytymällä muodostuvan pohjaveden laadun kannalta pintaveden laatu poikkeamat ovat todennäköisesti merkityksellisimmät loppukesällä ja syksyllä, jolloin Tampinkosken virtaamat ovat pienimillään, hulevesien osuus kasvaa, veden viipymät ovat pitkiä Hanhilammessa ja rantaimeytyvän veden osuus vir-

taamasta on teoreettisesti suurimmillaan. Taulukossa 12 on esitetty rantaimeytyvän veden suhde Tampinkoskesta virtaavaan veteen nähden. Vedenoton on ajateltu olevan 4 500 m³/d ja siitä rantaimeytyneen veden osuuden 60 % Pöyryn tutkimusten mukaisesti.

Taulukko 12. Rantaimeytyvän veden suhde Tampinkoskenpadon virtaamiin välillä 2017–2020 (SYKE WSFS-VEMALA, 2021).

Tampinkoskenpato	Virtaama [m ³ /s]	Virtaama [m ³ /d]	Rantaimeytyy [m ³ /d]	Osuus
Keskivirtaama	0,556	48034	2700	6 %
Huippu alivirtaama	0,078	6697	2700	40 %
Huippu ylivirtaama	2,377	205401	2700	1 %



10

MAANKÄYTTÖ
HANHIKANKAAN
POHJAVESIALUEELLA
JA HANHILAMMEN
VALUMA-ALUEELLA

10. MAANKÄYTTÖ HANHIKANKAAN POHJAVESIALUEELLA JA HANHILAMMEN VALUMA-ALUEELLA

10.1 Corine aineisto

Hanhikankaan pohjavesialueen tehokkaan pohjaveden muodostumisen alueella rakennettu alue edustaa paljon suurempaa osuutta pinta-alasta kuin koko Hanhikankaan pohjavesialueella.

Taulukossa 13 on esitetty Hanhikankaan pohjavesialueen Corine-aineisto. Suurin osa eli noin 60 % koostuu metsistä, avoimista kankaista sekä kalliosta. Toiseksi suurin osuus (noin 31%) koostuu rakennetuista alueista ja kolmanneksi suurin osuus (noin 7%) vesialueista.

Taulukossa 14 on esitetty Corine maankäyttöluokat Hanhilammen valuma-alueella. Suurin osa eli noin 70 % koostuu metsistä, avoimista kankaista sekä kalliosta. Toiseksi suurin osuus (noin 14 %) koostuu rakennetuista alueista ja kolmanneksi suurin osuus (noin 10 %) vesialueista.

Taulukko 13. Corine -maankäyttöluokat Hanhikankaan pohjavesialueella (SYKE, paikkatiedot ja kaukokartoitus, 2021) Maankäyttö/maanpeite (25m) © SYKE (osittain © LUKE, MAVI, LIVI, DVV, EU, MML Maastotietokanta 01/2017).

Maankäyttömuoto	Ala ha	%
1 Rakennetut alueet yhteensä	109,8	30,6
1111 Kerrostaloalueet	20,4949	5,710
1121 Pientaloalueet	45,2053	12,59
1211 Palveluiden alueet	19,3149	5,38
1212 Teollisuuden alueet	5,2077	1,45
1221 Liikennealueet	10,3955	2,90
1311 Maa-ainesten ottoalueet	0,2	0,06
1331 Rakennustyöalueet	3,9042	1,09
1411 Puistot	0,32	0,09
1421 Vapaa-ajan asunnot	0,84	0,23
1422 Muut urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	3,369	0,94
1424 Raviradat	0,5789	0,16
3 Metsät sekä avoimet kankaat ja kallio yhteensä	214,4	59,7
3111 Lehtimetsät kivennäismaalla	8,3891	2,34
3112 Lehtimetsät turvemaalla	0,8587	0,24
3121 Havumetsät kivennäismaalla	127,8637	35,62
3122 Havumetsät turvemaalla	6,8356	1,90
3123 Havumetsät kalliomaalla	0,3245	0,09
3131 Sekametsät kivennäismaalla	44,6698	12,44
3132 Sekametsät turvemaalla	5,0063	1,39
3133 Sekametsät kalliomaalla	0,0045	0,00
3241 Harvapuustoiset alueet, cc < 10%	2,5424	0,71
3242 Harvapuustoiset alueet, cc < 10%, kivennäismaalla	14,3246	3,99
3243 Harvapuustoiset alueet, cc < 10%, turvemaalla	1,2149	0,34
3244 Harvapuustoiset alueet, cc < 10%, kalliomaalla	0,4882	0,14
3246 Harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla	1,7639	0,49
3321 Kalliomaat	0,0652	0,02
4 Kosteikot ja avoimet suot yhteensä	10,2	2,9
4111 Sisämaan kosteikot maalla	2,2	0,61
4112 Sisämaan kosteikot vedessä	0,64	0,18
4121 Avosuot	7,3966	2,06
5 Vesialueet yhteensä	24,5	6,8
5111 Joet	4,3948	1,22
5121 Järvet	20,1271	5,61
Summa	358,9	100,0

Taulukko 14. Corine-maankäyttöluokat Hanhilammen valuma-alueella (SYKE WSFS-VEMALA, 2021).

Corine maankäyttöluokat Hanhilammen valuma-alueella		
Maankäyttömuoto	Ala km²	%
1 Rakennetut alueet yhteensä	9,1	14,3
1111 Kerrostaloalueet	0,48	0,75
1121 Pientaloalueet	3,18	4,97
1211 Palveluiden alueet	0,8	1,25
1212 Teollisuuden alueet	0,82	1,28
1221 Liikennealueet	1,47	2,30
1241 Lentokenttäalueet	0,78	1,21
1311 Maa-ainesten ottoalueet	0,02	0,03
1331 Rakennustyöalueet	0,05	0,08
1421 Vapaa-ajan asunnot	0,47	0,74
1422 Muut urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	0,52	0,82
1423 Golfkentät	0,26	0,41
1424 Raviradat	0,28	0,44
2 Maatalousalueet yhteensä	3,4	5,2
2111 Pellot	2,88	4,50
2221 Hedelmäpuu- ja marjapensasviljelmät	0,05	0,07
2312 Luonnon laidunmaat	0,03	0,04
2431 Käytöstä poistunut maatalousmaa	0,4	0,62
3 Metsät sekä avoimet kankaat ja kallio yhteensä	44,9	70,2
3111 Lehtimetsät kivennäismaalla	3,18	4,98
3112 Lehtimetsät turvemaalla	0,05	0,08
3121 Havumetsät kivennäismaalla	20,71	32,41
3122 Havumetsät turvemaalla	1,43	2,23
3123 Havumetsät kalliomaalla	0,46	0,72
3131 Sekametsät kivennäismaalla	10,89	17,04
3132 Sekametsät turvemaalla	0,7	1,09
3133 Sekametsät kalliomaalla	0,11	0,17
3241 Harvapuustoiset alueet , cc <10%	1,93	3,02
3242 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kivennäismaalla	5,04	7,88
3243 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	0,15	0,23
3244 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kalliomaalla	0,04	0,07
3246 Harvapuustoiset alueet, sähkölinjan alla	0,18	0,28
3321 Kalliomaat	0,01	0,02
4 Kosteikot ja avoimet suot yhteensä	0,4	0,6
4111 Sisämaan kosteikot maalla	0,02	0,03
4112 Sisämaan kosteikot vedessä	0,14	0,22
4121 Avosuot	0,2	0,31
5 Vesialueet yhteensä	6,2	9,7
5111 Joet	0,02	0,03
5121 Järvet	6,17	9,66
Summa	63,9	100,0

10.2 Kaavoitus

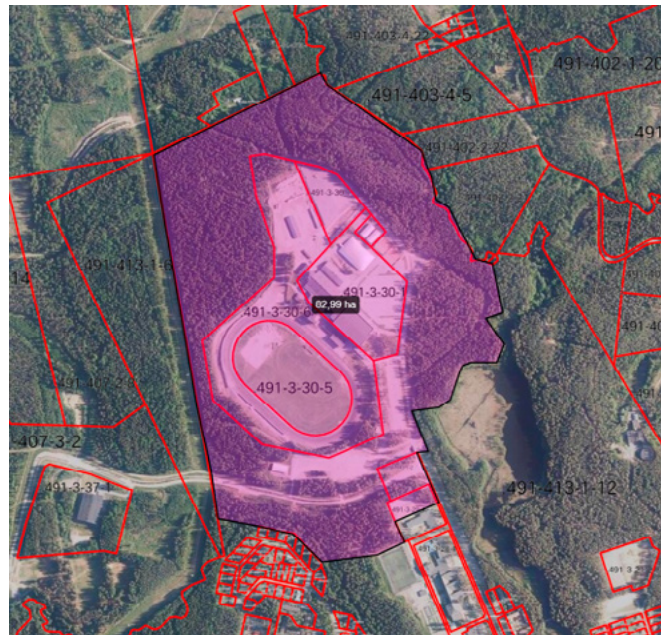
Hanhilammen valuma-alueella on käynnissä kaavamuutoshankkeita, joissa tulisi ottaa huomioon pohjaveden imeytymisen edellytykset, hulevesien käsittely ja mahdollisten onnettomuustilanteiden hallinta. Hanhilammen valuma-alueella tulee huomioida hulevesien hallintaratkaisuille tilaa etenkin Raviradan ja Pankalammen ympäristössä ja Tuskun teollisuusalueilla. Kariikon alueen kaavassa tulisi huomioida, että Savonradan yhteyteen jäisi tilaa mahdollisen kemikaalionnettomuuden hallintaa varten. Alueiden maankäyttö ja kaavoitus mahdollistaa pohjavesialueen suojaamisen sekä pohjavesialueelta että Hanhilammen valuma-alueelta tulevilta riskitekijöiltä.

Hanhikankaan pohjavesialueen ja Hanhilammen valuma-alueen yleiskaavallinen tilanne on hyvä kantakaupungin osayleiskaavan 2040 tullessa voimaan vuonna 2019. Yleiskaava ohjaa maankäyttöä Hanhikankaan ympäristössä ja yläpuolisilla valuma-alueilla. Yleiskaavassa on huomioitu kaupungin tärkeimmät pohjavesialueet ja kiinnitetty huomioita hulevesien ohjaamiseen. Yleiskaava antaa hyvät suuntaviivat asemakaavatasoiselle suunnittelulle. (Räinä, 2021.)

Hanhikankaan pohjavesialueen yläpuolisilla valuma-alueilla on käynnissä muutamia asemakaavamuutos- ja muita maankäytön hankkeita, joita pyritään kuvaamaan tässä tarkemmin.

Raviradantie

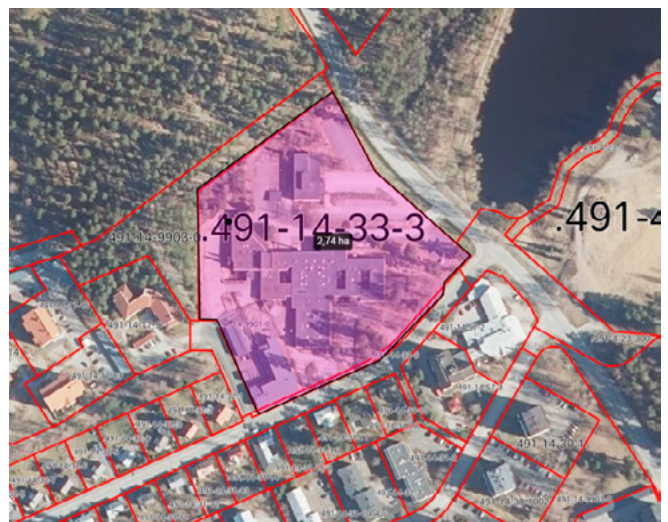
Hanhikankaan pohjavesialueen läheisyydessä on käynnissä Raviradantien urheilualan asemakaavan muutoshanke (ks. kuva 50), jonka tavoitteena on vahvistaa raviradan ja liikunta- ja urheilupalveluiden toimintaedellytyksiä, tutkia ja edistää tarvittavia liikenteellisiä järjestelyitä sekä turvata alueen luonto- ja maisema-arvot. Merkittäviä vaikutuksia kaavan osalta ympäristöön kohdistuu rakentamisen ja liikenteen osalta. Luonnonarvot ja muut merkittävät vaikutukset huomioidaan kaavan laadinnan aikana. Alue on käynnissä olevista kaavamuutoshankkeista merkittävin. Täydennysrakentaminen mahdollistaa uusia tilaa vaativia liikuntahalleja. (Räinä, 2021.)



Kuva 50. Raviradantien urheilualan asemakaavan muutoshanke (Räinä, 2021).

Pankalampi/terveyskeskus

Hanhijoen ylävirralla Pankalammen ympäristöön (ks. kuva 51) entisen terveyskeskuksen alueelle kaavoitetaan asumista ja mahdollisesti myös palveluita. Rakentamisen mittakaava on kuitenkin kohtuullinen ja merkittävin mahdollisesti myös pohjavesiin kohdistuva vaikutus muodostuu hulevesistä. Alue kytkeytyy osaltaan Pankalammen entisen terveyskeskuksen alueelle rakennettavaan yhtiömuotoiseen pientaloasutukseen. Kaavamuutoshanke laaditaan kumppanuuskaavamallilla. (Räinä, 2021.)



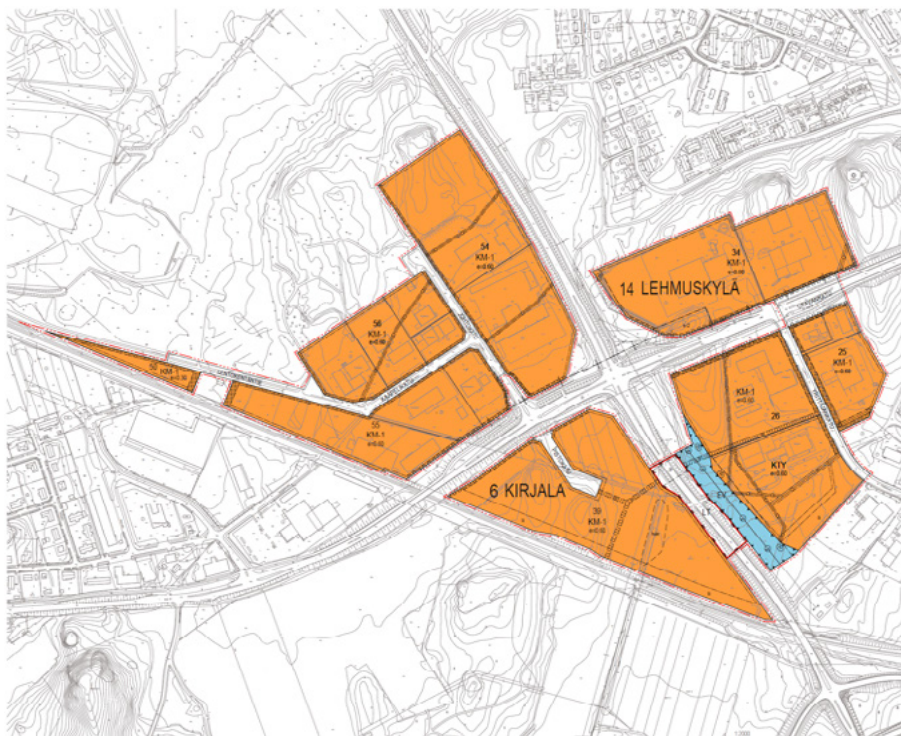
Kuva 51. Pankalammen ympäristöön entisen terveyskeskuksen alueelle kaavoitetaan asumista ja mahdollisesti myös palveluita (Räinä, 2021).

Lentokenttä ja Tuskun teollisuusalue

Hanhijoen ylävirran puolelle ei ole esitetty yksityisiä aloitteita asemakaavojen päivittämiseksi. Lentokentän ympäristön pienimittakaavainen kehittäminen on kuitenkin ollut esillä. Tuskun teollisuusalueelle on vastikään päivitetty asemakaava ja sen osalta ei ole kriittistä päivitystarvetta lähivuosina. Tuskun teollisuusalueen toiminnot kasvavat tulevaisuudessa ja alueelle on toteutumassa uudisrakentamista. Tavoitteena kuitenkin on, että merkittävät ympäristöhäiriötä aiheuttavat toiminnot siirtyisivät etupäässä Eco-Sairilan teollisuusalueelle. (Räinä, 2021.)

Karikko

Karikon alueelle (ks. kuva 52) on käynnistynyt asema-kaavan muutos vuonna 2020 ja Jyväskylätien vartta kehitetään kaupallisia toimintoja varten maakuntakaavan ja yleiskaavan mukaisesti. Alueen kaavalla ei ole vaikutuksia Hankikankaan vesistöön, koska alueella muodostuvat vedet laskevat Pitkäjärven suuntaan. Golf-alue säilyy kaavassa muuttumattomana ja alueen Siekkilänjoen ympäristöön ei ole tavoitteena tehdä muutoksia. (Räinä, 2021.)



Kuva 52. Jyväskylätien vartta kehitetään kaupallisia toimintoja varten maakuntakaavan ja yleiskaavan mukaisesti (Räinä, 2021).



11

POHJAVESIALUEEN
HAAVOITTUVUUS-
ANALYYSI

11. POHJAVESIALUEEN HAAVOITTUVUUSANALYYSI

11.1 Yleistä DRASTIC -menetelmästä

Pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysi on menetelmä pohjaveden pilaantumispotentiaalin arviointiin. Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysi tehtiin soveltaen US EPA:n standardoimaa DRASTIC-menetelmää (Aller et al., 1985). Se on tarkoitettu pohjavesimuodostuman luontaisista geologisista ja hydrogeologisista olosuhteista aiheutuvan pohjaveden pilaantumispotentiaalin yleispiirteiseen tarkasteluun. Menetelmä huomioi hydrogeologiset parametrit, jotka vaikuttavat maanpinnalta pohjaveteen kulkeutuvan veden liikkumiseen maaperässä vertikaalisesti. Se ei ota huomioon vajovedessä tapahtuvaa horisontaalista veden liikettä, päästölähteitä, vedenottamoiden tai muiden altistujien sijaintia eikä pohjaveden virtausuunta (mm. Koivulehto 2020). Yhdysvalloissa kehitettyä DRASTIC-analyysia ja analyysissä huomioitavia hydrogeologisia parametrejä on muokattu soveltuvaan Suomen harjuakviferiolosuhteisiin (mm. Luoma et al., 2017).

Pohjavesialueelle laadittua haavoittuvuusanalyysia voidaan hyödyntää pohjaveden suojelussa, maankäytön suunnittelussa sekä arvioitaessa mahdollisten päästöjen vaikutusta pohjaveden laatuun yhdistämällä haavoittuvuuskarttaan pohjavesialueen riskikohteet. Lisäämällä tarkasteluun pohjaveden virtaussuunnat ja vedenottamot, riskitarkastelulla voidaan arvioida todennäköisyyttä, jolla haitta-aine kulkeutuu pohjaveden mukana päästölähteestä vedenottamolle. (mm. Britschgi et al., 2018, Koivulehto 2020).

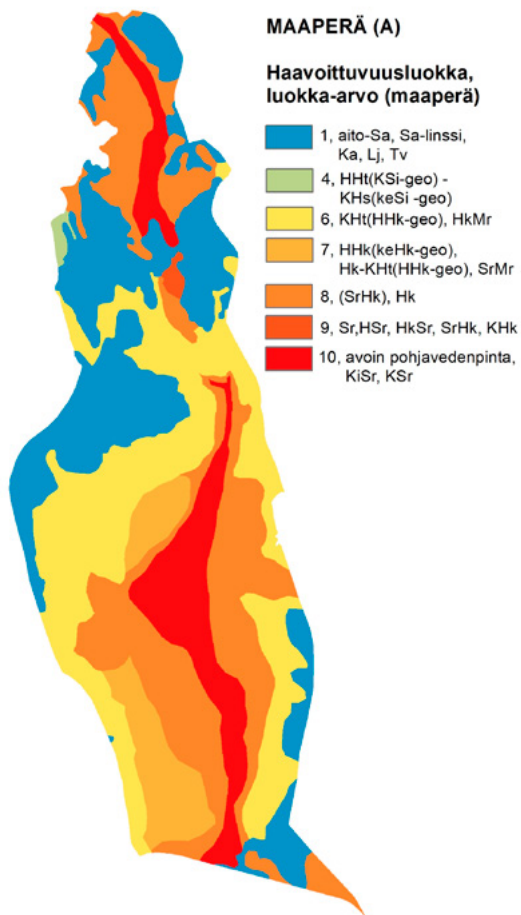
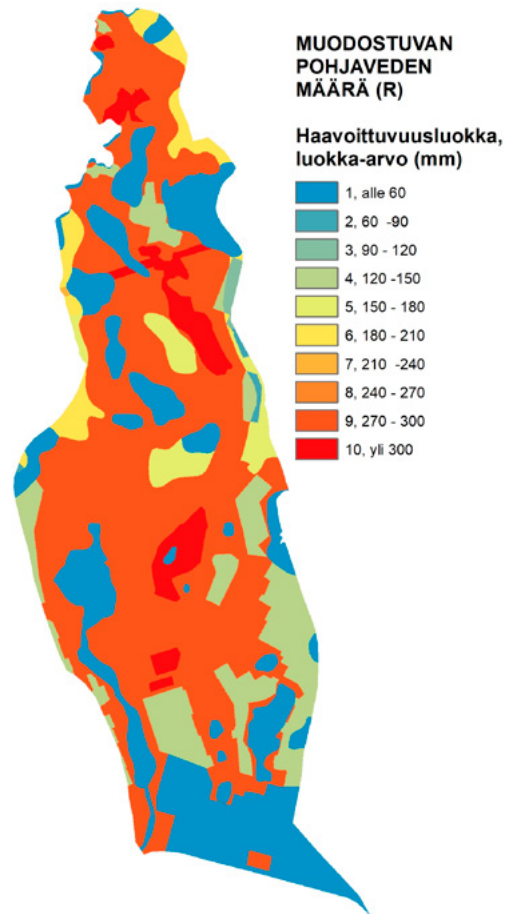
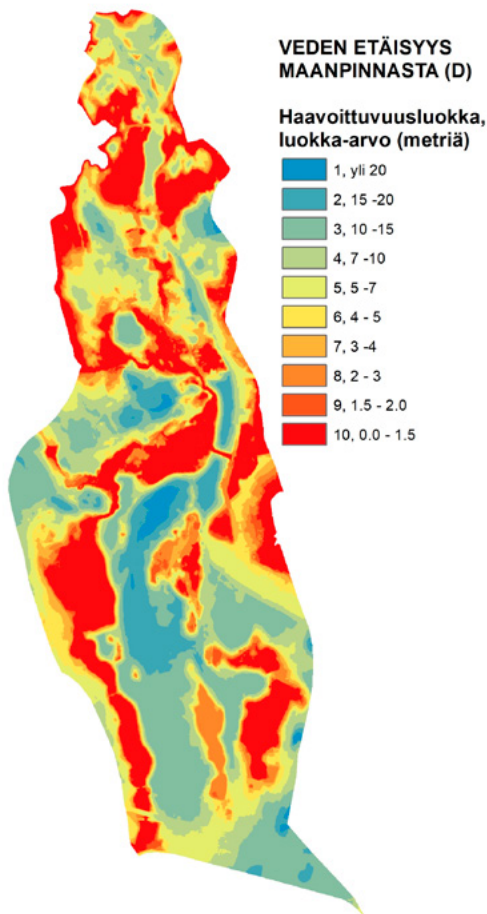
11.2 Hanhikankaan pohjavesialueen DRASTIC-haavoittuvuusanalyysi

Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialueelle on laadittu POAKORI-projektissa (Kemiallisesti huonossa tilassa olevien pohjavesialueiden riskienhallinta) kohteellinen haavoittuvuusanalyysi (Hyvönen & Luoma 2019), jota päivitettiin RAINMAN-projektin yhteydessä pohjavesialueen suojelusuunnitelmaa varten (Eskelinen et al., 2021). Haavoittuvuusanalyysin teoria sekä RAINMAN-projektissa noudatettu DRASTIC-analyysin toteutustapa on kuvattu tarkemmin em. raportissa.

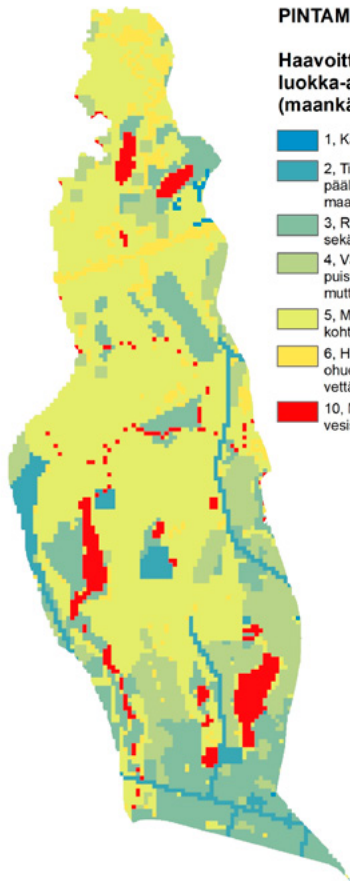
Hanhikankaan pohjavesimuodostuman haavoittuvuutta arvioitiin DRASTIC-menetelmän mukaisesti seitsemän hydrogeologisen parametrin perusteella:

- 1) Pohjaveden etäisyys maanpinnasta (**D**epth to water)
- 2) Muodostuvan pohjaveden määrä (net **R**echarge)
- 3) Maalaji pohjavesivyöhykkeessä (**A**aquifer media)
- 4) Maankäyttö ja pintamaa (**S**oil media)
- 5) Maanpinnan kaltevuus (**T**opography/Slope)
- 6) Maalaji vajovesi- eli vadoosivyöhykkeessä (**I**mpact of the vadose zone)
- 7) Hydraulinen johtavuus pohjavesivyöhykkeessä (hydraulic **C**onductivity)

Jokaisesta seitsemästä DRASTIC-haavoittuvuusanalyysin hydrogeologisesta parametrasta tuotettiin Hanhikankaan pohjavesialueelle parametrin ominaisuustietoja kuvaava taso, jossa pohjavesialue on luokiteltu luokka-arvoihin 1–10. Parametrien luokka-arvoista 10 merkitsee helpoimmin haavoittuvaa ja 1 vähiten haavoittuvaa ominaisuutta. Lopullisessa DRASTIC-indeksin laskennassa jokaista parametria painotetaan lisäksi painoarvolla 1–5. Painoarvo 5 edustaa merkittävintä tekijää pohjaveden haavoittuvuuden kannalta ja 1 vähiten merkittävää tekijää. DRASTIC-parametrien haavoittuvuusluokat Hanhikankaan pohjavesialueella on esitetty kuvassa 53 ja laskentaperusteet on esitelty tarkemmin liitteessä 16.



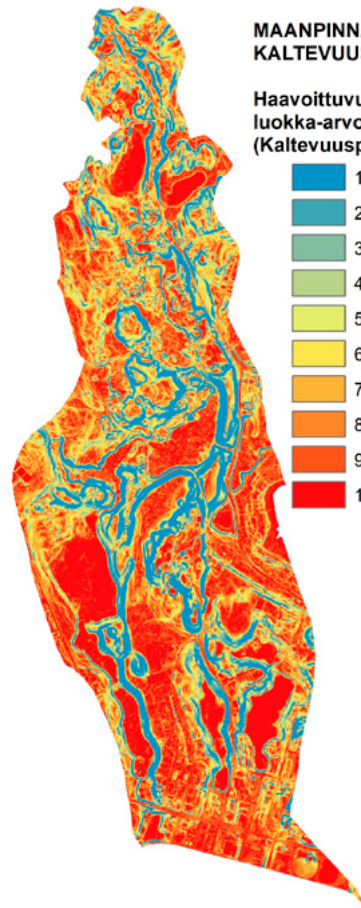
Kuva 53. Hanhikankaan pohjavesialueen DRASTIC-haavoittuvuusanalyysin yksittäisten parametrien D, R, A, S, T, I ja C luokka-arvot kartoilla esitettyinä. Jatkuu seuraavalla sivulla (Eskelinen et al., 2021).



PINTAMAA (S)

Haavoittuvuusluokka, luokka-arvo (maankäyttö)

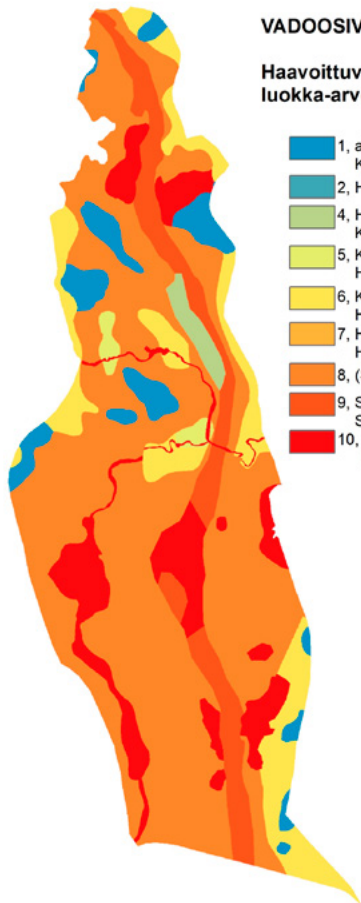
- 1, Kallioalueet
- 2, Tiiviin rakentamisen alueet ja päällystetyt alueet. Vijjelyt alueet, maaperä huonosti vettä läpäisevää.
- 3, Rakennettu alue, osin päällystetty sekä turvealueet ja koskeikot
- 4, Väljemmän asutuksen alueet, puistot, virkistysalueet. Rakennettu, mutta ei pääosin päällystetty.
- 5, Metsät, jotka ovat kivennäismaalla, kohtalaisesti vettä läpäisevä maaperä
- 6, Harvapuustoiset metsät, joissa ohuehko maannos, kohtalaisesti vettä läpäisevä maaperä
- 10, Maa-ainesten ottoalueet sekä vesistöt



MAANPINNAN KALTEVUUS (T)

Haavoittuvuusluokka, luokka-arvo (Kaltevuusprosentti)

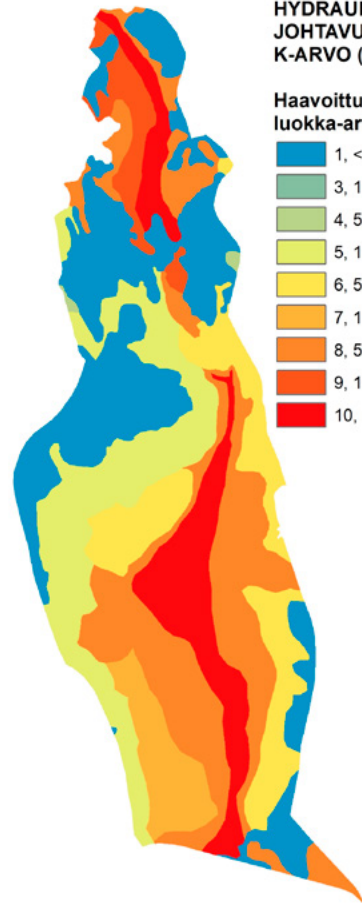
- 1, > 25
- 2, 21 - 25
- 3, 18 - 21
- 4, 15 - 18
- 5, 12 - 15
- 6, 9 - 12
- 7, 6 - 9
- 8, 4 - 6
- 9, 2 - 4
- 10, 0 - 2



VADOOSIVYÖHYKE (I)

Haavoittuvuusluokka, luokka-arvo (maalaji)

- 1, aito-Sa, Sa-linssi, Ka, Tv,Lj
- 2, HsSa, HMr
- 4, HHT (KSi-geo) - KHs (keSi-geo)
- 5, KHt(HHk-geo) - HHT(KSi-geo)
- 6, KHt (HHk-geo), HkMr
- 7, HHk(keHk-geo), Hk-KHt (HHk-geo), SrMr
- 8, (SrHk), Hk
- 9, Sr, HSr, HkSr, SrHk, KHk
- 10, vadoosi vyöhyke puuttuu, KiSr, KSr



HYDRAULINEN JOHTAVUUS K-ARVO (C)

Haavoittuvuusluokka, luokka-arvo (m/s)

- 1, <10⁻⁹
- 3, 10⁻⁷ --> 10⁻⁸
- 4, 5x10⁻⁶ --> 10⁻⁷
- 5, 10⁻⁵ --> 5x10⁻⁶
- 6, 5x10⁻⁵ --> 10⁻⁵
- 7, 10⁻⁴ --> 5x10⁻⁵
- 8, 5x10⁻⁴ --> 10⁻⁴
- 9, 10⁻³ --> 5x10⁻⁴
- 10, >1 - 10⁻³

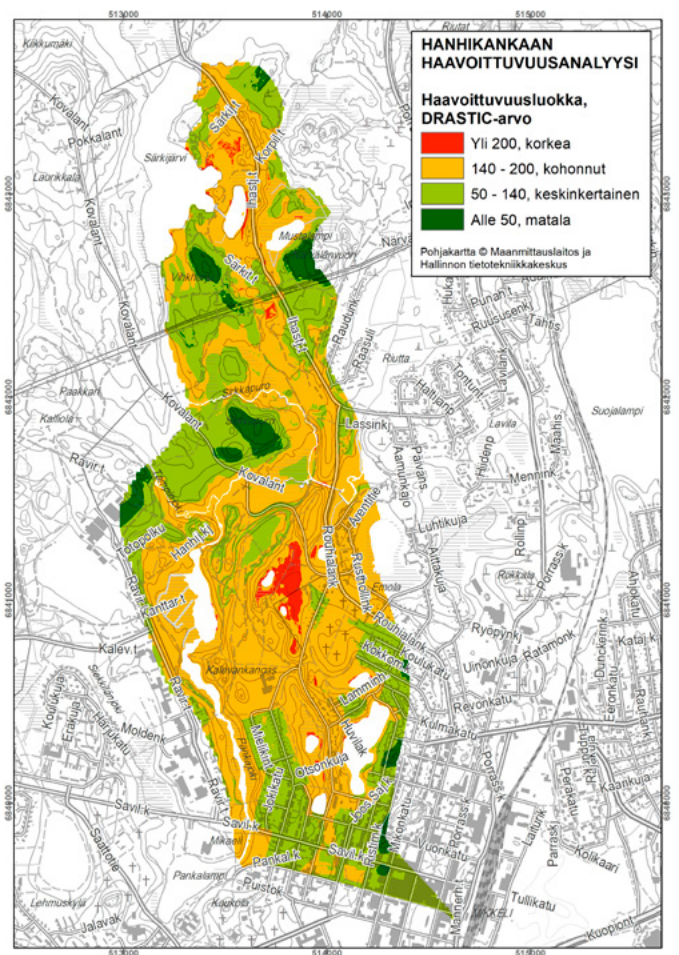
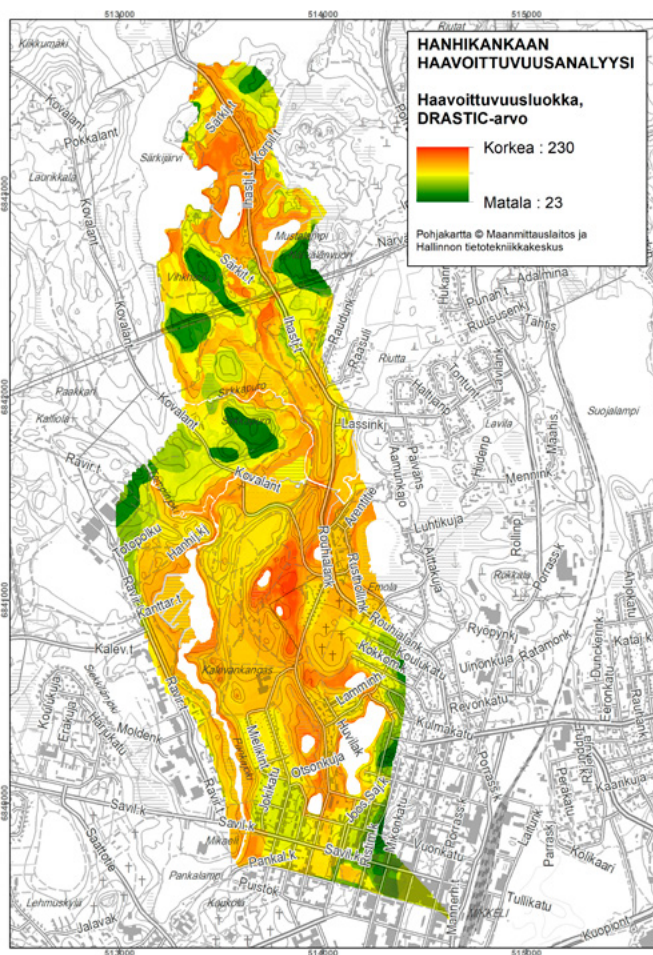
DRASTIC-parametrien luokittelun jälkeen parametrien luokka- ja painoarvojen tulojen summista laskettiin Hanhikankaan pohjavesialueen DRASTIC-indeksin suuruus (Aller et al., 1987):

$$\text{DRASTIC-indeksi} = (\text{Dr} \times \text{Dw}) + (\text{Rr} \times \text{Rw}) + (\text{Ar} \times \text{Aw}) + (\text{Sr} \times \text{Sw}) + (\text{Tr} \times \text{Tw}) + (\text{Ir} \times \text{Iw}) + (\text{Cr} \times \text{Cw})$$


missä r on luokka-arvo (1–10) ja w on painoarvo (1–5)

DRASTIC-haavoittuvuusanalyysin lopputuloksena pohjavesimuodostuma jakautuu DRASTIC-indeksin mukaisiin osa-alueisiin, jotka voivat saada lukuarvoja välillä 23–230. Lukuarvo 23 merkitsee matalaa haavoittuvuutta ja lukuarvo 230 korkeaa haavoittuvuutta

ta. Hanhikankaan pohjavesialueella DRASTIC-indeksin suuruus vaihtelee välillä 23–226. Kuvassa 54 Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuus on esitetty sekä liukuvärein että jaettuna neljään haavoittuvuuspotentiaalia kuvaavaan luokkaan: matala (<50), keskinkertainen (50–140), kohonnut (140–200) ja korkea (>200). DRASTIC-analyysin perusteella voidaan tunnistaa yksittäisen pohjavesialueen haavoittuvimmat alueet ja tuotettu haavoittuvuuskartta soveltuu yleisluontoiseen pohjaveden haavoittuvuusherkkyyden tarkasteluun. Haavoittuvuuskarttaa hyödynnettäessä on huomioitava, että DRASTIC-analyysi perustuu useisiin eri lähtöaineistoihin, joiden sijainti- ja ominaisuustiedon tarkkuus vaihtelevat.



Kuva 54. Hanhikankaan haavoittuvuusanalyysin DRASTIC-haavoittuvuuskartta esitettynä liukuvärein sekä neljään haavoittuvuusluokkaan luokiteltuna. Kartassa esitetyt luokkarajat ovat ainoastaan suuntaa antavia (Eskelinen et al., 2021). Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2021.



Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuus on DRASTIC-analyysin perusteella korkea (DRASTIC-indeksi >200, punaiset alueet) mm. tutkimusalueen pohjoisosassa Heinäjärven Särkijärven ympäristöissä, alueen keskiosassa Ahvenlammin ympäristössä (Kalevankadun ja Rouhialankadun itäpuolisilla alueilla) sekä tutkimusalueen kaakkoisosassa Likolammin ja sen lähistöllä olevien pienten vesistöjen ranta-alueilla. Haavoittuvuusherkkydeltään kohonneita alueita Hanhikankaan pohjavesialueella (DRASTIC-indeksi 140–200, oranssit alueet) ovat mm. tutkimusalueen keskiosassa sijaitseva Kalevankankaan ja hautausmaan alueet, Hanhilammen ympäristö sekä jokiuomien (Pankajoki, Hanhijoki, Sirkkapuro) lähialueet. Haavoittuvuusluokka on keskinkertainen tai matala (DRASTIC-indeksi 50–140 tai <50, vaalean ja tumman vihreät alueet) pohjavesialueen kaakkoisosissa, luoteisosassa Kovalantien lähialueilla sekä pohjoisosissa mm. Vihkharjun – Närvälänvuoren alueilla.

Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuuskarttaa hyödynnettäessä on ymmärrettävä yksittäisen DRASTIC-parametrin rooli analyysin lopputulokseen. Kun sade- tai sulamisvesi imeytyy maaperän läpi pohjaveteen, veden epäpuhtaudet (humusaineet, suolat, mikrobit) suodattuvat maaperän pintaosissa, erityisesti

maannoskerroksessa, tehokkaasti pois vajovedestä. Jos maannoskerros puuttuu tai vajovesivyöhyke on hyvin ohut sekä vettä hyvin läpäisevä, eivät epäpuhtaudet ehdi suodattua vajovedestä, vaan pääsevät nopeasti pohjaveteen ja sen seurauksena pohjaveden laatu voi heiketä. Alueilla, missä pohjavettä suojaava irtomaakerros on ohut (DRASTIC-parametri D) ja vettä hyvin läpäisevä (DRASTIC-parametrit S ja I), pohjaveden haavoittuvuusherkkyys on kohonnut. Hanhikankaan pohjavesialueella S-parametri arvioi maannoksen lisäksi alueen maankäyttömuotojen vaikutusta veden imeytymiseen maanpinnalta vajovesivyöhykkeeseen ja edelleen pohjavesivyöhykkeeseen. Maanpinnan kaltevuus (DRASTIC-parametri T) vaikuttaa veden viipymään ja imeytymispotentiaaliin. Tasaisille alueille vettä kertyy enemmän ja myös pysyy niissä pidempään, mikä nostaa painanteiden haavoittuvuutta. Suotautuva vesi liuottaa ja kuljettaa haitta-aineita kohti pohjavettä, ja pohjaveden haavoittuvuusherkkyys kohoaa muodostuvan pohjaveden määrän kasvaessa (DRASTIC-parametri R). Haavoittuvuusanalyysissä pohjavesikerroksen hyvä hydraulinen johtavuus (DRASTIC-parametri C) nostaa pohjaveden haavoittuvuusherkkyyttä. Karkeammassa materiaalissa (DRASTIC-parametri A) virtaava pohjavesi yleensä kuljettaa ja levittää kontaminaatiota tehokkaammin.



12

HANHILAMMEN
VALUMA-ALUEEN
HAAVOITTUVUUS-
ANALYYSI

12. HANHILAMMEN VALUMA-ALUEEN HAAVOITTUVUUS-ANALYYSI

Hanhikankaan pohjavesialueen rajauksen antama suoja ei riitä kattamaan Hanhilammen valuma-alueella muodostuvan rantaimetyvän veden laatua, eikä se riitä suojaamaan Hanhilammen valuma-alueella mahdollisesti nopeasti syntyvältä riskiltä kuten kemikaalionnettomuudelta. Tätä varten tarvitaan pintavesivälitteisten riskien haavoittuvuusanalyysi ja sen päälle tehtävä riskinarviointi, joiden avulla voidaan korjata suojauspuutteet.

Hanhikankaan pohjavedenottamolta pumpattavasta vedestä noin 60 % on rantaimetyntyttä pintavettä. Pintavesi on lähtöisin pääosin Hanhilammesta ja Pankajoesta. Hanhikankaan pohjavesialueen rajausta pitää sisällään vain hyvin pienen osan Hanhilammen valuma-alueesta. Eli siitä alueesta, josta Hanhilampi saa vetensä. Hanhilammen vedenlaatu määrittyy suurelta osin kuitenkin jo aiemmin ennen kuin se saapuu Hanhikankaan pohjavesialueen rajausten sisäpuolelle. Laatu-ongelmat syntyvät veden virratessa Hanhilammen valuma-alueen hulevesiä tuottavien pienvaluma-alueiden läpi.

Pintavesivälitteisten riskien arvottamista varten Hanhilammen valuma-alueelle luotiin haavoittuvuusanalyysi. Haavoittuvuusanalyysi pyrkii huomioimaan tunnistetuilta pienvaluma-alueilta tulevan valumaveden (luonnon valuma- ja hulevedet) ja sen mukanaan kuljettamien mahdollisten haitallisten aineiden kulkeutumisen nopeuden rantaimetymisalueelle.

Haavoittuvuusanalyysi on tehty vain Hanhilammen valuma-alueelle eikä Hanhilammen luusuan jälkeisille valuma-alueille. Hanhilammen luusuan jälkeisiltä valuma-alueilta ei merkittävässä määrin tapahdu rantaimetyymistä nykyisillä ottomäärillä. Tämä tilanne voi kuitenkin muuttua pumppausmäärien noustessa maksimeihin 4500 m³/d. Tämän hankkeen aikana ei ollut valitettavasti resursseja kartoittaa myös pohjoisen suunnan mahdollisia pintavesivälitteisiä riskejä. Myös pohjoisen suunnan pintavesivälitteiset riskit tulisi joskus kartoittaa.

12.1 Haavoittuvuusluokkien perusteet

Hanhilammen valuma-alueelle luodussa haavoittuvuusanalyysissä on hyödynnetty vastaavia luokkia (korkea, kohonnut, keskinkertainen ja matala) kuin pohjavesialueelle tehdyssä haavoittuvuusanalyysissä. Myös luokkien värit ovat samat. Haavoittuvuusanalyysi pyrkii huomioimaan tunnistetuilta pienvaluma-alueilta tulevan valumaveden (luonnon valumavedet ja hulevedet) ja sen mukanaan kuljettamien mahdollisten haitallisten aineiden kulkeutumisen nopeuden Pankajoen ja Hanhilammen rantaimetyymisalueelle. Haavoittuvuusluokkien määrittelyssä on hyödynnetty seuraavia perusteluja.

Korkea haavoittuvuusluokka (punainen väri)

- Valuma-alue rajautuu Alainen-Hanhilampi vesistöketjun johonkin osaan (Seitsenniminen joki). Tällöin alueen valumavesillä ja siinä liikkuvilla haitta-aineilla on mahdollisuus päätyä nopeasti jokeen kulkipa valumavedet alueella hulevesiviemärissä, avo-ojassa tai pintavaluntana. Punaisilla alueilla on myös useassa kohdassa johdettu hulevedet suoraan putkella Seitsennimiseen jokeen/sen varrella olevaan vesistöön.
- Valuma-alue rajautuu Sannastinpuroon. Punaisen värin eli korkeimman haavoittuvuusluokan saa, mikäli valuma-alue rajautuu Sannastinpuroon. Tällöin alueen valumavesillä ja siinä liikkuvilla haitta-aineilla on mahdollisuus päätyä nopeasti Sannastinpuron kautta Siekkilänjokeen kulkipa valumavesi alueella hulevesiviemärissä, avo-ojassa tai pintavaluntana. Punaisilla alueilla on myös useassa kohdassa johdettu hulevedet suoraan putkella seitsennimiseen jokeen.
- Alueelta on nopea yhteys Seitsennimiseen jokeen ja punaisen värin eli korkeimman haavoittuvuusluokan voi saada myös, mikäli alueelta on nopea yhteys Seitsennimiseen jokeen ja alueella syntyy paljon hulevesiä (pinnoitettuja alueita).

Kohonnut haavoittuvuusluokka (oranssi väri)

- Piervaluma-alueella on hulevesiviemäröinti/avo-ojat ja hulevedet siirtyvät nopeasti Seitsennimiseen jokeen. Niitä hidastaa kuitenkin esimerkiksi kosteikko tai muu viivyttävä rakenne tai avo-ojaosuus.
- Alueen valumavedet päätyvät Seitsennimiseen jokiketjuun selkeästi punaista piervaluma-aluetta hitaammin, mutta nopeammin kuin vaalean vihreän piervaluma-alueen vedet. Tilanne voi kuitenkin muuttua hetkittäin esimerkiksi ylivalunnan aikana.

Keskinkertainen haavoittuvuusluokka (vaalean vihreä)

- Alueella on hulevesiviemäröintiä, mutta alueen vedet kulkevat jonkun selkeästi viivyttävän luontaisen tai rakennetun alueen läpi. Rakennettu viivytyks on mitoitettu siten, että se riittää laskeuttamaan valuma-alueelta tulevan kiintoaineen ja pidättää mahdollisen kemikaaliohenteen etenemistä.
- Alueelta on selkeä vesi-yhteys Seitsennimiseen jokeen tai Sannastinpuroon, mikä mahdollistaa hetkittäin haitallisten yhdisteiden nopean kulkeutumisen. Alue on kuitenkin selkeästi Seitsennimisestä joesta tai Sannastinpurosta kauempana.
- Alueen valumavedet päätyvät selkeästi nopeammin Seitsennimiseen jokeen kuin matalan haavoittuvuusluokan vedet, mutta hitaammin kuin kohonneen haavoittuvuusluokan vedet.

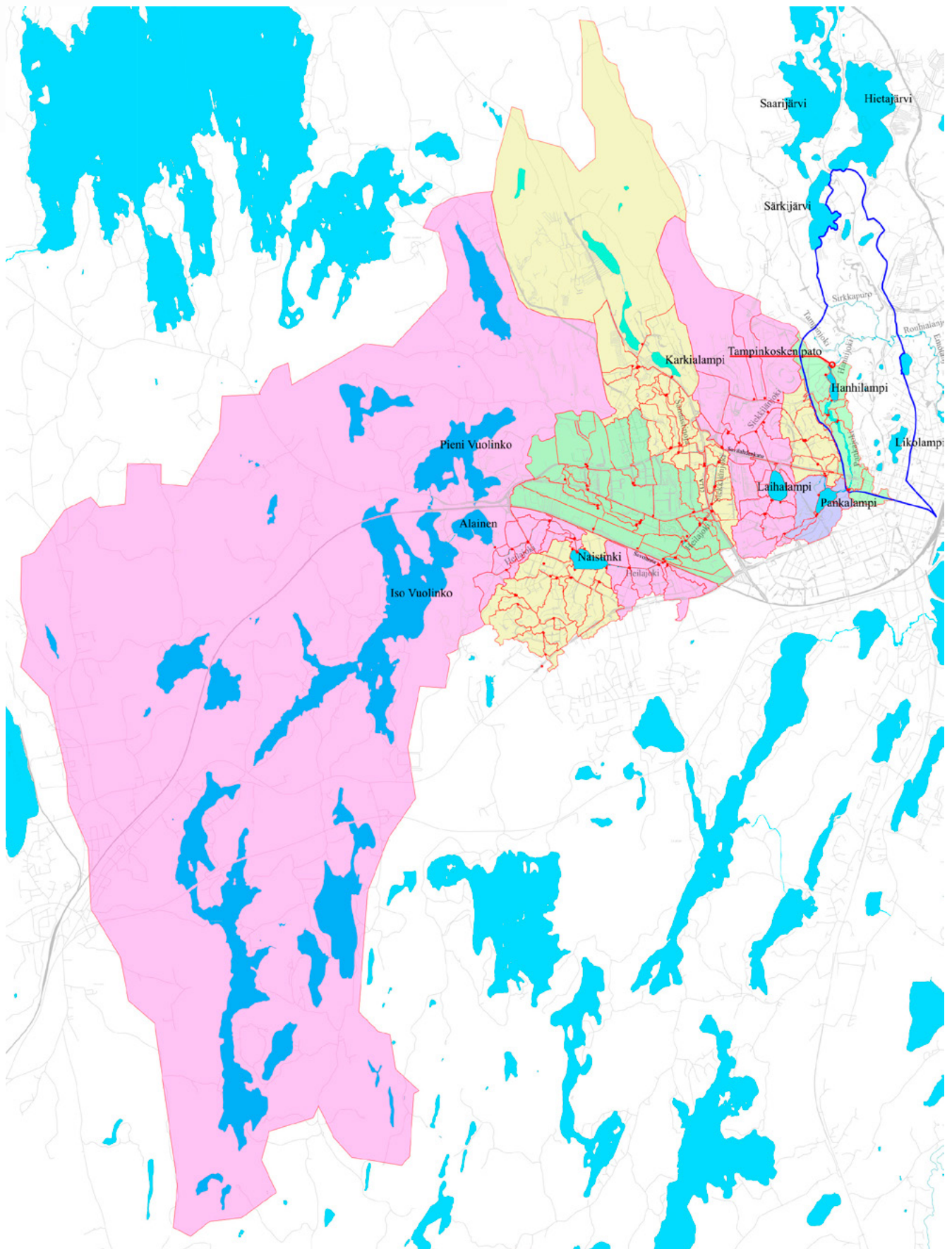
Matala haavoittuvuusluokka (tumman vihreä)

- Alueen valumavedet virtaavat hyvin hitaasti Seitsennimiseen jokeen tai Sannastinpuroon, tai alueella on puskurina iso vesistö, joka tasaa valumavesien vaikutusta.

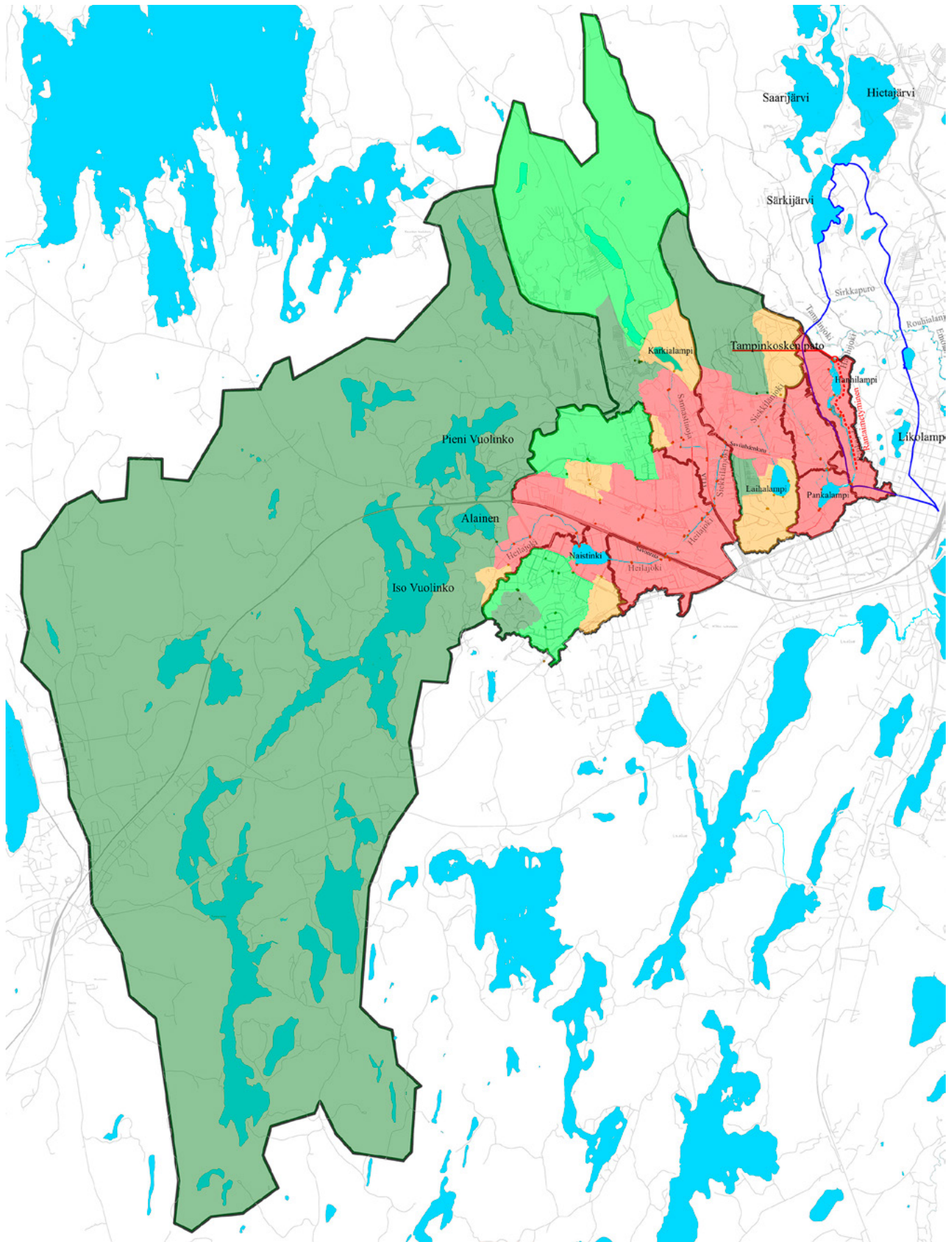
12.2 Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysi

Hanhilammen valuma-alueelle tehty haavoittuvuusanalyysi on suuntaa-antava. Sen tarkoituksena on olla apuna pintaveden ja pohjaveden laatua uhkaavien riskien luokittelussa ja ohjata pinta- ja pohjaveden laatua suojaavien toimenpiteiden kohdentamista oikeisiin paikkoihin ja auttaa niiden toteutusjärjestyksen priorisoinnissa.

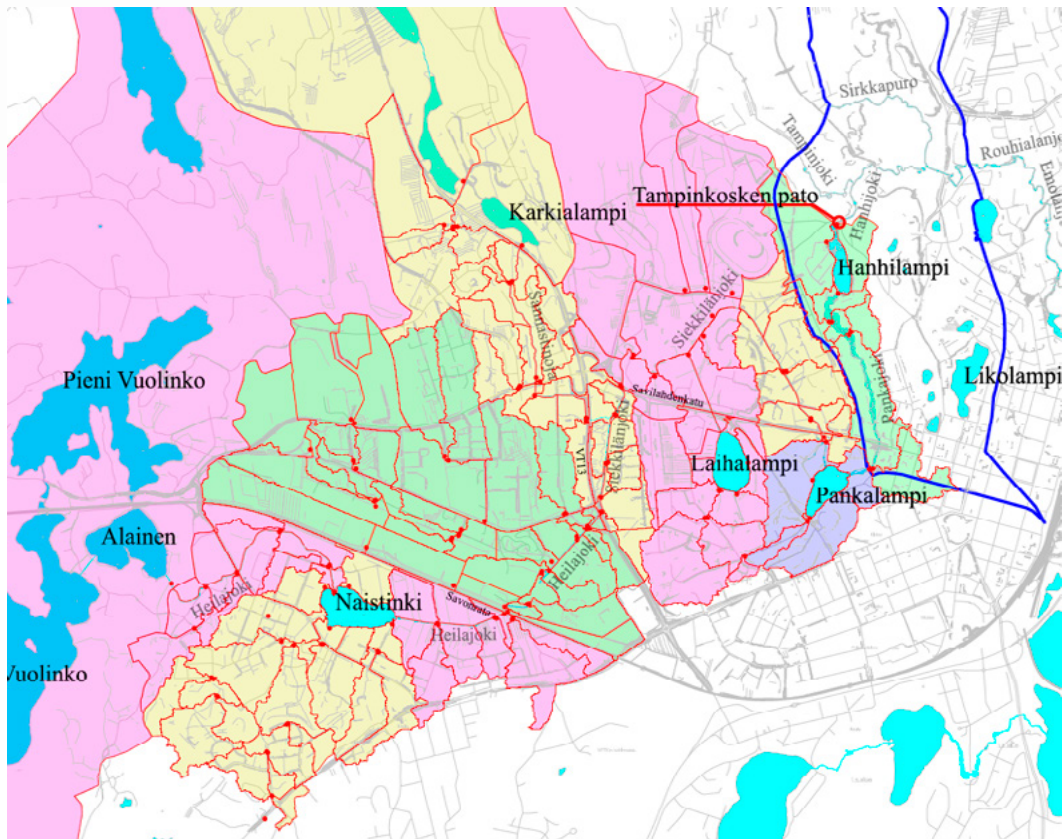
Hanhilammen valuma-alueen tunnistetut piervaluma-alueet on jaettu joki/vesistö jaksoittain siten, että samalla värillä on ilmastu ne piervaluma-alueet, joista kyseiselle joki/vesistö osuudelle tulee valumavesiä (yläjuoksulta tulevien edellisen jokijakson/vesistön valumavesien lisäksi.) Tunnistetut jokijaksot on esitetty kuvissa 55 ja 57. Jokijaksot latva-alueelta luettuna ovat seuraavat: Laaja pilkkomaton kokonaisuus, joka pitää sisällään Iso-Vuolingon-Pieni Vuolingon ja Alaisen sekä Heilajoen välillä Alainen ja Naistinki, Naistingin valuma-alue, Heilajoki välillä Naistinki Savonrata, Heilajoki välillä Savonrata ja VT13, Siekkilänjoki välillä VT13-Savilahdenkatu, Siekkilänjoki välillä Savilahdenkatu -Ravirata, Siekkilänjoki välillä Ravirata-Pankalampi, Pankalammen valuma-alue, Pankajoki ja Hanhilampi välillä Pankajoki ja Tampinkoskenpato. Nämä tunnistetut jokijaksoittaiset piervaluma-alue rajat toimivat mustina ulkorajoina haavoittuvuusanalyysikartassa. Tämän jälkeen piervaluma-alueet on joki/vesistö jaksoittain jaettu eri haavoittuvuusluokkiin sen mukaan, kuinka helposti ja nopeasti niiltä tuleva valumavesi päätyy Seitsennimisen jokiketjun osaan ja siitä edelleen Hanhilammelle. Jaottelu perustuu verkostotarkasteluun (hulevesiviemäri) ja karttatarkasteluun (korkeuskäyrät) sekä maastokäynteihin. Jaottelu täsmentyisi, mikäli alueilta olisi saatavissa selkeää mittausdataa hulevesien virtaamista. Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta on esitetty kuvissa 56 ja 58. Tarkeimmat perustelut haavoittuvuusanalyysille on esitetty liitteessä 17.



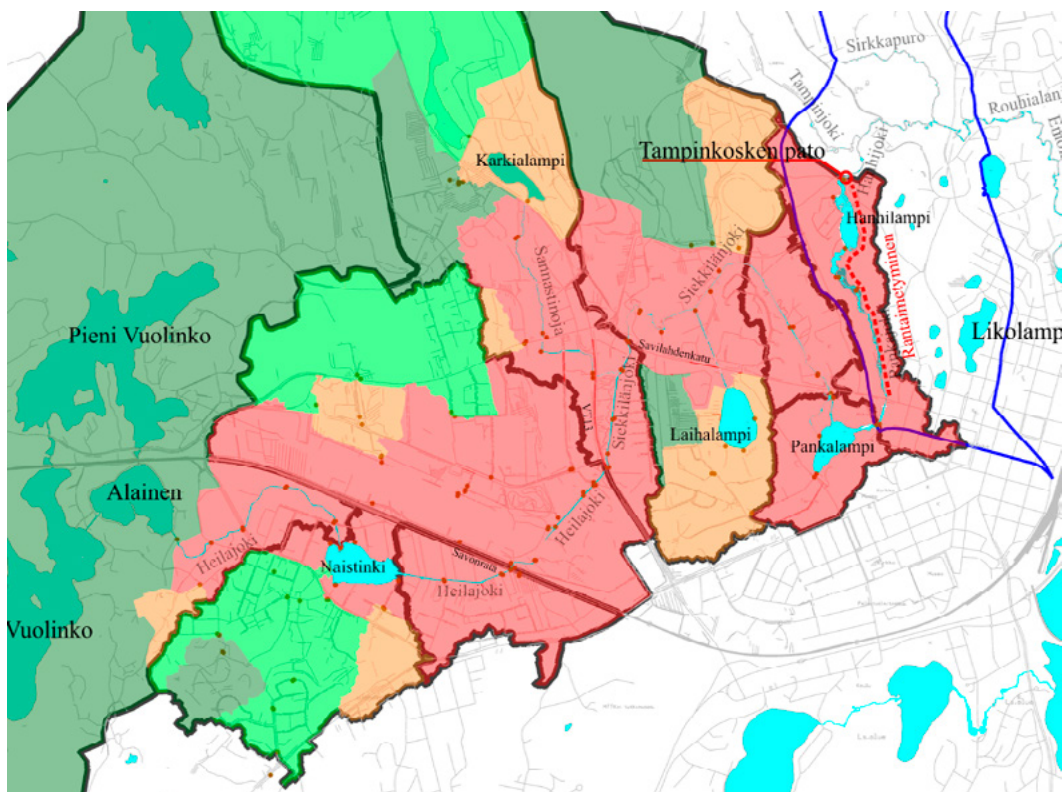
Kuva 55. Hanhilahtien valuma-alueiden tunnistaminen jokijaksoittain. Pienivaluma-alue-rajaukset (punaiset viivat) on saatu Rambollin vuonna 2018 Mikkelin kaupungille tuottamasta hulevesimallinnuksesta. Näitä rajauksia on tarkennettu tämän hankkeen yhteydessä.



Kuva 56. Hanhijärven valuma-alueen haavoittuvuusanalyysi.



Kuva 57. Hanhilahtien valuma-alueiden tunnistaminen jokijaksoittain. Pienvaluma-alueajaukset (punaiset viivat) on saatu Rambollin vuonna 2018 Mikkelin kaupungille tuottamasta hulevesimallinnuksesta. Näitä rajauksia on tarkennettu tämän hankkeen yhteydessä.



Kuva 58. Hanhilahtien valuma-alueen haavoittuvuusanalyysi.



13

RISKIEN
LUOKITTELU

13 RISKIEN LUOKITTELU

13.1 Riskien ominaisuudet ja luokittelu

Pohjaveden laatua ja määrää uhkaavat tekijät voivat sijaita Hanhikankaan pohjavesialueella tai ne voivat olla pintavesivälitteisiä. Pintavesivälitteiset uhat/riskit sijoittuvat pääosin Hanhilammen valuma-alueelle. Pohjaveden uhat voidaan jakaa nopeasti syntyviin ja hitaasti syntyviin uhkiin.

Nopealla uhalla tarkoitetaan sellaista uhkaa, joka syntyy nopeasti ja jonka seurauksena mahdollinen haitallinen aine/ominaisuus leviää pohjaveteen tai rantaimetymisalueelle nopeasti. Nopean uhan torjumisen suunnitteluun ja vastuiden selvittämiseen ei ole aikaa sen sattuessa kohdalle. Pintavesivälitteinen riski (esimerkiksi kemikaalionnettomuus) voi syntyä ja realisoidua Hanhilammen rantaimetymisalueella nopeasti ja olla kriittinen uhka vedenotolle.

Hitaalla uhalla tarkoitetaan sellaista uhkaa, joka syntyy hitaasti ja jonka seurauksena mahdollinen haitallinen aine/ominaisuus leviää pohjaveteen tai rantaimetymisalueelle hitaasti. Hitaasti syntyvän uhan torjumisen suunnitteluun on aikaa sen sattuessa kohdalle. Hitaasti syntyvä uhka voi näennäisen pienuuden vuoksi jäädä vähemmälle huomioille, joilloin siitä voi muodostua aikojen saatossa suuri uhka.

Molemmat riskityypit (nopea ja hidas uhka) on syytä tunnistaa ja riskit minimoida ja mikäli mahdollista poistaa. Riskeihin, joita ei voida poistaa, tulee varautua varautumissuunnitelman avulla.

Pohjavesialueella sijaitsevan ja pintavesivälitteisen riskin suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- Riskikohteen sijainti haavoittuvuusanalyysikartalla, pienempikin riski on suurempi korkean haavoittuvuusluokan alueella.
- Riskin luonne (nopea riski vai hidas riski)
- Veteen päätyvän aineen, yhdisteen, kemikaalin kulkeutuvuus vedessä, hajoamisominaisuudet, vaarallisuus terveyden kannalta, haitallisuus vedenoton kannalta

- Veteen päätyvän aineen yhdisteen tai kemikaalin päästökohta, päästöajankohta ja määrä
- Torjuntatöiden onnistuminen

13.2 Riskimatriisi

Riskien vakavuutta pohjavedelle ja vedenotolle on pyritty luonnehtimaan riskimatriisin avulla. Riskimatriisissa riskiä aiheuttavalle tekijälle annetaan arvo riskin toteutumisen todennäköisyydelle ja riskin seurauksien vakavuudelle. Todennäköisyyden ja seurauksen perusteella määrittyy tekijän riskiluokka ja tarvittavat toimenpiteet riskin minimoimiseksi. Riskimatriisin todennäköisyydet, seuraukset ja niiden perusteella määrittyvä riskiluokka on jaettu viiteen eri tasoon. Taulukossa 15 on esitetty riskimatriisi ja taulukoissa 16-18 riskiluokkien, todennäköisyyksien ja seurauksien selitykset.

Erittäin vähäisillä ja vähäisillä seurauksilla ei ajatella olevan merkittävää turvallisuusuhkaa pohjavedelle tai vedenotolle. Niihin lukeutuvat sellaiset riskit, joissa uhkaava tekijä, esimerkiksi pohjavedelle haitallinen aine, ei ole kovin vaarallinen tai sen pääsy pohjaveteen on olematonta tai se on estetty lähes kokonaan. Näihin luokkiin kuuluvat riskit myös pystytään torjumaan nopeasti.

Kohtalaisilla ja suurilla seurauksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia vedenotolle. Niihin lukeutuvat riskit, joissa uhkaava tekijä voi epäsuotuisissa olosuhteissa olla vaikeasti torjuttava ja aiheuttaa vedenotolle vaikeuksia tai jopa sulkea vedenoton.

Erittäin suurilla seurauksilla on selkeä turvallisuusuhka pohjavedelle ja vedenotolle riippumatta riskitapahtuman todennäköisyydestä. Niiden torjumiseen ei ole käytettävissä paljon aikaa ja torjuntatyöt ovat erittäin vaativia. Nopeasti syntyvä kriittinen tai merkittävä uhka/riski on aina syytä ottaa vakavasti riskitapahtuman todennäköisyyksistä riippumatta.

Riskiluokista kriittinen riski ja merkittävä riski ovat riskiluokkia, joita ei tulisi esiintyä ollenkaan Hanhikankaan pohjavesialueella eikä Hanhilammen valuma-alueen korkean ja kohonnen haavoittuvuusluokien alueilla.

Taulukko 15. Riskimatriisi.

Riskimatriisi		Seuraukset					
		Erittäin vähäiset	Vähäiset	Kohtalaiset	Suuret	Erittäin suuret	
		1	2	3	4	5	
Todennäköisyys	Erittäin yleinen	5	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski	Kriittinen riski
	Yleinen	4	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski	Kriittinen riski
	Satunnainen	3	Matala/ei riskiä	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski
	Harvinainen	2	Matala/ei riskiä	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski
	Erittäin harvinainen	1	Matala/ei riskiä	Matala/ei riskiä	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Kriittinen riski

Taulukko 16. Riskiluokkien kuvaukset.

Riskiluokat	Riskin vaatimat toimenpiteet
Kriittinen riski	<ul style="list-style-type: none"> - vaatii nopeita toimenpiteitä riskin poistamiseksi/minimoimiseksi - vaatii varautumissuunnitelman tekoa ja sen toimenpiteiden harjoittelua - vaatii riskin kehityksen aktiivista seuranta - luokka tulee saada alenemaan toimenpiteillä ja varautumisella vähintään kohtalaiseksi riskiksi
Merkittävä riski	<ul style="list-style-type: none"> - vaatii järjestelmällisiä toimenpiteitä riskien poistamiseksi/minimoimiseksi - vaatii riskin kehityksen aktiivista seuranta - vaatii varautumissuunnitelman tekoa ja sen toimenpiteiden harjoittelua - luokka tulee saada alenemaan toimenpiteillä ja varautumisella vähintään kohtalaiseksi riskiksi
Kohtalainen riski	<ul style="list-style-type: none"> - ei välttämättä tarvita toimenpiteitä - seurattava riskiä ja sen mahdollista kehittymistä - vaatii varautumissuunnitelman tekoa
Vähäinen riski	<ul style="list-style-type: none"> - ei vaadi akuutteja toimenpiteitä - tunnistettava riskiluokan muuttumisen mahdollisuus esim ympäristön vuoksi
Matala/ei riskiä	<ul style="list-style-type: none"> - ei vaadi toimenpiteitä

Taulukko 17. Todennäköisyyksien kuvaukset.

Todennäköisyys	Riskin toistuvuus
Erittäin yleinen	yli 10 kertaa vuodessa
Yleinen	6-10 kertaa vuodessa
Satunnainen	1 -5 kertaa vuodessa
Harvinainen	kerta/5 vuotta
Erittäin harvinainen	harvemmin kuin kerran 5 vuodessa

Taulukko 18. Seurauksien kuvaukset.

Seuraus	Seurauksen kuvaus
Erittäin suuret	<ul style="list-style-type: none"> - Riskin seuraukset uhkaavat sulkea vedenottamon toiminnan tai haavoittavat vakavasti vedenottoa tai vähentävät tuntuvasti saatavan veden määrää - Riski realisoituu nopeasti pohjavesialueella tai rantaimetytmisalueella - Seuraukset näkyvät pitkään pohjavedessä/vesistöissä - Ensivaiheen torjunnan jälkeen pitkäkestoista ympäristön ennallistamista ja laajoja maanvaihtotöitä/vesistön puhdistamista/pohjaveden puhdistamista
Suuret	<ul style="list-style-type: none"> - Riskin seuraukset hankaloittavat tuntuvasti vedenottoa - Epäsuotuisissa olosuhteissa uhkaa sulkea vedenottamon toiminnan - Riski realisoituu nopeasti pohjavesialueella tai rantaimetytmisalueella - Ensivaiheen torjunnan jälkeen laajoja maanvaihtotöitä/vesistön/pohjaveden puhdistamista.
Kohtalaiset	<ul style="list-style-type: none"> - Epäsuotuisissa olosuhteissa voi hankaloittaa vedenottoa - Riski realisoituu hitaasti pohjavesialueella tai rantaimetytmisalueella - Ensivaiheen torjunnan jälkeen jälkitorjunnassa maaperän/veden/pohjaveden puhdistamista
Vähäiset	<ul style="list-style-type: none"> - Ei aiheuta akuuttia uhkaa vedenotolle eikä pohjavedelle - haitallisten vaikutusten laajuus maaperässä, pintavedessä tai pohjavedessä on hyvin pinnallaista eikä vaikutukset päädy vedenotolle - Ensivaiheen torjunnan jälkeen ympäristö lähes ennallaan
Erittäin vähäiset	<ul style="list-style-type: none"> - Ei aiheuta uhkaa vedenotolle eikä pohjavedelle - ei torjuttavaa tai ensivaiheen torjunnan jälkeen ympäristö ennallaan

Seuraavissa kappaleissa perehdytään Hanhikankaan pohjavettä uhkaaviin nopeisiin ja hitaisiin uhkiin ja annetaan niiden varautumiseen tai torjumiseen tähtäviä toimenpidesuosituksia.

Riskien suuruutta (riskiluokkia) Hanhikankaan pohjavesialueelle ja vedenotolle on pyritty arvioimaan riskin todennäköisyyden ja seurausten perusteella. Riskien arvottaminen ja riskien minimoimiseksi annetut suositukset on tehty yhteistyössä Mikkelin kaupungin, Etelä-Savon ELY-keskuksen, Geologian tutkimuskeskuksen, Etelä-Savon Energian, Mikkelin Vesilaitoksen sekä Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden kanssa.

Riskit on jaettu neljän pääotsikon alle; 1) Onnettomuusriskit (ympäristöön päästettävät kemikaalit), 2) infrarakenteisiin liittyvät riskit, 3) maankäyttöön liittyvät riskit, ja 4) ilmastonmuutoksen ja vedenlaadun muutosten aiheuttamat riskit.



14

ONNETTOMUUS-
RISKIT

14. ONNETTOMUUSRISKIT

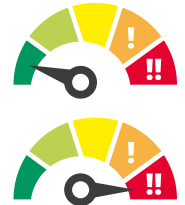
Onnettomuusriskejä esiintyy pääasiassa Hanhilammen valuma-alueella.

Onnettomuusriskit ovat lähtökohtaisesti kaikki nopeasti kehittyviä riskejä. Niiden toteutumishetkeä ei tiedetä ennakolta ja ne voivat sattua äkkiarvaamatta hankalien sääolosuhteiden vallitessa esimerkiksi talvi-myrskyn aikaan yöllä. Ne voivat olla vedenoton kannalta vaarallisia, koska niitä ei osata ennakoita ja niiden todennäköisyyden harvinaisuuden vuoksi ne voidaan jättää huomiotta. Kemikaalionnettomuuden sattuessa voi olla, että aikaa suojaustoimenpiteille ei juuri ole. Riskin tunnistaminen, ennakoivat suojaustoimenpiteet ja varautumissuunnitelma ovat keskeisimmät työkalut onnettomuusriskien minimoimiseksi. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Hanhikankaan pohjavesialuetta ja vedenottoa uhkaavat isoimmat tunnistetut onnettomuusriskit. Kaikki onnettomuusriskit tulipaloja ja MATTI-kohteita lukuunottamatta sijaitsevat Hanhilammen valuma-alueella. Tulipalojen ja MATTI-kohteiden aiheuttamat riskit sijaitsevat sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella. Tulipalon sammutustöiden seurauksena leviäviä sammutusvesiä on käsitelty osana onnettomuutta ja osana hulevesiviemäröinnin aiheuttamaa riskiä kohdassa infrarakenteiden aiheuttamat riskit.

Kemikaalikuljetuksia tekevillä tahoilla ei ole ilmoitusvelvollisuutta kuljetettavista kemikaaleista, niiden määrästä tai reiteistä. Eli kukaan muu kuin kuljetusyhtiö ei tiedä ennakolta kuljetettavista kemikaaleista. Eduskuntakäsittelyssä olevassa vaarallisten aineiden kuljetuksia koskevassa uudistetussa laissa ei myöskään olla ottamassa kantaa ilmoitusvelvollisuuteen. Tämä on huono asia ennakoivan kemikaalionnettomuuksien torjunnan kannalta. Myös tapahtuvassa kemikaalikuljetusonnettomuudessa ei välttämättä ole heti saatavilla tietoa kuljetettavista kemikaalimäärästä, mikäli kuljettaja ei pysty sitä kertomaan. Tarvittaisiin siis ilmoitusvelvollisuus johonkin sovellukseen. Tästä sovelluksesta voitaisiin katsoa rekisterinumeron perusteella liikkeellä olevat kemikaalit ja niiden määrät. Tällaisella tiedolla voitaisiin hankalassa tilanteessa voittaa paljon aikaa. Etelä-Savon pelastuslaitos kerää omatoimisesti tietoa alueella kulkevista kemikaaleista, jotta mahdollisia kemikaalionnettomuuksia voidaan harjoitella ja niihin varautua.

14.1 Vaarallisten aineiden kuljetukset Jyväskylän tiellä

Pohjavesialue: Ei vaarallisten aineiden kuljetuksia
Hanhilammen valuma-alue: Kriittinen nopea riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



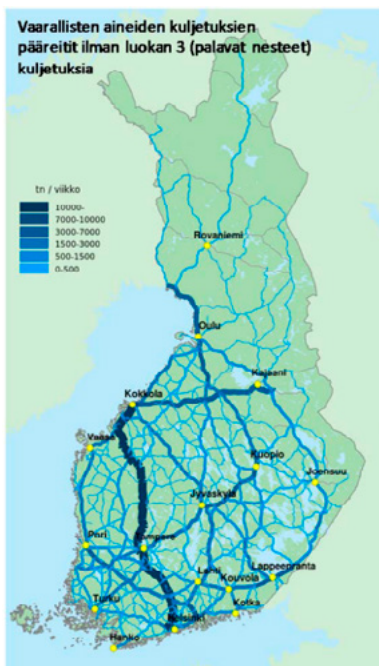
Riskin kuvaus

Hanhikankaan pohjavesialueen läpi ei kulje vaarallisten aineiden kuljetusreittiä. Tiedossa on, että Hanhikankaan vedenottamolle menee vedenkäsittelyssä tarvittavia kemikaaleja (riikkihappoa, polyalumiinikloridia, lipeää ja natriumhydroksidia) pohjavesialueella sijaitsevia teitä pitkin. Näistä ei kuitenkaan ole ajateltu muodostuvan varsinaista kemikaalionnettomuusriskiä pohjavesialueella ja vedenottamolle.

Hanhilammen valuma-alueen läpi sen sijaan kulkee vaarallisia aineita sekä valtatie 5:llä että valtatie 13:lla (Jyväskyläntie) (ks. kuva 59). Näistä Hanhikankaan pohjavesialueelle aiheutuvan uhan kannalta merkityksellisempi on valtatie 13 Jyväskylätien kuljetukset ja niiden aiheuttama uhka. Myös Tuskun teollisuusalueelle kulkee kemikaaleja, mm. suolahappoa Aurajoki Oy:lle ja Aurajoki Oy:lta jätehappoa (noin 200 t/a) Kemira Oy:lle Uuteen kaupunkiin (Etelä-Savon ympäristökeskus, 2006, s.3). Tuskun ST1 kylmäasemalle polttoaineita tuova säiliörekka ajaa Lentokentänkadun risteuksen kautta.

Tyypillisesti VAK/ADR tuotteiden kuljetuksessa autosäiliön tilavuudet ovat noin 20 000 -26 000 l, perävaunun tilavuus noin 30 000 - 42 000 litraa ja puoliperävaunun säiliöt noin 45 000 - 64 000 litraa. (Kalin, 2021)

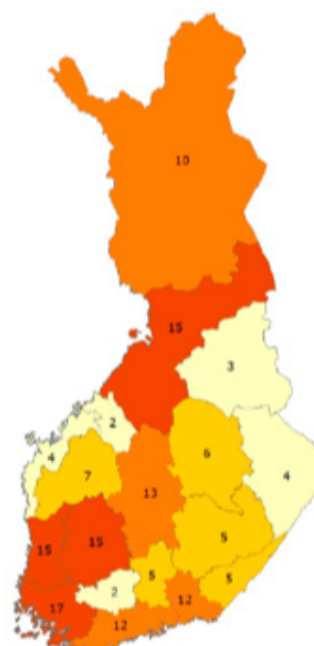
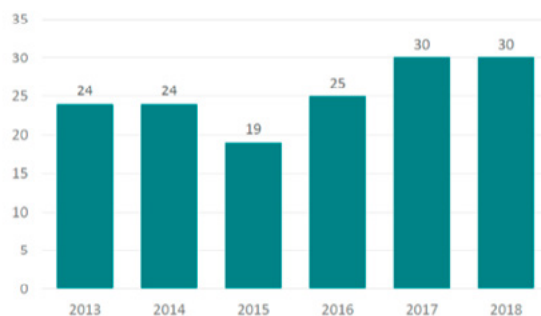
Traficom on tutkinut vaarallisten aineiden tiekuljetusten onnettomuuksia vuosina 2013-2018 (ks. kuva 60). Aineisto on saatu pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto PRONTO:sta. Mukana tarkastelussa on onnettomuudet, joissa ajoneuvo kuljetti vaarallista ainetta tai purki tai lastasi sitä. Aineistosta Traficom on tarkastellut niitä onnettomuuksia, joissa vuotaneen aineen määrä oli vähintään 333 litraa tai kiloa (kaasut ja räjähdde-aineet olivat mukana riippumatta



Kuva 59. Vaarallisten aineiden kuljetusten pääreitit vuonna 2012. Karttakuvaus on toteutettu mallintamalla reittejä lähtö- ja määräpaikkojen perusteella. Uudempia karttatietoja ei ole tehty/saatavilla (Kumpulainen et al., 2013, s. 51, 53, 56).

Onnettomuusmäärä

152 onnettomuutta, joista 61 tapauksessa kuljetettua ainetta ei vuotanut



Kuva 60. Vaarallisten aineiden tiekuljetusten onnettomuudet Suomessa 2013–2018 (Rajamäki, 2019b).

määrästä). Onnettomuuksista 123 tapahtui kuljetuksen aikana. Yleisimpiä onnettomuuksia olivat ajoneuvon suistumiset tieltä ja/tai kaatumiset, joissa muita ajoneuvoja ei ollut osallisena. Em. tapauksissa 40 %:ssa onnettomuuden syyksi oli mainittu liukkaus tai varoitus huonosta ajokelistä. Seuraavaksi yleisimpiä syitä olivat VAK-ajoneuvon ja vastakkaiseen suuntaan ajaneen ajoneuvon yhteentörmäys ja VAK -ajoneuvo suistui tieltä ja/tai kaatui. **Traficomin tutkimuksen mukaan Etelä-Savon alueella tapahtui 5 vakavaa kemikaalionnettomuutta tiekuljetuksissa vuosina 2013-2018. (Rajamäki, 2019a, 8; Rajamäki, 2019b)**

Jyväskylätien Hanhilammen valuma-alueen osuudella on ainakin kolme kemikaalirekkaonnettomuutta mahdollistavaa riskitekijää (ks. kuva 61-67). Savilahdenkadun ja Jyväskylätien eritasoliittymä (nro 1), Lentokentänkadun ja VT13 Jyväskylätien liittymä (nro 2) sekä em. liittymien väli (nro 3). Savilahdenkadun ja Jyväskylätien eritasoliittymä on jo ELY-keskuksen ja Mikkelin kaupungin yhdessä tunnustama liikenneturvallisuuden perusrannuskohde, jolle on liikenneturvallisuussuunnitelmassa esitetty toimenpiteeksi kiihdytyskaistan rakentamisesta. (toimenpideluokka 3, (luokat 1-3, josta 3 vähemmän kiireellisimmät)) (Yli-Halkola, 2021). Lentokentänkadun ja Jyväskylätien liittymä taas on kuljetusyrytysten tunnustama riskikohde (Kaukokiito ja Kesko).



Kuva 61. Liikenneturvallisuuspuutteiden sijainti Jyväskylällä. Liikenneturvallisuuspuutteet aiheuttavat riskin kemikaalionnettomuudelle.

Liikenne- ja kemikaalionnettomuus-riskiä nostavat seuraavat tekijät:

1. Savilahdenkadun ja VT13 Jyväskylätien eritasoliittymä

- Heikko näkyvyys Jyväskylän suuntaan
- Liittyvän auton asento voi estää riittävän hyvän Jyväskylän suunnasta saapuvan ajoneuvon huomioinnin
- Ei kiihdytyskaistaa, optinen ohjaus antaa ymmärtää toisin
- 80 km/h nopeusrajoitus Jyväskylällä
- Ei kaiteita vaikka tie on penkereellä
- Hulevesillä on suora yhteys Sannastinpuroon, josta lyhyt yhteys Siekkilänjokeen. Sannastinpuro kulkee VT13 sivuojaassa.



Kuva 63. Savilahdenkadun eritasoliittymä. Ajoneuvo liittymässä Jyväskylälle. Heikko näkyvyys vasemmalle.



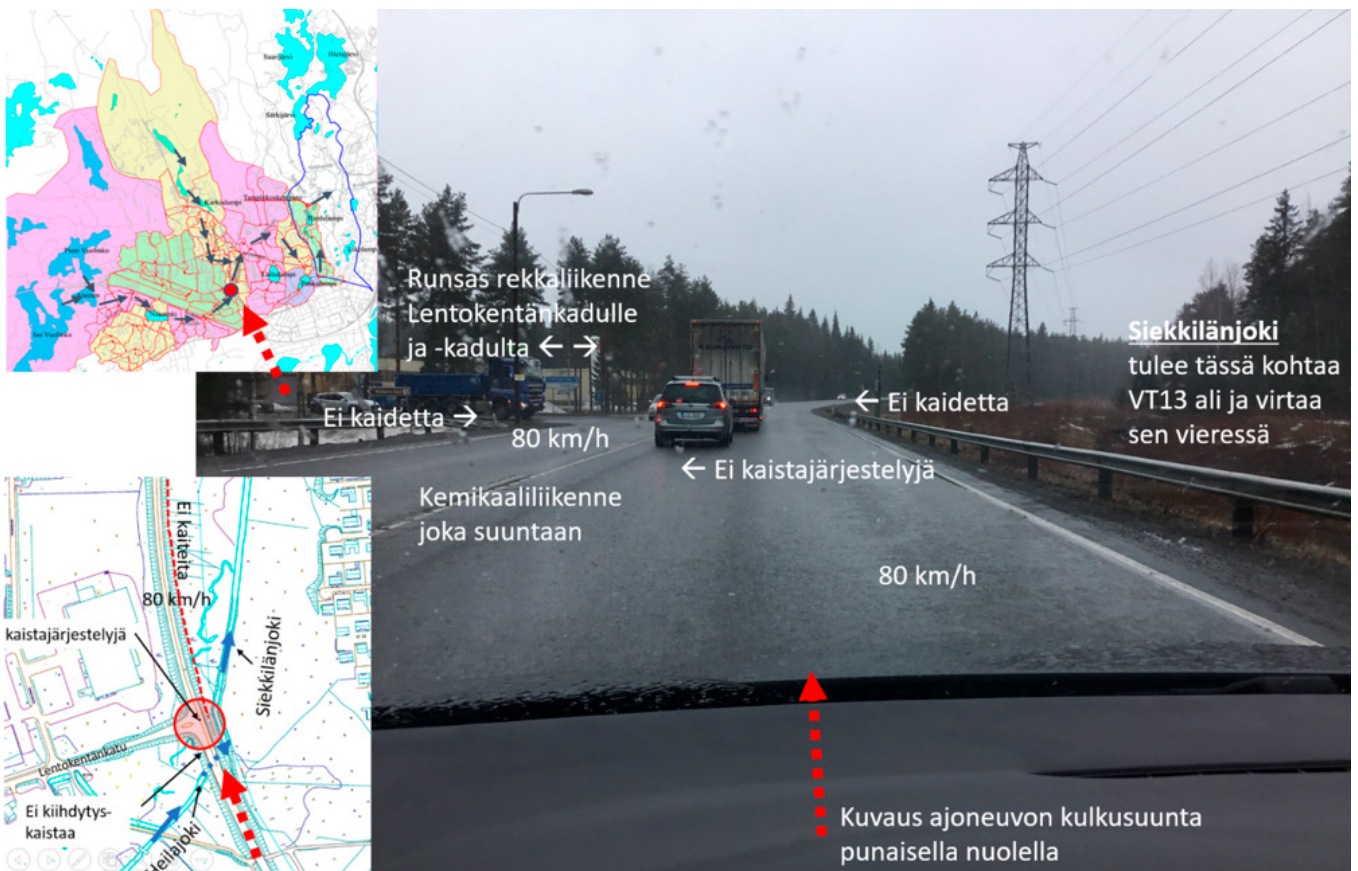
Kuva 62. Savilahdenkadun eritasoliittymä. Ajoneuvo liittymässä Jyväskylälle.



Kuva 64. Savilahdenkadun eritasoliittymä. Ajoneuvo liittymässä Jyväskylälle. Ei kiihdytyskaistaa tai kaiteita ja Sannastinpuroon on suora yhteys.

2. Lentokentänkadun ja VT13 Jyväskylän tien risteys

- Lentokentäntiellä on teollisuutta ja sinne on keskittynyt rekkaterminaaleja. Voimakkaasti kasvava liikennemäärä, myös HCT-rekat liikennöivät tänne, rekoilla ongelmia liittyä turvallisesti Jyväskylän tien liikenteeseen
- VT13:lla ei ole kaistajärjestelyjä risteyskohdalle, vaan ainoastaan väistötila Jyväskylän suuntaan menijöille
- 80 km/h nopeusrajoitus Jyväskylän tiellä
- Ei kaiteita estämässä rekan kaatumista ojaan
- Hulevesillä on suora yhteys Siekkilänjokeen



Kuva 65. Lentokentänkadun liittymä Jyväskylän tielle. Liikennemäärät kasvavat tulevaisuudessa joka suuntaan ja erityisesti raskas liikenne kasvaa Lentokentänkadun suuntaan. Kemikaaleja kuljetetaan joka suuntaan. VEMALA mallinnuksen mukaan tässä sattuva kemikaalionnettomuus (noin 15 000 kg) veteen pääsevää vesiliukoista kemikaalia päätyy 1–4 päivässä Hanhilammelle ja viipyy siellä 2vko -2 kk virtaustilanteesta riippuen. Pieniä haitta-ainepitoisuuksia näkyy Hanhilammen vedessä mallinnuksen mukaan vielä kuukausien jälkeen päästötapahtumasta.

3. Em. liittymien välillä ei ole kaiteita tienreunoilla

a. Hulevesillä lyhyt yhteys Siekkilänjokeen ja Sannastinpuroon

Destian iLiitu palvelun mukaan edellä esitetyissä kohdissa ei ole sattunut poliisin tietoon tulleita tieliikenneonnettomuuksia ainakaan 2016-2020. Onnettomuuden riskiä tulevaisuudessa lisää kuitenkin Jyvä-



Kuva 66. Jyväskylälentien Lentokentänkadun liittymän ja Savilahdenkadun eritasoliittymän välillä ei ole kaiteita, vaikka tie sijaitsee penkereellä. Kaiteettomuus mahdollistaa rekan kellahtamisen.



Kuva 67. Jyväskylälentien Lentokentänkadun liittymän ja Savilahdenkadun eritasoliittymän välillä ei ole kaiteita, vaikka tie sijaitsee penkereellä.

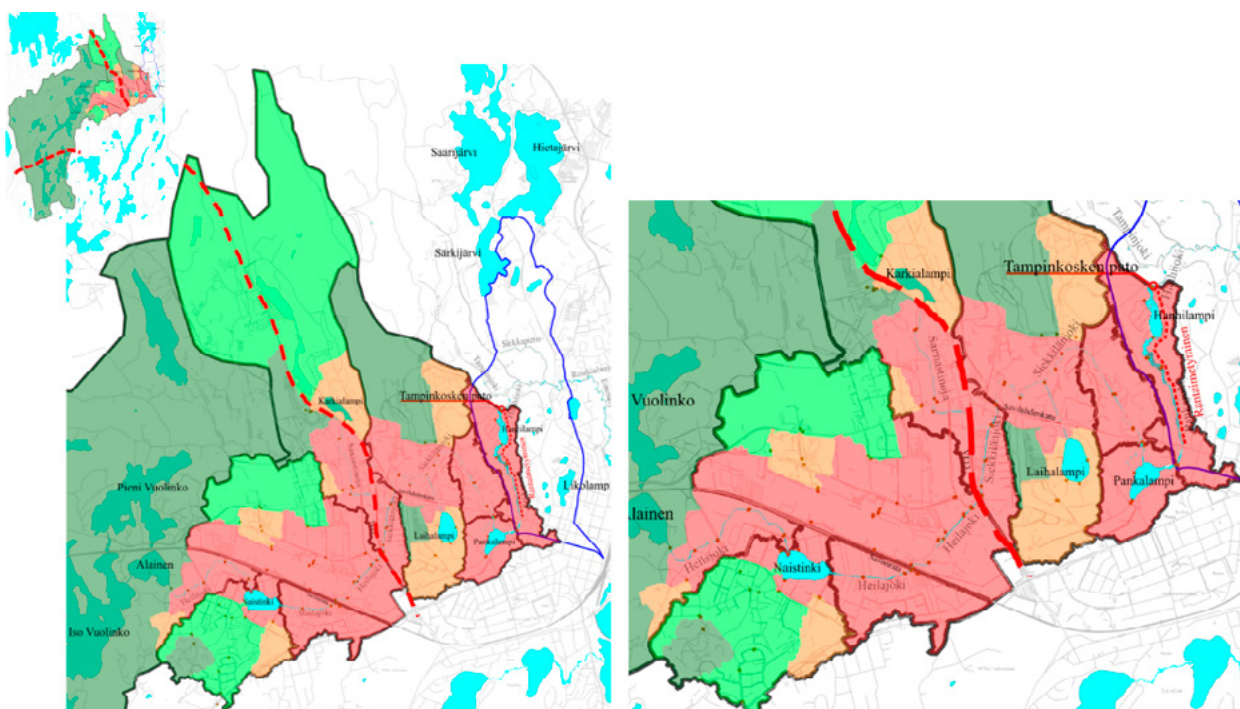
kyläntien ja Lentokentänkadun voimakkaasti kasvavat liikennemäärät ja ilmastonmuutos. Tieräkisterin mukaan vuonna 2020 Jyväskylätien keskimääräinen vuorokausiliikenne oli noin 5 400 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä noin 740 ajoneuvoa. Jyväskylätien ja Otavankadun kiertoliittymän suunnittelun yhteydessä on selvitetty Jyväskylätien liikennemääriä vuonna 2018 ja niiden kehitystä vuoteen 2040 mennessä. **Jyväskylätien keskimääräisen vuorokausiliikenteen on ennustettu kasvavan vuoteen 2040 -mennessä noin 11 %** (5 400 ajoneuvoa/vrk -> 6 000 ajoneuvoa/vrk). (Yli-Halkola, 2021.)

Lentokentänkadun rekkaliikenne on jo tällä hetkellä voimakasta. Pelkästään Kaukokiidon Tuskun terminaalille menee Lentokentänkadun ja VT13 Jyväskylätien liittymän kautta yli sata rekkaa/vrk. Lisäksi Tuskun teollisuusalueella on muita toimijoita, mm. Kesko elintarvikkeiden, Valio, Kuljetus Laatikainen, Mikkelin Vihannes Oy, Casemet Oy, Vitrulan Composites Oy, Aurajoki Oy, Raskone Oy, joilla myös on rekkaliikennettä alueelle. (Kurkela & Miettinen, 2021.) Lisäksi Tuskun teollisuusalue on vasta kehityksessä, joten rekkaliikenne tulee todennäköisesti kasvamaan myös alueen kehittymisen myötä.

Lentokentänkadun liittymän kohdalla mahdollisesti sattuvan kemikaalionnettomuuden seurauksena tapahtuvaa kemikaalin leviämistä vesistössä mallinnettiin Suomen ympäristökeskuksen kehittämällä VEMALA -mallinnusohjelmalla. VEMALA on hydrologinen mallinnusohjelma, jolla simuloitiin myös Kinnin MTBE onnettomuuden leviämistä. Täten se soveltuu erinomaisesti myös ennalta ehkäisevään onnettomuusriskitarkasteluun. Ohjelmaan on mahdollista syöttää haitta-ainetta, sen määrää ja päästöajankohta sekä päästölähteen sijainti. VEMALA mallintaa hydrologista mallia ja ilmastoennusteita hyödyntäen haitta-aineen kulkeutumisen vesistöissä eteenpäin. Mallinnuksen mukaan mahdollisessa kemikaalirekkaonnettomuudessa Jyväskylätieltä Siekilänjokeen päätyvä kemikaali voi päätyä virtaustilanteesta riippuen 1-4 päivässä Hanhilammelle ja viipyä Hanhilammella 2 viikosta 2 kuukauteen. Pieniä pitoisuuksia voi näkyä Hanhilammessa vielä pitkään. Kemikaalionnettomuus voi pysäyttää vedenoton Hanhikankaalta.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Kemikaalikuljetuksiin liittyvä onnettomuusriski sijaitsee korkeimman haavoittuvuusluokan alueella Hanhilammen valuma-alueella (ks. kuva 68).



Kuva 68. Kemikaalikuljetusreitit Hanhilammen valuma-alueella. Kemikaaleja kuljetetaan VT5:llä ja VT13 Jyväskylätien.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Kemikaalikuljetusonnettomuuden toteutumistodennäköisyys on satunnainen ja seuraus erittäin suuri. Vt 13 Jyväskylän tiellä mahdollisesti sattuva kemikaalirekkaonnettomuus voi aiheuttaa kriittisen pintavesivälitteisen riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle ja pahimmillaan pysäyttää vedenoton.

Ilmastonmuutos nostaa onnettomuusriskiä lisäämällä liukkaista ajokelejä ja talvisateita, jotka tekevät ajokeleista hankalampia. Ilmastonmuutos muuttaa myös virtaus- ja viipymäolosuhteita niin, että hyvin nopean virtauksen tilanne pidentyy eli tilanne, jossa aikaa torjuntatoimille ei ole paljon. Toisaalta myös kesän alivirtaamakausi pidentyy ja aikaistuu niin, että tilanne, jossa mahdollinen haitta-aine viipyy pitkään Hanhilammessa, pidentyy.

Toimenpidesuosituksukset

Jyväskylän tien kemikaalirekkaonnettomuusriski on lähes kokonaan poistettavissa. Ratkaisuna voi olla esimerkiksi seuraavat asiat:

- **Kiihdytyskaista Savilahdenkadun ja Jyväskylän tien ramppiin**
- **Lappeenrannan tien tyylinen kaideratkaisu liittymien välille ja kohdalle**
 - Kemikaalirekan tieltä suistumisen estävät kaiteet
 - Reunakivi, jolla estetään kemikaalin pintavalunta sivuojiin
 - Huleveden kerääminen tiealueelta ritiläkaivoilla viivytysaltaisiin, josta purku eteenpäin
- **Uudet kaistajärjestelyt Lentokentän kadun risteykseen**
 - Lentokentän kadulle kääntyville oma kaista. Keskisaareke erottamaan eri suunnat toisistaan
 - Nopeusrajoituksen pienentäminen 60 km/h ennen liittymäaluetta
- **Kaupunki tekee aloitteen Pohjois-Savon ELY:lle pikaisesta ryhtymisestä liikenteellisten turvallisuusriskien ja kemikaalionnettomuusriskien poistamiseksi**

- **Vastuutaho: Mikkelin kaupunki ja Pohjois-Savon ELY-keskus**

Ennen kuin tehtävät liikenteellisen riskin korjaavat toimenpiteet on tehty tulisi tehdä varautumissuunnitelma siihen, kuinka mahdollinen kemikaalionnettomuus torjutaan.

14.2 Vaarallisten aineiden kuljetukset Savonradalla

Pohjavesialue: Ei rautateitä pohjavesialueella
Hanhilammen valuma-alue: Kriittinen nopea riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



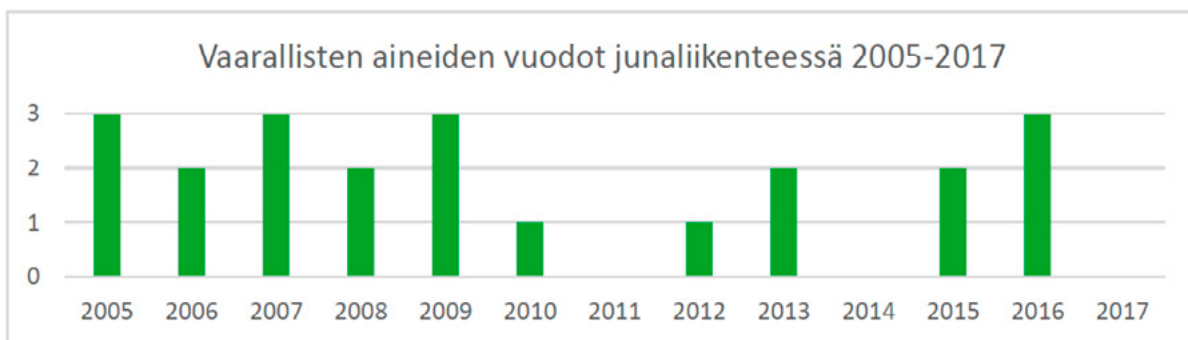
Riskin kuvaus

Kemikaalijunaonnettomuuden riski sijaitsee Hanhilammen valuma-alueella ja siellä erityisesti Savonradan osuudella välillä Otavankatu-Vanhamäentie.

Kemikaalijunaonnettomuusriski muodostuu lähinnä vuotavasta säiliövaunusta tai vaunun teknisestä viasta seuraavasta onnettomuudesta. Junavaunujen pyörien laakerien kiinni leikkaaminen ei ole harvinaista. Laakerin pettämisen yhtedessä vaunun pyörä tai akseli voi pettää ja tästä seurata säiliövaunun suistuminen ja kaatumisen ja rikkoutuminen. (Häkkinen, 2021.)

Junien yhteentörmäys ja sen seurauksena säiliöiden kaatumisen on kyseisellä junarataosuudella kuitenkin erittäin epätodennäköistä. Liikenteenohjausjärjestelmä turvaa junan kulun niin, että vain yksi juna pystyy liikkumaan radalla kerrallaan. Lisäksi junarata, osuudella väli Otavankatu-Vanhamäentie, on lähes suora ja pelkkää ratalinjaa, jossa ei ole vaihdetta. Junien yhteentörmäys on koko Suomen alueella äärimmäisen harvinaista. Kyseisellä junarataosuudella ei ole myöskään ratapihatoimintaa, joten mahdollinen vaihdoissa tapahtuva onnettomuus ei ole mahdollinen. (Häkkinen, 2021.)

Koko Suomen alueella junaliikenteessä on raportoitu viime vuosina 0-3 vaarallisen aineen vuototapausta/vuosi (kuva 69). Luku ei pidä sisällään vaihtotyössä ta-



Kuva 69. Vaarallisten aineiden vuodot junaliikenteessä koko Suomen alueella (VR:n tilastot) vuosilta 2005–2017 (Vainiomäki, 2018, s. 2).

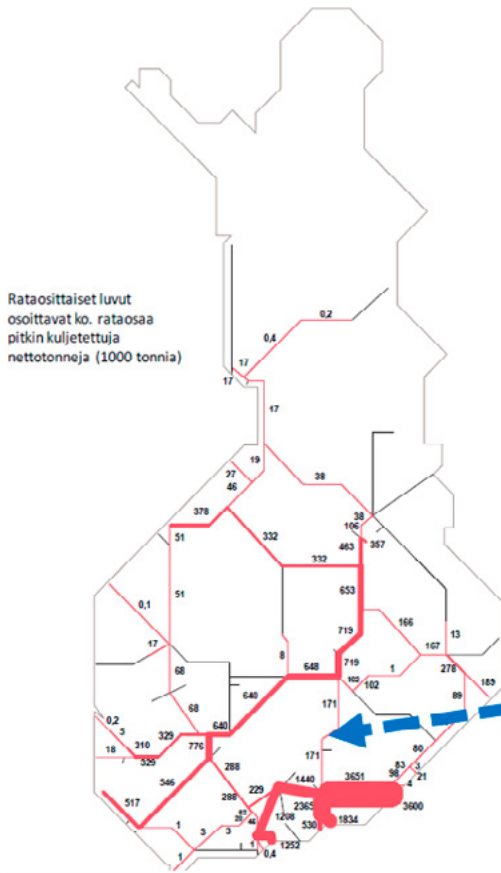
pahtuvia onnettomuuksia. Pääosa junaliikenteessä tapahtuneista vuototapauksista on jäänyt seurauksiltaan pienimuotoisiksi, mutta toisinaan on sattunut myös vaarallisempia vuotoja kuten vuonna 2015 Uuteenkauunkiin matkalla olleesta junasta sattunut ammoniakki-vuoto. Puolet vuosina 2012-2017 raportoiduista vaarallisten aineiden vuodoista junaliikenteessä on ollut kaasuvuotoja ja puolet nestevuotoja. Vuotoja lukuun ottamatta vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvät onnettomuudet ovat olleet viime vuosina harvinaisia. Vuosina 2014-2018 on tapahtunut muutamia vaarallisia aineita kuljettaneiden tavarajunien katkeamisia ja yksi suistuminen. Yli 70 % Suomen rataverkoilla liikkuvista vaarallisten aineiden kuljetuksesta tapahtuu venäläisillä vaunuilla. Venäläisiä tavaravaunuja on pidetty pitkään kotimaisia vaunukalustoa huonokuntoisempana. Viime vuosina venäläisten tavaravaunujen kunto on kuitenkin selvästi parantunut. Onnettomuus- ja vaaratilanneilmoitusten tyypillisesti melko suppean sisälön perusteella on vaikea arvioida, onko venäläisten vaunujen kunnolla ollut merkitystä tilanteen syntyyn silloin, kun venäläistä kalustoa on ollut mukana. (Vainiomäki, 2018, s. 2, 5.)

Vuonna 2017 koko Suomen alueella rautateillä kulki noin 5 miljoonaa tonnia vaarallisia aineita. Kemian-teollisuuden kuljetukset muodostavat pääosan vaarallisten aineiden kuljetuksista rautateillä. Yleisimmät kuljetetut vaaralliset aineet olivat vuonna 2017 palavasteet (55 %), syövyttävät aineet (20 %) ja kaasut (17,2 %). (Vainiomäki, 2018, s. 1-2.) Savonradalla on kulkenut vuosittain noin 100 000-200 000 tonnia VAK-kuljetuksia, jotka ovat olleet lähinnä VAK3 -luokan palavia nesteitä (Takala, 2021). Savonradalla on vuonna 2012 Trafín tekemän selvityksen mukaan kulkenut noin 171 000 tonnia vaarallisia aineita (ks. kuva 70). (Kumpulainen et al., 2013, s. 66.) Uudempia ratakohtaisia tietoja ei ole saatavilla. Savonradalla tällä hetkellä kulkevista vaarallisista aineista ja niiden määrästä ei ole tarkkaa tietoa.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

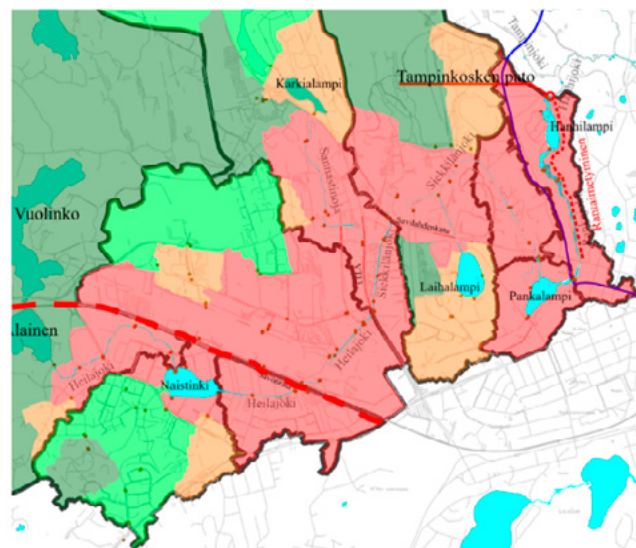
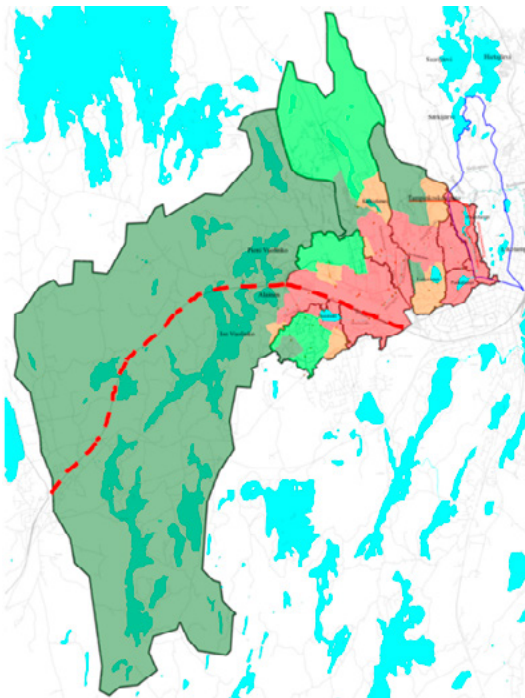
Hanhilammen valuma-alueella sijaitsee Savonradan osuus välillä Otavankatu – Otava (ks. kuva 71). Siitä Otavankadun ja Vanhamäentien välinen osuus sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella ja loppuosuus Vanhamäentie-Otava matalan haavoittuvuusluokan alueella.

Liite 9: Vaarallisten aineiden rautatiekuljetusreittien karttakuvaus²⁰



²⁰ Lähde: VR Transpoint ja Liikennevirasto

Kuva 70. Vaarallisten aineiden rautatiekuljetusreittien karttakuvaus vuodelta 2012 (Kumpulainen et al., 2013, s. 66).



Kuva 71. Savonradan sijainti punaisella katkoviivalla Hanhilammen valuma-alueella. Savonrata kulkee korkean ja matalan haavoittuvuusluokan alueilla. Hanhikankaan pohjavesialueen kannalta riski tulee Savonradan osuudelta väliltä Alainen-Otavankatu.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Vaarallisten aineiden rautatiekuljetusten aiheuttama riski Hanhikankaan pohjavesialueelle on kriittinen (todennäköisyys 1 ja seuraus 5). Vaikka todennäköisyys junaonnettomuudelle on erittäin harvinainen, sen seuraukset voivat olla erittäin suuret. Säiliöjunavaunuissa voidaan kuljettaa paljon kemikaaleja. Pelkästään yhden bensiini- ja öljytuotteille soveltuvan ison kahdeksan akselisen vaunusäiliön tilavuus voi olla 160 m³ (VR Transport, 2021). Mahdolliset vuodot voivat siis olla todella isoja. Kuljetettavien kemikaalien on mahdollista junaonnettomuuden seurauksena päästä nopeasti Heilajokeen, josta edelleen pahimmillaan alle päivässä rantaimetymisalueelle.

Ilmastonmuutos lisää riskiä. Ilmastonmuutos muuttaa virtaus- ja viipymäolosuhteita niin, että hyvin nopean virtauksen tilanne eli tilanne, jossa aikaa torjunta toiminnalle ei ole paljon, pidentyy. Toisaalta myös kesän alivirtaamakausi pidentyy ja aikaistuu niin, että tilanne, jossa mahdollinen haitta-aine viiyy pitkään Hanhilammessa, pidentyy.

Toimenpidesuosituks

Kemikaalijunaonnettomuuden sattumiseen olisi syytä varautua varautumissuunnitelman avulla. Varautumissuunnitelmassa tulisi esittää vastuut ja toiminta tyypillisimpien radoilla kulkevien kemikaalien onnettomuuksien varalle. Tätä varten tulisi kartoittaa tyypillisimmät Savonradalla kulkevat kemikaalit ja niiden mahdolliset määrät.

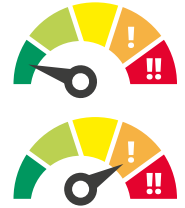
Pelkkä varautumissuunnitelma ei kuitenkaan riitä, vaan tarvitaan myös tilaa ja mahdollisuuksia mahdollisen onnettomuuden seurausten torjumiseksi. Savonradan osuuden välillä Otavankatu- Vanhamäentie osalta tulisi varmistaa, että radan molemmin puolin on tilaa mahdollisen kemikaalionnettomuuden hallinnan varalta. Olisi hyvä, jos radan vierustoja pystyisi suluttamaan ja estämään mahdollisen onnettomuuden seurauksena karanteen kemikaalin leviäminen vesistöön. Paikalle pitäisi kyetä pääsemään myös nopeasti imuautolla. Nämä seikat tulisi ottaa huomioon alueen kehityksessä. Esimerkiksi lentokentän ja Savonradan väliseen ojaan on mahdollista tehdä onnettomuuden

hallintaan tähtääviä ratkaisuita kuten helmimäinen hulevesiallastus, joka voidaan tarvittaessa suluttaa ja jonka vierelle pääsee nopeasti ja helposti imuautolla.

Tehtävillä varautumistoimenpiteillä sekä varautumissuunnitelmalla riskiluokka voidaan saada tippumaan kohtalaiseen riskiluokkaan.

14.3 Teollisuusalueet

Pohjavesialue: Ei teollisuusalueita pohjavesialueella
Hanhilammen valuma-alue: Merkittävä nopea ja hidas riski

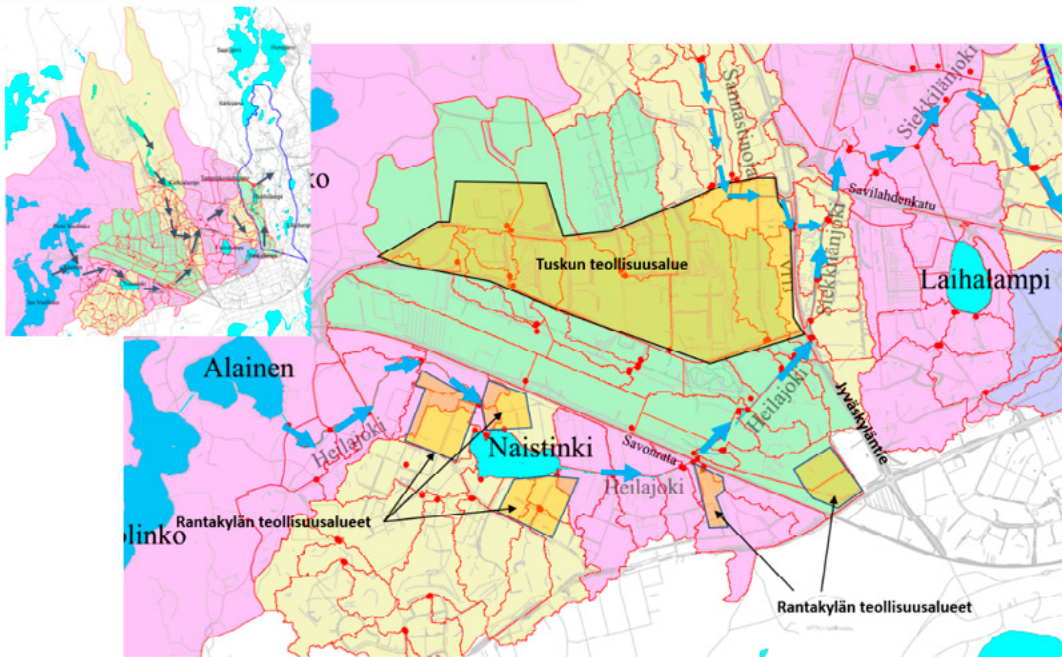


Riskin kuvaus

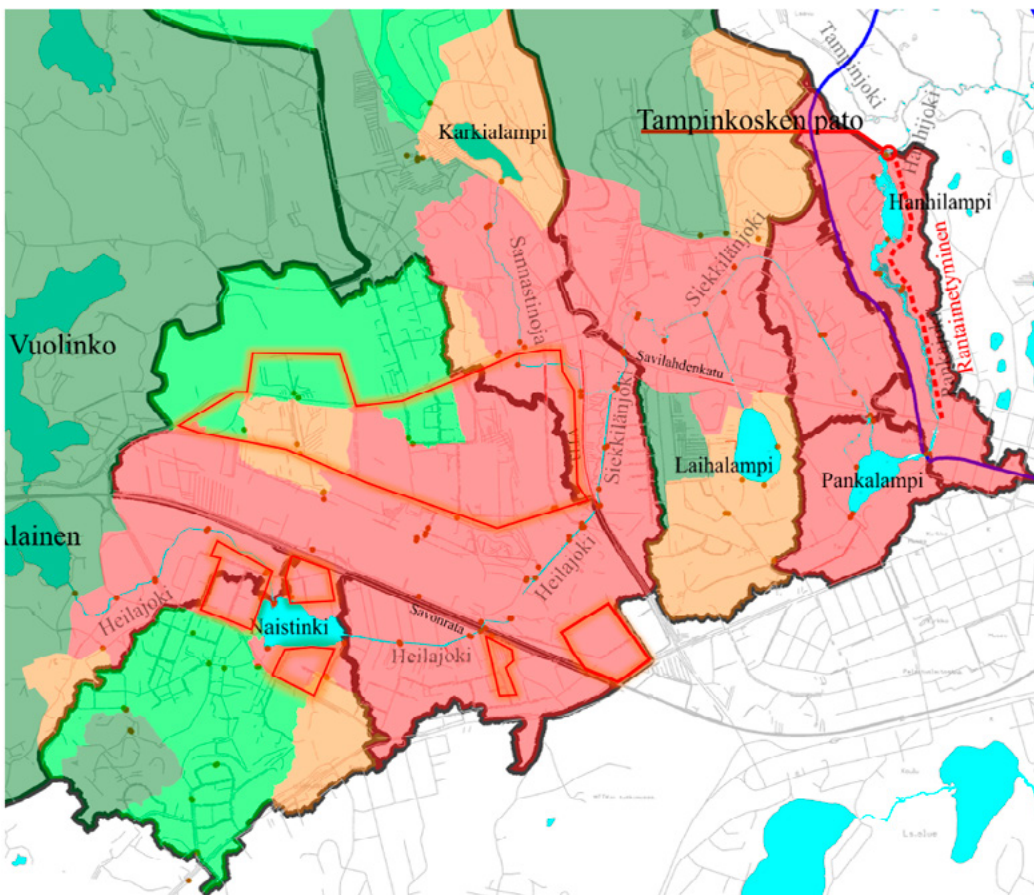
Teollisuusalueen pintavesivälitteinen riski voi tapahtua nopeasti kemikaalionnettomuuden tai tulipalon seurauksena tai hitaasti nuhraantumisen seurauksena. Teollisuusalueet sijaitsevat Tuskun ja Rantakylän alueilla (ks. kuva 72). Teollisuusalueiden toimintaa ei tunneta kunnolla.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Teollisuusalueet sijaitsevat lähes kaikki korkean riskin alueilla Heilajoen varrella välillä Alainen-Jyväskyläntie (ks. kuva 73). Kaikkilta em. teollisuusalueilta tulevat sade- ja sulamisvedet päätyvät nopeasti vesistöön.



Kuva 72. Teollisuusalueiden sijainti Hanhiallammen valuma-alueen jokijaksoilla. Huom. kartta on suurpiirteinen kuvaus teollisuusalueiden sijainneista, siitä puuttuu esimerkiksi juontotien varressa oleva pieni teollisuusalue.



Kuva 73. Teollisuusalueiden sijainti Hanhiallammen valuma-alueella. Teollisuusalueet sijaitsevat suurelta osin korkean haavoittuvuusluokan alueilla. Tuskun kaupunginosan teollisuusalueet ovat vielä osittain rakentamatta. Rakentamisen lisääntyessä oranssi alue muuttuu punaiseksi, koska sekä hulevesien määrä, että niiden johtaminen nopeutuu alueen rakentamisen myötä. Huom. kartta on suurpiirteinen kuvaus teollisuusalueiden sijainneista, siitä puuttuu esimerkiksi juontotien varressa oleva pieni teollisuusalue.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Teollisuusalueiden aiheuttama pintavesivälitteinen riski on merkittävä (todennäköisyys 2 ja seuraus 4). Teollisuusalueilla on myös olemassa riski sille, että pienistä päästöistä ei ilmoiteta.

Toimenpidesuosituks

Teollisuusalueiden toiminnot tulisi kartoittaa ja selvittää mahdolliset riskitekijät ja toimintamallit. Teollisuusalueiden hulevesien käsittelyä tulisi parantaa ja varautua mahdollisiin onnettomuustilanteisiin.

14.4 Lentokenttä

Pohjavesialue: Ei lentokenttää pohjavesialueella
Hanhilammen valuma-alue: Kohtalainen nopea ja hidaski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Lentokentän aiheuttama pintavesivälitteinen riski jakaantuu nopeaan ja hitaaseen riskiin. Nopea riski muodostuu liikenneonnettomuuden tai tankkausonnettomuuden mahdollisuuksista ja hidaski liukkaudentorjunta-aineiden ja jäänestoaineiden käytöstä. (Lentokentällä ei käytetä torjunta-aineita.)

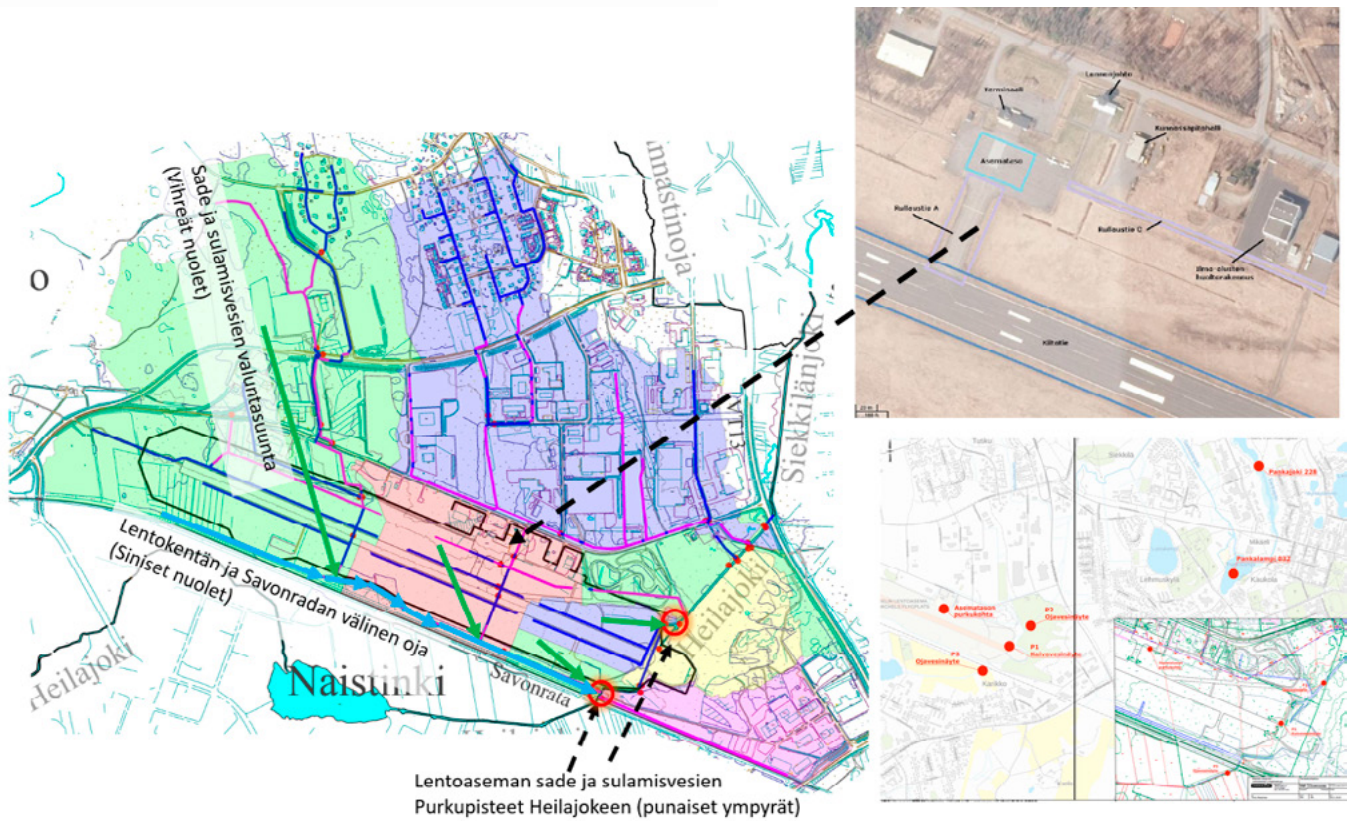
Lentokentän alueen sade- ja sulamisvedet kulkeutuvat lentokenttäalueen hyvän kuivatuksen ansiosta nopeasti Heilajokeen. Lentokenttäalue jakaantuu neljään pienvaluma-aluekokonaisuuteen (ks. kuva 74). Onnettomuusriski muodostuu siitä, jos lento- tai tankkausonnettomuuden seurauksena vesistöön pääsee suuria määriä polttoainetta ja sammutusvesiä. Liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineiden aiheuttama riski syntyy niiden kulkeutumisesta sade- ja sulamisvesien mukana vesistöön ja niiden aiheuttamasta kemiallisen hapenkulutuksen kuormasta ja typpikuormasta lentokentän alapuoliseen vesistöön.

Mikkelin lentoasema on aloittanut toimintansa vuonna 1937. Lentokentällä on suoritettu reittiliikennetointa vuosina 1951-2005, mutta vuoden 2005 jälkeen kentällä ei ole enää ollut säännöllistä reittiliikennettä. Vuosina 2005-2015 lentoliikenne on muodostunut yleisilmailusta, tilauslentoista, harrastetoiminnasta sekä sotilasilmailusta. Laskeutumisten kokonaismäärä Mikkelin lentoasemalla on ollut vuosina 2005-2015 noin 1300 kpl/vuosi. Vuoden 2015 loppupuolella lentoaseman yhteyteen avattiin Suomen ensimmäinen pysyvä miehittämättömien ilma-alusten koelentokeskus. (Mikkelin lentoaseman ympäristölupa, 2017, s 5, 6.) Vuoden 2020 alusta saakka Mikkelin lentoasema on toiminut korpikenttänä eli kentällä ei ole ollut lennonjohtoa. Vuonna 2021 kenttä on tarkoitus saada taas liikennelentokuntoon. (Kahilakoski, 2021.) Mikkelin lentokentällä on yksi asfalttipäällysteinen 1700 metriä pitkä kiihtotie, jonka pinta-ala on 7,6 ha, asematason pinta-ala on 0,2 ha ja rullausteiden pinta-ala on yhteensä 0,38 ha. Mikkelin lentoasemalle laskeudutaan yleisimmistä länteen. (Mikkelin lentoaseman ympäristölupa, 2017, s 6, 7.)

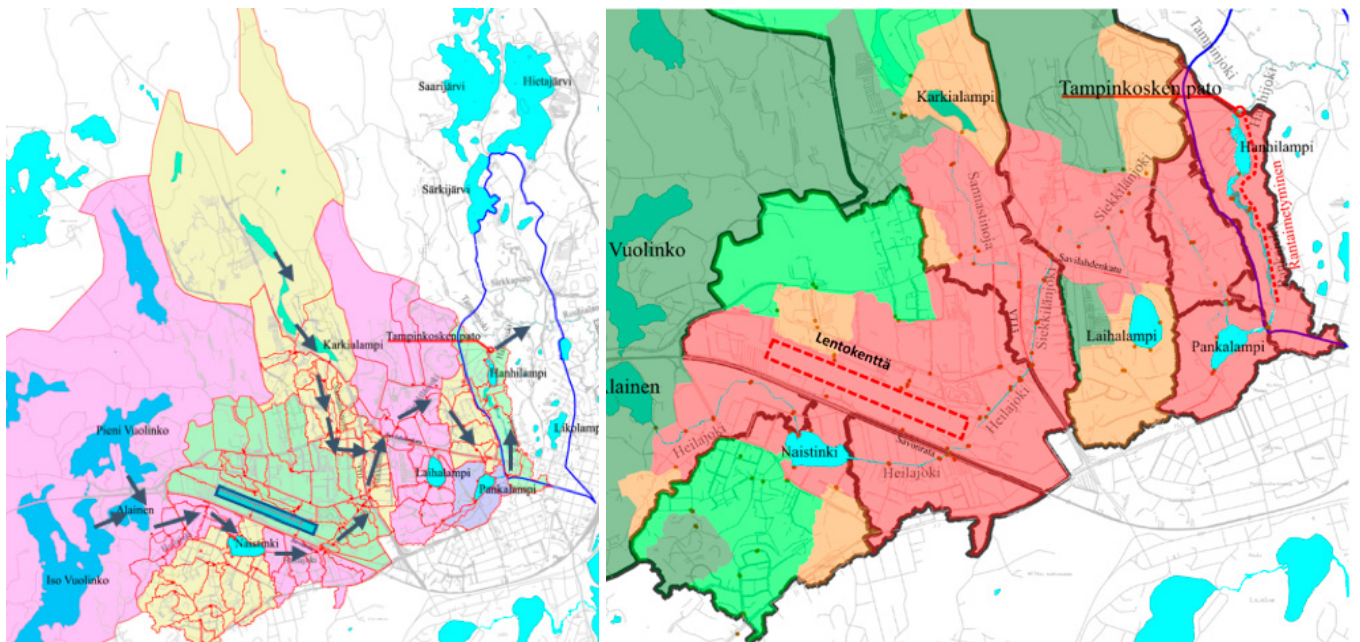
Lentokentällä on voimassa oleva ympäristölupa IS-AVI/971/2016 ja vesistöntarkkailuvelvoite liittyen liukkaudentorjunta-aineiden käyttöön. Nykyinen ympäristölupa sallii enää käytettävän ureaa 2,5 t/v. Muuten täytyy käyttää ympäristölle haitattomampia liukkaudentorjunta-aineita. (Mikkelin lentoaseman ympäristöluvan 23.2.2017 nro 8/2017/1 urean käyttöä koskevan lupamääräyksen 2 muuttaminen ja toiminnanaloittamislupa, 2019, s 10.) Lentokentän toimintaa on esitetty tarkemmin liitteessä 18.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Lentokenttä sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella Hanhilmamen valuma-alueella (ks. kuva 75). Sen alueelta vedet päätyvät nopeasti Heilajokeen ja siitä edelleen Hanhilammelle.



Kuva 74. Lentokentän alue (musta raja) sijaitsee neljän eri pienväluma-alueen alueella. Sinistä valuma-aluetta lukuun ottamatta kaikkien valuma-alueiden purkupisteet sijaitsevat Lentokentän ja Savonradan välisessä ojassa, joka purkaa vetensä Heilajokeen. Sininen valuma-alue purkaa suoraan hulevesiviemäristä Heilajokeen. Oikealla alhaalla on esitetty lentokentän vesistötarkkailupisteet ja ylhäällä oikealla lentoaseman toiminnot.



Kuva 75. Lentokenttä sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella Heilajoen jokijaksolla välillä Savonrata-Jyväskyläntie.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Lentokentän aiheuttama pintavesivälitteinen riski on kohtalainen (todennäköisyys erittäin harvinainen ja seuraus suuri). Riski määräytyy suurimman tekijän mukaan, joka tässä tapauksessa on lentoliikenneonnettomuus. Onnettomuuden seurausriskiä pienentää lentoasemalla lentoliikenteen aikana tapahtuva valvonta ja onnettomuustilanteisiin koulutettu henkilöstö. Liukkaudentorjunta-aineiden käytön aiheuttamaa pintavesivälitteistä riskiä pienentää urean käytön vähentäminen ja ympäristöluvan mukainen vesistöseuranta, jolloin päästöjen vaikutuksia voidaan kontrolloida. Jäänestoaineiden käytön aiheuttama ympäristökuorma on pientä verrattuna liukkaudentorjunta-aineiden käytön aiheuttamaan ympäristökuormaan.

Ilmastonmuutos nostaa onnettomuusriskiä lisäämällä talvisateita, jotka tekevät lentokeleistä hankalammat. Ilmastonmuutos muuttaa myös virtaus- ja viipymäolosuhteita niin, että hyvin nopean virtauksen tilanne eli tilanne, jossa aikaa torjunta toiminnalle ei ole paljon, pidentyy. Toisaalta myös kesän alivirtaamakausi pidentyy ja aikaistuu niin, että tilanne, jossa mahdollinen haitta-aine viipyy pitkään Hanhिलammessa, pidentyy.

Toimenpidesuosituks

Lentoaseman ympäristökuorman tarkkailua tulisi tehdä myös ajankohtana, jolloin liukkaudentorjunta-aineita ja jäätymisenestoaineita käytetään. Kemiällisen hapenkulutuksen mittaus tulisi muuttaa CODMn:n mittaamiseksi, jotta lukua voidaan verrata muissa seurannoissa mitattuihin kemiällisen hapenkulutuksen lukuihin.

Lentokentän liukkaudentorjunta-aineista aiheutuvaa ympäristökuormaa on syytä pyrkiä hallitsemaan kentän lähistöllä, jottei kuormiteta turhaan Lentokentän alapuolista vesistöä. Pankalammessa on nähtävissä selkeästi hulevesien lammen tilaa huonontava vaikutus. Lentoaseman ja Savonradan väliseen ojaan suositellaan tehtäväksi helmiketjumainen hulevesien hallintarakente siten, että Lentoaseman kuivatus ei kuitenkaan kärsi. Sen lisäksi, että hallintarakenteella saataisiin sidottua hulevesien mukana kulkevia ravinteita ja haitta-aineita hallintarakenteella voitaisiin hallita lentokentän tai Savonradan suunnalta tulevaa

onnettomuustilannetta. Nykyistä ajoväylää voitaisiin hyödyntää hulevesirakenteen ylläpidossa ja mahdollisessa onnettomuustilanteessa säiliöautojen pääsyn mahdollistamiseksi lähelle päästölähdettä.

Kesähuollon niittojätteet olisi syytä kerätä pois alueelta, jotta niistä ei vapautuisi niiden hajotessa ylimääräistä kuormaa vesistöihin.

14.5 Huolto- ja jakeluasemat

Pohjavesialue: Ei huolto- ja jakeluasemia
Hanhilammen valuma-alue: Kohtalainen nopea ja hidas riski



Riskin kuvaus

Huolto- ja jakeluasemilla säilytettävien ja myytävien polttoaineiden ja kemikaalien vuodot voivat olla riski Hanhikankaan pohjavesialueelle. Vuoto voi sattua tankkaustilanteessa, säiliöiden täyttötalanteessa (lastin purku) tai säiliöiden vuotona tai onnettomuuden seurauksena. Hanhikankaan pohjavesialueella ei ole toiminnassa olevia jakeluasemia. Riski voi siis muodostua Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevista huolto- ja jakeluasemista.

Hanhilammen valuma-alueella on neljä jakeluasemaa. Teboil Mikkeli Johtokatu osoitteessa Kaapelikatu 2, St1 automaatti Mikkeli Insinöörinkatu osoitteessa insinöörinkatu 11, ABC S-market Rantakylä osoitteessa Vanhamäentie 1, ST1 Rantakylä osoitteessa Rantakyläntie 2.

Johtokadun Teboilin toiminta on aloitettu vuonna 1968. Jakeluaseman tekninen rakenne on standardin SFS 3352 version 2004 vaatimusten mukainen. Kaikkien polttoainesäiliöiden yhteenlaskettu kokonaistilavuus on 110 m³. Jakeluasemalla on myynnissä dieseliä, 95E, 98E ja PÖ. Kaikki säiliöt ovat 2-vaippaisia ja ne on varustettu ylitäytönestimin ja vuodon- ja pinnanilmausjärjestelmin. Säiliöt on tarkistettu viimeksi vuonna 2016. Polttoöljysäiliö on otettu käyttöön 1998 ja muut säiliöt 1993. Kaikki säiliöt kuuluvat A-luokkaan. Jakeluasemalla on myös autonpesu- ja huoltotoimintaa. Jakelualueen, säiliöiden täyttöpäikan ja pesuhallin ja

huoltohallin jätevedet ohjataan öljynerottimen kautta jätevesiviemäriin. (Rekisteröintilomake TB Mikkeli Johtokatu, 2018.) Kohteen maaperää on kunnostettu massanvaihdoilla 2001. Kunnostuksessa on saavutettu Etelä-Savon ympäristökeskuksen asetettamat tavoitepitoisuudet. (Lenkkeri, 2017.)

Insinöörinkadun automaattiaseman toiminta on alkanut vuonna 2003 ja St1 on aloittanut siinä toimintansa 2018. Jakeluaseman tekninen rakenne on standardin SFS 3352 mukainen. Jakeluasemalla on myynnissä 95E, 98E ja dieseliä. Jakeluasemalla on yksi 60 m³ 2-vaippainen säiliö, joka on jaettu 30/10/20 m³ osastoihin ja varustettu ylitäytönestimillä, elektronisella varastovalvonnalla sekä vuodonilmausjärjestelmällä. Säiliö on otettu käyttöön vuonna 2003 ja se on tarkistettu 2018. Säiliö kuuluu A-luokkaan. Jakelualueen ja säiliöiden täyttöpai-kan jätevedet ja tiivistyskerroksen salaojavedet ohjataan öljynerottimen kautta jätevesiviemäriin. (Rekisteröintilomake ST1 Automaatti Mikkeli Insinöörinkatu, 2018.)

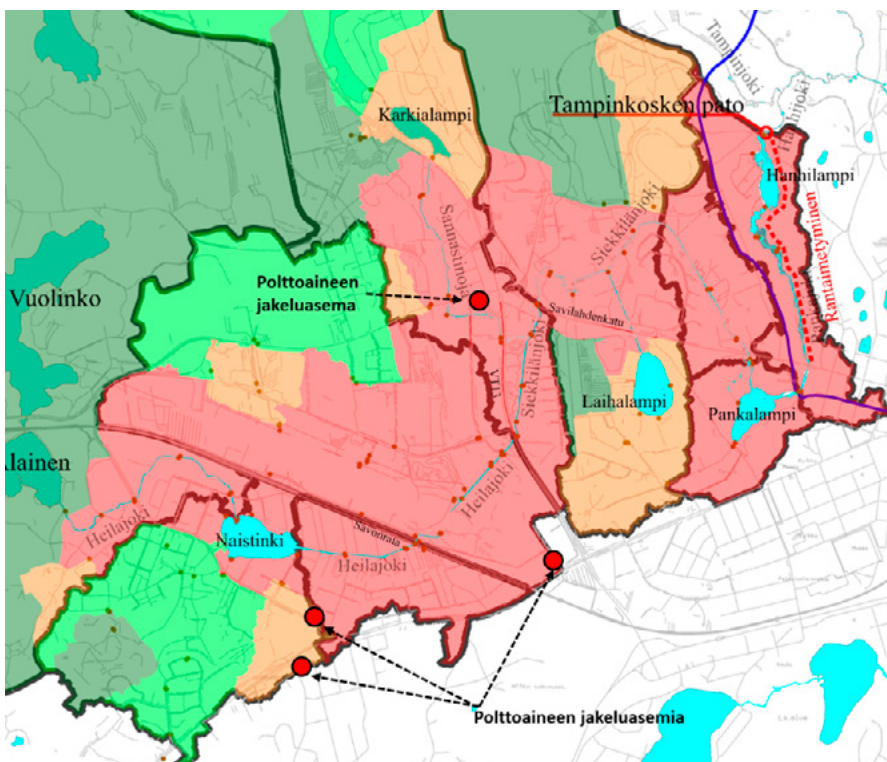
Rantakylä ABC:n automaattiaseman toiminta on aloitettu vuonna 2003. Jakeluaseman rakenne on standardin SFS 3352 version 2004 vaatimusten mukainen. Kaikkien polttoainesäiliöiden yhteenlaskettu tilavuus on 41 m³. Jakeluasemalla on myynnissä 95 E ja Dieseliä. Molemmille polttoaineille on 20,5 m³ kokoiset vuonna

1991 käyttöön otetut kaksivaippasäiliöt, jotka on varustettu ylitäytönestimin, vuodonilmausjärjestelmällä sekä pinnanmittausjärjestelmällä. Jakelualueen ja säiliöiden täyttöpai-kan jätevedet ja tiivistyskerroksen salaojavedet ohjataan öljynerottimen kautta jätevesiviemäriin. (Rekisteröintilomake ABC S-market Rantakylä, 2018.)

ST1 Rantakylä jakeluaseman toiminta on aloitettu vuonna 2003. Jakeluaseman rakenne on standardin SFS 3352 version 2004 vaatimusten mukainen. Kaikkien polttoainesäiliöiden yhteenlaskettu kokonaistilavuus on 70 m³ (20 + 20 + 20 + 10). Kaikki säiliöt ovat vuonna 2002 käyttöön otettuja 2-vaippaisia ja ne on varustettu ylitäytönestimin ja vuodon- ja pinnanilmausjärjestelmin. Jakelualueen ja säiliöiden täyttöpai-kan jätevedet ohjataan öljynerottimen kautta jätevesiviemäriin. (Rekisteröintilomake ST1 Rantakylä, 2020.) Kiinteistöllä on pilaantuneen maan kunnostustarve (Penttinen & Hyytiäinen, 2019).

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Jakeluasemat sijaitsevat korkean haavoittuvuusluokan ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla Hanhilammen valuma-alueella (ks. kuva 76).



Kuva 76. Polttoaineen jakeluasemat Hanhilammen valuma-alueella punaisilla ympyröillä merkittynä. Vesistön kannalta riskialttein sijainti on Tuskun ST1 asemalla, joka sijaitsee Sannastiojan läheisyydessä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Huolto- ja jakeluasemalla sattuvan öljyvuodon todennäköisyys on arvioitu suurimmillaan harvinaiseksi ja seuraus suurimmillaan kohtalaiseksi. Riski muodostuu lähinnä mahdollisesta onnettomuustilanteesta ja pintavaluntana etenevästä öljyvudosta. Hanhilammen valuma-alueella olevat huolto- ja jakeluasemat ovat nykyaikaisia ja varustettu riittäväillä suojarakenteilla/ varusteilla estämään hidas vuoto.

Toimenpidesuosituksukset

Säännöllinen tarkastus huolto- ja jakeluasemien säiliöille ja rakenteille. Varautumissuunnitelma onnettomuuden varalle.

14.6 MATTI-kohteet

Pohjavesialue:
Vähäinen hidaski,
Hanhilammen valuma-alue:
Ei pystytty määrittämään
tässä hankkeessa
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

MATTI eli maaperän tilan tietojärjestelmän Suomen ympäristökeskuksen ja ELY-keskusten ylläpitämä tietojärjestelmä, mikä pitää sisällään tietoja maa-alueista, joilla nykyisin tai aikaisemmin harjoitetusta toiminnasta on voinut päästä maaperään haitallisia aineita ja alueista, joissa maaperä ja/tai pohjavesi on tutkittu, ja/tai kunnostettu. Tietoja on kerätty 1990-luvun alusta lähtien toimintansa lopettaneista ja edelleen toimivista kohteista ja rekisteriä päivitetään jatkuvasti. Usein MATTI-kohteissa on jo tapahtunut (käytön tai onnettomuuden seurauksena) maaperän ja mahdollisesti pohjaveden pilaantuminen. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden sisältämät haitta-aineet voivat kulkeutua vedenottamolle. Pienetkin määrät vaarallisia haitta-aineita voivat tehdä vedestä käyttökelvottoman. Muuttuneet ympäristöolosuhteet kuten muuttunut pohjaveden pumppausmäärä voi muuttaa virtausolosuhteita siten, että ennen paikallaan ollut pilaantuma


voi levitä pohjaveden virtauksen mukana. Paikallaan ollut pilaantuma voi levitä myös maaperän muokkauksen yhteydessä.

Hanhikankaan pohjavesialueella on MATTI-kohteita yhteensä 18 kpl (vuosi 2021). Näistä kohteista 11 kpl on luokiteltu luokkaan **ei puhdistustarvetta**. Neljä on luokiteltu luokkaan **arvioitava tai puhdistustarve** ja kolme luokkaan **selvitystarve**. Lisäksi aivan Hanhikankaan pohjavesialueen rajalla on yksi **selvitystarve**-kohde (Pietarinkatu 6) ja yksi **ei puhdistustarvetta, mutta maankäyttörajoitteita** kohde (Raviradantie), joilla voi olla vaikutuksia Hanhikankaan pohjavesialueeseen. Kohteet on esitelty seuraavissa kappaleissa tarkemmin. Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevia MATTI-kohteita ei ollut resurssija tämän työn aikana selvittää tarkemmin.

Arvioitava tai puhdistustarve kohteet

1. Vuorikatu 19 on arvioitava tai puhdistustarve-kohde, jonka maaperässä on todettu VNa:n 214/2007 ylempään ohjearvotason ylittävä pitoisuus PAH-yhdisteitä (500 mg/kg), alemman ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia öljyhiilivetyjen keskitisleitä (400... 490 mg/kg), raskaita öljyjakeita (850 mg/kg) ja sinkkiä (256... 390 mg/kg), kynnyсарvotason ylittäviä pitoisuuksia arseenia, kuparia ja lyijyä. Lisäksi maaperässä on rakennusjätettä, betonimurskettä, tiiltä, puuta, lasia, metallia ja muovia. Kohde on tulossa kunnostukseen lähitulevaisuudessa, joten pohjavesiriski poistuu tältä osin. (Karjalainen, 2021)

2. Savilahdenkatu 21 on arvioitava tai puhdistustarve-kohde, jossa maaperä on pilaantunut öljyllä. Kohdetta on kunnostettu osittain vuonna 2017, mutta maaperään on jäänyt seuraavia jäännöspitoisuuksia: Noin 4 m syvyyteen säiliökaivannon pohjalle jäi 4 m² laajuiselle alueelle öljyjakeiden (>C10-C40) pitoisuus 6200 mg/kg, josta keskitisleitä (>C10-C21) 5 500 mg/kg ja raskaita öljyjakeita (>C21-C40) 710 mg/kg. Syvyydelle 1,5–4,0 metriä kaivannon seinämään jäi noin 6 m matkalle öljyjakeita (>C10-C40), pitoisuus 4100 mg/kg, josta keskitisleitä (>C10-C21) 3600 mg/kg ja raskaita öljyjakeita (>C 21-C40) 480 mg/kg. Öljyjakeiden keskitisleiden pitoisuudet ylittivät VNa:n 214/2007 öljyjakeiden keskitisleiden ylempään ohjearvon ja raskaat öljyjakeet alemman ohjearvon. Talon alapuolista eikä



vuotokohdan alapuolista pilaantumaa ole saatu rajattua kokonaisuudessaan, joten määräraivioon liittyy epävarmuuksia. Pilaantumaa laajuudeksi on arvioitu noin 25 m² ja määräksi 75 m³ / 150 tonnia. Riskitarkastelun perusteella haitta-aineesta aiheutuu riski ympäristölle ja terveydelle, mutta selkeää haittaa ei todeta. Haitta-aine on levinnyt pohjaveden välityksellä pienessä määrin, mutta nykyisellään sille ei kuitenkaan altistuta. Kohteessa ei arvioida olevan nykyisellään pilaantuneen maan kunnostustarvetta. Kohteessa tehdään pohjaveden tilan seurantaa.

Pv-tarkkailun tulokset:

8.1.2018: (>C10-C40) 0,14 mg/l; (>C10-C21) 0,14 mg/l; (>C21-C40) <0,03 mg/l

8.11.2020: (>C10-C40) <0,06 mg/l; (>C10-C21) 0,04 mg/l; (>C21-C40) <0,03 mg/l

2.6.2020: (>C10-C40) 0,05 mg/l; (>C10-C21) 0,04 mg/l; (>C21-C40) <0,03 mg/l (Karjalainen, 2021)

3. Ristimäenkatu 18-20 on arvioitava tai puhdistustarve -kohde, jossa maaperä on pilaantunut kevyellä polttoöljyllä asuinkerrostalon lämmitykseen käytetyn öljysäiliön täyttöputken rikkouduttua säiliön altaan ulkopuolelta. Maaperää on kunnostettu vuonna 1999, mutta maaperä on edelleen voimakkaasti pilaantunut. Kohde on ollut ELY-keskuksen seurannassa. Nykytila vaatisi lisää tutkimuksia. (Karjalainen, 2021)

4. Savilahdenkatu 24 (entinen Shell T Lantta) on arvioitava tai puhdistustarve -kohde, jossa maaperä on pilaantunut raskailla, keskiraskailla ja kevyillä öljyjakeilla. Kohde on kunnostettu maaperän osalta vuosina 2005 ja 2006. Maaperään ei jäänyt kunnostukselle asetettuja tavoitepitoisuuksia suurempia haitta-ainepitoisuuksia. Alueen pohjavedessä on kuitenkin havaittu polttoaineen jakelun seurauksesta seuraavia haitta-aineita (suurimmat pitoisuudet on todettu havaintoputkessa MW3): öljyhiilivetyjä (C10-C21) <30 - 150 µg/l, MTBE 280 - 1 778 µg/l, bentseeni 8 - 120 µg/l, tolueni 350 - 2542 µg/l, etyylibentseeni <1 - 1129 µg/l ja ksyleenit 370 - 1200 µg/l. Öljyhiilivetyjen C4-C10 summapitoisuus oli huhtikuussa 2008 2600 µg/l ja lokakuussa 2008 1200 µg/l. Huhtikuussa 2008 otetussa näytteessä havaittiin 1,2-dibromietaania 8,4 µg/l ja lokakuussa 2008 4,3 µg/l. Huhtikuussa 2008 TBA -pitoisuus oli 46 µg/l ja lokakuussa 2008 20 µg/l. Kohteessa on tehty vuosina 2003-2009 pohjavesitarkkailua. Vuon-

na 2009 on esitetty, että pohjavesitarkkailu lopetetaan ja alueesta laaditaan riskiarvio. ELY-keskus on tuolloin lausunut, että se hyväksyy ehdotetut toimenpiteet, mutta jos riskiarviointi ja/tai toimenpide-ehdotus eivät valmistu 15.10.2009 mennessä ja/tai mahdolliset jatkoimenpiteet eivät ole toteutettavissa, tulee näytteenottoa jatkaa aiemmin hyväksytyyn mukaisesti. (Karjalainen, 2021.) Tämän suojelusuunnitelman laadinnan yhteydessä ei selvinnyt onko kumpaakaan näistä tehty. Tämä asia vaatisi lisäselvitystä. Mikäli riskinarviointia ei ole tehty, siinä tulisi huomoida isommat vedenottomäärät ja ilmastonmuutos.

Selvitystarve kohteet

1. Vikharjun selvitystarve -kohteessa sijaitseva sora-alue sijaitsee seitsämän eri kiinteistön alueella. Alueella on selvitystarve alueella sijainneen toiminnan (asfaltti/sora-asema) vuoksi. Alueella ei ole tehty tutkimuksia maaperän pilaantuneisuudesta. Alueella on varastointikäyttöä tällä hetkellä. Alueen maaperän kunto olisi syytä selvittää. (Karjalainen, 2021)

2. Pietarinkatu 6:ssa selvitystarve -kohteessa maaperä on pilaantunut öljyjakeilla. Maaperää on kunnostettu osittain vuosina 1997 ja 2005-2006. Vuoden 2005-2006 kunnostuksien yhteydessä pilaantumaa on todettu jatkuvan Pankalammenkadun alle. Pankalammenkatu on kunnostettu sen peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2017. Pankalammenkadun rakentamisen yhteydessä pilaantumaa on puolestaan todettu jatkuvan Pietarinkatu 6:n puolelle. Pietarinkatu 6 kohteen nykytila vaatisi lisäselvityksiä. (Karjalainen, 2021; Härmäläinen, 2021)

3. Päämajankatu 18 selvitystarve -kohteessa maaperä on ollut pilaantunut sinkillä, öljyhiilivedyillä ja jätetäytöllä. Jätetäyttö oli pääasiassa lasia. Maaperä on kunnostettu massanvaihtona vuonna 2015. Kunnostettujen alueiden maaperään ei jäänyt VNa:n 214/2007 kynnysarvotasojen ylittäviä pitoisuuksia metalleja tai öljyjakeita. Kohdekiinteistölle sekä puistoalueelle Likolammen rantaan on jäänyt pienelle alalle (2 m² laajuisella alueella 3,5 m syvyydellä maanpinnasta) jätetäyttöä, jota ei ole voitu kaivuteknisistä syistä poistaa. (Penttinen ja Arola, 2015, 1-7.)

4. Lönrotinkatu 14 selvitystarve -kohteessa maaperä on pilaantunut öljyllä. Maaperä on kunnostettu osit-

tain vuonna 2017 lämmitysöljysäiliön poiston yhteydessä, mutta maaperään on jäänyt pitoisuuksia. Pilaantumana on todettu jatkuvan talon alle. Noin 2,5-3,0 metrin syvyydellä maanpinnasta on todettu öljyjakeiden (>C10-C40) pitoisuus 1700 mg/kg, josta keskitisleitä (>C10-C21) 1400 mg/kg ja raskaita öljyjakeita (>C21-C40) 260 mg/kg. Syvyydellä 5,0-6,0 metriä maanpinnasta on todettu öljyjakeiden (>C10-C40) pitoisuus 3400 mg/kg, josta keskitisleitä (>C10-C21) 2900 mg/kg ja raskaita öljyjakeita (>C21-C40) 470 mg/kg sekä kynnysarvon ylittävä pitoisuus TEX-yhdisteitä 1,34 mg/kg. Rakennuksen alle jääneen pilaantumana laajuudeksi on arvioitu noin 45 m² ja määräksi 160 m³tr / 320 tonnia. Maaperään jääneet haitta-aineet muodostavat riskin ympäristölle ja terveydelle. Pilaantumana mahdollista leviämistä seurataan pohjavesiputkesta kahdesti vuodessa. Vuonna 2019 pohjavesitarkkailussa ei todettu pilaantumana levinneen. Seuraava pohjavesitarkkailu on vuonna 2022. (Karjalainen, 2021)

Ei puhdistustarvetta, mutta maankäyttörajoite kohteet

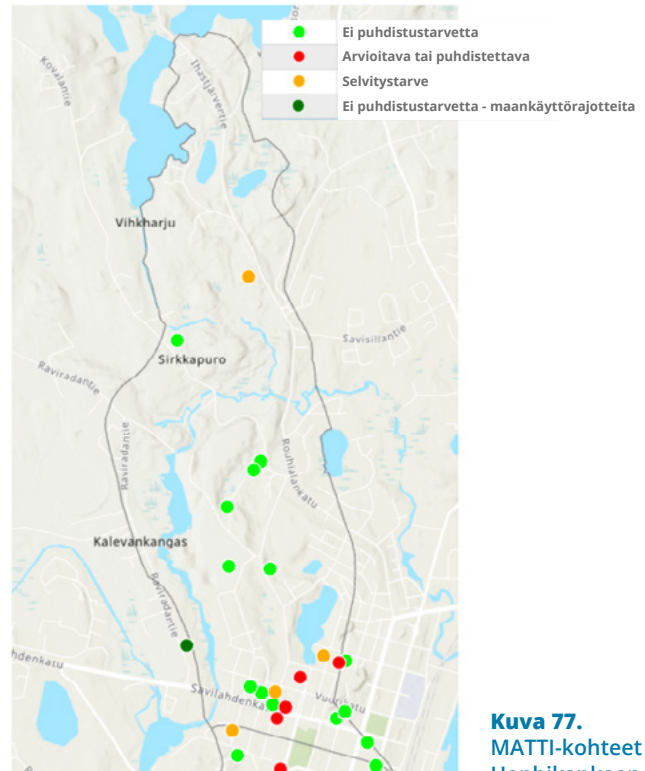
1. Raviradantien ei puhdistustarvetta-maankäyttörajoitteita -kohteessa on sijainnut aikoinaan suolakyllästämö ja maaperä on pilaantunut arseenilla (As), kromilla (Cr) ja kuparilla (Cu). Maaperä on kunnostettu vuonna 2012. Kunnostus on kohdentunut kiinteistöille 491-3-23-5, 491-3-23-6, 491-3-23-1 ja 491-3-23-7. Hotelli Uusikuu P-alueen alle jäi kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia arseenia, kromia ja kuparia. Puhdistustavoitteen ylittäviä jäännöspitoisuuksia ei jäänyt. Pohjaveden pitoisuusseurantaa on tehty kaupungin toimesta alueelle asennetuista pohjaveden havaintoputkeista 54, 55, 56. Tarkkailtavana aineena Cr [µg/l]. Seuraava tarkkailu on tarkoitus tehdä vuonna 2023.

Tarkkailun tulokset (Cr osalta)

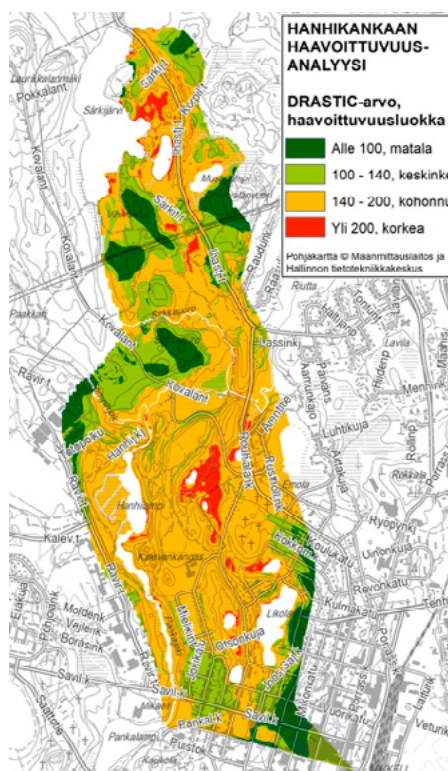
	HP 54	HP55	HP56
8.11.2011	<10	57	<10
15.3.2012	205	129	11
7.6.2012	198	89	41
17.9.2012	231	106	75
15.5.2013	162	60	68
1.10.2013	225	144	53
3.5.2016	171	38	52
26.9.2017	204	34	52
27.5.2020	176	21	21
XX.X.2023			

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Arvioitava tai puhdistettava ja selvitystarve merkinnöillä varustettuja MATTI-kohteita sijaitsee myös koohon haavoittuvuusluokan alueilla Hanhikankaan pohjavesialueella (ks. kuva 77)



Kuva 77. MATTI-kohteet Hanhikankaan pohjavesialueella.



Hanhilammen valuma-alueella arvioitava ja selvitystarve merkinnöillä varustettuja kohteita sijaitsee myös korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 78).

Riskin arvottaminen ja perustelut

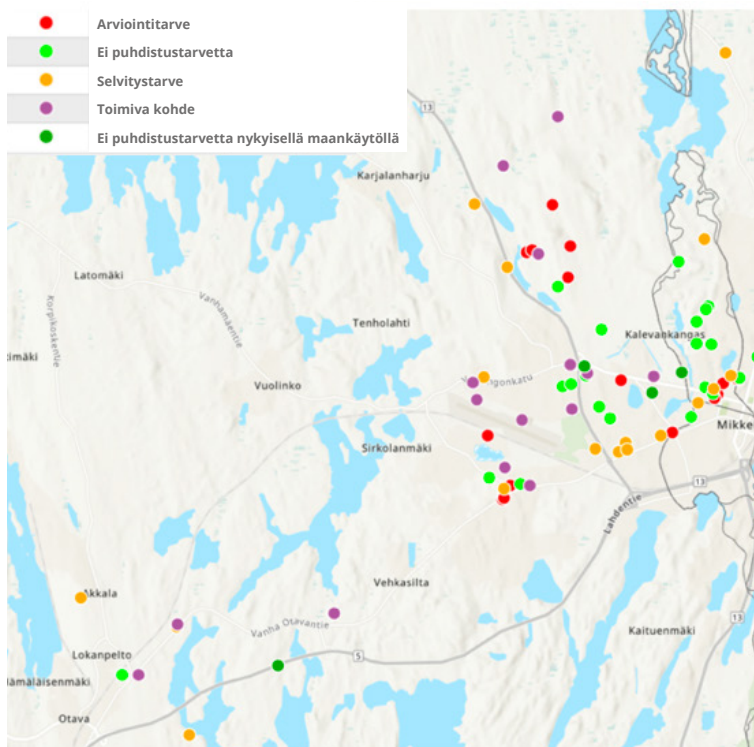
Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevien MATTI-kohteiden aiheuttama riski on tällä hetkellä vähäinen, (todennäköisyys 3 (leviämislle), seuraus 3). Hanhikankaan kaivoalueelle ei mene MATTI-kohteilta virtausreittejä nykyisillä ottomäärillä (Karvonen, 2019). Tilanne voi kuitenkin muuttua ilmastonmuutoksen, maankäytön, Hanhilammen padon korkeuden ja vedenottomäärien muuttuessa. Pohjavesialueella ja sen välittömässä läheisyydessä olevat Matti-kohteet ovat ELY-keskuksen seurannassa.

Ilmastonmuutos lisää riskiä. Ilmastonmuutoksen seurauksena pohjaveden pinta saattaa hetkittäin nousta aiempaa korkeammalle, jolloin myös pohjavedenpinnan yläpuolella olevat pilaantuneiden maiden sisältämät haitta-aineet voivat helpommin levitä pohjaveden mukana.

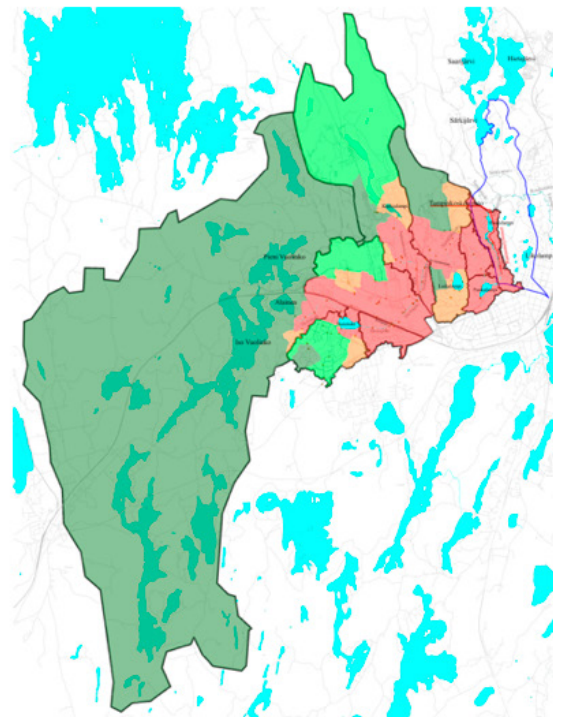
Hanhilammen valuma-alueella olevien MATTI-kohteiden aiheuttamaa riskiä Hanhikankaan pohjavesialueelle ei pystytty määrittämään tähän hankkeeseen. Tämä olisi kuitenkin hyvä tehdä tulevaisuudessa.

Toimenpidesuosituks

Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevien MATTI-kohteiden aiheuttamaa riskiä tulee selvittää lisää ja MATTI-kohteiden kunnostusta tulee edistää. Hanhilammen valuma-alueelta tulisi selvittää, voiko jokin MATTI-kohde uhata vedenottoa.



Kuva 78. MATTI-kohteet Hanhilammen valuma-alueella.



15

YMPÄRISTÖÖN
PÄÄSTETTÄVÄT
KEMIKAALIT JA
NIIDEN AIHEUTTAMAT
RISKIT

15. YMPÄRISTÖÖN PÄÄSTETTÄVÄT KEMIKAALIT JA NIIDEN AIHEUTTAMAT RISKIT

Luontoon päästetään kemikaaleja erilaisissa tarkoituksissa, kuten torjunta-aineiden ja liukkaudentorjunta-aineiden käyttö. Käytetyt kemikaalit voivat olla haitallisia ihmiselle tai pohjavedelle. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Hanhikankaan pohjavesialuetta ja vedenottoa uhkaavat ympäristöön päästettävät kemikaalit ja niiden lähteet.

Torjunta-aineiden käyttäjistä käydään tarkemmin läpi maatalous ja golf kenttä. Kaupungin puistoyksikkö (asumisen ja toimintaympäristön palvelualue) käyttää vuosittain pieniä määriä torjunta-aineita katukiveyksien kunnossapitoon idän ja lännen urakka-alueilla. Pohjavesialueilla kaupungin puistoyksikkö ei käytä torjunta-aineita. (Vuorinen, 2021.) Tämän selvityksen perusteella tällä hetkellä torjunta-aineiden mahdollisista muista käyttäjistä kaupungin liikuntatoimi (urheilukentät), VR (Savonrata), ELY (Jyväskylätie), Mikkelin tuomiokirkkoseurakunta (hautausmaat) eivät käytä torjunta-aineita Hanhilammen valuma-alueen korkean tai kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla eikä Hanhikankaan pohjavesialueella. Alueella voi olla mahdollisia muita selvittämättömiä torjunta-aineidenkäyttäjiä. Myös kiinteistöhoitoyritykset saattavat käyttää torjunta-aineita. Mahdollisia torjunta-aineiden käyttäjiä olisi hyvä kartoittaa lisää tarkemman kokonaiskuvan saamiseksi.

Ympäristöön päästettävistä kemikaaleista mikro- muoveja ei ole tutkittu ollenkaan Hanhilammen valuma-alueen vesistöistä eikä pohjavedestä. Tästä syytä niiden pohjavedelle aiheuttamaa riskiä ei pystytä määrittämään. Asia vaatisi lisätutkimuksia.

15.1 Kaupungin katujen pölynsidonta

Pohjavesialue:
Kohtalainen hidas riski
Hanhilammen valuma-alue:
Vähäinen hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Liukkauden torjunnassa ja pölynsidonnassa kaupungin kaduilla käytetty kalsiumkloridi voi kulkeutua pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Hanhikankaan pohjavedessä on nähtävissä kohonneita kloridipitoisuuksia. Todennäköisin kloridin lähde on valtion teiden ja kaupungin katujen suolaus.

Mikkelin kaupunki ei tee talvisuolausta muutoin kuin erittäin poikkeustapauksissa. Kesäsuolauksena katupölyn sidontaan käytetään kalsiumkloridia. Pääsääntöisesti sorapintaiset kadut kuuluvat suolauksen piiriin, mutta myös sirotepintaisia katuja suolataan kesästä riippuen. Suolan levittäminen tapahtuu joko suolaohutaleina tai liuksena. Suolaohutaleiden pitoisuus on 77-95 % ja liuksen pitoisuus 33-38 %. Suolaus tehdään keskimäärin noin kaksi kertaa vuodessa per suolattava katu. Ensimmäinen suolaus tehdään heti kadun muokkauksen jälkeen keväällä ja toinen myöhemmin kesällä. Suolaustarve on suuresti riippuvainen säästä ja kadun sijainnista. Kuivana kesänä ja aurinkoisella voimakkaasti liikennöidyllä kadulla suolaustarve voi olla suuri kun taas metsäisellä varjoisalla vähän liikennöidyllä väylällä voi olla ettei suolausta tarvita ollenkaan. (Kovanen, 2021; Turkki, 2021a.)

Koko Mikkelin kantakaupungin alueella kuluu kalsiumkloridia pölynsidontaan suuruusluokaltaan noin 30 tn- 70 tn/vuosi (Kovanen, 2021). Kantakaupungin alueella on yhteensä 29,7 km (162 182 m²) sora ja sirotepintaisia katuja. Nämä jakautuvat seuraavasti: sora- katuja on 22,5 km (116 442 m²) ja sirotepintaisia katuja 7,2 km (45 740 m²). Jos suolan ajatellaan levittyvän tasaisesti suhteessa sora- ja sirotepintaisten katujen kokonaiskilometrimäärään, saadaan suolan kulutukseksi noin 1,0-2,4 tn/km.

Hanhikankaan pohjavesialueella on yhteensä noin 0,7 km (3 700 m²) sorapintaisia katuja. Hanhilammen valuma-alueella on yhteensä 5,8 km (34 770 m²) sorapintaisia katuja ja ja 0,6 km (4 500 m²) sirotepintaisia katuja. Tästä voidaan laskea, että Hanhikankaan pohjavesialueella käytetään kalsiumkloridia pölynsidontaan noin 0,7 tn/a - 1,6 tn/a ja Hanhilammen valuma-alueella käytetään kalsiumkloridia pölynsidontaan noin 6,4 tn/a - 15,4 tn/a.

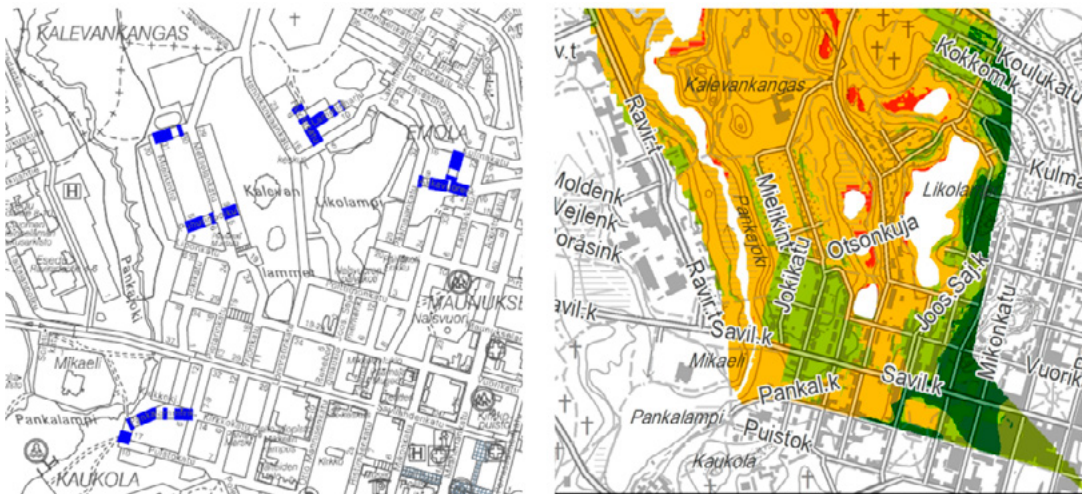
Sora ja sirotepintaisten katujen lisäksi myös keskustan asfaltoiduilla pinnoilla voidaan tehdä keväisen katujen puhdistamisen yhteydessä pölynsidontaa 4 %- 10 % suolaliuoksella. Tällöin suolauksen tarkoituksena on helpottaa katupölyn mekaanista poistoa. Suolaus tehdään tällöin lähinnä reunakiven vierustaan, jonne pöly

kertyy kevään aikana ja suolausmäärät ovat suuruusluokaltaan 1-2 tonnia/vuosi. Mikäli keväisin on sateista ja asfalttipinnat märkiä ei tätä suolausta tehdä välttämättä ollenkaan. (Kovanen, 2021.)

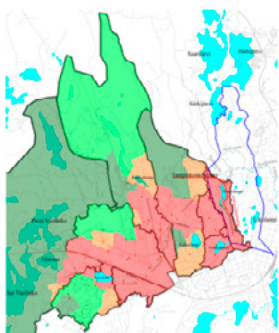
Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Pohjavesialueella suolattavat kadut sijaitsevat kohonneen haavoittuvuusluokan, keskinkertaisen ja matalan haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 79).

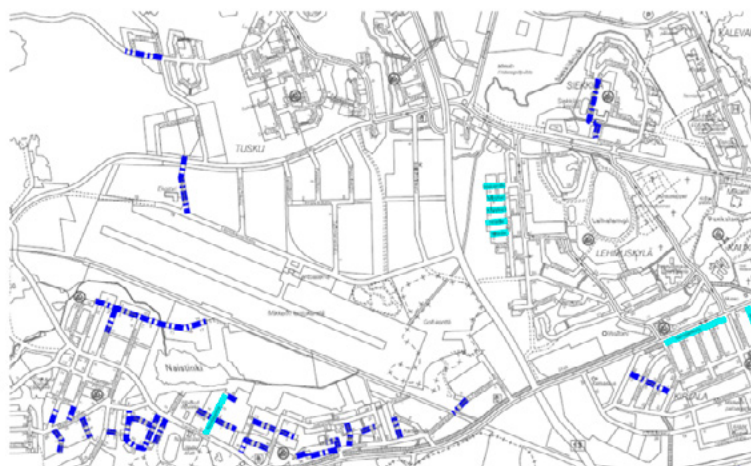
Hanhilammen valuma-alueella suolattavat kadut sijaitsevat korkean, kohonneen ja keskinkertaisen haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 80).



Kuva 79. Vasemmalla sinisellä katkoviivalla esitettynä Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevat sora- ja sirotepintaiset kadut, joissa tehdään pölynsidontaa suolaamalla (Mouhu, 2021) . Oikealla haavoittuvuusanalyysikartta.



Hanhilammen valuma-alueella käytetään kalsiumkloridia kaupungin katujen pölynsidontaan noin 6,4 tn/a - 15,4 tn/a



Kuva 80. Oikealla sinisellä ja vaaleansinisellä esitettynä Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevat sora- ja sirotepintaiset kadut, joilla tehdään pölynsidontaa suolaamalla (Mouhu, 2021). Vasemmalla Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Hanhikankaan pohjavesialueella tapahtuvan katujen suolauksen toteutumistodennäköisyys on satunnainen, seuraus kohtalainen ja riskiluokka on kohtalainen. Suolan käytön vaikutukset näkyvät hitaasti pohjavedessä. Käyttömäärät ovat kuitenkin varsin pienet, mikä pienentää riskiluokkaa.

Hanhilammen valuma-alueella tapahtuvan katujen suolauksen toteutumistodennäköisyys on satunnainen, seuraus vähäinen ja riskiluokka on vähäinen riski. Suolauksen määrät ovat pieniä verrattuna Jyväskylän tien suolausmääriin. Riskin oletetaan muodostuvan lähinnä niistä kaduista, jotka sijaitsevat Seitsennimisen joen ja sen vesistöjen välittömässä läheisyydessä.

Ilmastonmuutos lisää riskiä. Ilmastonmuutoksen tuomat pitkät kuivat kesät vaativat enemmän katujen pölynsidontaa.

Toimenpidesuosituks

Liukkaudentorjuntaa tai pölynsidontaa ei tule tehdä Hanhikankaan pohjavesialueella suolaamalla. Kesä-ai-kaista pölynsidontaa voidaan vähentää asfaltoimalla sora- ja sirotepintaisia katuja Hanhikankaan pohjavesialueella. Myös Hanhilammen valuma-alueella vesistöjen välittömässä läheisyydessä sijaitsevilla kaduilla tulisi välttää suolan käyttöä pölynsidontaan.

15.2 Liukkaudentorjunta valtion teillä

Pohjavesialue:
Pohjavesialueella ei sijaitse valtion teitä
Hanhilammen valuma-alue:
Merkittävä hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Liukkaudentorjunnassa käytetty natriumkloridi voi kulkeutua pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Hanhikankaan pohjavedessä

on nähtävissä kohonneita kloridipitoisuuksia. Toden- näköisin ja merkittävin kloridin lähde on valtion tei- den suolaus erityisesti Jyväskylätien Hanhilammen valuma-alueen osuudella. Ilmastonmuutos tulee lisää- mään liukkaudentorjunnan tarvetta ja riskin merkitys pohjavesialueelle tulee korostumaan. Tarvittavien suolamäärien kasvun voi nähdä taulukosta 19, jossa talvikauden 2019-2020 voidaan ajatella edustavan tu- levaisuuden talvea.

Hanhikankaan pohjavesialueella ei ole valtion hoidossa olevia teitä.

Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevat seuraavat valtion hoitamat tiet: VT13, VT5, mt 15105 Otavan yh- dystie, Vanhamäentie, Vanha Kangasniementie ja Kor- pikoskentie. Näistä talvisuolauksen piirissä ovat VT13, VT5 ja mt 15105 Otavan yhdystie (Vanha Otavan tie). Liukkaudentorjunnassa käytetään natriumkloridia. VT13 ja VT5 kuuluvat talvihoitoluokkaan Is ja mt 15105 osittain luokkaan Is ja osittain luokkaan Ib. Käytän- nössä mt 15105 suolataan talvella VT13 risteyksestä Otavaan saakka. (Turkki, 2021b.) VT5:n pituus Hanhi- lammen valuma-alueella on noin 4,1 km, VT13:n pituus on noin 6,5 km ja mt 15105 Otavan yhdystien pituus on yhteensä noin 7,7 km (5 km Tikkanen ja Otavan välillä ja 2,7 km VT13 ja Rantakylän välillä).

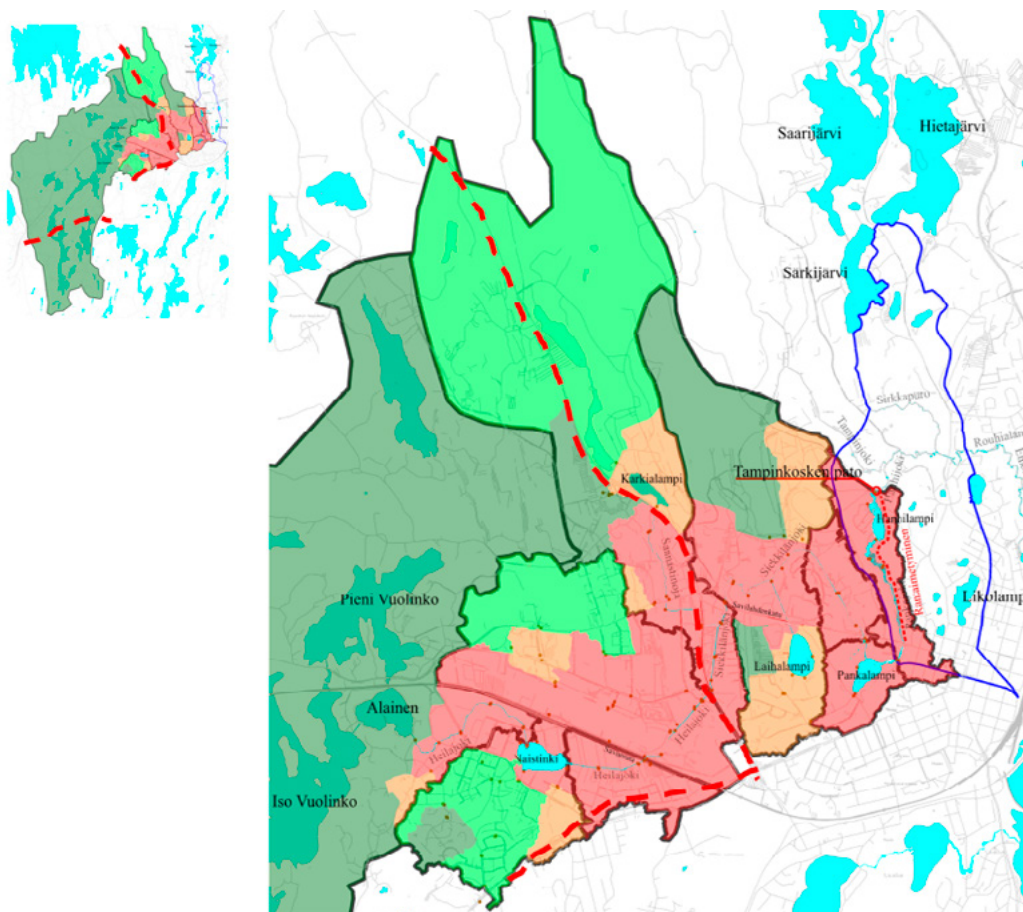
Käytettävät suolamäärät vaihtelevat kelien mukaan. Taulukossa 19 on esitetty vuosina 2016-2020 käytetty keskimääräinen suolamäärä t/km.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Hanhilammen valuma-alueella suolattavat valtion tiet sijaitsevat korkean, kohonneen, keskinkertaisen ja matalan haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 81). Merkityksellisin sijainti on Jyväskylätien.

Taulukko 19. Talvikausina 2016-2017 ja 2019-2020 käytetty keskimääräinen suolamäärä (tn/km) ja keskimääräiset suolamäärät VT5:llä, VT13:lla ja mt 15105 Otavan yhdystiellä (Turkki, 2021b).

Talvikausi	Suolamäärä [tn/km]	VT5	VT-13	mt 15105 Otavan yhdystie
2016-2017	5,6	23	36	43
2017-2018	5,7	23	37	44
2018-2019	5,0	21	33	39
2019-2020	8,6	35	56	66



Kuva 81. Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevat valtion tiet (punaisella katkoviivalla), joilla tehdään liukkaudentorjuntaa suolaamalla.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Hanhikankaan pohjavesialueella tapahtuvan valtion teiden suolauksen toteutumistodennäköisyys on erittäin yleinen, seuraus kohtalainen ja riskiluokka on merkittävä. Hanhikankaan pohjavesialueella on nähtävissä kohonneita pohjaveden kloridipitoisuuksia. Valtion teiden suolaus on Hanhilammen valuma-alueella merkittävä suolan lähde.

Ilmastonmuutos lisää riskiä. Liukkaudentorjunnan tarve lisääntyy talvien leudontuessa.

Toimenpidesuosittukset

Hanhilammen valuma-alueella Jyväskylätien osuudella tulisi siirtyä käyttämään natriumkloridin sijasta kaliumformaattia.

15.3 Hautausmaat

Pohjavesialue:
Matala hidas riski/ei riskiä
Hanhilammen valuma-alue:
Matala hidas riski /ei riskiä



Riskin kuvaus

Hautaamisen seurauksena maaperään vapautuvat yhdisteet ja hautausmaiden hoidosta maaperään päätyvät lannoitteet ja torjunta-aineet voivat kulkeutua pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle.

Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsee Rouhialan hautausmaa, jonka pinta-ala on 4,8 ha. Koko Rouhialan hautausmaa-alue on hautauskäytössä ja nurmella. Hanhilammen valuma-alueella sijaitsee Harjun hautausmaa Saattotien molemmin puolin sekä osa kirkonmäen hautausmaasta. Harjun hautausmaan yhteispinta-ala on 15,8 ha, josta hautauskäytössä on 11 ha, pääosin nurmella. Kirkonmäen hautausmaan pinta-ala on 1,5 ha, hautauskäytössä ja nurmella. Harjun hautausmaan vieressä sijaitsee myös pieni 0,3 ha kokoinen ortodoksikirkon hautausmaa. Rouhialan, Harjun ja Kirkonmäen hautausmaat ovat Mikkelin tuomiokirkkoseurakunnan hoidossa. (Nyström, 2021.)

Mikkelin tuomiokirkkoseurakunta on siirtynyt härmän torjunnassa rypsiöljy-sooda -ruiskutuksiin, eikä kasvisuojeluaineina muutenkaan käytetä ns. myrkkyyjä. Hautausmaiden käytävien rikkaruohontorjunta hoidetaan mekaanisesti. Nurmen lannoitteena on käytössä luonnonlannoite Neko N-5 ja ryhmäkasveille Griino Field. Nekon kasviraavinnetta annetaan tarvittaessa ryhmäkasveille kastelukannulla. Rouhialan hautausmaalla kuluu vuosittain n. 750 kg Neko ja n. 80 kg Griinoa sekä n. 15 litraa kastelulannosta. Harjun hautausmaalla kuluu puolestaan n. 1500 kg Neko ja n. 280 kg Griinoa sekä n. 30 litraa kastelulannosta. Kirkonmäen hautausmaalla kuluu n. 300 kg Neko nurmille ja kukkatiloihin Griinoa 30 kg sekä kastelulannosta 7 litraa. Pitäjänkirkon ympäristön puistoon kuluu 200 kg Griinoa. Pitäjänkirkon ympäristö on tosin pääosin sekä Hanhikankaan pohjavesialueen, että myös Hanhilammen valuma-alueen ulkopuolella. Määrät vaihtelevat vuosittain. (Nyström, 2021.)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Rouhialan hautausmaa sijaitsee kohonneen haavoittuvuusluokan alueella Hanhikankaan pohjavesialueella (ks. kuva 82).

Kirkonmäen hautausmaa sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella ja Harjun hautausmaa osittain korkean ja osittain kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla Hanhilammen valuma-alueella. Ortodoksinen hautausmaa sijaitsee kohonneen haavoittuvuusluokan alueella Hanhilammen valuma-alueella (ks. kuva 83).

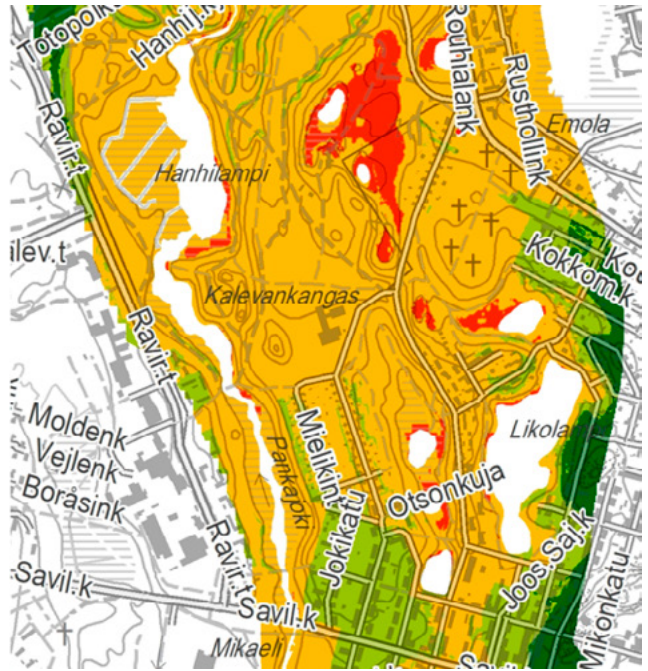
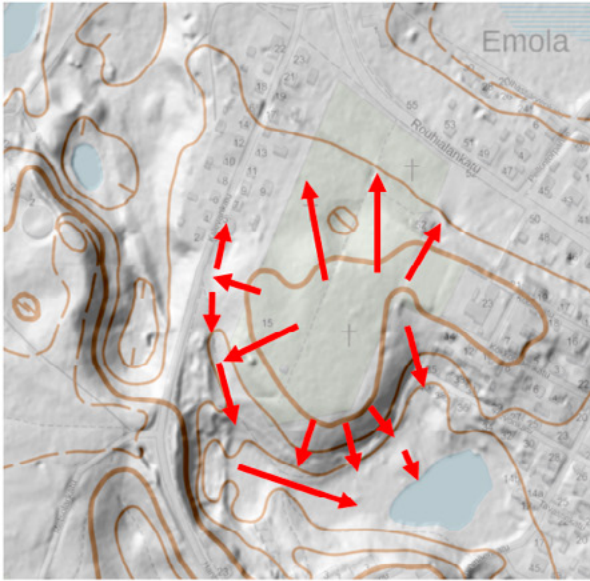
Riskin arvottaminen ja perustelut

Todennäköisyys pohjavedelle haitallisten aineiden pääsystä pohjaveteen on arvioitu erittäin harvinaiseksi ja seuraukset erittäin vähäisiksi. Hautausmaiden riskiluokaksi muodostuu matala/ ei riskiä sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella.

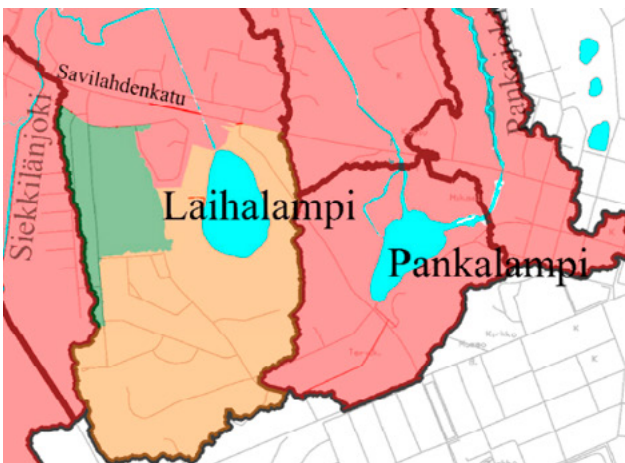
Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevilla hautausmailla ei käytetä torjunta-aineita, joten sitä kautta ei muodostu riskiä pohjavelle. Hautausmaista ei ole havaittu olevan haitallisia vaikutuksia Hanhikankaan pohjavesialueelle niiden pitkästä toiminta-ajasta huolimatta. Näistä syistä hautausmaiden aiheuttama riski pohjavedelle on matala. On kuitenkin mahdollista, että hautausmaiden toiminta vaikuttaa rehevöittävästi vesistöihin (pieni Likolampi, Pankalampi, Laihalampi) ja sitä kautta myös pohjavedenlaatuun.

Toimenpidesuosituks

Hautausmaiden vaikutusta Hanhikankaan pohjavesialueeseen tulisi tarkkailla. Lisäksi tulisi selvittää, vaikuttaako hautausmailta tulevat vedet pienen Likolammen rehevöitymisiongelmaan.



Kuva 82. Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitseva Rouhialan hautausmaa oikealla. Punaisilla nuolilla esitetty pintavesien valuntasuunnat. Oikealla Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuuskartta.



Kuva 83. Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevat hautausmaat vasemmalla. Punaisilla nuoliviivoilla esitetty pintavesien valuntasuunnat. Vasemmalla Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta.

15.4 Golfkenttä

Pohjavesialue: Ei golfkenttää pohjavesialueella
Hanhilammen valuma-alue: Kohtalainen hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Golfkentän hoidossa käytetyt lannoitteet ja torjunta-aineet voivat kulkeutua maaperän tai vesistön kautta pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Hanhikankaan pohjavesialueella ei sijaitse golfkenttiä, joten riski tulee Hanhilammen valuma-alueelta.

Hanhilammen valuma-alueella lentokentän ja VT13:n välissä sijaitsee Mikkelin Golf ry:n kenttä. Golfkenttä on perustettu 1967 ja sitä laajennettu 1980-luvun loppupuolella. Nykyisen muodon kenttä on saanut vuonna 1998. Kentällä on 9-väylää ja kaksi harjoitusviheriötä ja klubi kentän läheisyydessä. Lisäksi vuodesta 2021 alkaen harjoitusalue on laajentunut entisen urheiluautoilijoiden radan tilalle. Kentän koko on 22 hehtaaria, josta viheriöiden osuus on 0,6ha, lyöntipaikkojen osuus 0,5 ha ja väylät n. 3 ha ja loput karheikko- ja metsäalueita. Leikattavaa ja hoidettavaa alaa on yhteensä n. 17 ha. (Saalasti, 2021.)

Kentän hoidossa käytetään lannoitteita tarpeen mukaan ja kesän säistä riippuen hyvinkin vaihtelevasti. Pääasiallinen lannoite on typpi, fosfori ja kalium (N-P-K) pohjainen pitkävaikutteinen rakeinen lannoite, jossa typen määrällä säädellään kasvua vuodenajasta riippuen. (Saalasti, 2021.)

Torjunta-aineita käytetään mahdollisimman vähän. Kentällä on käytetty mm. voikukan poistoon soveltuvaa Arianne S ja Starane XL torjunta-aineita, mutta kahtena viime vuonna niitä ei ole käytetty. Lisäksi syksyllä käytetään Medallion-torjunta ainetta lumihöyrypoistoon ja kasvin selviytymiseen talven aikana. (Saalasti, 2021.)

Käytetyistä torjunta-aineista Arianne S nimistä ainetta saa käyttää pohjavesialueella, mutta Starane XL ja Madallion-torjunta-ainetta ei saa käyttää pohjavesialueella. (Viljelijän Avena Berner, 2021; Berner, 2021)

Mikkelin Golfkenttä ry:n kenttä ei sijaitse pohjavesialueella eikä pohjavesialueen ulkopuolella ole kiellettyä käyttää pohjavesialueelle sopimattomia torjunta-aineita. Riski syntyy, jos kiellettyjä torjunta-aineita kuitenkin kulkeutuu pintavesivälitteisesti pohjavesialueelle.

Medallion torjunta-aineen tehoaineen fludioksoniilin pitoisuuksia ei ole mitattu Hanhilammen rantaimetymisalueelta eikä vedenottamolta. Strane XL torjunta-aineen tehoaineista fluroksipyyrin pitoisuutta on mitattu kerran vedenottamolta, mutta ei Hanhilammesta ja florasulaamin pitoisuutta ei ole mitattu vedenottamolta eikä Hanhilammesta.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

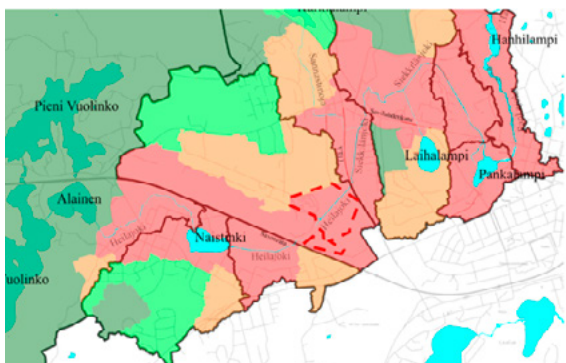
Mikkelin golfkenttä sijoittuu korkeimman haavoittuvuusluokan alueelle Hanhilammen valuma-alueella (ks. kuva 84). Sen alueella syntyvillä vesillä on lyhyt matka Heilajokeen, josta vesi virtaa nopeasti Hanhilampeen.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Golfkentän torjunta-aineiden käytön aiheuttama riski on kohtalainen (todennäköisyys satunnainen ja seuraukset kohtalaiset). Riski syntyy mahdollisuudesta käyttää torjunta-aineita alueella ja niiden mahdollisuudesta kulkeutua nopeasti rantaimetymisalueelle. Ilmastonmuutos lisää tautipaineen kasvun myötä tarvetta torjunta-aineiden käytölle.

Toimenpidesuosituks

Golfkentän torjunta-ainekuormaa Seitsennimiseen jokeen tulisi selvittää. Mikäli Pankajoessa ja Hanhilammessa löydetään torjunta-ainejäämiä, tulisi Hanhilammen valuma-alueen torjunta-aineiden käytöstä antaa ohjeistusta. Mikäli torjunta-aineita löydetään Hanhilammesta merkittäviä pitoisuuksia, Hanhilammen valuma-alueella tulisi siirtyä käyttämään pohjavesialueelle soveltuvia torjunta-aineita niiltä osin, joilta torjunta-aineiden todetaan kulkeutuvan Hanhilammelle.



Kuva 84. Mikkelin golfkenttä punaisella katkoviivalla ympyröitynä. Mikkelin golfkenttä sijoittuu korkeimman haavoittuvuusluokan alueelle Hanhilammen valuma-alueella.

15.5 Maatalous

Pohjavesialue: Ei maataloutta imeytymisalueella
Hanhilammen valuma-alue: Merkittävä hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevien peltojen viljelyssä käytettävät lannoitteet ja torjunta-aineet voivat kukeutua pelloilta pintaveden mukana pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Tällä hetkellä ei ole tietoa kaikista Hanhilammen valuma-alueella olevista pelloista ja siitä, mitä torjunta-aineita tai lannoitteita niissä käytetään. Torjunta-aineiden käyttö (määrät ja laatu) myös vaihtelee vuosittain.

Jokijakson Alainen-Savonrata välillä olevien peltojen viljelyssä on käytetty vuonna 2020 seuraavia torjunta-aineita: Glyfosaatti, Premium Classic SX, Ratio 50 SX, Roundup, Fenix ja Senkor. Näistä Senkor ja Ratio 50 SX eivät sovellu käytettäväksi pohjavesialueella. Pellot eivät kuitenkaan sijaitse pohjavesialueella eikä pohjavesialueen ulkopuolella ole kiellettyä käyttää pohjavesialueelle sopimattomia torjunta-aineita. Riski syntyy, jos kiellettyjä torjunta-aineita kuitenkin kulkeutuu pintavesivälitteisesti pohjavesialueelle. Senkorin tehoaineen metributsiinin pitoisuuksia on mitattu kerran vedenottamolta (0,02µg/l, 2005), mutta sitä ei ole mitattu Hanhilammesta. Ratio 50 SX tehoaineen tribenuronimetyyli ja tifensulfuroni-metyyli pitoisuuksia ei ole mitattu vedenottamolta eikä rantaimetyymisalueelta Hanhilammesta/Pankajoesta. (Kemidigi, 2021)

Tukes ylläpitää listausta Suomessa sallituista torjunta-aineista (Kemidigi). Kemidigi palvelusta viljelijät voivat käydä katsomassa torjunta-aineiden ominaisuudet ja soveltuvuudet eri kohteisiin. Torjunta-aineiden käyttöä valvovat sekä Tukes että ELY-keskus. ELY-keskuksen valvonta kohdistuu niihin viljelijöihin, jotka ovat peltotukien piirissä. Peltotukien valvonnassa tarkastetaan suojakaistavaatimukset vesistöihin, sekä ravinteiden, että kasvinsuojeluaineiden käyttö. Valvonnat tehdään kuitenkin otantaan perustuvien Ruokaviraston listojen mukaan, eikä valvonta ole siis säännöllistä. Alainen-Savonrata jokiosuuden välillä ole-

villa pelloilla ei ole tehty otantaan perustuvaa valvontaa viimeisen viiden vuoden aikana (aiemmin kylläkin on tehty). Lisäksi ELY-keskus tekee valvontakäyntejä, jos on syytä epäillä ettei kaikkia tukiehtoja ole noudatettu. Torjunta-aineiden käytön valvonta niiden peltojen osalta, jotka eivät ole peltotukien piirissä, kuuluu Tukesille. Tukesin valvonta on lähinnä käyttömäärien valvontaa raporttien perusteella. Käytännössä Tukes ei pysty tekemään kentällä tapahtuvaa valvontaa. (Autio, 2021; Vaittinen, 2021.) Näin ollen torjunta-aineiden käytön valvonta on hyvin vähäistä ja perustuu pitkälti luottamukseen käyttäjien ammattitaidosta.

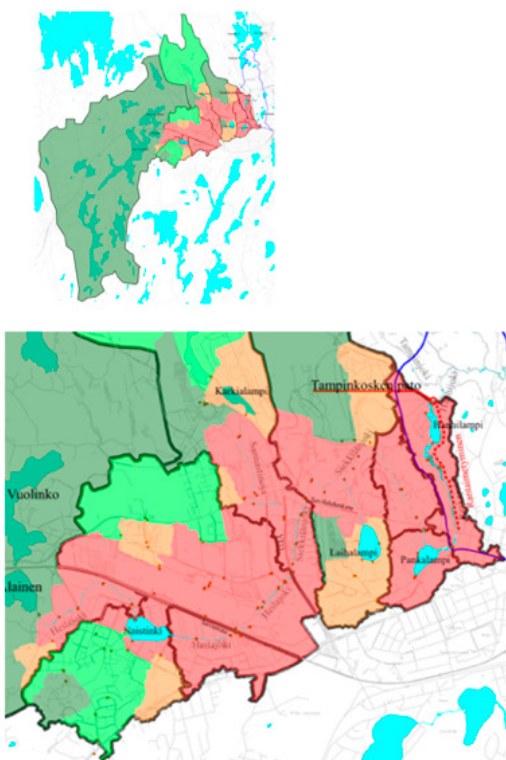
Kasvinsuojeluaineiden (torjunta-aineiden) ostoa ammattikäyttöön tai niiden ammattimainen käyttö edellyttää kasvinsuojelututkintoa. Kasvinsuojelututkinnolla varmistetaan turvallinen kasvinsuojeluaineiden ammattimainen käyttö. Kasvinsuojelukoulutuksia ja -tutkintoja järjestää Tukesin hyväksymät henkilöt (noin 200 henkilöä). Tutkinto on voimassa 5 vuotta. (Tukes, 2021.) Voidaan olettaa, että torjunta-aineiden käytön riski ei muodostu niiden holtittomasta käytöstä vaan ylipäänsä siitä, että niitä käytetään rantaimetyyvän veden valuma-alueella eikä riskiä ole kunnolla selvitetty tai tunnistettu.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevien maanviljelyalueiden selvitys keskittyi Seitsennimisen joen (Alainen-Heilajoki-Naistinki-Heilajoki-Savonrata) alueelle. Alue sijaitsee kokonaisuudessaan korkean haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 85). Alueella muodostuva pintavalunta päättyy nopeasti vesistöön ja edelleen Hanhilampeen. Hanhilammen valuma-alueen pohjoisosissa on myös peltoja, joiden torjunta-aineiden käytöstä ei ole tietoa.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Maanviljelyssä käytettävien torjunta-aineiden aiheuttama riski on merkittävä. Riskin todennäköisyys on arvioitu enimmillään satunnaiseksi ja mahdollinen vaikutus enimmillään suureksi. Todennäköisyyden on ajateltu muodostuvan siten, että torjunta-ainetta käytetään pelloilla 1-5 kertaa vuodessa ja aina kun torjunta-ainetta käytetään on mahdollista, että sitä päättyy



Kuva 85. Alaisen, Heilajoen ja Naistingin valuma-alueilla olevia peltolohkoja ylhäällä oikealla (mustalla viivalla kehystetyt punaisen viivan alueet). Peltolohkot sijoittuvat suurelta osin korkeimman haavoittuvuusluokan alueille Hanhilammen valuma-alueella.

vesistöön ja siitä edelleen rantaimetymisalueelle. Torjunta-aineet ovat haitallisia jo pieninä määrinä juomavedessä, joten mahdollinen seuraus on arvioitu olevan vaikutuksiltaan enimmillään suuri.

Riski ei synny niinkään torjunta-aineiden nykyisestä käytöstä vaan mahdollisesta käytöstä ja käytön valvonnan vähäisyydestä. Hanhilammen valuma-alueen pintavesistä ei ole mitattu ollenkaan torjunta-ainepitoisuuksia. Kaikkia torjunta-aineita tai niiden tehoaineita ei ole mitattu myöskään pohjavedestä. Riski on mahdollisesti vielä tunnistamaton. Lisäksi riski vaihtelee vuosittain. Sillä torjunta-aineet ja niiden käyttömäärät voivat muuttua vuosittain. Myös torjunta-aineiden käyttäjät voivat vaihtua vuokratapojilla. Ilmastonmuutos lisää tautipainetta ja sitä kautta mahdollisesti tarvetta torjunta-aineiden käytölle maanviljelyssä.

Toimenpidesuosituks

Maanviljelyn torjunta-ainekuormaa Seitsennimiseen jokeen tulisi selvittää. Mikäli Pankajoessa ja Hanhilammessa löydetään torjunta-ainejäämiä, tulisi Hanhilammen valuma-alueen torjunta-aineiden käytöstä antaa ohjeistusta. Mikäli torjunta-aineita löydetään Hanhilammesta merkittäviä pitoisuuksia, Hanhilammen valuma-alueella tulisi siirtyä käyttämään pohjavesialueelle soveltuvia torjunta-aineita tai suosia luomuviljelyä niillä alueilla, joilta torjunta-aineiden todetaan kulkeutuvan Hanhilammelle.



16

INFRARAKENTEIDEN
RISKIT

16. INFRARAKENTEIDEN RISKIT

Infrarakenteilla, kuten jätevesi- ja hulevesiviemäreillä, sähkömuuntajilla ja kaukolämpöjohdoilla mahdollistetaan kaupungin elintärkeät toiminnot. Niiden sisällään pitämät ja kuljettamat aineet kuitenkin voivat aiheuttaa ongelmia, mikäli niitä pääsee vuotamaan maaperän tai vesistöjen kautta pohjaveteen. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi infrarakenteiden pohjavedelle ja vedenotolle aiheuttamat riskit.

Tässä työssä ei ole käyty läpi maalämpökaivojen/keruuputkistojen aiheuttamaa riskiä pohjavedelle. Se olisi hyvä selvittää tulevaisuudessa. Mikäli Hanhikankaan pohjavesialueelle halutaan rakentaa uusia maalämpökaivoja/keruuputkistoja, Mikkelin kaupungin rakennusvalvonta pyytää niistä aina lausunnot ELY:ltä/AVI:lta ja niiden aiheuttama riski pohjavedelle tulee tässä yhteydessä tarkasteltua. Lähtökohtaisesti ELY-keskuksen kanta on se, että Hanhikankaan pohjavesialueelle ei saa porata uusia energiakaivoja (Ranta, 2021.)

16.1 Jätevesiviemärit

Pohjavesialue:
Kohtalainen, hidas riski
Hanhilammen valuma-alue:
Vähäinen, hidas riski



Riskin kuvaus

Jätevesi voi jätevesiviemäreiden vuotojen seurauksena kulkeutua maaperän tai vesistön kautta pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Vuoto voi tapahtua jätevesiviemäriin tukkeutumisen seurauksena tulvivan jätevesiviemärikaivon kautta, vioittuneen jätevesiviemäriputken kautta tai paineviemäriässä olevan pituussuuntaisen halkeaman vuoksi. Riski muodostuu jäteveden sisältämisestä mahdollisista taudinaiheuttajabakteereista ja viruksista. Jätevesiviemäriin vuodosta aiheutuva riski on merkityksellinen lähinnä pohjavesialueella. Paineviemäriin vuoto voi olla vaikeasti havaittavissa ja jatkua sen vuoksi pitkään. Jätevesiviemäriin haavoittuvuus lisääntyy teknisen käyttöään loppupuolella. Erityisesti vanhat PVC putket saattavat olla hauraita.

Betonisten jätevesiviemäreiden tekninen käyttöikä on noin 50-100 vuotta. Käyttöikä riippuu kaivu- ja asentamistyön laadusta, täyttötöistä, maaperän olosuhteista ja sen kuormittamisesta sekä putkesta johdettavan veden laadusta, saumojen tiivisteiden käyttöiästä sekä betonin ja raudoitteiden kestävydestä. (Petrow et al., 2017, 50, 115).

Muovisten jätevesiviemäreiden tekninen käyttöikä on noin 50 vuotta. Käyttöikä riippuu kaivu- ja asentamistyön laadusta, täyttötöistä, maaperän olosuhteista ja sen kuormittamisesta sekä putkesta johdettavan veden laadusta sekä muovin kestävydestä. Normaalien asumajätevesien aiheuttama kuluma muoviputkille on pientä. Vanhojen muoviputkien (PVC) materiaalin iskunkestävyys on heikompi kuin nykyisillä muoviputkilla. Vanha PVC putki on materiaaliltaan helpommin lohkeavaa ja lasimaista uusiin putkiin verrattuna. (Löppönen, 2021.)

Hanhikankaan pohjavesialueella on noin 11,8 km jätevesiviettoviemäreitä. Tästä noin 6,8 km on muovisia ja loput 5 km betonisia jätevesiviemäreitä. Betonisista jätevesiviemäreistä noin 1,4 km on 50 vuotta vanhoja tai vanhempia ja 2,2 km on 40 vuotta vanhoja tai vanhempia. Muovisista viettojätevesiviemäreistä on noin 1,0 km yhtä vanhoja tai vanhempia kuin 40 vuotta mutta alle 50 vuotta. Paineviemäreitä Hanhikankaan pohjavesialueella on noin 4 km. Näistä noin 0,4 km on 40 vuotta vanhoja. (Häkkinen, 2021; Kaipainen, 2021.)

Hanhikankaan pohjavesialueella ei ole tiedossa olevia jätevesiviemäriin vuotoja. (Kaipainen, 2021.)

Hanhilammen valuma-alueella jätevesiviemäreistä aiheutuva riski tulee lähinnä vesistöjen ylityksistä/aliuksista ja niissä mahdollisesti tapahtuvista vuodoista. Vesistöylityksissä käytetyt paineviemärit ovat paikoitellen jo teknisen käyttöään loppupuolella (rakennettu 70 -luvun alkupuolella)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Jätevesiviemäreitä sijaitsee kaikkien haavoittuvuusluokkien alueilla sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella sijaitsevien jätevesiviemäreiden aiheuttama riski Hanhikankaan pohjavesialueelle on kohtalainen (todennäköisyys 2 ja seuraus 3). Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevien jätevesiviemäreiden aiheuttama riski Hanhikankaan pohjavesialueelle on vähäinen (todennäköisyys 2 ja seuraus 2). Hanhikankaan vedenottamolla on jatkuvatoiminen UV-valoon perustuva desinfiointi, joten mahdollisiin taudinaiheuttajabakteereihin on varauduttu, eikä näin ollen jätevesiviemäreiden vuoto aiheuta merkittävää riskiä vedenotolle. Lisäksi Mikkelin vesilaitos saneeraa järjestelmällisesti vanhoja jätevesiviemäreitä pohjavesialueilla.

Toimenpidesuosituks

Pohjavesialueella sijaitsevien, teknisen käyttöään loppupuolella olevien, jätevesiviemäreiden kunto tulisi kartoittaa ja huonokuntoisten jätevesiviemäreiden saneeraus priorisoida. Etenkin pohjavesialueella sijaitsevien 80 -luvulla tehtyjen paineviemäreiden kunto tulisi kartoittaa. Myös Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevien paineviemäreiden kunto erityisesti vesien ylitysten osalta tulisi kartoittaa.

16.2 Jätevesipumppaamot

Pohjavesialue:
Vähäinen nopea riski

Hanhilammen valuma-alue:
Vähäinen nopea riski



Riskin kuvaus

Jätevesipumppaamoiden ylivuodon aiheuttama riski voi tulla pohjavesialueelta sekä Hanhilammen valuma-alueelta. Jätevesi voi jätevesipumppaamoiden ylivuotojen seurauksena kulkeutua maaperän tai vesistön kautta pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle. Riski muodostuu jäteveden sisältämistä mahdollisista taudinaiheuttajabakteereista ja viruksista.

Hanhikankaan pohjavesialueella on kaksi jätevesipumppaamo, toinen on Likolammen rannassa ja toinen (Rouhialan JVP) Rusthollinkadulla. Ylivuodot on ohjattu Likolammen rannassa olevasta jätevesipumppaamosta Likolampeen ja Rouhialan jätevesipumppaamosta Kovalanlampeen. Molemmat jätevesipumppaamot ovat etävalvonnassa ja varustettu varapumpuin ja automaattisella ylivuotohälytyksillä. (Kaipainen, 2021.)

Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevista jätevesipumppaamoista pintavesivälitteisen riskin Hanhikankaan pohjavesialueelle voivat aiheuttaa Siekkilänpumppaamo (Pohjolankadulla), josta ylivuoto Laihalammen purkuojaan, Lentokentän pumppaamo (golfkentällä), josta ylivuoto Heilajokeen, Naistingin JVP (Jokipolkulla), josta ylivuoto pelto-ojien kautta Heilajokeen, Vuolingontien JVP (Vanhamäentien varressa), josta ylivuoto kosteikon kautta Naistinkiin sekä Viilarintien JVP (Viilarintien päässä), josta ylivuoto peltojen sivuojien kautta Heilajokeen. Kaikki pumppaamot ovat etävalvonnassa ja ne on varustettu ylivuotohälyttimin ja niissä on varapumput. Siekkilänpumppaamossa varapumppuja on 3 kpl. (Kaipainen, 2021.)

Hanhikankaan pohjavesialueella ei ole tiedossa olevia jätevesipumppaamoiden vuototapauksia. (Kaipainen, 2021.)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevat jätevesipumppaamot sijaitsevat kohonneen haavoittuvuusluokan alueella ja Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevat jätevesipumppaamot sijaitsevat korkeimman haavoittuvuusluokan ja keskinkertaisen haavoittuvuusluokan alueilla. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Jätevesipumppaamoiden pohjavesialueelle aiheuttama riski on vähäinen sekä Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevien jätevesipumppaamoiden että Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevien jätevesipumppaamoiden osalta (todennäköisyys molemmissa 2 ja seuraus molemmissa 2). Pohjavesialueella olevat pumppaamot ovat selkeästi pienempiä kuin valuma-alueella olevat.

Vaikka pumppaamot aiheuttavat riskin pohjavesialueella sekä Hanhilammen valuma-alueella, riski on hyvin hallittu. Jätevesipumppaamoita tarkkaillaan 24/7 etävalvonnalla ja pumppamoissa on vuotohälytykset, joten vuodot havaitaan ja niihin pystytään reagoimaan nopeasti. Jätevesipumppamoiden toimintahäiriön ja ylivuodonriskiä on pienennetty myös jätevesipumppaamoissa olevilla varapumpuilla. Pumput ovat jatkuvassa kunnossapidossa. Mahdollisessa ylivuotolanteessa vesilaitos saa järjestettyä kantakaupungin alueella nopeasti säiliöautot paikalle.

Jätevesipumppamoiden vuodot ovat harvinaisia eivätkä ne yleensä ole pitkäkestoisia hälytysjärjestelmien ansiosta. Näin ollen niiden aiheuttama riski pohjavedelle on merkityksettömämpi kuin jätevesiviemäreiden.

Hanhikankaan vedenottamolla on myös jatkuvatoiminen UV-valodesinfiointi, joten mahdollisiin taudinaiheuttajabakteereihin on varauduttu, eikä näin ollen jätevesipumppaamoiden vuoto aiheuta merkittävää riskiä vedenotolle.

Toimenpidesuosituksukset

Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitseville pumppaamoille ei esitetä erillisiä toimenpidetarpeita. Hanhilammen valuma-alueella sijaitsevalle Siekkilän jätevesipumppaamolle esitetään varavoimalähteen kytkemismahdollisuuden rakentamista mahdollisten sähkökatkojen varalta.

16.3 Hulevedet

Pohjavesialue: Merkittävä nopea ja hidas riski
Hanhilammen valuma-alue: Merkittävä nopea ja hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

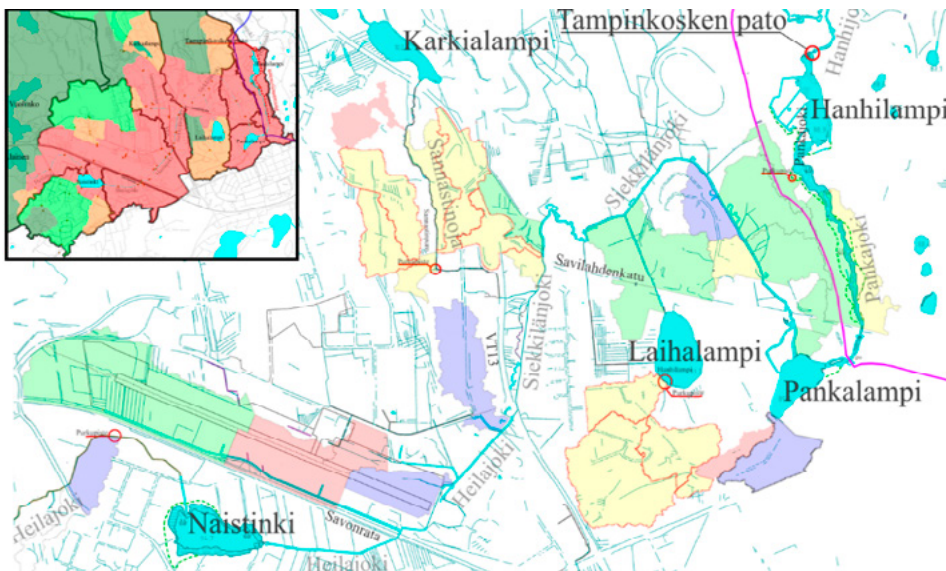
Hulevedet huonontavat pintavesien laatua aiheuttaen niihin laatupoikkeamia. Hulevesien mukanaan kuljetamat ravinteet ja haitta-aineet voivat aiheuttaa riskin

Hanhikankaan pohjavesialueelle. Riski voi tulla sekä pohjavesialueelta että Hanhilammen valuma-alueelta. Hulevesillä tarkoitetaan rakennetuilta alueilla syntyviä sade- ja sulamisvesiä sekä rakennusten perustusten kuivatusvesiä. Kaikki Hanhilammen valuma-alueella muodostuva vesi, mukaan lukien hulevedet, mikä ei haihdu tai sitoudu matkalla, päätyy lopulta Hanhilammelle. Hanhikankaan pohjavesialueen ja Hanhilammen valuma-alueen hulevedet on johdettu avo-ojissa ja hulevesiviemäreissä pääosin maastoon tai suoraan vesistöön.

Hulevesienhallinnan ensisijainen tavoite on ollut saada vesi pois sellaisista paikoista, joissa se voisi aiheuttaa ongelmia, kuten rakennusten tai katujen perustuksissa. Hulevesien hallitulla poisjohtamisella tavoitellaan myös tulvariskien vähentämistä. Tämän ensisijaisen tavoitteen vuoksi hulevedet on perinteisesti johdettu mahdollisimman suoraan vesistöihin (ks. kuva 86). Hulevedet huuhtovat kuitenkin matkallaan purkupisteisiin mukaansa pinnoilta ravinteita ja haitta-aineita. Tästä syystä hulevesien käsittelemätön suora johtaminen vesistöön ei ole välttämättä sopivaa, varsinkin kun ne johdetaan vesistöön, josta muodostuu vedenottamon raakavesi.

Hulevesiin päätyy haitta-aineita kuiva- ja märkälasketman lisäksi esimerkiksi tieliikenteestä pakokaasujen, tiemateriaalin kulumisen ja liukkaudentorjunnan kautta, sekä ajoneuvoista ja rakennusmateriaaleista korroosion vuoksi. Hulevesiin päätyy viheralueilta lannoitteita ja erilaisia torjunta-aineita. Bakteerien lähteenä ovat erityisesti eläinten ulosteet ja jätevesiviemäreiden vuodot tai väärinkytkenät. Myös roskat ja jätteet sekä maapintojen eroosio ovat tyypillisiä haitta-aineiden päästölähteitä (Suomen Kuntaliitto 2012, s. 124 – 125).

Yleisimpiä hulevesien sisältämiä haitta-aineita ovat kiintoaine ja ravinteet, metallit, tiesuolauksessakin käytettävä kloridi, öljyt ja rasvat sekä jotkin orgaaniset yhdisteet kuten PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt) ja torjunta-aineet. Hulevesissä on myös korkeita määriä suolistoperäisiä bakteereja, joiden määrä korreloi asukastiheyden kanssa. Hulevesissä esiintyvistä haitta-aineista pohjaveden laatua vaarantavat ainakin torjunta-aineet, liukkaudentorjunta-aineet sekä MTBE (metyylitertiäributyylieetteri), jota käytetään bensiinin lisäaineena (Suomen Kuntaliitto 2012, s. 124 – 127).



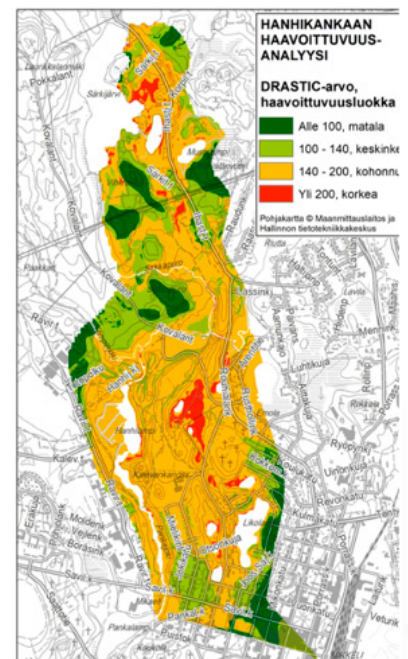
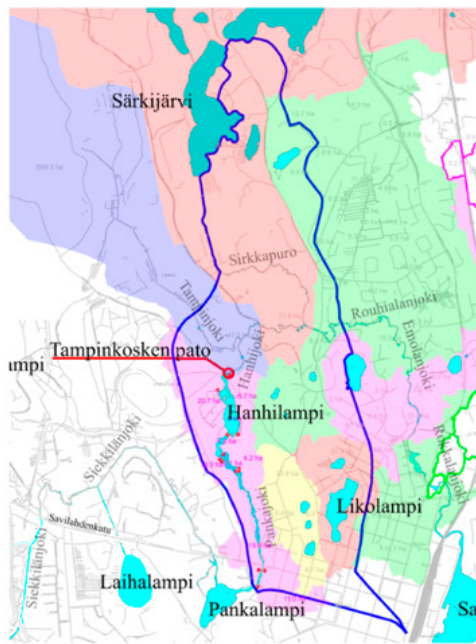
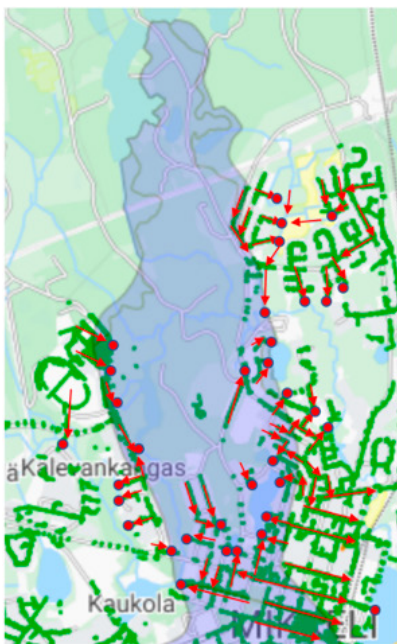
Kuva 86. Hanhikankaan valuma-alueella sijaitsevia pienvaluma-alueita, joiden vedet on johdettu suoraan hulevesiviemärillä vesistöön.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

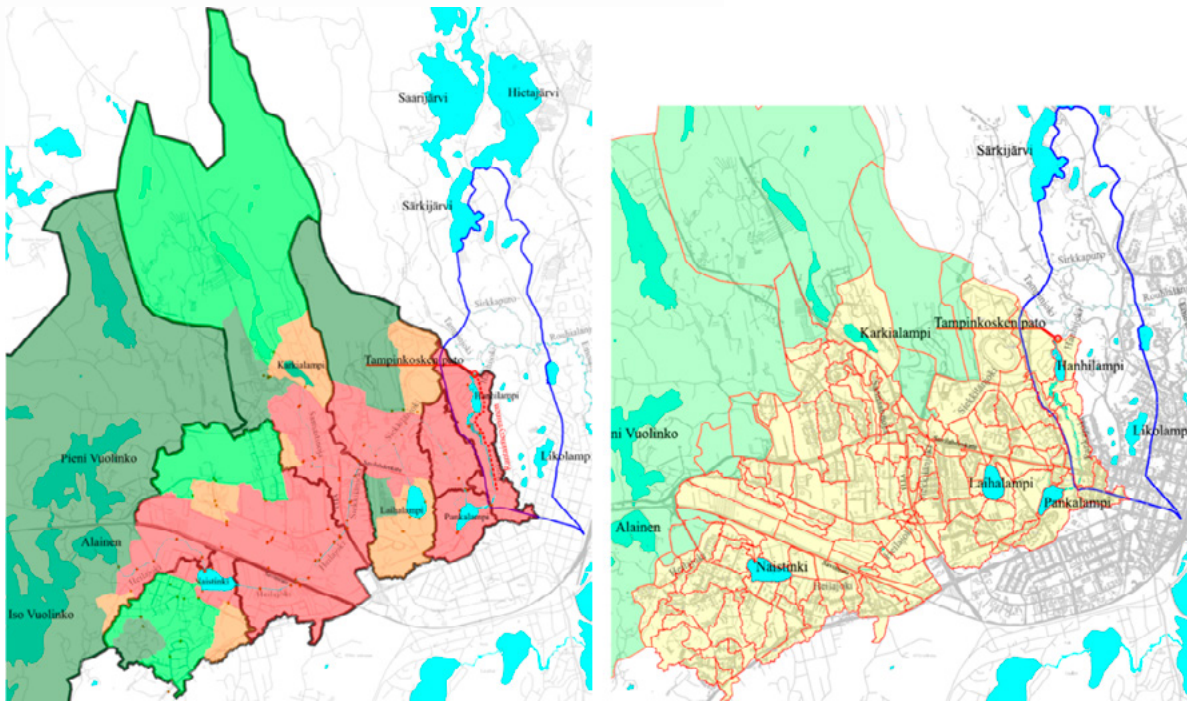
Hulevesiä johdetaan hulevesiviemärillä sekä avo-ojilla haavoittuvimmille alueille sekä pohjavesialueella että Hanhikankaan valuma-alueella (ks. kuvat 87 ja 88).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Hanhikankaan pohjavesialueella syntyvien hulevesien Hanhikankaan pohjavesialueelle aiheuttama riski on merkittävä (todennäköisyys 4 ja seuraus 3). Myös Hanhikankaan valuma-alueella syntyvien hulevesien Hanhikankaan pohjavesialueelle aiheuttama riski on merkittävä (todennäköisyys 5 ja seuraus 3).



Kuva 87. Hanhikankaan pohjavesialueen hulevesien johtamissuunnat ja purkupisteet vasemmalla (punaiset nuolet ja pisteet), keskellä pienvaluma-alueet ja oikeassa reunassa haavoittuvuusanalyysi.



Kuva 88. Hulevesien muodostumisalueet oikealla keltaisella (alue rajausta suuntaa-antava). Hulevesialueita sijaitsee myös korkeimman ja kohonneen haavoittuvuusluokanalueilla.

Hanhilammen valuma-alueelta tulevat hulevedet joutuvat kulkemaan pitemmän matkan ennen kuin niillä on mahdollisuus vaikuttaa Hanhikankaan pohjaveeseen. Hanhilammen valuma-alueelta kuitenkin tulee moninkertainen määrä hulevesiä verrattuna pohjavesialueeseen, joten niiden kyky kuljettaa mahdollisia pohjavedelle haitallisia aineita on suuri. Hulevesien vaikutus on nähtävissä laatupoikkeamina Hanhilammen vedenlaadussa. Hulevesien haitallinen vaikutus voi realisoitua pohjavesialueella tai rantaimetyymässä nopeasti esim. kevätylivalunnan aikaan tai hitaasti pitkin vuotta. Hulevedet voivat kuljettaa isoja määriä haitallisia aineita esim. tulipalojen tai onnettomuuksien seurauksena.

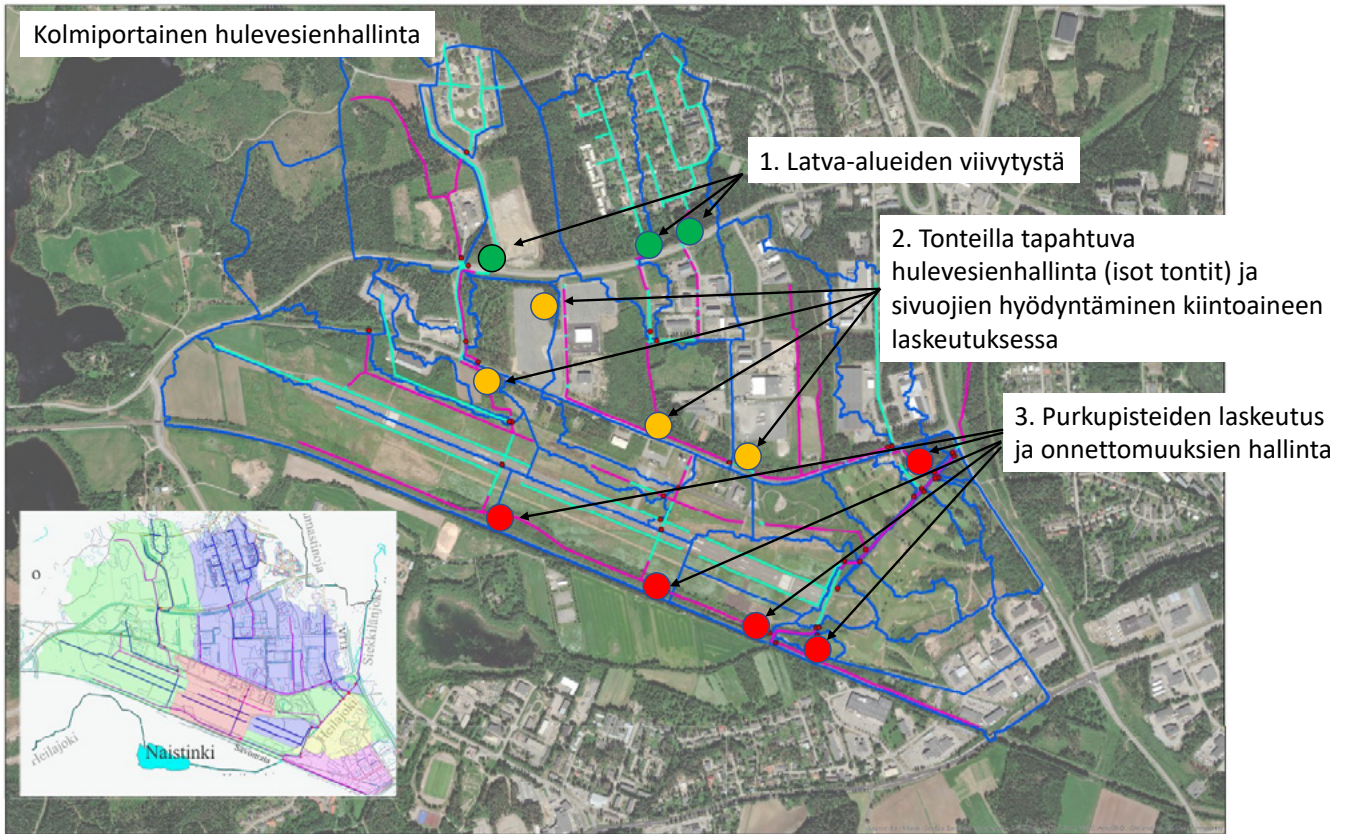
Ilmastonmuutos lisää rankkasateita ja talviaikaista huuhtoumaa. Ne molemmat huuhtovat mukaansa enemmän ravinteita, kiintoainesta ja pinnoilla olevia haitallisia aineita.

Toimenpidesuosituks

Hulevesien hallintaan ja hulevesien laadun parantamiseen ennen vesistöön purkua on syytä panostaa sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella. Hulevesien johtamista hulevesiviemärillä suoraan vesistöön tulisi välttää.

Hulevesien hallinnassa tulisi pyrkiä hajautettuun hallintaan hulevesien laadun parantamiseksi. Hajautetulla hallinnalla hulevesien hetkellistä virtaamaa kohti vesistöpurkupistettä saadaan pienennettyä ja kiintoaines lasketumaan matkalle. Onnettomuustilanteessa taas hajautetulla hulevesienhallinnalla voidaan hallita onnettomuuspaikalle tulevien vesien määrää ja sieltä pois lähtevien vesien määrää. Hajautetussa hulevesienhallinnassa vesistöpurkupisteen yhteydessä olevien hallintaratkaisuiden ei välttämättä tarvitse olla niin isoja, koska hulevesi on niihin tullessaan puhtaampaa eikä se tulvi niin herkästi rankkasateilla. Tällöin myös puhdistusteho säilyy paremmin. Kuvassa 89 on esimerkki siitä, miten hulevesiä voitaisiin hallita hajautetusti. Vihreissä pisteissä pyritään viivyttämään latva-alueilta tulevia hulevesiä. Samalla kiintoaines saadaan laskeutumaan. Oransseissa pisteissä tehdään hulevesien hallintaa isoilla paljon pinnoitetuilla teollisuustonteilla ja katuverkoston vierellä sivuojissa. Punaisissa pisteissä tehdään hulevesien puhdistusta ennen niiden laskua vesistöön. Keltaisissa ja punaisissa pisteissä voidaan sululla rajoittaa mahdollisen onnettomuuden seurauksena ympäristöön pääsevän kemikaalin tai sammutusveden pääsyä vesistöön.

Isoilla kiinteistöillä tehtävästä hulevesien hallinnasta olisi hyvä saada viranomaisten tietoon hulevesijärjestelmien sijainti ja viedä ne omalle tasolle arcgis on-



Kuva 89. Esimerkki kuinka hulevesiä tulisi hallita kolmiportaisesti ja monitahoisesti. Tällöin hallintatarkaisuiden ei tarvitse viedä niin paljon tilaa, ja ne toimivat paremmin myös rankkasateilla.

lineen. Tämä helpottaisi mahdollisissa onnettomuus-tilanteissa sammutusvesien hallintaa.

Luodaan hulevesienhallintaan tarkoitettu työryhmä. Työryhmään kutsutaan edustajat Mikkelin kaupungilta (kaupunkisuunnittelu, katujen suunnittelu, rakentaminen, viheralueet), Mikkelin seudun ympäristöpalveluilta, Etelä-Savon ELY-keskukselta, Xamkilta ja Mikkelin vesilaitokselta. Työryhmälle luodaan vuosikello ja palaverikäytännöt. Hulevesienhallinnan työryhmä koordinoi erilaisia hulevesiin liittyviä hankkeita ja määrittää yhdessä tehtäviä hulevesihankkeita.

16.4 Sähkömuuntajat

Pohjavesialue: Vähäinen nopea ja hidas riski
Hanhilammen valuma-alue: Vähäinen hidas riski



Riskin kuvaus

Sähkömuuntajat voivat olla riski pohjavesialueelle, mikäli niiden sisältämä muuntamoöljy pääsee jostakin syystä valumaan maaperään tai vesistöön.

Hanhikankaan pohjavesialueella on yhteensä 11 puistomuuntajaa, 11 kiinteistömuuntajaa sekä 1 pylväsmuuntaja. Pylväsmuuntajan öljynä on "Midel"-tyyppinen öljy, joka on tarkoitettu pohjavesialueiden pylväsmuuntamoihin. Muuntajat sisältävät yhteensä noin 10 980 kg öljyä. Pääosin kaikilla on öljynkeräyskaukalo. Kahdella kiinteistömuuntamolla ja kahdella puistomuuntamolla ja pylväsmuuntajalla ei

ole öljynkeräyskukaloa. Nämä on tarkoitus uusia lähitulevaisuudessa. (Romo, 2021.)

Hanhilammen valuma-alueella, ESE verkko Oy:n toiminta-alueella, on yhteensä 65 puistomuuntamoita, 7 kiinteistömuuntamoita, 13 pylväsmuuntamoita, ja 1 sähköasema. Ne sisältävät öljyä yhteensä noin 41 065 kg. Pylväsmuuntamoilla ei ole öljynkeräyskukaloita. Pylväsmuuntamot sijaitsevat verkoston latvoilla eli enemmän tai vähemmän maaseudulla. Kahdella kiinteistömuuntamolla ei ole öljynkeräyskukaloita ja yhdellä puistomuuntajalla ei ole öljynkeräyskukaloa. Pylväsmuuntamoista 6 kpl tullaan saneeraamaan puistomuuntamoiksi 2021-2022. (Romo, 2021)

Tiedossa ei ole muuntamoiden öljyvuototapauksia Hanhikankaan pohjavesialueella eikä Hanhilammen valuma-alueella. (Romo, 2021)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella muuntamoita sijoittuu myös korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueille. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella sijaitsevien sähkömuuntajien aiheuttama riski Hanhikankaan pohjavesialueelle on vähäinen (todennäköisyys 3, seuraus 2). Hanhilammen valuma-alueella olevien sähkömuuntajien Hanhikankaan pohjavesialueelle aiheuttama riski on myös vähäinen (todennäköisyys 3, seuraus 2).

Sähkölaitos saa useimmiten sähköverkoston suojausten ansiosta nopeasti ilmoituksen mahdollisesta muuntajan vikaantumisen aiheuttamasta massiivisemmasta vuodosta ja pelastustoiminta on mahdollista järjestää ripeästi paikalle. Mahdolliset pienemmät tihkuvuodot paljastuvat muuntajien säännöllisillä tarkastuskierroksilla.

Vuotojen aiheuttamaa riskiä on pienennetty öljynkeräyskukaloilla, joihin vuotava muuntajaöljy kerätään. Pohjavesialueella sijaitsevat suoja-altaattomat muuntamot tullaan saneeraamaan lähitulevaisuudessa.

Toimenpidesuosituks

Öljynkeräyskukaloitten asentaminen niille muuntajille, joilta se puuttuu ja joissa sellainen tarvitaan (sekä pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella). Kaupungin tulisi osoittaa saneeraustarpeessa oleville Savilahdenkadulla sijaitseville kiinteistö- ja puistomuuntamoille korvaava paikka, jotta työ voisi edistyä.

16.5 Kaukolämpö

Pohjavesialue: Kohtalainen hidaskas riski (riskiarviota pitää tarkentaa)
Hanhilammen valuma-alue: Vähäinen hidaskas riski (riskiarviota pitää tarkentaa)



Riskin kuvaus

Kaukolämpöputken vuoto voi olla riski pohjavesialueelle kaukolämpöputkissa kulkevaan veteen lisättyjen kemikaalien vuoksi. Riski voi muodostua Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevien kaukolämpöputkien vuodon kautta tai Hanhilammen valuma-alueella vesistöjen läheisyydessä olevien kaukolämpöputkien vuodon kautta. Kaukolämmön vuotoveden määrä on alle 20 m³/päivä koko ESE:n kaukolämpöverkon alueella (Pekansaari, 2021).

Kaukolämpöputkissa kulkee veden lisäksi Amertrol AT3550 kemikaalia sekä PyraGreen väriainetta. Amertrol AT3550 poistaa hapen tehokkaasti matalissakin lämpötiloissa, nostaa veden pH:ta, eliminoi vapaan hiilidioksidin ja suojaaa kupari- ja messinkiosia. Polymeeriosia estää kerrostumien muodostusta kattilaan, putkistoihin ja lämmönsiirtimiin. (Akkanen, 2021)

Kaukolämpöjohdot voidaan jakaa kiinnivaahdotettuihin sekä tuulettuviin kaukolämpöjohtoihin. Kiinnivaahdotetut johdot ovat tyypiltään Mpuk/2Mpuk -johtoja. Tuulettuvat johdot ovat tyypiltään Emv, Amv, puuhka sekä Mpul. (Akkanen, 2021)

Hanhikankaan pohjavesialueella on kiinnivaahdotettuja kaukolämpöjohtoja yhteensä 7,5 km ja tuulettuvia kaukolämpöjohtoja yhteensä 6,9 km. Hanhilammen

valuma-alueella on kiinnivaahdotettuja kaukolämpöjohtoja yhteensä 48 km ja tuulettuvia kaukolämpöjohtoja yhteensä 12 km. Vuodot Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella ovat olleet vähäisiä ja pääosin vanhoissa tuulettuvarakenteisissa kaukolämpöputkistoissa, joista vuotovedet ovat menneet kaukolämpökaivoihin ja niistä edelleen hulevesiverkostoon. (Akkanen, 2021)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Kaukolämpöjohtoja sijaitsee kaikkien haavoittuvuusluokkien alueella sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Kaukolämmön aiheuttamaa riskiä ei pystytä tässä vaiheessa arvioimaan luotettavasti, koska kemikaalitoimittajalta ei saatu tietoja kaukolämpöjohtoissa kulkevan nesteen vaarallisuudesta ympäristölle ja pohjavedelle. Tämän hetkisen arvion mukaan riski on kohtalainen (todennäköisyys 3, seuraus 3) pohjavesialueella ja vähäinen Hanhilammen valuma-alueella (todennäköisyys 3, seuraus 2).

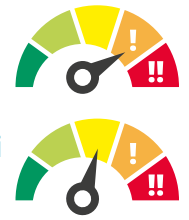
Kaukolämpölinjojen vuotoriskiä hallitaan mittalaitteilla ja vanhoja linjoja saneeraamalla. Kaukolämmön runkolinjoja valvotaan kattavasti mittalaitteilla, joten mahdolliset vuodot havaitaan alkuvaiheessa, jolloin vuotovesimäärät jäävät paikallisesti vähäisiksi. Pohjavesialueella sijaitsevia vanhoja kaukolämpölinjoja uusitaan vuosittain. Hanhilammen valuma-alueelta poistuu riskitekijöitä kun vesistö ylityksiä sisältävä Siekkilän kaukolämpölinja siirretään tulevaisuudessa Savilahdenkadun alle. (Pekansaari, 2021.)

Toimenpidesuosituks

Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevien vanhojen kaukolämpölinjojen uusiminen (ESE tekee jo tätä), jotta voitaisiin ennakolta välttyä mahdollisilta vuodoilta. Kaukolämpöputkien vuotoreitit tulisi mahdollisuuksien mukaan selvittää. Kaukolämpöveden haitallisuus pohjavedelle tulisi selvittää.

16.6 Öljysäiliöt

Pohjavesialue: Merkittävä nopea ja hidas riski
Hanhilammen valuma-alue: Kohtalainen nopea ja hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Pohjavesialueella sijaitseva maanalainen öljysäiliö voi vuotaa huomaamatta öljyä maaperään ja aiheuttaa maaperän ja pohjaveden pilaantumisen. Öljyvuoto voi tapahtua myös säiliöiden täytön ja vaihdon tai poiston yhteydessä. Öljysäiliöistä maaperän ja pohjaveden pilaantumista voivat lähinnä aiheuttaa ulkona sijaitsevat säiliöt. Sisällä sijaitsevan säiliön vuotaminen huomataan helpommin eikä vuoto pääse maaperään ja siitä edelleen pohjaveteen (ellei rakennuksen sisällä oleva säiliö sijaitse maapohjaisessa tilassa). Pohjaveden kannalta riskialtein sijainti on Kalevankankaalla sijaitsevilla öljysäiliöillä. Hanhilammen valuma-alueen öljysäiliöistä aiheutava riski on lähinnä vesistöjä sijaitsevista maanpäällisissä säiliöissä, joista öljy voi valua pintavaluntana vesistöihin.

Öljysäiliöiden kunto luokitellaan neljään eri luokkaan; A-, B-, C- ja D-luokkaan. A-luokkaan kuuluvat metalliset säiliöt, joiden levypaksuudesta on jäljellä sisäpuolelta mitattuna syvimmän syöpymän kohdalta vähintään 3 mm sekä muun materiaaliset säiliöt, jotka painekokeen perustella todetaan tiiviiksi. Luokan A metallisäiliö on tarkastettava viiden vuoden ja muu kuin metallisäiliö kymmenen vuoden välein. Luokan A säiliö on tarkistettava ensimmäisen kerran 10 vuoden päästä käyttöönotosta. B-luokkaan kuuluvat metalliset säiliöt, joiden levypaksuudesta on jäljellä sisäpuolelta mitattuna syvimmän syöpymän kohdalta vähintään 1,5 mm, mutta vähemmän kuin 3 mm. Luokan B säiliö on tarkastettava kahden vuoden välein. C-luokkaan kuuluvat metalliset säiliöt, joiden levypaksuudesta on jäljellä sisäpuolelta mitattuna syvimmän syöpymän kohdalta vähemmän kuin 1,5 mm tai joiden seinälevy muuttaa muotoaan kun sitä koputetaan sisäpuolelta 0,5 kg:n painoisella pallopäävasaralla. C-luokkaan kuuluva säiliö on poistettava käytöstä 6 kk:n kuluessa. D-luokkaan kuuluvat säiliöt, joissa on läpisyöpymiä, halkeamia ja säiliöt, jotka vuotavat painekokeessa.

D-luokan säiliö on poistettava käytöstä välittömästi. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 1985/344)

Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella olevat öljysäiliötiedot on saatu Etelä-Savon Pelastuslaitoksen rekisteristä (Haapiainen, 2021.)

Hanhikankaan pohjavesialueella oli yhteensä 31 toiminnassa olevaa öljysäiliötä vuonna 2021. Säiliöiden yhteenlaskettu tilavuus on 104 m³. Säiliöistä 11 kpl sijaitsee maan alla (40 m³), 1 kpl ulkona suojakammiossa (5 m³) ja 19 kpl kiinteistön sisällä (59 m³).

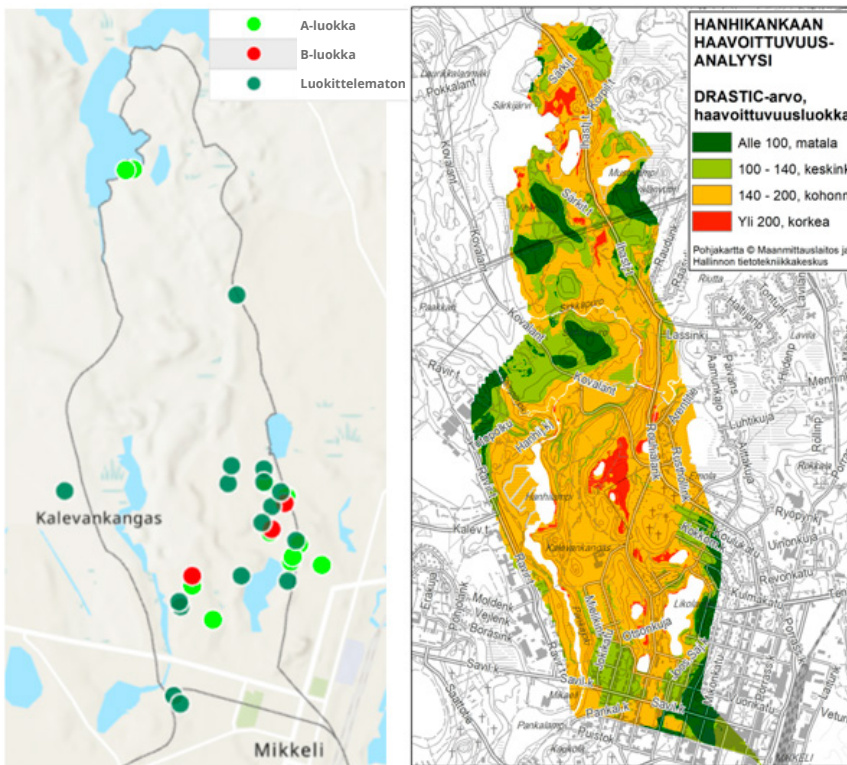
Yhtä lukuunottamatta (B kuntoluokka) kaikki ulkona olevat säiliöt kuuluvat A-kuntoluokkaan. 3 kpl ulkona sijaitsevista säiliöistä on 60-luvulla asennettuja, 5 kpl 70-luvulla asennettuja, 1 kpl 80-luvulla asennettuja, 1 kpl 2000-luvulla asennettu. Yhden säiliön asennusvuodesta ei ole tietoa. Vanhimmat ulkona maan alla sijaitsevista säiliöistä (2 kpl A-kuntoluokka, 1 kpl B-kuntoluokka) ovat 60-luvun alussa asennettuja ja ne sijaitsevat Kalevankankaalla ja Rouhialassa. Kalevankankaalla sijaitsevien 60-luvun säiliöiden materiaali on teräs. Kaikki maanalaiset säiliöt on tarkistettu vuoden

2010 jälkeen. Kalevankankaalla sijaitsevaa B-luokan terässäiliötä ei ole tarkistettu vuoden 2011 jälkeen ja se olisi syytä tarkistaa. Lisäksi 2000-luvulla asennetulle säiliölle ei ole tehty käyttöönoton jälkeistä tarkastusta.

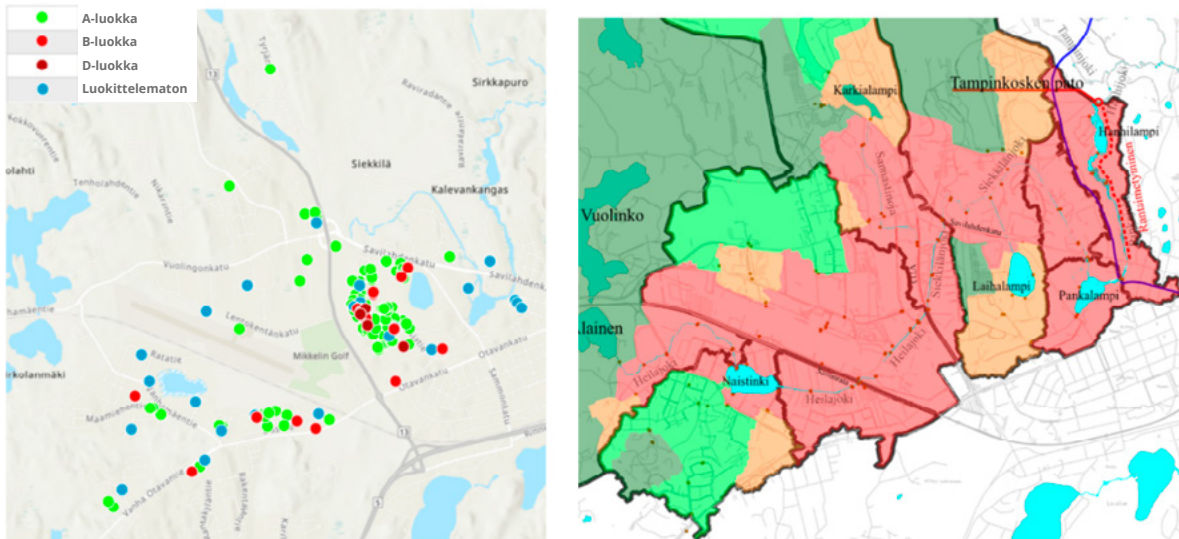
Hanhilammen valuma-alueella sijaitsee yhteensä 152 kpl öljysäiliötä, joiden yhteenlaskettu tilavuus on 2 474 m³ (huoltoasemien säiliöt eivät kuulu tähän). Näistä säiliöistä A-luokkaan kuuluu 98 kpl (2 280 m³), B-luokkaan 18 kpl (76 m³), D-luokkaan 5 kpl (15 m³) ja luokittelemattomaan luokkaan 31 kpl (103 m³). D-luokkaan kuuluvat säiliöt on ilmeisesti jo poistettu. A- ja B-luokkaan kuuluvista säiliöistä 61:llä säiliöllä seuraava tarkistus on myöhässä/sitä ei ole tehty.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Hanhikankaan pohjavesialueella öljysäiliöt sijoittuvat kaikkien muiden paitsi korkean haavoittuvuusluokan alueille. Hanhilammen valuma-alueella öljysäiliöt sijoittuvat kaikkien haavoittuvuusluokkien alueelle (ks. kuvat 90 ja 91).



Kuva 90. Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitsevat öljysäiliöt oikealla. B-luokkaan kuuluvien säiliöiden kunnan tarkistaminen tulisi tehdä pikaisesti. Luokittelemattomat säiliöt sijaitsevat yhtä lukuun ottamatta kaikki rakennusten sisällä.



Kuva 91. Hanhilahtien valuma-alueella sijaitsevat öljysäiliöt vasemmalla. A-luokan säiliöt vihreällä, B-luokan säiliöt punaisella ja D-luokan säiliöt ruskealla ja luokittelemattomat sinisellä. Oikealla Hanhilahtien valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella sijaitsevien öljysäiliöiden aiheuttama riski Hanhikankaan pohjavesialueelle ja vedenotolle on Hanhikankaan pohjavesialueella merkittävä (todennäköisyys 2 ja seuraus 4) ja Hanhilahtien valuma-alueella kohtalainen (todennäköisyys 2 ja seuraus 3). Öljysäiliöitä sijaitsee myös kohonneen haavoittuvuuden alueilla pohjavesialueella. Öljysäiliöiden kunnosta huolehtiminen on yksittäisten ihmisten osaamisen vastuulla. Hanhilahtien valuma-alueella riskit muodostuvat lähinnä isojen säiliöiden osalta (teollisuusalueet ja lämpövoimala).

Niiden pohjavesialueella sijaitsevien kohteiden osalta, jotka sijaitsevat aivan pohjaveden pinnan yläpuolella, ilmastonmuutos voi lisätä riskiä nostamalla pohjaveden pintoja hetkittäin aiempaa korkeammalle. Tällöin pohjavesi voi huuhtoa mukaansa helpommin mahdollisia maaperään päätyneitä öljyvuotoja.

Toimenpidesuosittukset

Pohjavesialueella sijaitsevien säiliöiden kunto tulisi tarkistaa säännöllisesti. Säiliöiden täyttämässä ja käytössä tulee käyttää erityistä huolellisuutta. Pohjavesialueelle ei tulisi asentaa uusia öljysäiliöitä. Öljylämmitystä suositellaan vaihdettavaksi muuhun energiamuotoon pohjavesialueella.

Myös Hanhilahtien valuma-alueen öljysäiliöiden kunnot tulisi tarkistaa. Alueella on pelastuslaitoksen rekisterin mukaan useita säiliöitä, joita ei ole tarkistettu määrä-aikoihin mennessä.



17

MAANKÄYTÖSTÄ
AIHEUTUVAT RISKIT

17. MAANKÄYTÖSTÄ AIHEUTUVAT RISKIT

Maankäytöllä voidaan määritellä pohjaveden muodostumisolosuhteita ja edellytyksiä sekä toimintoja, jotka ovat mahdollisia Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella. Maankäyttö pitää siis sisällään sekä uhkia että mahdollisuuksia. Hyvällä maankäytöllä pohjaveden muodostumista ja sen laatua voidaan turvata ja jopa parantaa. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi maankäytölliset uhat Hanhikankaan pohjavesialueelle ja vedenottomolle. Maa-ainestenoton on ajateltu kuuluvan maankäytön alle.

17.1 Maa-ainestenotto

Pohjavesialue:
Kohtalainen hidas riski
Hanhilammen valuma-alue:
Matala hidas riski /ei riskiä
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Hanhikankaan pohjavesialueella ei ole voimassa olevia maa-ainestenottolupia. Hanhikankaan pohjavesialueella on yksi maa-ainesten ottoalue, jonka ottolupa on päättynyt (ks. kuva 92). Maa-ainestenottolupa oli voimassa vuosina 1989 - 1995. Ottoalueen pinta-ala oli 1,3 ha ja luvalla on saanut ottaa soraa ja hiekkaa yhteensä 35 000 k-m³. Toteutuneet ottomäärät eivät ole tiedossa. Ottoapaikan sijainti pohjavesialueella on esitetty kuvan 93 vasemmassa yläosassa. Nykyisin alue



Kuva 92. Maa-ainesten ottoapaikat Hanhikankaan pohjavesialueella ja sen läheisyydessä. Pohjavesialueella sijaitsee yksi jo päättynyt maa-ainestenottoapaikka. Otava-Tokero-Hermanninkaupunki-Tikkala alueella sijaitsevat ottoapaikat kuuluvat Hanhilammen valuma-alueeseen. Niistä yhdellä ottoapaikalla on voimassa oleva ottolupa. (Maa-aineslupa-tietojärjestelmä (NOTTO), 2021.)

on metsittynyt. Alueelle on merkitty MATTI-kohteisiin selvitystarve, mutta selvitystä ei ole tehty. Riski muodostuu alueella mahdollisesti olevasta pilaantumasta ja alueen jatkokäytöstä. (Maa-aineslupa-tietojärjestelmä (NOTTO), 2021.)

Emolanjoen valuma-alueella ottolupia on pääasiassa Otavan ja Toivolan alueen tienoilla ja pohjoisessa Kurjenselän, Römpelin ja Väärälän alueilla. Otavan läheisyydessä sijaitsevat maa-ainestenottopaikat sijaitsevat myös Hanhilammen valuma-alueella. Otavan alueen ja Toivolan alueen läheisyydessä olevat luvat (13 kpl) ovat yhtä lukuunottamatta päättyneet (Ala-Lokka 491-430-6-208). Myös Jyväskylätien varressa olevan ottoalueen ottolupa on päättynyt (Maa-aineslupa-tietojärjestelmä (NOTTO), 2021). Hanhilammen valuma-alueella tällä hetkellä olevien maa-ainesten otto- paikkojen ei arvioida aiheuttavan riskiä Hanhikankaan pohjavesialueelle.

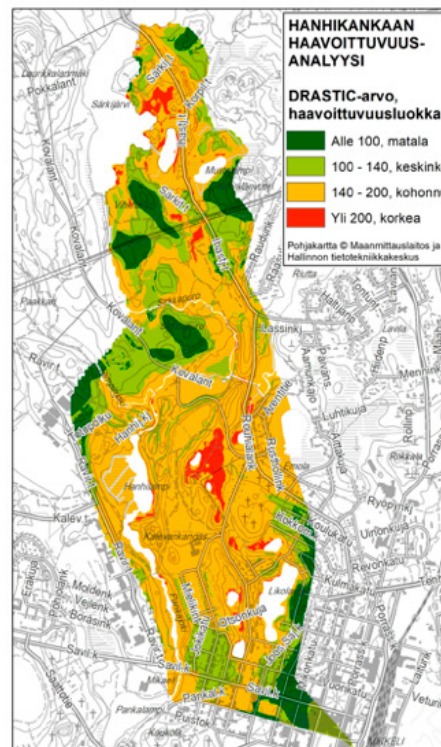
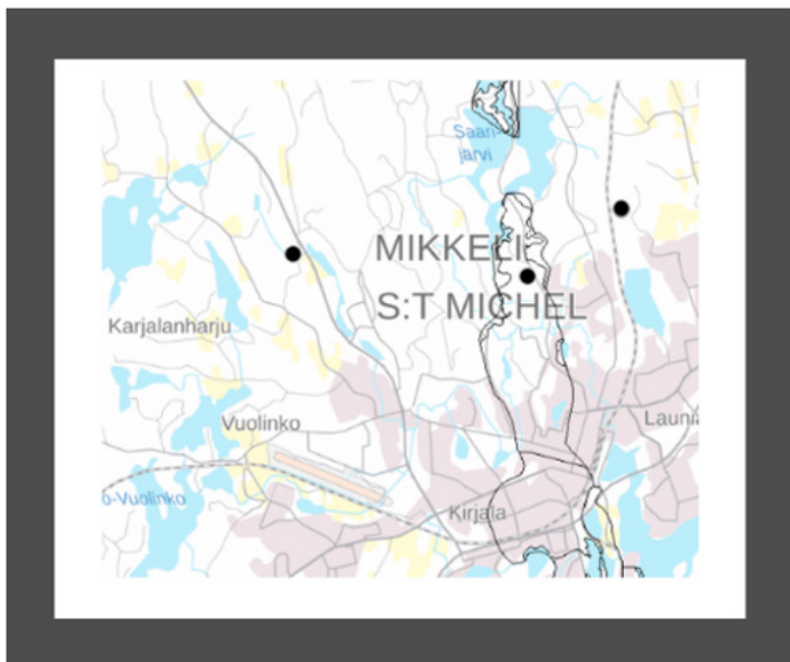
Pohjoisessa Vuohiniemi- Haukilampi pohjavesialueella tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitseviin ottoluppiin (15 kpl) olisi syytä kiinnittää myös huomiota. Vuohiniemi-Haukilammen pohjavesialueen pohjavettä saatetaan käyttää tulevaisuudessa lisäveden lähteenä Hanhikankaan vedenottamolle. Olisi tärkeä huolehtia, että maa-ainesten otolla ei vaaranneta pohjavesialuetta, ottoalueiden viimeistelyt tehdään asianmukaisesti eikä ottoalueilla varastoida sinne kuulumattomia massoja. Vuohiniemi-Haukilampi pohjavesialueen välittömässä läheisyydessä pohjoisessa sijaitseva ottoalue (Hiekkämäki, 491-409-0005-0008) on tällä hetkelläkin aktiivinen ja siellä tehdään pohjavedenpinnan alaista ottoa. Tälle on määrätty tarkkailua. (Maa-aineslupa-tietojärjestelmä (NOTTO), 2021.)

Hanhikankaan pohjavesialueella oleva vanha viimeistelemätön maa-ainestenottoalue sijaitsee kohonneen haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 93).

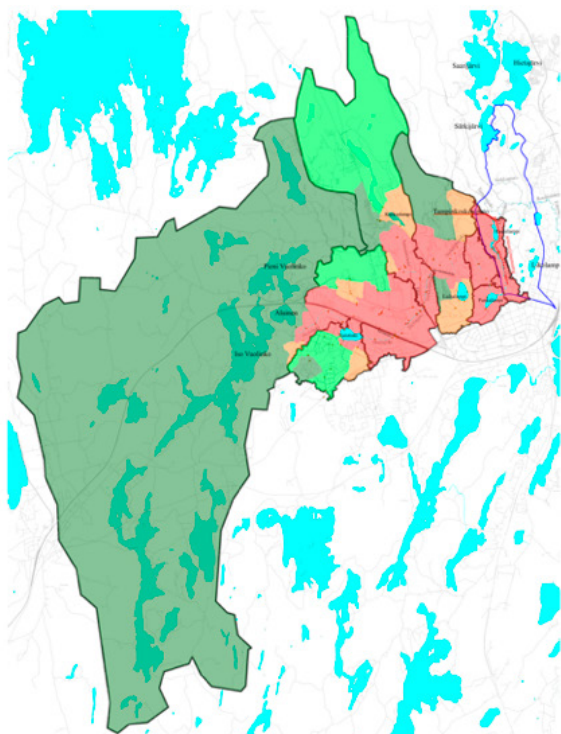
Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Hanhikankaan pohjavesialueella oleva vanha viimeistelemätön maa-ainestenottoalue sijaitsee kohonneen haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 93).

Hanhilammen valuma-alueella olevat maa-ainestenottoalueet sijaitsevat matalan ja keskinkertaisen haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 94).



Kuva 93. Hanhikankaan pohjavesialueella sijaitseva maa-aineistenottoa vasemmalla (Maa-aineslupa-tietojärjestelmä (NOTTO), 2021). Oikealla Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysikartta.



Kuva 94. Hanhilammen ja Emolanjoen valuma-alueilla sijaitsevat maa-aineistenottoalueet oikealla (Maa-aineslupa-tietojärjestelmä (NOTTO), 2021). Vasemmalla Hanhilammen valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Maa-ainestenoton aiheuttama riski Hanhikankaan pohjavesialueelle on kohtalainen (todennäköisyys 2 ja seuraus 3). Maa-ainestenotto paikan alueella pohjaveden päällä oleva suojaava maakerros on ohentunut ja riski pohjaveden pilaantumiselle kasvanut. Ilmastonmuutos voi lisätä riskiä nostamalla pohjaveden pintoja hetkittäin aiempaa korkeammalle. Tällöin pohjavesi on vielä entisestään alttiimpi haitta-aineiden vaikutukselle. Korkealle kohonnut pohjavesi voi huutoa mukaansa helpommin esimerkiksi mahdollisia maaperään pilaantumia.

Maa-ainestenoton aiheuttama riski Hanhilammen valuma-alueella on matala (todennäköisyys 2, seuraus 1).

Emolanjoen valuma-alueelta tuleva suurin riski aiheutuu lisäveden lähteeksi kaavaillun Vuohiniemi-Haukilampi pohjavesialueen sisällä tai välittömässä läheisyydessä tapahtuvasta maa-ainestenotosta.

Toimenpidesuosituksukset

Hanhikankaan pohjavesialueella olevan lopetetun maa-ainestenottoalueen viimeistely tulisi suorittaa loppuun ja huolehtia ettei alueella tehdä pohjavesialueelle sopimatonta toimintaa. Maaperän mahdollinen pilaantuminen tulee selvittää ja mahdollinen pilaantuma kunnostaa ennen alueen viimeistelyä.

Vuohiniemi-Haukilampi pohjavesialueille ei tulisi myöntää uusia ottolupia ja olemassa olevista tulisi huolehtia etteivät ne vaaranna mahdollista vedenottoa. Ottoalueiden viimeistely tulisi huolehtia asianmukaisella tavalla tehtäväksi.

17.2 Metsätalous

Pohjavesialue:
Kohtalainen hidas riski
Hanhilammen valuma-alue:
Kohtalainen hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Metsätalouden toimenpiteistä pohjavesialueen hydrogeologiaan vaikuttavat selvimmin ojitus, maan muokkaus ja hakkuut. Ojitus voi alentaa pohjaveden pintaa, nopeuttaa veden virtausta ja muuttaa alueen hydraulisia ominaisuuksia. (Ylönen, 2010, 58-59.) Hanhikankaan pohjavesialueella metsätaloutta on suurin osa sen pinta-alasta, noin 60 % (214 hehtaaria) (SYKE, paikkatiedot ja kaukokartoitus, 2021). Myös Hanhilammen valuma-alueella metsätaloutta on suurin osa sen pinta-alasta, noin 70 % (44,9 km²) (VEMALA, 2021).

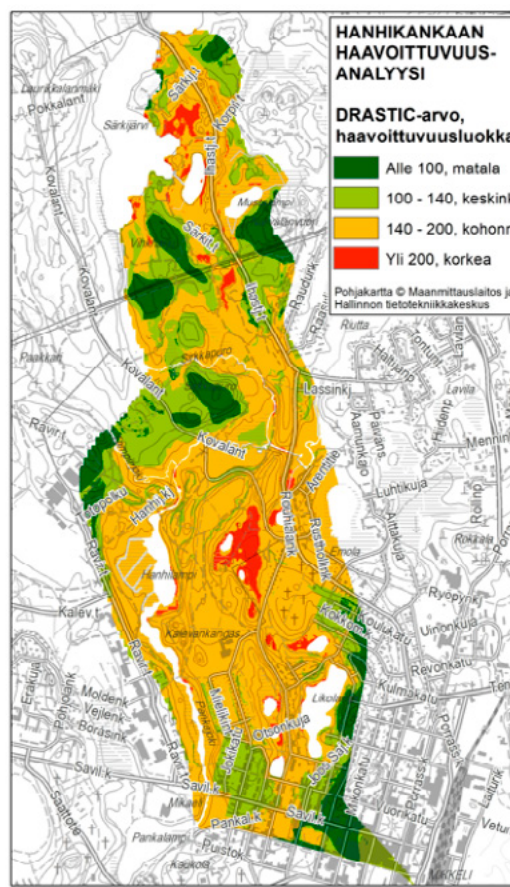
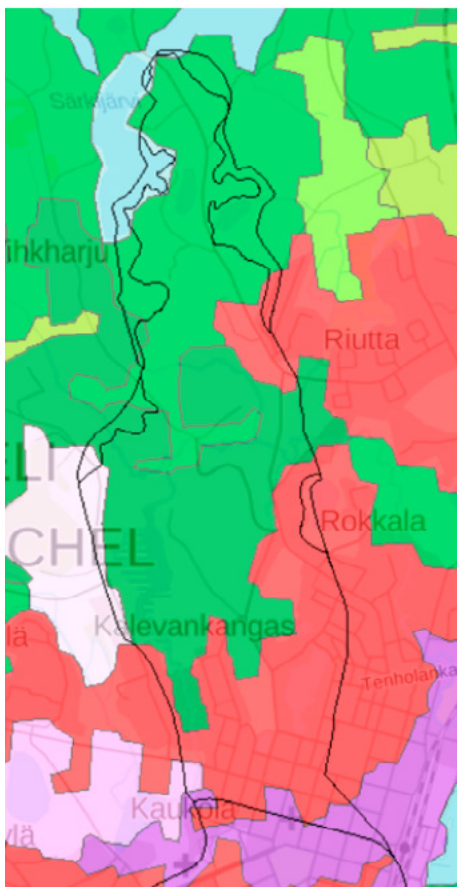
Riskin arvottaminen ja perustelut

Hanhikankaan pohjavesialueella toteutettavat metsätaloustoimet aiheuttavat Hanhikankaan pohjavesialueelle kohtalaisen riskin (todennäköisyys 3, seuraus 3). Hanhilammen valuma-alueella toteutettavat metsätaloustoimet aiheuttavat myös kohtalaisen riskin (todennäköisyys 3, seuraus 3) Hanhikankaan pohjavesialueelle.

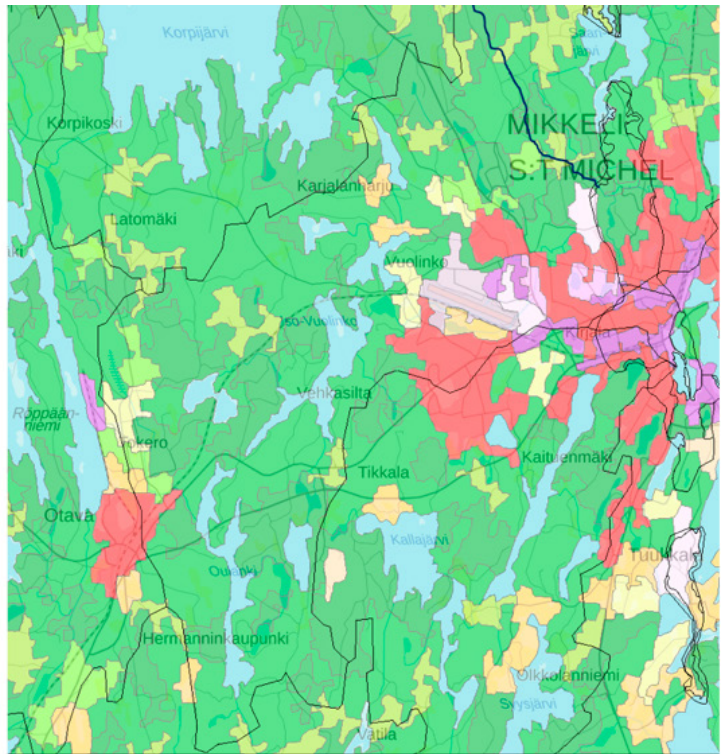
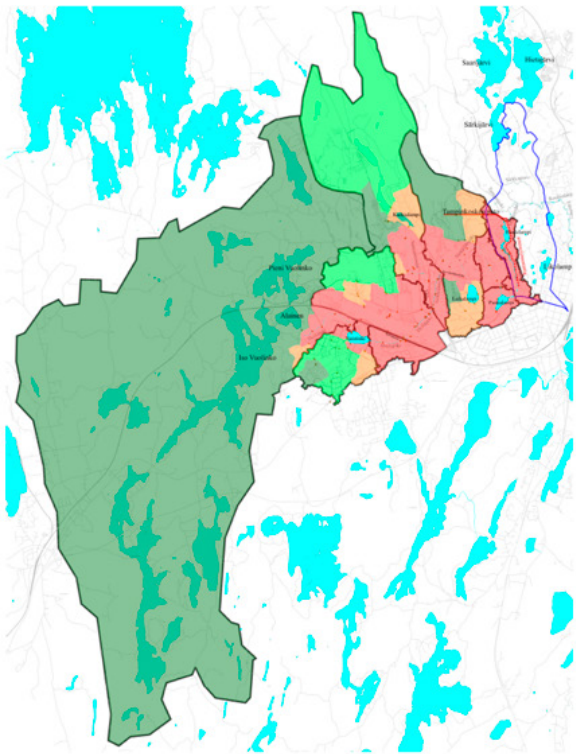
Ilmastonmuutos lisää riskiä talvivalunnan lisääntymisen seurauksena.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueille

Metsätaloutta sijaitsee kaikkien haavoittuvuusluokkien alueilla sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella (ks. kuvat 95 ja 96).



Kuva 95. Corine-maankäyttöluokat vasemmalla (Maanmittauslaitos, paikkatietoikkuna, 2021). Vihreät alueet metsää, punaiset alueet väljästi rakennettuja asuinalueita. Violettit alueet teollisuuden ja palveluiden alueita, valkoiset alueet urheilun ja vapaa-aikatoiminnan alueita. Oikealla Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysikartta.



Kuva 96. Corine-maankäyttöluokat Hanhikankaan valuma-alueella oikealla (Maanmittauslaitos, paikkatietoikkuna, 2021). Vasemmalla Hanhikankaan valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta.

Toimenpidesuosituks

Hanhikankaan pohjavesialueella tulisi välttää kunnostus- ja uudisojituksia sekä raskasta maanmuokkausta ja avohakkuita. Pohjavesialueella metsän säilyttäminen on tärkeää pohjaveden muodostumisen ja hyvän laadun turvaamisen kannalta.

Lannoitteiden, erityisesti typpilannoitteiden, käyttöä pohjavesialueen metsien hoidossa tulisi välttää, koska haitallinen nitraatti voi huuhtoutua pohjaveteen. Metsäkoneissa tulisi myös käyttää biologisesti hajoavia öljyjä mahdollisten öljyvetojen aiheuttamien riskien pienentämiseksi.

Hanhikankaan valuma-alueella tulisi metsien kunnostusojituksessa käyttää laskeutusaltaita, kaivukatkoja ja muita mahdollisia vesiensuojeluratkaisuja vähentämään maa-ainesten ja ravinteiden liikkumista. Erityisesti Sannastinpuron suunnan metsien hoidossa olisi syytä huomioida tämä asia, koska ilmastonmuutos lisää metsistä tulevaa talviaikaista kuormaa ja Sannastinpuron valuma-alueelta peräisin oleva kuormitus päättyy suurimmaksi osaksi Hanhikammelle.

17.3 Muodostuvan pohjaveden määrän väheneminen

Pohjavesialue:
Kriittinen hidas riski
Hanhikankaan valuma-alue:
Käsitellään pohjavesialueen kohdassa
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Liiallinen pohjavesialueen rakentaminen voi pahimmillaan vaarantaa pohjaveden määrän ja muuttaa pohjaveden virtauskuvaa ja pohjaveden laatua. Se voi vaikuttaa kaupungin talousveden saatavuuteen. Erityisesti tämä uhka koskee Kalevankankaan aluetta, joka on ihanteellinen pohjaveden muodostumiselle ja josta myös kaikilla ottomäärillä vesi päättyy hyvin vedenottamolle.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Sadannan kautta muodostuvan pohjaveden määrän väheneminen tiiviysrakentamisen ja liiallisen pinnoittamisen seurauksena on kriittinen riski (todennäköisyys 3 ja seuraus 5) Hanhikankaan pohjavesialueelle ja vedenotolle. Hanhikankaan roolia kaupungin vedenhankinnassa on tarkoitus kasvattaa tulevaisuudessa eli vedentarve tulevaisuudessa siis kasvaa. Vastaavasti ilmastonmuutos lisää kesän kuivuusjakson pituutta sekä pohjaveden muodostumisessa (sadannan kautta) että pintaveden virtaamassa (Hanhilammessa). Tämä voi johtaa kestävämpään yhtälöön, mikäli toisaalta huononnetaan pohjaveden muodostumisen edellytyksiä.

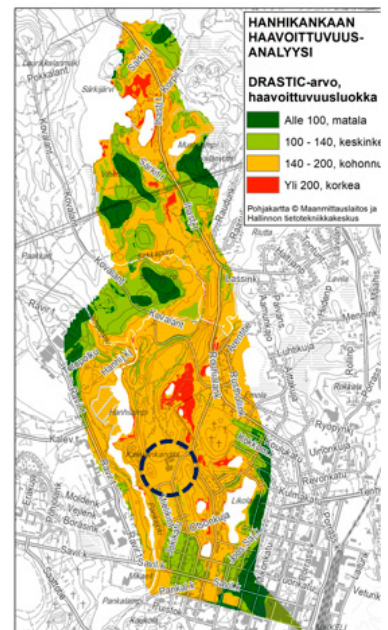
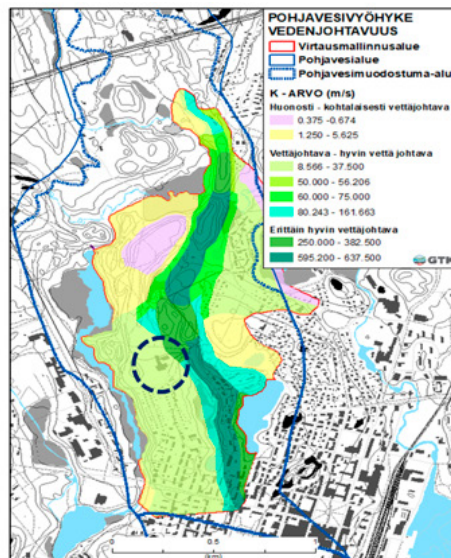
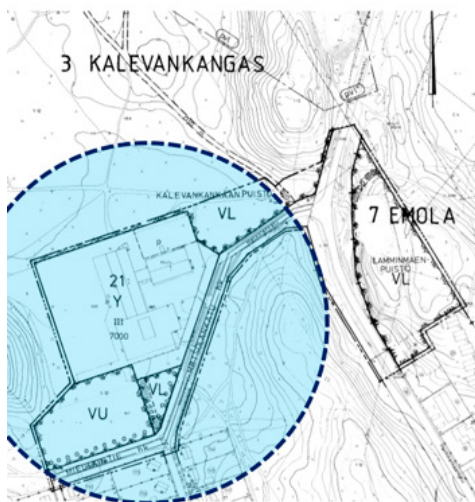
Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Paras pohjaveden muodostumisalue sijaitsee Hanhijoen eteläpuolella kaikkien haavoittuvuusluokkien alueella (ks. kuvat 12-16). Kalevankankaan entisen koulun alue sijaitsee pohjavesimuodostuman ydinalueilla ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 97).

Toimenpidesuosituks

Hanhikankaan pohjavesialueen kaavoituksessa tulee huomioida, että pohjaveden luontaista muodostumista ei estetä alueiden liiallisella pinnoittamisella ja liialla tiiveysrakentamisella. Tiiveysrakentaminen ei saisi olla ohjaava tekijä maankäytössä pohjavesialueella, vaan ohjaavana tekijänä tulisi olla pohjaveden muodostumisen turvaaminen tulevaisuudessa. Vanhan Kalevankankaan koulun alue tulee säilyttää ensisijaisesti luonnontilaisena puistoalueena, mikä mahdollistaa tehokkaan ja hyvälaatuisen pohjaveden muodostumisen.

Vanhan Kalevankankaan koulun aluetta voidaan josain tilanteessa tarvita tekopohjavedenmuodostamisessa. Tämä tulee huomioida myös alueen kaavoituksessa ja hyödyntämisessä. Alue tarjoaa ihanteelliset olosuhteet tekopohjavedenmuodostamiselle. Tekopohjaveden muodostamisella Hanhikankaan vedenottamon ottokapasiteettia olisi mahdollista todennäköisesti kasvattaa siten, että Hanhikangas pystyisi tarvittaessa korvaamaan paremmin Pursialaa ja vesilaitoksen toimintavarmuus sitä kautta kasvaisi. Tekopohjavedenmuodostaminen edellyttää kuitenkin lisätutkimuksia ja uuden vedenottoluvan.



Kuva 97. Kalevankankaan koulun asemakaava vasemmalla, keskellä pohjavesialueen vedenjohtavuusvyöhykkeet, vasemmalla haavoittuvuusanalyysi.



18

ILMASTON
MUUTOKSEN
JA VEDENLAADUN
MUUTOSTEN
AIHEUTTAMAT RISKIT

18. ILMASTONMUUTOKSEN JA VEDENLAADUN MUUTOSTEN AIHEUTTAMAT RISKIT

Ilmastonmuutos ja ihmistoiminta on kiihdyttänyt Hanhilammen valuma-alueen ja Hanhikankaan pohjavesialueen vesistöjen rehevöitymistä. Ihmistoiminta (hulevedet) ovat saaneet aikaan muutoksia vesistöjen toiminnassa. Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan imeytyvän raakaveden kehityksen turvaaminen edellyttää sekä ulkoisen kuormituksen kasvun hillitsemistä että myös itse vesistöissä tehtäviä aktiivisia hoitotoimia. Rantaimeytymällä muodostuneen pohjaveden laadun kannalta kriittisissä vesistöissä voidaan joutua turvautumaan tilaa ylläpitävään pitkäaikaiseen hoitoon. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi toimenpiteitä ilmastonmuutoksen vaikutuksiin varautumiseksi ja rantaimeytyvän pintaveden laadun parantamiseksi.

18.1 Ilmastonmuutos

Pohjavesialue:
Merkittävä hidas riski
Hanhilammen valuma-alue:
Merkittävä hidas riski



Riskin kuvaus

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset ilman lämpötilaan, pohjaveden lämpötilaan, pohjaveden muodostumiseen sadannan ja rantaimeytymisen kautta, muutokset pintaveden virtausolosuhteisiin ja pintaveden viipymiin sekä pinta- ja pohjaveden laatuun voivat vaarantaa pohjaveden laadun sekä riittävyyden. Ilmastonmuutos myös kasvattaa monen riskitekijän vaarallisuutta pohjaveden kannalta.

RAINMAN -projektissa tehtyjen mallinnusten perusteella näyttää siltä, että ilmastonmuutoksen vaikutukset realisoituvat jo pienimmälläkin päästöskenaariolla (RCP2.6) pintaveden viipymissä Hanhilammessa jo vuoteen 2050 mennessä. Talviaikaiset viipymät lyhenevät ja kesäaikaiset viipymät aikaistuvat ja pidentyvät. Mallinnuksen perusteella ilmastonmuutos on väistämätöntä ja siihen täytyy varautua.

Näyttäisi siltä, että ilmastonmuutos tulee muuttamaan Hanhilammen virtaamakuvausta jo vuoteen 2050 mennessä siten, että kesän alivirtaamakausi aikaistuu ja pidentyy. Mikäli pohjavesimuodostuman antoisuus riippuu tasaisesti imeytyvästä Pankajoen ja Hanhilammen pintavedestä, voi pitkittyvä kesän kuiva jakso vähentää rantaimeytyvän veden määrää, jos rantaimeytymisalue on kapeasektorinen ja veden korkeus laskee pitkäksi aikaa hyvin johtavia kerroksia alemmas. Tällöin voidaan antoisuuden turvaamiseksi joutua turvautumaan tekopohjaveden muodostamiseen esimerkiksi sadetusta hyödyntäen. Tällöin tulisi pohtia myös sitä, mistä muodostettava tekopohjavesi johdetaan. Tätä skenaariota olisi syytä tutkia tarkemmin ja varautua siihen. Pitkän kuivan kauden aikana, kun Iso-Vuolingosta ja Pieni-Vuolingosta ei juuri saada vettä, vedenlaatupoikkeamat ja niiden vaikuttavuus voivat yleistyä, jos hulevesien hallintaa ei paranneta.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Ilmastonmuutoksen Hanhikankaan pohjavesialueelle aiheuttama riski on merkittävä sekä pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella (todennäköisyys molemmissa 5 ja seuraus 3).

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Riski kattaa kaikki haavoittuvuusalueet niin Hanhikankaan pohjavesialueella kuin Hanhilammen valuma-alueella.

Toimenpidesuosituksukset

Pohjaveden määrän ja laadun mittausta voitaisiin parantaa pohjavesialueelle asennettavilla jatkuva-toimisilla datalockereilla, mitkä antaisivat herätteitä pohjaveden laadun, määrän tai virtausolosuhteiden muutoksista. Näillä voitaisiin ennakoida paremmin Hanhikankaan vedenottamon ajoa. Esimerkiksi pitkinä kuivina jaksoina tiedettäisiin paremmin, muuttuvatko virtausolosuhteet pohjavedessä haitalliseen suuntaan.

Pohjaveden rantaimeytymisaluetta tulisi tutkia paremmin. Mikäli selvityksen perusteella vaikuttaa siltä, että ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat pitkät kuivat kesät voivat uhata rantaimeytyvän veden määrää ja

sitä kautta pohjaveden määrää, voitaisiin miettiä tekopohjaveden muodostamisen mahdollisuuksia Hanhikankaalla.

18.2 Likolampi

Pohjavesialue: Matala/ei riskiä – Merkittävä hidaskasvu Hanhilammen valuma-alue: Likolampi ei sijaitse Hanhilammen valuma-alueella Ilmastomuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Likolampi on tulo- ja lasku-uomaton suppalampi, joka saa vetensä pohjavedestä ja Likolammen pieneltä valuma-alueelta. Suurelta osin valuma-alueelta tulevat vedet ovat hulevesiä. Likolammesta vesi poistuu ainoastaan joko haihtumalla tai rantaimetyymällä pohjaveteen. Likolammessa esiintyy kesäisin säännöllisesti koko tuotantokauden kestävää runsasta sinileväkasvua, mikä havaitaan selvänä leväsamennuksen aiheuttamana vihreänä veden värinä. Sinileväkasvu ei tavallisesti kuitenkaan muodosta pintalautoiksi kehittyvää kukintaa. Likolammen sinileväpitoisen veden imeytyminen pohjaveteen voi olla riski Hanhikankaan pohjavesialueelle ja vedenotolle, mikäli Likolammen vettä pääsisi vedenottamolle saakka.

GTK:n RAINMAN -projektissa tekemän isotooppitutkimuksien perusteella Likolammen vettä ei kuitenkaan päädy nykyisillä ottomäärillä Hanhikankaan vedenottamolle (Kaipainen ym. 2021). Pohjaveden virtausmallinnoksen perusteella tilanne voi kuitenkin muuttua, jos pumppausmääriä kasvatetaan vedenottoluvan mukaisiin maksimipumppausmääriin eli 4 500 m³/d (Hyvönen ym. 2021). Tällöin Likolampi on vedenottokaivojen kaappausalueiden piirissä eli Likolammen vettä voi päätyä vedenottamolle tilanteessa, jossa virtaus on Likolammen suunnalta pohjaveteen. Mikkelin vesilaitoksen teettämissä vuoden kestäneissä koepumppauksissa ei tosin huomattu pohjaveden laadun merkittävää heikkenemistä 4500 m³/d ottomäärillä (Ikäheimo ja Hakoniemi, 2008, s. 1-28). Myös Tampinkoskenpadon korkeusasemalla voi olla merkitystä Likolammen ja Hanhikankaan pohjaveden välisiin virtausolosuhteisiin.

Likolampea on yritetty kunnostaa monilla eri toimenpiteillä vuosina 1991-2020. Lammen vettä on ilmastettu säännöllisesti vuodesta 1991 lähtien. Tehdyt kunnostustoimenpiteet on esitetty liitteessä 19.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

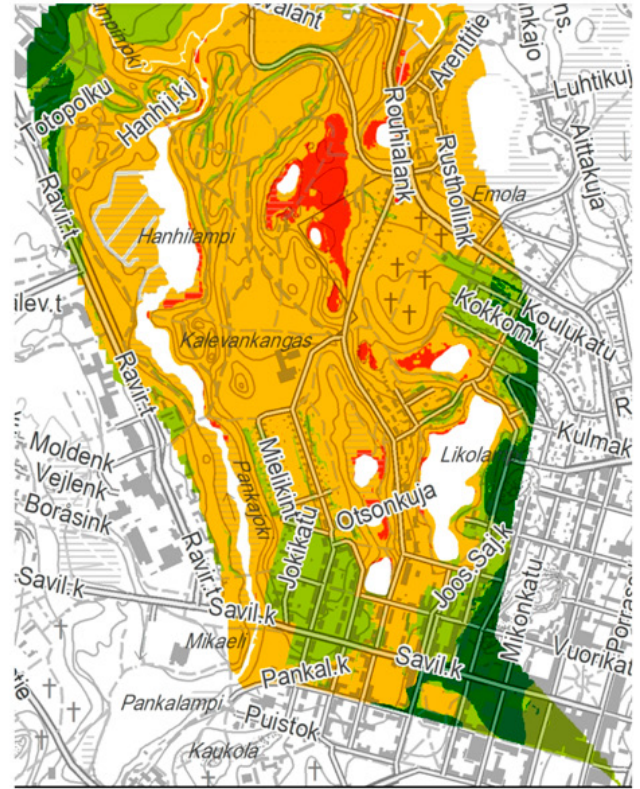
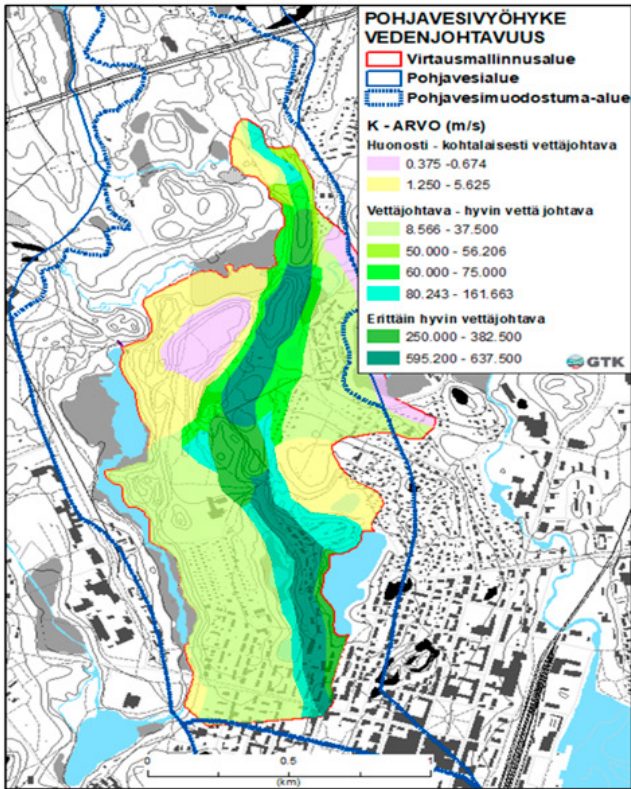
Likolampi sijaitsee Hanhikankaan pohjavesialueella ja lammesta on mahdollinen pohjavesiyhteys Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan, joko niin, että pohjavettä virtaa lampeen tai lammen vettä virtaa pohjaveteen. Lampi siis sijaitsee korkeimman ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 98).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Tällä hetkellä Likolammen veden Hanhikankaan pohjavesialueelle aiheuttama riski on matala/ei riskiä (todennäköisyys 1, seuraus 2). Arvio perustuu GTK:n tekemään tuoreeseen isotooppitutkimukseen, jonka mukaan nykyisillä Hanhikankaan vedenottamon vedenottomäärillä Likolammen vettä ei päädy vedenottamolle. Hanhikankaan vedenottamon vedenottoluvan mukaisilla maksimimäärillä (4500m³/d) Likolampi kuuluu vedenottamon kaivojen kaappausalueisiin ja on mahdollista, että joissain tilanteissa Likolammen vettä päätyy vedenottamolle. Tällaisessa tilanteessa Likolampi aiheuttaisi Hanhikankaan pohjavesialueelle merkittävän riskin (todennäköisyys 4 ja seuraus 3).

Ilmastomuutos lisää riskiä. Ilmastomuutos vaikuttaa mm. lisääntyvien rankkasateiden kautta Likolammen vedenpinnan korkeuteen nostamalla sitä nopeasti hetkittäin ja toisaalta saman aikaisesti pitkien kuivien jaksojen kautta pohjaveden pinnan korkeuksiin laskemalla niitä. On mahdollista, että Likolammen vesi virtaa pohjaveteen pohjavedenpinnan ollessa Likolammen pintaa alempana. Nämä tekijät voivat lisätä hetkittäin Likolammen veden mahdollisuutta rantaimetyymiselle pohjavesimuodostumaan. Ilmastomuutoksen tuomat pitkät kuumat kesät voivat myös pahentaa sinilevätilannetta Likolammessa.

Hanhilammen padon (Tampinkoskenpadon) huomattava korkeusaseman laskeminen voi vaikuttaa riskiä lisäävästi. Myös ruoppaamalla tehty Likolammen kunnostustoimenpide voi olla riski Hanhikankaan pohjavesialueelle, koska ruoppauksella on mahdollista muuttaa Likolammen pohjan läpäisevyyttä.



Kuva 98. Vedenjohtavuusvyöhykkeet vasemmalla ja Hanhikankaan pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysikartta oikealla.

Toimenpidesuosituks

Likolammen hoitoa hapettamalla on syytä jatkaa. Lisäksi on hyvä pohtia, millaisia kunnostustoimenpiteitä Likolammelle olisi mahdollista tehdä vedenlaadun parantamiseksi. Likolammen kunnostuksessa on syytä huomioida mahdollisuus veden imeytymiselle pohjaveteen ja siihen liittyvät riskit.

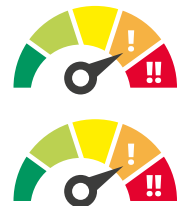
Olisi tärkeää rajoittaa lampeen tulevaa ulkoista kuormitusta hulevesien käsittelyä tehostamalla. Likolammen ympäristöstä johdetaan hulevesiä suoraan viemäriellä Likolampeen useasta eri kohdasta. Hulevesienhallinnan tilantarve tulisi huomioida Likolammen valuma-alueen maankäyttöä suunniteltaessa.

Myös Pienen Likolammen kunnostuksen merkitystä osana Likolammen kunnostusta on syytä tutkia. Pienen Likolammen vedenpinnankorkeus on Isoa Likolampea ylempänä. Lamlien välillä on aikoinaan ollut yhteys, mikä on poistunut Lamminmäenkadun rakentamisen yhteydessä. On mahdollista, että pienen Likolammen ravinnepitoista vettä suotautuu katupengerakenteen läpi Isoon Likolampeen. Likolammen poh-

joispään selvästi muuta Likolampea rehevämpi kasvillisuus viittaisi tämän suuntaiseen ilmiöön. Voi siis olla, että Pienen Likolammen huono tila pitää yllä Isoa Likolammen huonoa tilaa.

18.3 Rantaimeytymisalueen vedenlaadun muutokset

Pohjavesialue:
Merkittävä hidas riski
Hanhilammen valuma-alue:
Merkittävä hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Rantaimeytyvän vedenlaadun muutokset voivat hankaloittaa vedenottoa. Riski muodostuu rantaimeytyvän veden laatueroista ja rantaimeytyvän veden sisältämistä mahdollisista haitallisista aineista/yhdisteistä. Raakavedelle sopimattomia arvoja saadaan Pankajoen ja Hanhilammen rantaimeytyvästä vedestä

happipitoisuudesta ja koliformisista lämpökestoista bakteereista. Näiden ominaisuuksien korjaamiseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Rantaimetymisalueen vedenlaadun muutoksien aiheuttama riski pohjavesialueelle sijaitsee Hanhikankaan pohjavesialueella ja Hanhilammen valuma-alueella korkeimman haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 99) (alueet menevät osin limittäin). Riski sijoittuu myös Hanhilammen alajuoksun puoleiselle Hanhijoen jokiosuudelle 4500 m³/d ottomäärillä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

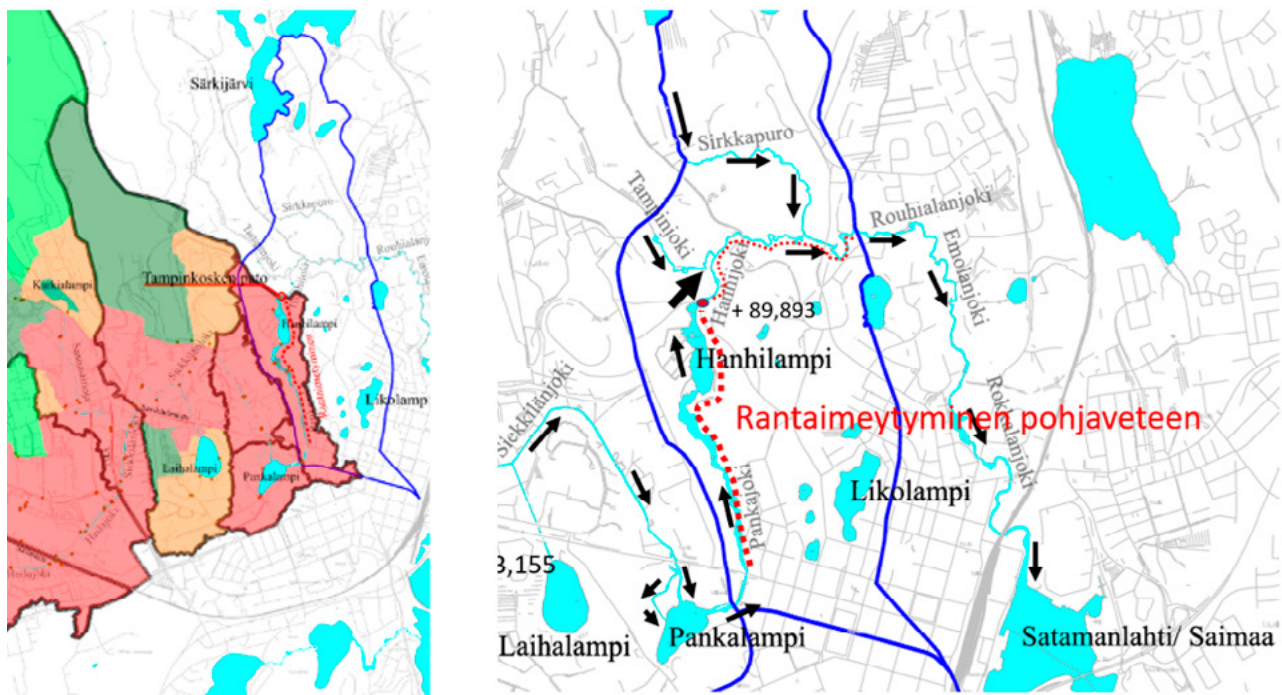
Laatupoikkeamat rantaimetyvän vedenlaadussa ovat merkittävä riski (todennäköisyys 3, seuraus 4) sekä Hanhikankaan pohjavesialueella että Hanhilammen valuma-alueella.

Ilmastonmuutos lisää riskiä toisaalta lisäten huuhtoutuvien aineiden määrää (ilmastonmuutos lisää rankkasateita ja talvivaluntaa) ja toisaalta pidentäen ja voimistaen kesän kuivuusjaksoa, jolloin laatupoikkeamien merkitys rantaimetyvässä vedessä kasvaa.

Toimenpidesuosituks

Pintavesien laadun parantaminen on syytä aloittaa hulevesien hallinnasta ja Pankalammen happitilanteen korjaamisesta. Hanhilammen valuma-alueen hulevesien hallintaan on syytä kiinnittää huomiota kaavoituksessa, suunnittelussa ja rakentamisessa. Hulevesienhallintaa tulisi parantaa järjestelmällisesti Hanhilammen valuma-alueella korkeiden ja kohonneiden haavoittuvuusluokkien alueilla. Pankalammen happitilanteen korjaamisella (ilmastamalla) voidaan tehostaa ravinteiden ja muiden lika-aineiden pidättymistä Pankalammen sedimenttiin, jolloin Hanhilammelle virtaava vesi on puhtaampaa ja happipitoisempaa.

Koliformisten lämpökestoisten bakteerien päästölähte tulisi selvittää esimerkiksi geenimarkkeriteistä hyödyntäen, jotta korjaavat toimenpiteet pystytään osoittamaan oikeaan kohtaan.



Kuva 99. Rantaimetymisalue sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella Hanhilammen valuma-alueella ja se kuuluu pohjavesialueeseen. Myös Hanhijoki kuuluu korkean haavoittuvuusluokan alueelle.

A blue-tinted photograph of a forest stream. A large, thick tree trunk leans over the water from the left side. The water is calm, reflecting the surrounding trees and foliage. The overall scene is serene and natural.

19

VARAUTUMINEN
RISKEIHIN

19. VARAUTUMINEN RISKEIHIN

Hanhilammen valuma-alueella tapahtuva vaarallisten aineiden kuljetusonnettomuus on nopea ja kriittinen riski, jota tulee pienentää sekä tehtävillä rakenteellisilla ratkaisulla että onnettomuustilanteen johtamis- ja varautumissuunnitelmalla.


19.1 Riskimatriisista esille nousevat riskit

Riskimatriisin tulostaulukossa on esitetty Hanhikankaan pohjavesialueelle ja Hanhilammen valuma-alueelle sijoittuvat riskit. Taulukosta voidaan huomata, että Hanhilammen valuma-alueelle sijoittuu enemmän riskitekijöitä ja ne ovat myös useammin vaarallisempia kuin pohjavesialueella sijaitsevat riskit. Tämä johtuu osaksi siitä, että Hanhilammen valuma-alue

on pohjavesialuetta isompi, mutta osaksi myös siitä, että Hanhilammen valuma-alueella on ollut aiemmin tunnistamattomia riskitekijöitä, joista tulevaa riskiä ei ole pyritty minimoimaan/poistamaan/hallitsemaan. Vaaralliset kuljetukset maanteilla ovat esimerkki riskistä, joita ei ole aiemmin pyritty hallitsemaan. Näin ollen pintavesivälitteinen riski voikin olla suurempi kuin pohjavesialueella sijaitseva riski. Hanhikankaan pohjavesialueen rajauksen antama suoja ei riitä kattamaan Hanhilammen valuma-alueella muodostuvan veden laatua, eikä se riitä suojaamaan valuma-alueella mahdolliselta hitaasti tai nopeasti syntyvältä riskiltä kuten kemikaalionnettomuudelta. Taulukosta voidaan myös huomata, että ilmastonmuutos lisää monessa kohtaa riskiä.

Taulukko 20. Riskimatriisin tulokset.

Riskimatriisin tulokset			Hanhikankaan pohjavesialue			Hanhilammen valuma-alue		
RISKIÄ AIHEUTTAVA TOIMINTO	Riski tyyppi (nopea/hidas)	Ilmastonmuutos lisää riskiä	Tod.	Seuraus	Riski	Tod.	Seuraus	Riski
Vaaralliset kuljetukset teillä/kaduilla	Nopea	Kyllä			ei ole	3	5	Kriittinen riski
Vaaralliset kuljetukset rautatiellä	Nopea	Kyllä			ei ole	1	5	Kriittinen riski
Teollisuusalueet	Nopea ja hidas	Ei			ei ole	2	4	Merkittävä riski
Teiden suoлаaminen	Hidas	Kyllä			ei ole	5	3	Merkittävä riski
Maanviljely ja torjunta-aineiden käyttö	Hidas	Kyllä			ei ole	3	4	Merkittävä riski
Muodostuvan pohjaveden määrän estyminen/tyrehtyminen	Hidas	Kyllä	3	5	Kriittinen riski			ei ole
Hulevedet	Nopea ja hidas	Kyllä	4	3	Merkittävä riski	5	3	Merkittävä riski
Ilmastonmuutos	Hidas	Kyllä	5	3	Merkittävä riski	5	3	Merkittävä riski
Laatupoikkeamat rantaimetyvän veden laadussa	Hidas	Kyllä	3	4	Merkittävä riski	3	4	Merkittävä riski
Likolampi maksimiottomäärillä ja ilmastonmuutoksella	Hidas	Kyllä	4	3	Merkittävä riski			ei ole
Öljysäiliöt	Nopea ja hidas	Kyllä	2	4	Merkittävä riski	2	3	Kohtalainen riski
Golfkenttä	Hidas	Kyllä			ei ole	3	3	Kohtalainen riski
Huoltoasemat	Nopea ja hidas	Ei			ei ole	2	3	Kohtalainen riski
Lentokenttä	Nopea ja hidas	Kyllä			ei ole	1	4	Kohtalainen riski
Metsätalous	Hidas	Kyllä	3	3	Kohtalainen riski	3	3	Kohtalainen riski
Katujen suoлаaminen	Hidas	Kyllä	3	3	Kohtalainen riski	3	2	Vähäinen riski
Kaukolämpö	Hidas	Ei	3	3	Kohtalainen riski	3	2	Vähäinen riski
Jätevesiviemärit	Hidas	Ei	2	3	Kohtalainen riski	2	2	Vähäinen riski
Matti-rekisterikohteet	Hidas	Kyllä	3	3	Kohtalainen riski			Tunnistamaton
Maa-ainestenotto	Hidas	Kyllä	2	3	Kohtalainen riski	1	1	Matala/ei riskiä
Jätevesipumppaamot	Nopea	Ei	2	2	Vähäinen riski	2	2	Vähäinen riski
Sähkömuuntamot	Nopea ja hidas	Ei	3	2	Vähäinen riski	3	2	Vähäinen riski
Hautausmaat	Hidas	Ei	1	1	Matala/ei riskiä	1	1	Matala/ei riskiä
Likolampi nykyisellä ottomäärillä	Hidas	Kyllä	1	2	Matala/ei riskiä			ei ole



Riskienhallintatoimenpidesuosituksien taulukko on esitetty liitteessä 20. Vastuutahon kohdalla on mainittu sekä toteuttava että toteutusta ohjaava/valvova taho. Taulukossa ei ole otettu kantaa siihen, kuka on missäkin roolissa siinä mainituissa toimenpiteissä. Riskimatriisin avulla tunnistetut kriittiset ja merkittävät riskit tulisi saada tippumaan vähintään kohtalaisiksi riskeiksi toimenpiteillä ja varautumissuunnitelmillä.

Koska kemikaalikuljetus nousee riskitarkastelussa kaikista riskeistä merkittävämmäksi (kriittinen nopea riski), käydään sen kohdalla tarkemmin läpi toiminta onnettomuustilanteessa ja varautumissuunnitelman tarve.

19.2 Toiminta kemikaali-onnettomuuden sattuessa

Kemikaalionnettomuuden sattuessa ensitorjunnasta vastaa aina pelastuslaitos. Sen tekemät torjuntatoimenpiteet ovat vuodon talteenotto ja kerääminen, leviämisen estäminen, aineen pääsyn estäminen vesistöön ja viemäreihin, patoaminen, vahinkoalueen eristäminen, vuodon tukkiminen/pysäyttäminen. Pelastushenkilöstö on koulutettu ja varustettu kemikaalionnettomuuksien varalle suojausvarusteilla, imeytystuotteilla, öljynkeräimillä ja pienellä talteenottokapasiteetilla. Pelastuslaitoksella ei ole kuitenkaan käytössä omia kaivinkoneita, kuorma-autoja eikä imuautoja, joita tarvitaan todennäköisesti maalla tapahtuvan ison kemikaalionnettomuuden torjunnassa, vaan kalustollisesti tukeudutaan aina kuntaan tai paikallisiin urakoitsijoihin. (Tuovinen, 2021.)

Mikäli esimerkiksi Jyväskyläntiellä sattuisi iso kemikaalikuljetusonnettomuus, tienpitäjän edustajalta eli Pohjois-Savon ELY-keskukselta, Mikkelin vesilaitokselta sekä Mikkelin kaupungin ylläpitourakoitsijalta on saatavissa kalustoa (kaivinkoneita, kuorma-autoja ja imuautoja) tarvittaviin torjuntatoimenpiteisiin. Näistä toimijoista Mikkelin vesilaitoksella sekä Mikkelin kaupungin ylläpitourakoitsijalla on myös 24/7 päivystys. Virka-apua on saatavilla virka-aikaan myös Etelä-Savon ELY-keskukselta ja Mikkelin seudun ympäristöpalveluilta. Etelä-Savon ELY-keskuksella ja Mikkelin seudun ympäristöpalveluilla ei ole kuitenkaan päivystystä. Lisäksi Suomen ympäristökeskuksella on päivystävä työryhmä, jolta voidaan saada apua haitta-aineen le-

viämisen simuloinnissa arkisin klo 7-22 ja juhlapäyhinä ja viikonloppuna klo 9-22. Yöaikaan ei ole päivystystä. Ympäristöministeriö on tehnyt aloitteen vuonna 2020 ELY-keskuksille, jotta saataisiin ympäristövahinkojen varalle päivystyskokeilu. Päivystysasia on tällä hetkellä vielä harkinnassa. (Valtavaara, 2021.) Etelä-Savon pelastuslaitoksella on listaus tahoista, joille tulee ilmoittaa kemikaalionnettomuuden sattuessa (Tuovinen, 2021).

19.3 Varautumissuunnitelma

Hanhilammen valuma-alueella esiin nousseiden kemikaalionnettomuusriskien varalle tulisi toteuttaa johtamis- ja torjuntasuunnitelma alueen läpi kuljetettavia tyypillisimpiä kemikaaleja varten. Onnettomuustilanne voi olla liian nopea ja vaikeasti hallittava, jotta tilanteessa voidaan tehdä riittävän nopeita ja vaikuttavia toimenpiteitä. Suunnitelmassa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää Sökösaimaa -hankkeessa luotua toimintamallia. VEMALA:lla olisi mahdollista simuloida etukäteen eri tyyppisiä (päästöajankohta, päästökohda ja päästömäärä) kemikaalionnettomuuksia alueella ja mallinnettujen onnettomuuksien perusteella luoda eri torjuntavaihtoehtoja. Suunnitelmasta tulisi käydä ilmi eri tyyppisissä onnettomuuksissa (haitta-aine, määrä ja olosuhteet) tapahtuvan kaluston tarve, mistä kalusto saadaan, ja missä kohdissa torjuntatoimenpiteet on paras suorittaa. Suunnitelmista tulisi selvittää myös ääritilanteen ratkaisut eli milloin Vesilaitos ajetaan alas ja missä vaiheessa Tampinkoskenpadon kohdalle kaivetaan vedelle uusi reitti mahdollisen suuren kemikaalimäärän pohjavesialueelle imeytymisen ehkäisemiseksi sekä kuka tekee tarvittaessa nämä päätökset. Suunnitelmassa olisi hyvä selvittää myös vaarasta tiedottaminen.

19.4 WSFS-VEMALA

Emolanjoen valuma-alueen onnettomuusriskien hallinnan osana voidaan tulevaisuudessa hyödyntää VEMALA -mallinnusohjelmaa ja siihen RAINMAN -projektissa luotua Emolanjoen onnettomuusmallia. RAINMAN -projektissa Emolanjoen valuma-alueen virtaamamalli kalibroitiin vastaamaan mittaustuloksia ja onnettomuustilannemalli luotiin Emolanjoen valuma-alueelle erikseen. Näin mallin käyttäminen

on todellisessa tilanteessa nopeaa ja simuloi hyvin oikeaa tilannetta. Ilman tehtyä Emolanjoen valuma-alue-
rajausta onnettomuustilannemalli olisi laskenut simuloinnin yhteydessä koko Vuoksen valuma-alueen virtaamat ja tulosten saaminen olisi kestänyt kauan. Nyt tulokset ovat saatavilla muutamassa minuutissa. VEMALA:n onnettomuusmallia on hyödynnetty mm. Kinnin onnettomuuden vaikutusten arvioinnissa ja tarvittavien suojaustoimenpiteiden arvioinnissa. Malli mahdollistaa siis onnettomuustilanteiden simuloinnin ennakkoon todellisessa tilanteessa nopean haitta-aineiden leviämisen simuloinnin. Onnettomuustilanteessa pelastuslaitos voi olla yhteydessä kulkeutumismallintamiseen liittyen Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) vesistömalliryhmään. Onnettomuustilanteessa SYKE vesistömalliryhmä on VEMALA:n virallinen käyttäjä.

Mallilla pystytään tällä hetkellä simuloimaan reagoimatonta merkinainetta, joka sekoittuu täysin vesimassaan eikä sedimentoidu tai haihdu. Se edustaa tietyllä tapaa pahinta kulkeutumisskenaariota, koska mallinnettava merkkiaine ei sitoudu eikä haihdu ja sekoittuu veteen. On syytä kuitenkin huomata, että vedenpinnalla kulkeutuva kemikaali on vielä nopeampi kulkeutumisominaisuuksiltaan. Malli laskee aineiden kulkeutumista vuorokauden aika-askeleella. Onnettomuusmallia käytettäessä määritellään ensin päästön suuruus, ajankohta ja sijainti. Päästön sijainti määritellään ETRS-TM35FIN koordinaatteina, ajankoh-
ta vuorokauden tarkkuudella ja päästö määrä kiloina. Malli pystyy laskemaan vain kulkeutumista vesistöissä, sillä ei pysty arvioimaan haitta-aineiden kulkeutumista maaperässä. Mikäli haluttaisiin mallintaa muita kuin merkkiaineita, se vaatisi, että haluttu kemikaali vietäisiin malliin.





20

JOHTOPÄÄTÖKSET

20. JOHTOPÄÄTÖKSET

Pohjaveden suojeleminen on yhteinen asia. Mikkelin kanta-kaupungin asukkaat ja siellä sijaitsevat yritykset saavat talousveden pääsääntöisesti Mikkelin vesilaitoksen kolmelta pohjavedenottamolta: Hanhikankaalta, Pursialasta ja Porrassalmelta. Käyttämämme vesi on siis pohjavettä. Sen laadulla on merkitystä. Hanhikankaan vedenottamon tuottama vesi on hyvää talousvettä. Hanhikankaan pohjavesialueen suojelusuunnitelman tavoitteena on varmistaa, että Mikkelin kaupunkilaiset saavat puhdasta ja laadukasta juomavettä myös tulevaisuudessa.


Pohjavedensuojelussa ennakoitiin ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet ovat keskeisimmät ja tärkeimmät työkalut, sillä niiden avulla voidaan turvata kustannustehokkaasti ja järkevästi pohjavedenlaadun säilyminen tulevaisuudessa. Jälkikäteen tehtävät kunnostustoimenpiteet ovat usein vaikeita, tehostomia ja kustannuksiltaan valtavia. Sen voi nähdä esimerkiksi Mikkelin toisella tärkeällä pohjavesialueella, Pursialan pohjavesialueella, tehdyistä kreosoottipilaantumien kunnostusyrityksistä. Pohjaveden alaisesta kreosoottiljyistä pystyttiin nykyisillä menetelmillä poistamaan vain noin 1 %, loput 99 % jäi maaperään. Kunnostuspumppaus kesti 11,6 vuotta ja 150 PAH-yhdiste kilogramman poisto maksoi 1,7 milj € (Kiukas, 2021). Uhka säilyä silti edelleen pohjavesialueella. Haitta-aineiden pääsy pohjaveteen tulee siis estää aina ennakolta.

Hanhikankaan pohjavesi on hyvä raakavesilähde talousveden tuotantoon. Pohjavesi puhdistuu itsestään maaperässä ja se on laadultaan tasaista. Desinfointiin ei ole välttämättä ollenkaan tarvetta. Hanhikankaan pohjavedestä tuotettu talousvesi maistuu myös hyvältä raikkaalta vedeltä. Lisäksi vesi sijaitsee lähellä kuluttajia ja siitä on taloudellisesti kannattavaa valmistaa pohjavettä. Oikein käytettynä ja suojeltuna Hanhikankaan pohjavesialue säilyy sukupolvelta toiselle. Pohjaveden laatua uhkaavat kuitenkin monet tekijät; muodostumisalueen liika pinnoittaminen, hulevedet, onnettomuudet, erilaiset vuodot, pohjavesimuodostumaan imeytyvän pintaveden laadun heikkeneminen, ilmastonmuutos yms. Uhkatekijät on tärkeä tunnistaa, jotta ennakoivat toimenpiteet voidaan kohdentaa oikein. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelman tavoitteena on sekä tunnistaa nämä uhkatekijät että edistää uhan poistamista/minimoimista.

Pohjavesien suojeleminen ja pohjavesialueen suojelusuunnitelma on perinteisesti tehty koskettamaan pohjaveden muodostumisaluetta ja sitä aluetta, jolla maaperän kautta on mahdollisia vaikutuksia pohjaveteen. On kuitenkin syytä huomata, että monen pohjavesialueen pohjavesi on suurelta osin rantaimetyntä pintavettä aivan kuten Hanhikankaan pohjavesi. Hanhikankaan pohjavesialueelta pumpattavasta raakavedestä noin 60 % on peräisin pintavedestä ja pääosa tästä pintavedestä rantaimetty Hanhikankaan pohjaveteen Pankajoesta ja Hanhilammesta. Muutokset Pankajoen ja Hanhilammen vedenlaadussa näkyvät myös Hanhikankaan pohjavesialueen vedenlaadussa ja sitä myöten myös tuotettavassa raakavedessä. Pankajoelle ja Hanhilammelle tulevan veden laatu muodostuu veden matkalla Pankajoelle ja Hanhilammelle. Veden laatu heikkenee selkeästi sen virratessa kaupunkitaajamien pienvaluma-alueiden läpi. Pohjavesialueen suojeleminen on siis syytä ulottaa niille alueille, joilla on mahdollisuus vaikuttaa rantaimetyntä pintaveden laatuun.

Hanhilammelle päätyvästä pintavedestä noin 70 % tulee Iso-Vuolingon ja Pieni-Vuolingon kautta. Niistä lähtevä vesi on pääosin hyvää raakavettä. Laatuerojen ilmaantuvuus lisääntyy matkalla Pankalampeen ja Hanhilampeen. Yksi suuri tekijä laadun heikkenemisessä on kaupunkitaajamien hulevedet. Rantaimetyntä vedenlaadun poikkamilla on todennäköisesti suurin vaikutus Hanhikankaan pohjaveteen alivirtaamakausilla eli silloin kun Tampinkosken padosta virtaa vähän vettä ja vesi viipyy pitkään Hanhilammessa.

Ilmastonmuutos tulee aikaistamaan ja pidentämään kesän alivirtaamakautta. Ilmastonmuutoksen vaikutukset mm. Hanhilammen veden viipymiin vaikuttisivat mallinnuksen perusteella realisoituvan myös pienimmällä päästöskenaariolla (RCP2.5) jo vuoteen 2050 mennessä. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat vaikutukset näyttäisivät väistämättömiltä, koska tällä hetkellä päästöjen kehitys noudattaa RCP4.5 päästöskenaariota. Ilmastonmuutokseen tulee siis varautua. Ilmastonmuutokseen varautumalla Hanhikankaan pohjavedenottamo voidaan säilyttää tulevaisuudessakin hyvänä talousvesilähteenä. Ilmastonmuutos muuttaa pintaveden virtauksien ja viipymien lisäksi myös pohjaveden muodostumisen ajankohtaa. Pohjaveden muodostumisen keväinen piikki häviää ja muodostuminen siirtyy enemmän talvikausille. Lisäksi kesän kuiva jakso aikaistuu ja pitenee. Kuiva jakso



sekä pohjavedessä että pintavedessä voi johtaa ongelmiin pohjaveden riittävyyden ja laadun kanssa Hanhikankaalla. Ilmastonmuutos lisää pinta- ja pohjaveden humuspitoisuutta ja tämä kehityssuunta on jo nähtävissä. Myös lämpötilan kasvu on jo nähtävissä sekä Hanhikankaan pohjavedessä että Mikkelin ilmastossa. Lisäksi ilmastonmuutos lisää monen pohjavesiriskiä aiheuttavan toiminnon vaarallisuutta. Ilmastonmuutos voi siis vaikuttaa pohjaveden määrään ja laatuun sekä suorasti että epäsuorasti. Ilmastonmuutoksen myötä hulevesien hallinnan merkitys laatu- ja turvallisuuden ehkäisijänä korostuu.

Rantaimetyvän pintaveden laatuun voidaan vaikuttaa monella tapaa. Esimerkiksi kemikaalionnettomuusriski VT13 Jyväskylän alueella voidaan poistaa tien rakenteellisilla ratkaisulla lähes kokonaan. Hulevesien hallintaa voidaan parantaa monessa kohtaa ja tätä työtä tehdään edelleen. Pankalammen tilaa voidaan pyrkiä aktiivisesti korjaamaan, jotta lammen tila saadaan takaisin hyvälle tasolle. Pankalammen tilan nosto on määritelty myös vesienhoidon suunnitelmassa tavoitteeksi.

Aktiivisesta varautumisesta huolimatta onnettomuuksia voi silti sattua. Niihin tulee varautua selkeällä suunnitelmalla. Kemikaalionnettomuuden sattuessa aikaa toimintaan ei ole paljon. Kemikaalionnettomuuden seurauksena Seitsennimiseen jokeen päätyneen vesiliukoisen haitta-aineen matka taittuu virtaamati-

lanteesta riippuen 1-4 päivässä Hanhilammelle sen hulevesivaluma-alueilta. Pääpluumin viipymä Hanhilammessa voi vaihdella parista viikosta pariin kuukauteen. Pieniä pitoisuuksia voi näkyvä huomattavan kauan päästötapahtuman ohi kulkemisen jälkeenkin. Pumppaamon sulkemisesta huolimatta rantaimetyminen pohjavesimuodostumaan jatkuu pitkään ja haitta-aine voi ehtiä imeytyä pohjaveteen. Haitta-aineen joutuminen pohjaveteen voi estää vedenoton.


Kemikaalionnettomuusriskin pienentämiseksi tarvitaan sekä riskiä pienentäviä rakenteellisia toimenpiteitä että johtamis- ja varautumissuunnitelmaa onnettomuuden varalle. Molemmilla on oma tehtävänsä riskin hallinnassa. Tehtävät rakenteelliset toimenpiteet poistavat/pienentävät riskiä ennakolta ja mahdollistavat hallitut ja tehokkaat toimenpiteet sattuvan onnettomuuden torjunnassa. Johtamis- ja varautumissuunnitelma puolestaan varmistaa, että torjuntatoimenpiteet osataan suorittaa ripeästi ja tehokkaasti oikeissa paikoissa niin, että onnettomuustilanne ei pääse yllättämään eikä tärkeitä asioita pääse unohtumaan.

Rahaa pohjavesien ja pintavesien suojeluun voi olla vaikea saada. Lopulta kyse on kuitenkin arvovalinnoista. Puhdas juomavesi on meille kaikille elintärkeä. Sen arvo on syytä nostaa ja pitää sille kuuluvalla tasolla.



LÄHTEET

- Akkanen, Lauri. 2021. ESE Energia OY. [Sähköpostiviesti 5.2.2021 ja 1.3.2021]
- Autio, Sari. 2021. Ylitarkastaja. Tukes. Puhelinkeskustelu 27.10.2021
- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.H. & Hackett, G. 1985. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings, National Water Well Association, Worthington, Ohio / EPA Ada. Oklahoma. EPA/600/2-85/018.
- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.H. & Hackett, G. 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings, US EPA Report 600/2-87/035. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, Oklahoma.
- Berner. 2021. Internet sivusto. viitattu 26.10.2021. Saatavissa: <https://viljelijanberner.fi/ariane-s-5l.html>
- Britschgi, R. Rintala, J. & Puharinen, S-T. 2018. Pohjavesialueet – opas määrittämiseen, luokitukseen ja suojelusuunnitelmien laadintaan. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2018. Ympäristöministeriö. Helsinki 2018. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161164/OH_3_2018_Pohjavesialueet_opas_nettiin.pdf
- DigiKP200: Kallioperäkartta 1:200 000. Geologian tutkimuskeskus. <http://hakku.gtk.fi>
- Eskelinen, A., Rauhaniemi T., Luoma, S., Hyvönen A. & Jarva, J. 2021. Pohjavesimuodostuman haavoittuvuusanalyysi DRASTIC-menetelmällä – tutkimuskohteina Mikkelin Hanhikangas ja Lahti. Geologian tutkimuskeskus. Työraportti 59/2021.
- Etelä-Savon ympäristökeskus. 2006. Ympäristölupapäätös Dnro: ESA-2003-Y-319-111. 13 s.
- Etelä-Savon ELY-keskus. 2011. Mikkelin pohjavesialueet. (pohjavesialuekartat)
- Etelä-Savon ELY-keskus. 2019. Mikkelin pohjavesialueet. (pohjavesialuekartat)
- Geologian tutkimuskeskus. 2021. Maaperä 1:20 000/1:50 000. https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/maapera_20_50k.html
- Haapiainen, Hanne. 2021. Paloinsinööri. Etelä-Savon Pelastuslaitos. [sähköpostiviestit 14.6.2021, 18.10.2021]
- Hertta-tietojärjestelmä, versio 5.7. Pohjavedet. Hertta-tietojärjestelmä on osa Suomen Ympäristökeskuksen Avoin Tieto -ympäristötietojärjestelmää. Luettu 19.03.2021 osoitteessa: <https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>
- Huttunen, Markus; Vento, Tiia; Veijalainen, Noora. 2021. SYKE. Loppuraportti. Virtaama-, kuormitus- ja onnettomuustilannemalli Emolanjoen valuma-alueelle.
- Huttunen, Markus. 2021. Suomen ympäristökeskus. [sähköpostiviesti 1.12.2021]
- Hyvönen, A. 2017. Mikkelin Porrassalmen pohjavesialueen geologinen rakennetutkimus ja pohjaveden virtausmallinnus sekä Mikkelin pohjavesialueiden (Hanhikangas, Pursiala, Porrassalmi) rakenne- ja virtausmallinnusaineistojen yhdistäminen. Geologian tutkimuskeskus, Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Mikkelin kaupunki ja Mikkelin vesilaitos. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 22/2017.
- Hyvönen, A. & Luoma, S. 2019. DRASTIC-haavoittuvuusanalyysi Mikkelin Hanhikankaan, Pursialan ja Porrassalmen pohjavesialueet. Etelä-Savon ELY-keskus. 20 s., 20 liites. (RAJOITETTU KÄYTTÖ (EI JULKINEN) : Julkisuuslaki 24.1 § 17. kohta)
- Hyvönen, A., Klein, J. & Okkonen, J. 2021. Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialueen virtausmalli ja ilmastomuutoksen vaikutusten mallintaminen alueen pohjavedenpintoihin aikaväleillä 2021–2050 ja 2072–2100. Geologian tutkimuskeskus. Työraportti 48/2021.
- Häkkinen Seppo. 1993. Sadetta, poutaa, hellettä ja pakkasta. Säähavaintoja Etelä-Savon tutkimusasemalla Mikkeliissä 1926-1993. Maataloudentutkimuskeskus. 39 s.



Häkkinen, Vesa. 2021. Mipro Oy. [puhelinkeskustelu 29.10.2021]

Hämäläinen, Sari. 2021. Kehitysinsinööri. Mikkelin kaupunki. [Palaveri 6.10.2021]

Ilmasto-opas.fi. 2021. [Internet-sivut]. [viitattu 20.1.2021] Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/16266ad3-e5f5-4987-8760-2b74655182d5/suomen-ilmasto-on-lammennyt.html>

Ilmasto-opas.fi. Ilmastonmuutoksen vaikutus veden laatuun -sivu, tuottajataho SYKE. Luettu 21.04.2021 osoitteessa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/df8aa940-bfba-417a-ab28-350779abc995/veden-laatu.html>

Ilmatieteenlaitos. 2021a. [Internet-sivut]. [viitattu 22.1.2021] Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Ilmatieteenlaitos. 2021b. [Internet-sivut]. [viitattu 20.1.2021] Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Ilmatieteen laitos. 2021. Kartat, kuvaajat ja datat. Mennyt ja tuleva ilmasto. Suomen ympäristökeskus, Aalto-yliopisto YTK ja Ilmatieteen laitos. <https://ilmasto-opas.fi/fi/datat/mennyt-ja-tuleva-ilmasto#DoubleMapTimelinePlace:vertailu>

Ikäheimo, Jukka; Hakoniemi, Riku. 2008. Tutkimusraportti, Hanhikankaan pohjavedenoton kehittäminen, pohjavesitutkimukset 2006-2007. Pöyry Environment Oy. 28 s.

Ikäheimo, Jukka 2021. Johtava pohjavesiasiantuntija. AFRY Finland Oy. [puhelinhaastattelu 28.5.2021]

Itä-Suomen vesioikeus. 1967. Päätös N:o 5/II/67

Itä-Suomen aluehallintovirasto. 2010. Päätös Dnro ISAVI/15/04.09/2010.

Jarva, J. (toim.), Klein, J. (toim.), Akentyeva, E., Eskelinen, A., Fasolko, D., Gvozdev, V., Ignatchik, V., Kautto, N., Kesäniemi, O., Kostenko, I., Mamaeva, M., Parry,

M., Pasonen, H., Rautio, J. & Zadonskaya, O. 2022. The RAINMAN project. General recommendations on adapting water management practices to climate change impacts in eastern and southern Finland and St. Petersburg. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimus-työraportti 6/2022.

Kaipainen, Sami. 2021. Verkostopäällikkö, Mikkelin Vesilaitos [25.5.2021 puhelinhaastattelu]

Kaipainen T., Eskelinen A., Jarva J. & Kiiskinen A. 2020. Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialueen pohjavesi-pintavesi vuorovaikutustutkimus CBC-RAINMAN projektissa. Työraportti 61/2020. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 18 s.

Kalin, Juha. 2021. Design Engineer. KAR-Lehtonen Oy. [sähköpostiviesti 8.6.2021]

Karjalainen, Antti. 2021. Etelä-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviesti 20.10.2021]

Karvonen, Tuomo. 2019. Waterhope. Pohjavesialueen virtausmallinnus riskinhallinnan tukena, tapaus Pur-siala. MUTKU/20.03.2019.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös maanalaisten öljysäiliöiden määräaikaistarkastuksista 30.3.1985/344

Kemidigi, 2021. Internet sivusto. viitattu 27.10.2021. Saatavissa: Kasvinsuojeluinerekeristeri - KemiDigi


Kiukas, Iiro. 2021. Projektipäällikkö. Ramboll Finland Oy. [sähköpostiviesti 26.5.2021]

Klein J. & Luoma S. 2020. Regional Climate Change Scenarios for the Water Management in Lahti and Mikkeli. Arkistoraportti 61/2019. Geologian tutkimuskeskus.

Koivisto Marjatta, 2004. Jääkaudet. WSOY. 233 s. ISBN 951-0-29101-3.

Koivulehto, L. 2020. POAKORI. Kemiallisesti huonossa tilassa olevien pohjavesialueiden kokonaisvaltainen riskienhallinta. Projektiraportti. Ramboll. 35 s., 5 liitettä.

- Kotanen, Juho. 2021. Johtava asiantuntija. Etelä-Savon ELY-keskus. [puhelinhaastattelu 20.12.2021]
- Kotanen, Juho; Manninen, Pertti; Muuri, Liisa; Ranta, Panu; Sojakka, Pekka; Lindholm, Pia; Roiha, Toni; Rajala, Varpu; Kujala, Kukka, Tirkkonen, Markus. 2021. Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2022-2027. Etelä-Savon elinkeino, liikenne- ja ympäristökeskus 2022. ISSN 2242-2854. 139 s.
- Kortelainen N. 2007. Isotopic fingerprints in surficial waters: stable isotope methods applied in hydrogeological studies. Espoo. Geologian tutkimuskeskus. 41, [55]p.
- Kovanen, Marko. 2021. Viherpalvelut hyvönen. [puhelinhaastattelu 4.3.2021]
- Kumpulainen, Anna; Ryyänen, Erkki; Oja, Laura; Sorasahi, Heikki; Raivio, Tuomas; Gilbert, Ylva. 2013. Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012. Trafin julkaisu 20/2013. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. ISSN 1799-0157 (verkojulkaisu). 66s.
- Kurkela, Kalle; Miettinen, Tuomas. 2021. Terminaalipääällikkö; kuljetusesimies. Kaukokiidon Mikkelin terminaali. [puhelinhaastattelu 4.5.2021]
- Leikas, Jaana. 1981. Mikkelin kaupungin vesi- ja viemärilaitos 1911-1981, Historiikki. 63 s.
- Lenkkeri, Matti. 2017. Pohjaveden seurantatulokset 2017. Golder Associates Oy.
- Luoma, S., Backman, B. & Kaipainen, T. 2017. Haa-voittuvuusanalyysi Hankoniemen pohjavesialueella. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 55/2017. 17 s., 7 liites.
- Maanmittauslaitos 2021. Laserkeilausaineisto 0,5 p. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto-05-p>
- Maanmittauslaitos, paikkatietoikkuna. 2021. Corine land cover 2018, 25 ha. Viitattu [2.12.2021]. Saatavissa: Paikkatietoikkuna
- Marttio, Salme. 2008. Pöyry Environment Oy. Hanhikankaan pohjavesilaitos, kehittämissuunnitelma, Liite kehittämissuunnitelmaan, selvitys alueen maankäytöstä ja rakentamisesta. 3s.
- Mikkelin vesilaitos, 2008. Hanhikankaan pohjavedenoton kehittäminen, pohjavesitutkimukset 2006-2007.
- Mikkelin vesilaitoksen johtokunta. 2016. Mikkelin vesilaitoksen tilinpäätös 2015. 5 s.
- Mikkelin vesilaitoksen johtokunta. 2017. Mikkelin vesilaitoksen tilinpäätös 2016. 24 s.
- Mikkelin vesilaitoksen johtokunta. 2021. Mikkelin vesilaitoksen tilinpäätös 2020. 20 s.
- Mikkelin vesilaitos. 2021a. [Internet -sivut]. [viitattu 28.5.2021] Saatavissa: <http://mikkelinvesi.fi/historia>.
- Mikkelin vesilaitos. 2021b. Mikkelin vesilaitoksen käyttösuunnitelma 2021. 14 s.
- Mikkelin vesilaitos. 2021. Internet-sivut. [Saatavissa: http://mikkelinvesi.fi/veden_laatu], [viitattu 28.5.2021]
- Minna Valtavaara. erityisansiantuntija YM/YSO, ympäristöministeriö. [Haastattelu 24.11.2021]
- Mouhu, Ulla, 2021. Suunnitteluavustaja. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 13.10.2020]
- Mälkki E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. 304 s. ISBN-951-26-4515-7.
- Nikander, Hannele. 2021. Luonnonvarakeskus (LUKE). [sähköpostiviesti 20.1.2021]
- Nyström, Jaana. 2021. Ylipuutarhuri. Mikkelin tuomiokirkkoseurakunta Hauta- ja puistotoimi. Mikkeli. [sähköpostiviestit 1.2.2021 ja 2.3.2021].
- Orvomaa M. 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset pohjaveteen. Blogi. <https://www.vesi.fi/ilmastonmuutoksen-vaikutukset-pohjaveteen/>



Orvomaa M. 2021. Ilmastonmuutos vaikuttaa pohjaveden laatuun. Blogi. <https://www.vesi.fi/vesitieto/ilmastonmuutos-vaikuttaa-pohjaveden-laatuun/>

Pekansaari, Ville-Veikko. 2021. Kaukolämpöinsinööri. ESE. [sähköpostiviesti 1.12.2021]

Penttinen, Mikko; Hyytiäinen, Teijo. 2019. ST1 Rantakylä, Mikkeli, maaperän ympäristötekniinen tutkimus. Ramboll Finland Oy. 10 s.

Penttinen, Mikko; Arola, Minna. 2015. Keskustan päiväkotit; Päämajankatu 32, Mikkeli. Ympäristötekniinen tutkimus ja maaperän kunnostus. Tutkimus- ja toimenpideraportti, 28. lokakuuta 2015. 7 s.

Petrow, Seppo; Heikkinen, Matti; Forsman, Juha; Pirinen, Matti. 2017. Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät, suunnittelu ja toteutus. Betoniteollisuus ry. Helsinki. ISBN 978-952-5351-21-7. 158 s. Saatavissa: https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset_viemari_ja_hulevesijarjestelmat.pdf

Rainio H., Leino J., Paukola T. & Tamminen P. 1990. Mikkeli. Maaperäkartan 314205 ja 314206 selitys. <http://hakku.gtk.fi>

Rajamäki, Riikka. 2019a. Vaarallisten aineiden tiekuljetusonnettomuudet Suomessa vuosina 2013-2018. Traficom julkaisu 3/2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Helsinki 2019. ISSN 1799-0157 (verkojulkaisu). 14 s.

Rajamäki, Riikka. 2019b. Vaarallisten aineiden tiekuljetusten onnettomuuksia 2013-2018. Esityskalvot. VAK-päivä 7.2.2019

Ranta, Panu. 2021. Pohjavesiasiantuntija. Etelä-Savon ELY-keskus. [Sähköpostiviestit 3.6.2021, 9.6.2021 ja 28.10.2021 ja 22.11.2021]

Rekisteröintilomake ABC S-market Rantakylä. 2018. Nestemäisten polttoaineiden jakeluaseman ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään rekisteröintiä varten.

Rekisteröintilomake ST1 Automaatti Mikkeli Insinöörinkatu. 2018. Nestemäisten polttoaineiden jakeluaseman ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään rekisteröintiä varten.

Rekisteröintilomake ST1 Rantakylä. 2020. Nestemäisten polttoaineiden jakeluaseman ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään rekisteröintiä varten.

Rekisteröintilomake TB Mikkeli Johtokatu. 2018. Nestemäisten polttoaineiden jakeluaseman ilmoitus ympäristönsuojelun tietojärjestelmään rekisteröintiä varten.

Romo, Mikko. 2021. Verkkopalveluinsinööri. ESE Verkko Oy. Mikkeli. [Sähköpostiviesti 5.2.2021]

Ruosteenoja K., Jylhä K. & Kämäräinen M. (2016). Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. *Geophysica* 51:17-50

Räinä, Kalle. 2021. Kaavoituspäällikkö. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 15.9.2021]

Saalasti, Mikko. 2021. Kenttämestari. Mikkelin Golf ry. [sähköpostiviesti 23.2.2021]

Salme, Häkkinen. 2021. Suunnitteluavustaja. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 26.5.2021]

Salonen, V-P. Eronen M. & Saarnisto M. 2002. Käytännön maaperägeologia. 237 s. ISBN 951-29-2247-9.

Sarkola, Sakari; Nieminen, Mika. 2014. Vesistöjen orgaanisen aineksen lisääntymisen syitä. *Vesitalous* 6/2014.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015.


Suomen Kuntaliitto, 2012. Hulevesiopas. Helsinki. 298 s. ISBN 978-952-213-896-5. Ladattu 03.06.2021 osoitteesta: <https://www.ymparisto.fi/hulevedet>

Suomen ympäristökeskus 2019. Pohjavesi ja ilmastonmuutos. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Pohjavesien_tila/Pohjavesi_ja_ilmastonmuutos

Suomen ympäristökeskus. 2021a. [Internet-sivut]. [viitattu 6.4.2021] Saatavissa: <http://www3.ymparisto.fi/i3/tilanne/FIN/routa/ESA.htm>

Suomen ympäristökeskus 2021b: Hertta -tietojärjestelmä. Suomen ympäristökeskus. Viittauspäivä 1.6.2021

- SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä. 2021. [Viitattu 2021] Saatavissa: <https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/kirjaudu.asp>
- SYKE, paikkatiedot ja kaukokartoitus. 2021. CORINE Land Cover 2018 rasteriaineisto. [viitattu 8.12.2021] saatavissa: <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/%7B0B-4B2FAC-ADF1-43A1-A829-70F02BF0C0E5%7D>
- SYKE WSFS-VEMALA. 2021. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_mallinnus_ja_arviointijarjestelma_VEMALA/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_malli\(31769\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_mallinnus_ja_arviointijarjestelma_VEMALA/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_malli(31769))
- SYKE Vesikarttapalvelu. 2021. Viitattu 30.11.2021. Saatavissa: Vesikartta (ymparisto.fi)
- Takala, Mikael. 2021. Väylävirasto. [sähköpostiviesti 2.11.2021]
- Takalo, H. 2011. Pohjaveden haavoittuvuusanalyysi (DRASTIC) Kalajoen Kourinkankaan (A) ja Sievin Lähteenkankaan pohjavesi-alueilla, menetelmän herkkyysanalyysi sekä haavoittuvuusanalyysi osana pohjavesialueiden suojelusuunnitelmia. Diplomityö, Prosess- ja ympäristötekniikan osasto, Vesi- ja ympäristötekniikan Laboratorio, Oulun Yliopisto. 88 s. <http://www oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/heiditakalo.pdf>
- Tikkanen, Terttu. 2021. Toimistosihiteeri. Mikkelin vesilaitos. [sähköpostiviesti 28.5.2021]
- Toivanen, Sanna. 2021. Terveystarkastaja. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut. [sähköpostiviesti 1.11.2021]
- Turkki, Päivi. 2021a. Kunnossapitopäällikkö. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 1.2.2021]
- Turkki, Keijo. 2021b. Etelä-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviesti 1.2.2021]
- Tukes, 2021. Internet sivusto. viitattu 27.10.2021. Saatavissa: Kasvinsuojelukoulutus ja -tutkinto | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
- Tuovinen, Ville. 2021. Palopäällikkö. Etelä-Savon Pelastuslaitos. [sähköpostiviesti 16.12.2021]
- Turunen, Miikka. 2021. Laatuinsinööri. Mikkelin vesilaitos. [sähköpostiviesti 1.6.2021 ja 15.2.2021]
- Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E. ja Maunula, M. 2012. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24/2012. Suomen ympäristökeskus (SYKE)
- Ympäristö.fi. Pohjavesi ja ilmastonmuutos -sivu, julkaisija Suomen Ympäristökeskus SYKE. Luettu 21.04.2021 osoitteessa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien_tila/Pohjavesi_ja_ilmastonmuutos
- Härkönen, Laura; Lepistö, Ahti. 2021. Vesien tummuminen etenee -voidaanko kehityskulkua hillitä. 1.11.2021. SYKE Bloggaa. [nettisivut] Saatavissa: Laura Härkönen ja Ahti Lepistö: Vesien tummuminen etenee (syke.fi)
- Vainiomäki, Ville. 2018. Rautateillä vaarallisten aineiden kuljetuksissa tapahtuneet onnettomuudet ja vaaratilanteet. Trafin julkaisuja 21/2018. Liikenteen turvallisuusvirasto. Helsinki. ISBN 978-952-311-283-4. 8s.
- Vaittinen, Ritva. 2021. Johtava asiantuntija. Etelä-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviesti 1.7.2021 ja puhelin-keskustelu 27.10.2021]
- Viljelijän Avena Berner. 2021 Internet sivusto. viitattu 26.10.2021. Saatavissa: <https://www.ammattinurmit.fi/tuotteet/medallion-tl>
- Viljelijän Avena Berner. 2021 Internet sivusto. viitattu 26.10.2021. Saatavissa: <https://viljelijanberner.fi/starane-xl-5l.html>
- VR Transpoint. 2021. Internet sivusto. Viitattu 29.10.2021. Saatavissa: Säiliövaunu - Vgobo | Kalusto | VR Transpoint
- Vuorinen, Marko. 2021. Kaupunginpuutarhuri. Asumisen ja toimintaympäristönpalvelualue. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 14.12.2021]
- Väänänen T., Hyvönen A., Mursu J. & Hyvärinen J. 2015. Hanhikankaan rakennetutkimus ja virtausmallinnus. Arkistoraportti 2/2016. Geologian tutkimuskeskus, Kuopio. 55 s. Saatavissa: https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/2_2016.pdf



Yli-Halkola, Eija. 2021. Liikennesuunnittelija. Asumisen ja toimintaympäristöpalvelualue. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti ja puhelinhaastattelu 4.5.2021, sähköpostiviesti 10.12.2021]

Ylönen, Kirsi. 2010. Mikkelin Pursialan, Hanhikankaan ja Porrassalmen pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien päivitys. Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY). ESAELY/42/07.00/2010. 86 s.

HANHIKANKAAN POHJAVESIALUEEN suojelusuunnitelma 2021



MIKKELIN SEUDUN
YMPÄRISTÖPALVELUT



RAINMAN



CBC 2014-2020
SOUTH-EAST FINLAND - RUSSIA

Funded by the European Union,
the Russian Federation and
the Republic of Finland.

