

Seinäjoen kaupunki

Kivipuron alueen hulevesien hallintasuunnitelma

RAPORTTI



TIIVISTELMÄ

Suunnittelun kohteena on Seinäjoen kaupungissa sijaitsevan Pajuluoman valuma-alueen osavaluma-alueen, joka työssä nimettiin Kivipuron (Perkiönojan) valuma-alueeksi, vesien määrällinen hallinta. Alueella on esiintynyt hulevesitulvia johtuen putkiston riittämättömästä kapasiteetista. Kivipuron valuma-alueen vedet laskevat Pajuluomaan ja edelleen Seinäjokeen. Suunnittelun tavoitteena on hajautettu virtaamien tasaus viivyttämällä vesiä valuma-alueella, jolloin alueen tulvariskit vähenevät.

Virtaamien hallinta suunniteltiin tehtäväksi viher- tai muille rakentamiselta vapaaksi jääneille alueille sijoituvilla viivyttävillä rakenteilla, kuten esimerkiksi kosteikoilla, viivytyspainanteilla tai tulvatasanteilla. Nämä menetelmät edesauttavat myös veden laadullista hallintaa. Suunnitelman mukaisella luonnonmukaisella vesien hallinnalla vaikutetaan tulvien hallinnan ja vesien puhdistumisen lisäksi positiivisesti Kivipuron alueen luonto- ja virkistyskäyttöarvoihin sekä alueen maisemalliseen ilmeeseen.

Kivipuron eteläpuolelle on laadittu Kasperin ja Pajuluoman välisen alueen luontokartoitus sekä Pajuluoman luontoselvitys. Kartoitusalueella on luonnonsuojelulain sekä metsälain mukaisia suojeltavia kohteita, mutta vesienhallintaratkaisuja ei suunniteltu näihin paikkoihin. Kaikkia kohteita suunniteltaessa tulee ottaa huomioon alueiden potentiaaliset luonto- ja virkistyskäyttöarvot yhteistyössä viranomaisten kanssa.

Työryhmä: Vanhempi suunnittelija Mikael Gull, Suunnittelija Lasse Varis ja Erityisasiantuntija Teija Hakalahti-Sirén

Hyväksyjä: Liiketoimintajohtaja Marika Ryyppö

Valokuvat: Mikael Gull ja Teija Hakalahti-Sirén

Työn tilaaja: Seinäjoen kaupunki

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ	3
1. JOHDANTO	4
2. SUUNNITTELUALUE	4
2.1. Suunnittelualan vesien virtausreitit.....	6
3. Maankäytön vaikutukset virtaamiin	8
4. Suunnitellut vesienhallintarakenteet.....	14
4.1. Kohde 1. Kosteikkoalue.....	16
4.2. Kohde 2. Kosteikkoalue.....	16
4.3. Kohde 3. Kosteikkoalue.....	17
4.4. Kohde 4. Kosteikkoalue.....	18
4.5. Kohde 5. Tulvatasanne	18
4.6. Kohde 6. Viivytysallas tai kosteikko	19
4.7. Kohde 7. Kosteikkoalue.....	19
4.8. Kohde 8. Kosteikko.....	21
5. TOIMENPITEIDEN HYÖDYT, RAJOITTEET JA PRIORISOINTI	22
6. ALUSTAVA KUSTANNUSARVIO	22
7. LÄHDELUETTELO	23
8. LÄHDEAINEISTO	23
9. LIITTEET	24
LIITE 1. KOSTEIKKO	25
LIITE 2. VIRTAAMAVAIHTELUIDEN TASAUS VIIVYTTÄMÄLLÄ.....	27
LIITE 3. TULVATASANTEET JA POHJAPADOT	28
LIITE 4. PUROJEN KUNNOSTAMINEN	29
LIITE 5. PINTAVALUTUSKENTTÄ	30

1. JOHDANTO

Suunnittelun kohteena on Seinäjoen kaupungissa sijaitsevan Kivipuron valuma-alue. Valuma-alueella ongelmana on ollut ajoittaiset hulevesitulvat ylivirtaama-aikoina, jotka johtuvat hulevesiputkien kapasiteetin riittämättömyydestä. Vapo Clean Waters Oy:n (jatkossa CW) laatimassa Kivipuron alueen hulevesien hallintasuunnitelmassa on esitetty periaatteet ja tilavaraukset, joiden rakenteet toteuttamalla voidaan tasata virtaamia eli vähentää tulvariskejä ja vähentää alueelta muodostuvaa kiintoaine- ja ravinnekuormitusta. Alueelta vedet virtaavat Seinäjokeen.

Tiivistyvä kaupunkirakenne, ikääntyvä hulevesiverkosto, tulvareittien riittämättömyys ja ilmaston muutos ovat hulevesien hallinnan suurimpia haasteita. Maankäytön muutokset merkitsevät usein vettä läpäisemättömien pintojen lisääntymistä, minkä vuoksi yhä suurempi osa sadannasta johtuu nopeasti sadevesiviemäristöön ja edelleen vesistöihin. Lisääntynyt ja äärevöitynyt sadanta yhdistettynä vähentyneeseen imeytymiseen johtaa valunnan äärevöitymiseen ja edelleen tulva- ja eroosiohaittoihin. Lisäksi vesistökuormitus kasvaa. Näitä muutoksia voidaan ennaltaehkäistä ja kompensoida hajautetulla huleveden hallinnalla, millä tarkoitetaan hulevesien muodostumisen vähentämistä ja virtaamien tasaamista koko valuma-alueen alueella.

Työssä selvitettiin maastotöiden avulla vettä viivyttävien, puhdistavien sekä uomaeroosiota ehkäisevien ratkaisujen soveltuvuutta Kivipuron valuma-alueelle. Suositeltavia ratkaisuja ovat mm. kosteikot, viivytysaltaat, tulvatasanteet ja pohjapadot. Raportti sisältää ehdotuksen vesienhallinnan rakenteista tilavarauksineen ja alustavine kustannusarvioineen. Periaatteena on hajautettu hulevesien hallinta luonnonmukaisilla hulevesien hallintarakenteilla.

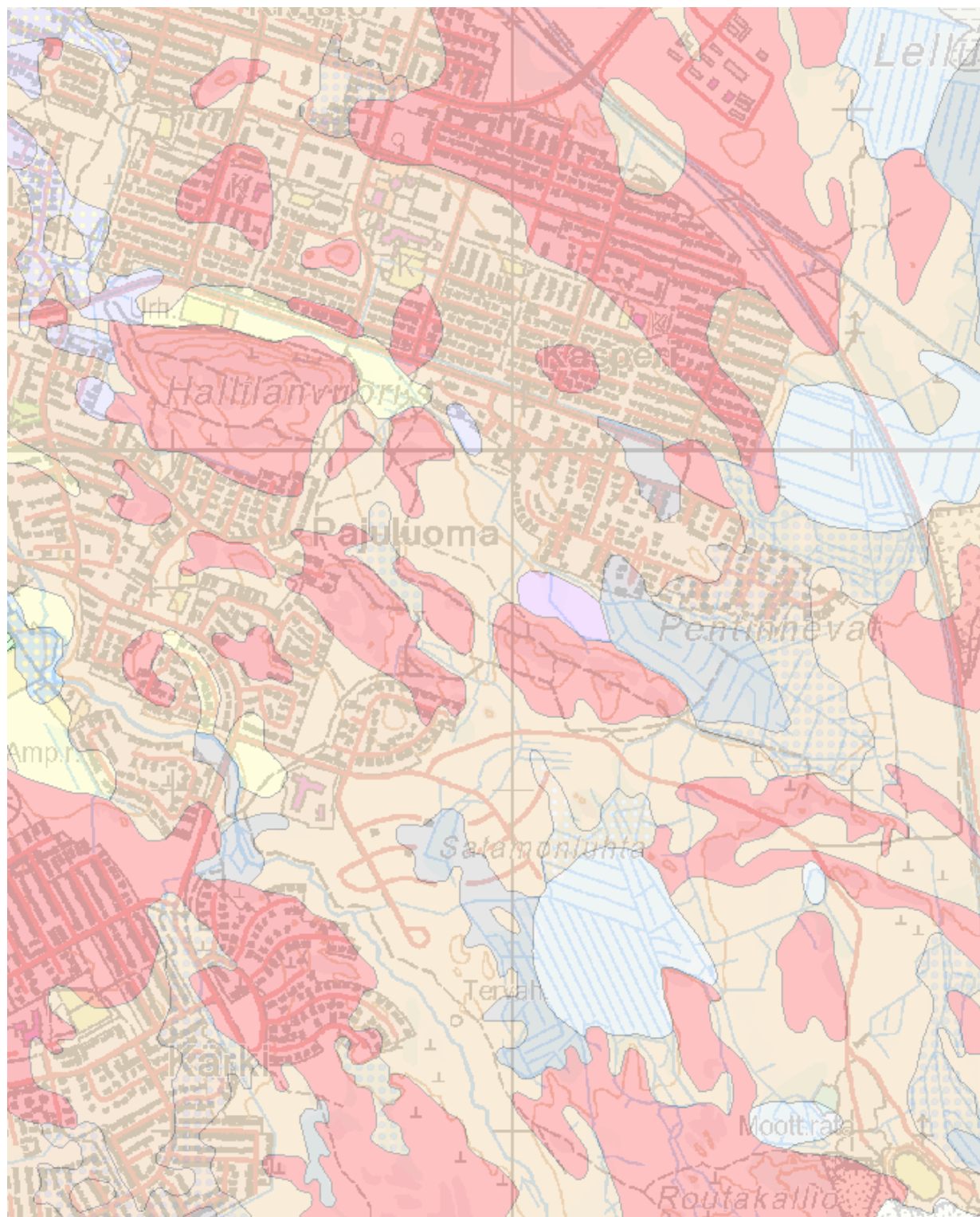
Luonnonmukaisilla vesienhallintarakenteilla voidaan vesien hallinnan lisäksi vaikuttaa positiivisesti alueen luonto- ja virkistyskäyttöarvoihin sekä alueen maisemalliseen ilmeeseen. Suunnittelualueelle on tehty Seinäjoen Pajuluoman luontoselvitys (Seinäjoen kaupunki 2004) sekä Kasperin ja Pajuluoman välisen alueen luontokartoitus (Seinäjoen kaupunki 2002).

2. SUUNNITTELUALUE

Suunnittelualueena on Seinäjoen kaupungissa sijaitseva valuma-alue, josta vedet laskevat Pajuluomaan ja edelleen Seinäjokeen (Kuva 1). Tässä työssä valuma-alue nimettiin Kivipuron valuma-alueeksi. Kivipuron valuma-alue ei ole virallinen kolmannen jakovaiheen valuma-alue, mutta se on esitetty uudessa valuma-aluejaoissa tunnuksella 42.075. Valuma-alueen pinta-alan on esitetty olevan noin 693 hehtaaria. Tässä työssä valuma-alueen rajausta tarkennettiin karttatarkastelun perusteella. Kivipuron valuma-alue on osa Pajuluoman valuma-aluetta (42.075), jonka pinta-ala on 10 344 ha.

Suunnittelualueen pinta-alasta merkittävä osa etenkin valuma-alueen alaosista on rakennettua (Taulukko 1). Suunnittelualueen maaperä on pääosin hiekkamoreenia ja kalliota. Painanteissa on myös paikoin turvemaata, jotka on pääosin ojitettu maan kuivatuksen tarpeisin (Kuva 1). Suunnittelualue on pääasiassa tasaista. Alueella kuitenkin sijaitsee muutamia korkeampia kalliomuodostumia (Kuva 2).

Kivipuron eteläpuolelle on laadittu Kasperin ja Pajuluoman välisen alueen luontokartoitus sekä Pajuluoman luontoselvitys. Kartoitus alueella on luonnonsuojelulain sekä metsälain mukaisia suojeltavia kohteita, mutta vesienhallintaratkaisuja ei suunniteltu näihin paikkoihin. Kaikkia kohteita suunniteltaessa tulee ottaa huomioon alueiden potentiaaliset luonto- ja virkistyskäyttöarvot yhteistyössä viranomaisten kanssa.



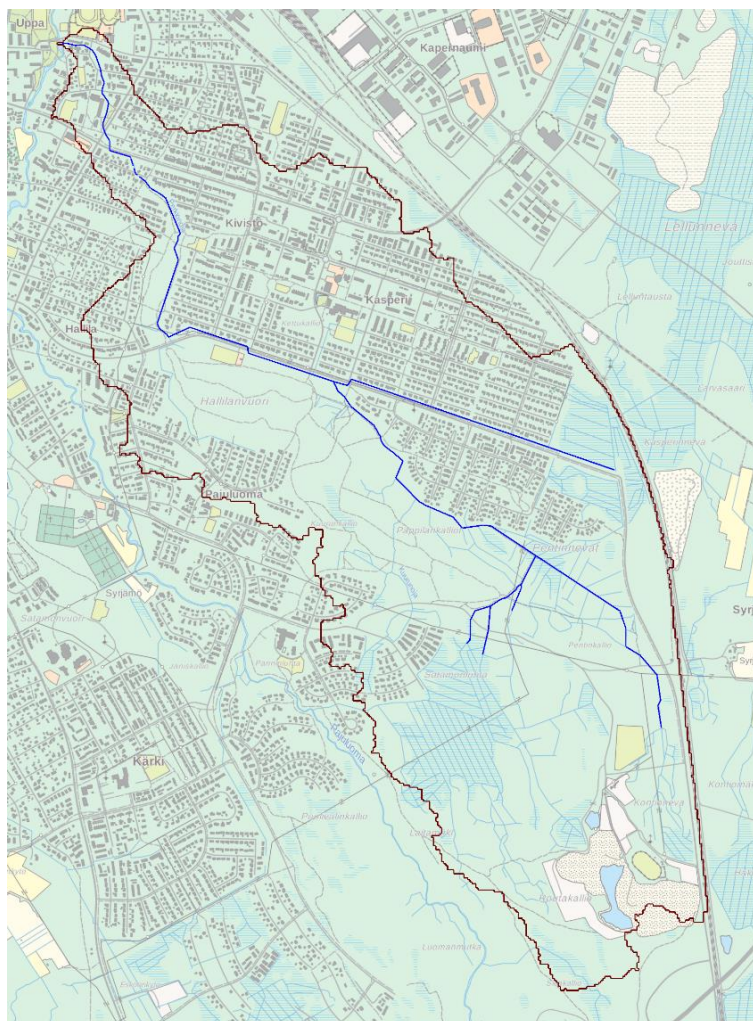
Kuva 1. Kivipuron valuma-alueen ympäristön maaperäkartta. Punaisella värillä on kalliot, kellertävällä hiekkamoreeni/karkea hietä, sinertävällä turvealueet ja violetilla hieta-/hiesualueet (GTK-Maankamara 1/2017).



Kuva 2. Suunnittelualueen korkeuserot esitettynä vinovalovarjorasterin avulla (Maanmittauslaitos 1/2017).

2.1. SUUNNITTELUALUEEN VESIEN VIRTAAUSREITIT

Kivipuron valuma-alueelta vedet kerääntyvät Kivipuroon (Perkiönojaan) kahta pääuomaa pitkin Kasperin asuinalueelta ja Pentinnevan suunnalta (Kuva 3). Kivipuro kulkee valuma-alueen alaosissa osin putkitettuna (Kuva 4). Kivipuro purkaa vetensä Pajuluomaan ja edelleen Seinäjokeen.

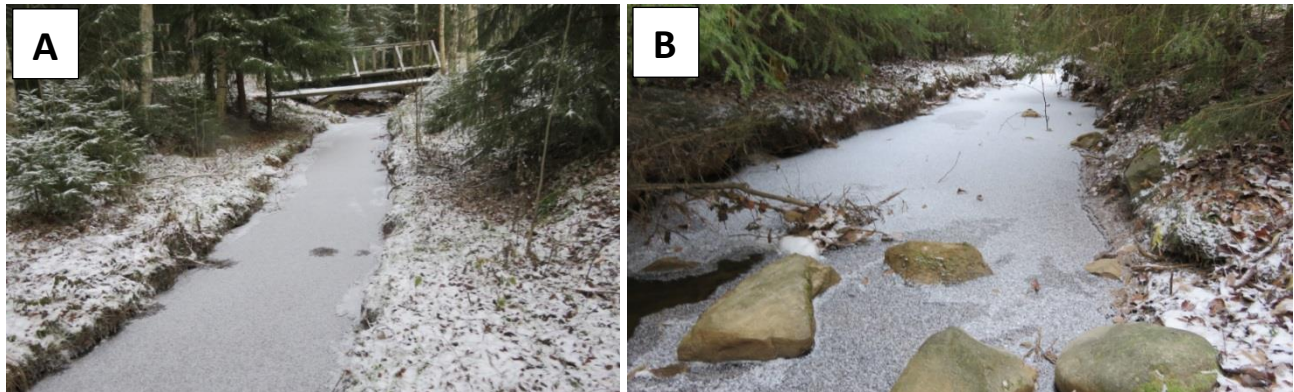


Kuva 3. Kivipuron valuma-alueen raja (42.075, ruskea raja) Suomen ympäristökeskuksen aineiston perusteella ja alueen vesien päävirtausreitit (sininen, Maanmittauslaitos 1/2017).



Kuva 4. Putkitetun Kivipuron osuuden alkukohta lähellä Purokujaa (ks. Kuva 5). Alueella on esiintynyt hulevesitulvia.

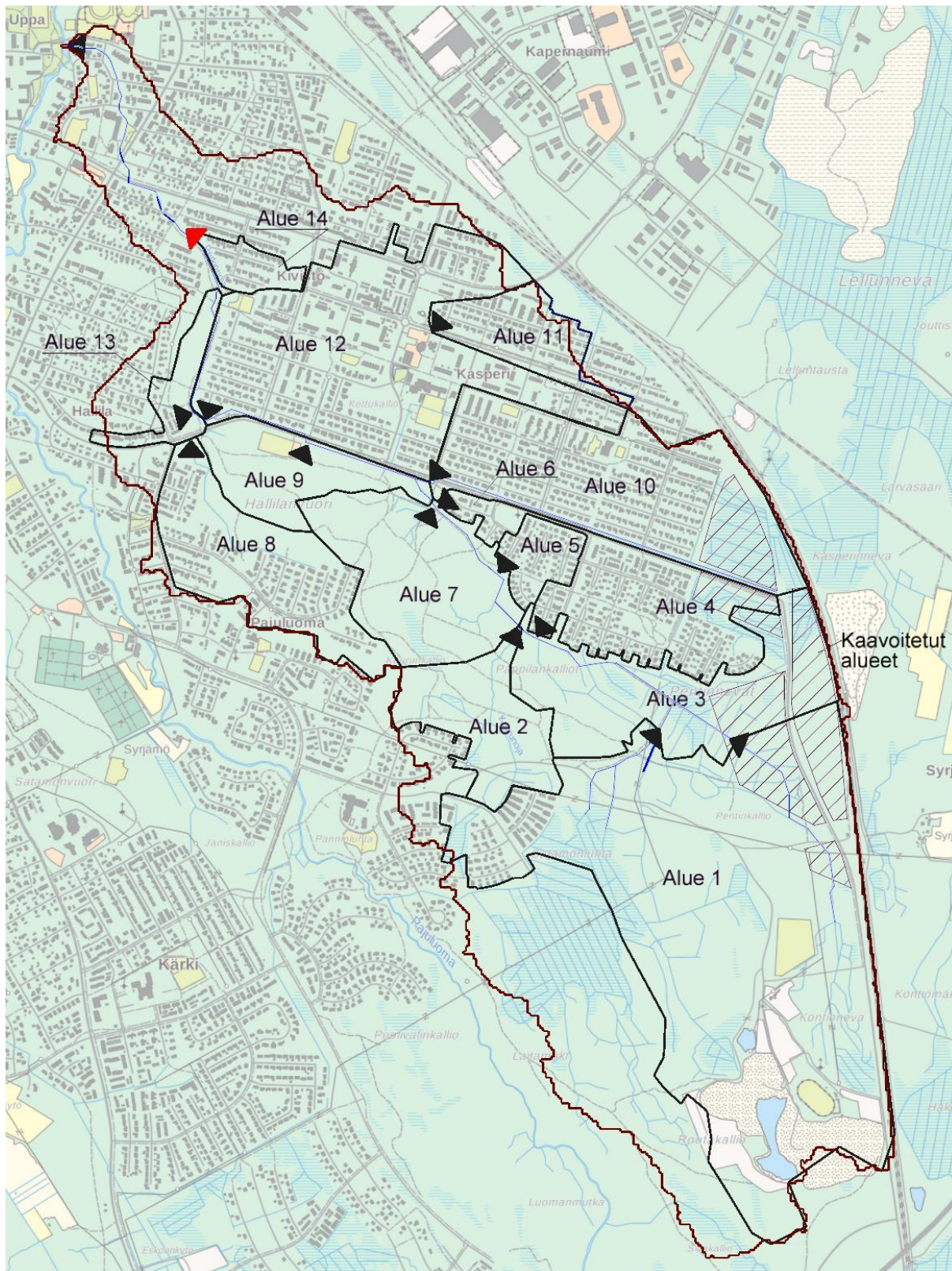
Kivipuroon on toteutettu nykyisellään vettä viivyttäviä rakenteita, kuten pohjapatoja ja eräänlaisia tulvatasanteita (Kuva 5). Niiden kapasiteetti ei kuitenkaan riitä ylivirtaama-aikoina.



Kuva 5. Kivipuroon toteutettuja tulvatasanteita (A) ja pohjapatoja (B).

3. MAANKÄYTÖN VAIKUTUKSET VIRTAAMIIN

Suunnittelutyötä varten Kivipuron valuma-alue jaettiin 14 osavaluma-alueeseen karttatarkastelun perusteella (Kuva 6). Sen perusteella osa valuma-alueen vesistä ei virtaa Kivipuroon, vaan suoraan Pajuluomaan. Nämä alueet jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tämän työn perusteella Kivipuron valuma-alue on noin 554 ha.



Kuva 6. Kivipuron valuma-alueen (42.075, ruskea rajaus) osavaluma-alueet (mustat rajaukset). Punaisella kolmiolla on merkattu rumpu, johon Kivipuron avouoma päättyy (ks. Kuva 4). Mustilla kolmioilla on merkattu kunkin osavaluma-alueen arvioitu purkupiste. Punaisella nuolella on merkattu Kivipuron putken suu. Punaisella on väritetty kaavarungon alueet.

Lisäys 9.2.2017 Rautatienkadun jatke, kaavarunko 28.10.2013 Kuusinen



Kuva 7. Rautatienkadun jatkeen kaavarunko.

Seinäjoen kaupunki on laatinut Rautatienkadun jatkeen kaavarungon luonnoksen (kuva 7.) suunnittelualueen itäpuolelle. Kaavassa on varattu työpaikka- ja asuinalueita.

Kustannustehokkaiden ja toimivien hulevesien hallintajärjestelmien suunnittelemiseksi tarvitaan tietoa alueiden valumavesien määrästä huippuvirtaamatilanteissa. Hulevesiopas (Suomen kuntaliitto 2012) ohjeistaa käyttämään rationaalista menetelmää hulevesien mitoittamiseksi. Menetelmässä mitoitus perustuu sateen intensiteettiin ja keston, valuma-alueen pinta-alaan ja maankäytön valuntakertoimiin. Taulukoissa 1. ja 2. on esitetty suunnittelualueen eri maankäyttömuotojen pinta-alat maaperäluokittain paikkatietanalyysin perusteella ennen Rautatienkadun jatkeen kaavarungon toteutusta ja kaavarungon toteutuksen jälkeen. Taulukossa 1. on tummennettu osavaluma-alueet, joiden maankäyttöön tulee muuttumaan. Taulukossa 2. esitetty valuma-alueet, joihin kaavarungon toteuttaminen vaikuttaa.

Taulukko 1. Suunnittelualueen eri maankäyttömuotojen pinta-alat maaperäluokittain paikkatietoanalyysin perusteella arvioituna ennen Rautatienkadun jatkeen kaavarungon toteutusta

Osavaluma-alueen numero	Pinta-ala yhteensä (ha)	Alueen maankäyttömuoto ja maaperä	Pinta-ala (ha)
1	175	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	8
		Metsää, hiekkamoreeni 50 %, kallio 50 %	167
2	23	Metsää, hiekkamoreeni 30 %, kallio 70 %	23
3	45	Metsää, turve	45
4	32	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	25
		Metsää, turve	7
5	8	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	8
6	4	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	4
7	40	Metsää, kallio	20
		Metsää, hiekkamoreeni	20
8	35	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	30
		Metsää, kallio	5
9	20	Metsää, kallio	20
10	60	Metsää, turve	9
		Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	51
11	15	Tiivis pientaloalue, kallio	15
12	82	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	74
		Metsää, hiekkamoreeni	8
13	9	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	3
		Metsää, hiekkamoreeni	6
14	6	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	4
		Metsää, hiekkamoreeni	2

Taulukko 2. Osavaluma-alueiden muuttuneiden maankäyttömuotojen pinta-alat maaperäluokittain paikkatietoanalyysin perusteella arvioituna Rautatienkadun jatkeen kaavarungon toteutuksen jälkeen.

Osavaluma-alueen numero	Pinta-ala yhteensä (ha)	Alueen maankäyttömuoto ja maaperä	Pinta-ala (ha)
1	175	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	23
		Metsää, hiekkamoreeni 50 %, kallio 50 %	152
3	45	Tiivis pientaloalue, turve	12
		Metsää, turve	33
4	32	Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	29
		Metsää, turve	3
10	60	Metsää, turve	2
		Tiivis pientaloalue, hiekkamoreeni	58

Virtaaman suuruus eri tarkastelualueilla Seinäjoen Kivipuron alueella laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$Q = CiA,$$

missä Q on mitoitusvirtaama,
C on valuntakerroin,
i on mitoitusasteen intensiteetti ja
A on valuma-alueen pinta-ala.

Kunkin osa-alueen nykyisten maankäyttömuotojen pinta-ala arvioitiin käyttäen paikkatietoanalyysiä (Taulukko 1). Kullekin maankäyttömuodolle arvioitiin valuntakerroin kirjallisuudesta. Taulukossa 2 huomioitiin kaavarungon toteuttamisen jälkeen vaikuttavat maankäytön muutokset. Valuntakerroin kuvaa sadannasta muodostuvan valunnan osuutta, joka on sitä suurempi, mitä suuremman arvon valuntakerroin saa. Päälystetyn ja rakennetun (esim. asfaltti, kattopinta) alueen valuntakerroin on suurempi kuin rakentamattoman (esim. metsä). Tässä työssä eri maankäyttömuodoille käytettiin Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta -raportissa esitettyjä valuntakertoimia (Vakkilainen ym. 2005), ja kullekin osa-alueelle laskettiin nykyiseen maankäyttöön perustuva maankäyttömuotojen pinta-aloilla painotettu valuntakerroin. Laskennassa käytettiin moreenin sekä hienorakeisen maan ja kalliomaan, jonka kaltevuus on 0-1° (0- 1,75 %), valuntakertoimia. Nykyisen maankäytön mukainen valuntakerroin vaihteli eri tarkastelualueilla välillä 0,01 - 0,2 (Taulukko 3). Kaavarungon toteuttamisen jälkeen 1,3,4 ja 10 valuma-alueiden valuntakertoimet ja mitoitusvirtaama nousevat (Taulukko 4).

Tässä raportissa nykytilanteen mitoitusvirtaaman laskennassa mitoitusadannan intensiteettinä käytettiin rakennetun alueen arvoa 165 l/s ·ha, jossa on huomioitu ilmastonmuutoksen sadantaa lisäävä vaikutus. 5 minuutin kestoisen rankkasateen muodostaman mitoitusvirtaaman määrää arvioitiin tarvittavien pidätystilavuuksien eli hulevesien hallintamenetelmien määrittämiseksi (Taulukko 3). Rankkasateen aiheuttaman sadeveden määrää kunkin osa-alueen purkupisteessä arvioitiin sen laskennallisen kertymän perusteella. Kertymä laskettiin kertomalla osa-aluekohtaiset mitoitusvirtaamat sadannan kestolla.

Taulukko 3. Seinäjoen Kivipuron osavaluma-alueiden mitoitusvirtaamien laskennassa käytetyt pinta-alat, valuntakertoimet sekä valumaveden kertymät sadannan intensiteetillä 165 l/s ha sateen kestäessä 5 minuuttia.

Valuma- alue	Pinta-ala (ha)	Valunta- kerroin (c)	Mitoitusvirtaama (m ³ /s)	Kertymä (m ³) 5 min
1	175	0,08	2,26	679,4
2	23	0,09	0,32	96,8
3	45	0,01	0,07	22,3
4	32	0,12	0,63	189,1
5	8	0,15	0,20	59,4
6	4	0,15	0,10	29,7
7	40	0,08	0,50	148,5
8	35	0,14	0,83	247,5
9	20	0,10	0,33	99,0
10	60	0,13	1,28	383,1
11	15	0,20	0,50	148,5
12	82	0,14	1,89	568,3
13	9	0,08	0,12	35,6
14	6	0,11	0,11	32,7
Yhteensä	554		9,1	2739,8

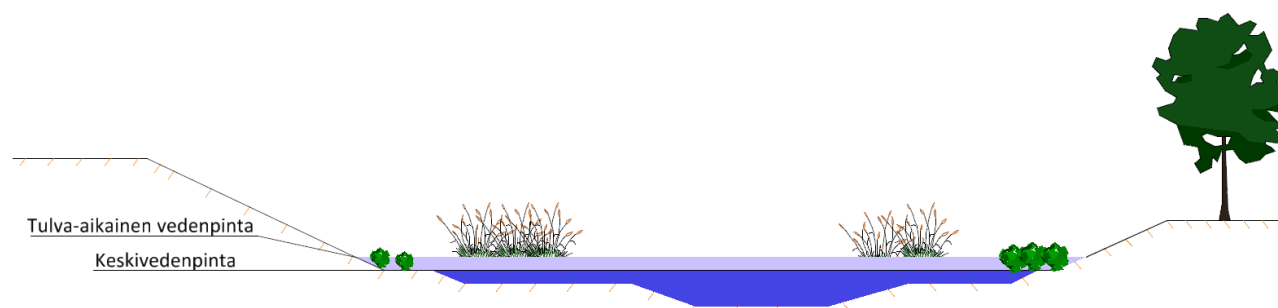
Taulukko 4. Seinäjoen Kivipuron osavaluma-alueiden mitoitusvirtaamien laskennassa käytetyt pinta-alat, valuntakertoimet sekä valumaveden kertymät sadannan intensiteetillä 165 l/s ha sateen kestäessä 5 minuuttia, tilanteessa, jossa Rautatienkadun kaavarungon esittämät maankäytön muutokset ovat toteutuneet.

Valuma- alue	Pinta-ala (ha)	Valunta- kerroin (c)	Mitoitusvirtaama (m ³ /s)	Kertymä (m ³) 5 min
1	175	0,09	2,45	735,1
3	45	0,03	0,25	75,7
4	32	0,14	0,72	216,8
10	60	0,15	1,44	431,6

Kivipuron valuma-alueen mitoitusvirtaama kasvaa laskennallisesti Rautatienkadun jatkeen kaavarungon rakentamisen myötä **9,1 m³/s → 9,8 m³/s** ja 5 minuutin rankkasateella valumavesien kertymä kasvaa Kivipuron valuma-alueella 2740 m³ → 3510 m³.

4. SUUNNITELLUT VESIENHALLINTARAKENTEET

Hulevesien hallinta suunniteltiin tehtävän pääasiassa kosteikoilla, jotka virtaamien tasauksen lisäksi edesauttavat vesien puhdistumista (ks. lisätietoa kosteikoista Liitteestä 1). Tulva-aikoina vedenpinta kosteikolla nousee ja vesi leviää tulva-alueille. Tässä työssä oletettiin kosteikkojen/viivytysaltaiden vedenpinnan nousevan tulva-aikana 20 cm, mitä voidaan laskennassa käyttää mahdollisen viivytystilavuuden arviona (Kuva 8). Toisaalta veden puhdistumisen kannalta oleellisten kemiallisten, biologisten ja fysikaalisten prosessien toimivuuden kannalta oleellista olisi mahdollisimman pitkä viipymä myös ylivirtaamatilanteissa. Tämä soveltuu tilanteisiin, joissa yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala suhteessa kosteikon kokoon on riittävän pieni. Kosteikon soveltuvuus ja mitoitus virtaamien hallintaan / veden puhdistamiseen tarkennetaan rakennussuunnitteluvaiheessa. Tässä työssä esitetyillä tilavarauksilla on mahdollista päästä noin 5 000 m³:n viivytystilavuuteen, mikäli kaikki rakenteet toteutetaan. Mallinnuksen mukaan viivytystarve on 5 minuutin sateella noin 2 700 m³, josta on vähennettävä hulevesiputken kapasiteetti tarkasteluaikana. Mitä suurempi sadannan kesto on, sitä suuremmaksi viivytystarve muodostuu.



Kuva 8. Periaatepiirros kosteikon tulva-alueesta, jonne vesi nousee suurten virtaamien aikana. Tulva-alueen reunat ovat hyvin loivat.

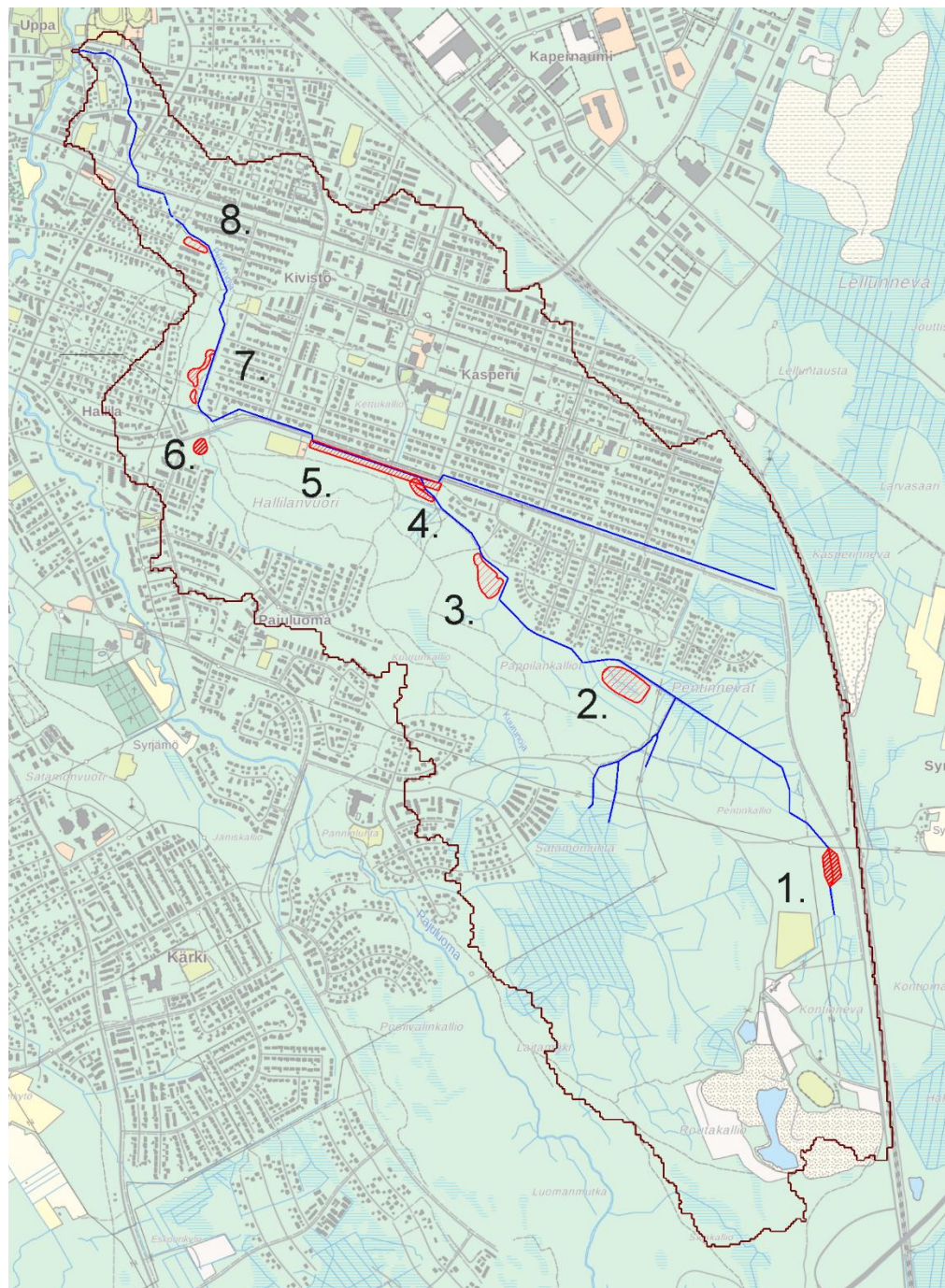
Suunnittelun lähtökohtana on puhdistaa Kivipurossa kulkevaa vettä luonnonmukaisin menetelmin. Mahdollisuuksien mukaan kosteikot olisi hyvä suunnitella luonnonmukaisen kosteikkorakentamisen periaatteiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pyritään minimoimaan alueelle tuotavat rakennusmateriaalit ja välttämään ns. perinteistä allasrakentamista. Lisäksi suunnittelussa pyritään luonnonmukaiseen yleisilmeeseen.

Virtaamavaihteluita voidaan vaihtoehtoisesti tasata viivytysaltaiden ja -painanteiden avulla, joiden vedenpinta laskee huomattavasti tai rakenne tyhjenee kokonaan sadetapahtumien välillä. Niiden esteettinen ilme ei kuitenkaan ole kosteikkoaltaiden tasoa ja hyödyt luonnon monimuotoisuuden tukemisen kannalta ovat heikot. Lisätietoa virtaamavaihteluiden tasauksesta viivyttämällä löytyy Liitteestä 2.

Virtavesiuomien kunnostaminen tuo useita etuja. Lisätietoa purokunnostuksista löytyy Liitteestä 3. Kunnostuksissa suositetaan luonnonmukaisen uomarakentamisen periaatteita. Taajamaympäristössä uoman kunnostuksien yhteydessä voidaan toteuttaa esimerkiksi tulvatasanteita ja pohjapatoja, jotka auttavat virtaamien tasauksessa ja estävät uoman eroosiota. Lisätietoa tulvatasanteista ja pohjapadoista löytyy liitteestä 4.

Tehdyn maastotyön perusteella Kivipuron alueelta ei löytynyt nykytarpeisiin soveltuvia paikkoja pintavalutukselle. Alueen mahdollisen rakentamisen myötä niiden mahdollinen hyödyntäminen on kuitenkin hyvä pitää mielessä. Menetelmässä vettä johdetaan ojittamattoman suoalueen läpi, mikä virtaamien tasauksen lisäksi puhdistaa vettä erilaisista haitta-aineista. Lisätietoa pintavalutuskentästä löytyy liitteestä 5.

Suuraavissa kappaleissa on esitetty Kivipuron valuma-alueelle suunnitellut mahdolliset hulevesien hallintaratkaisut (Kuva 10). Ehdotukset perustuvat karttatarkasteluihin sekä maastotöihin, jotka tehtiin 7.11.2016. Kivipuron valuma-alue on suuri (noin 554 ha). Tästä syystä suunnittelussa päädyttiin ehdottamaan hajautettua hulevesien hallintaa, mikä onkin yleinen periaate hulevesien hallinnassa. Lisäksi valuma-alueen alaosa on hyvin tiiviisti rakennettua, jolloin sopivia paikkoja hulevesien hallintaratkaisuille on saatavilla huonosti. Viivytystilavuuden kasvattamiseksi paikkavarauksia on rakenteille syytä tehdä myös valuma-alueen yläosiin.



Kuva 10. Suunnittelualueelle ehdotetut hajautetut vesienhallintaratkaisut.

4.1. KOHDE 1. KOSTEIKKOALUE

Luontaisesti kostealle alueelle kosteikko viivyttämään ja puhdistamaan osan valuma-alueen 1 vesistä (Kuva 11). Kosteikon pinta-ala on noin 0,25 ha. Kosteikko ei sijaitse lähellä asutusta, eikä sillä sijaintinsa vuoksi ole merkittäviä virkistyskäyttöisiä suunnittelutarpeita. Tämä laskee toteuttamiskustannuksia merkittävästi. Kohteeseen tulee suunnitella vettä viivyttävä patorakenne. Kosteikkoon johdetaan kaikki uoman vesi.



Kuva 11. Kosteikkoalueen tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaminen edellyttää tarkemman rakennussuunnittelun tekoa.

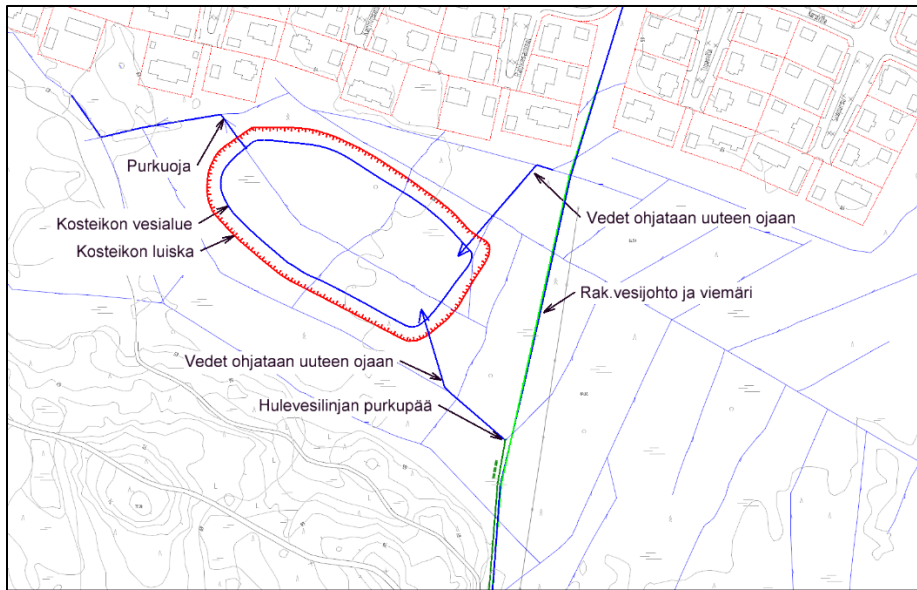
4.2. KOHDE 2. KOSTEIKKOALUE

Suunnittelualueen keskivaiheille suunniteltiin kosteikkoalue (Kuva 12), jolla tasataan virtaamia. Lisäksi kosteikko vähentää ojitetun suoalueen valumavesien mukana kulkeutuvaa kiintoainetta ja muiden haitta-aineiden kuormitusta. Kosteikon rakennussuunnittelussa on hyvä huomioida virtaamien tasaamisen ja vesien puhdistamisen lisäksi huoltonäkökohdat, virkistyskäyttö, maisemallisuus ja luonnon monimuotoisuus. Alue sijaitsee hyvin lähellä olemassa olevaa asutusta. Alueelle voidaan tarpeen mukaan suunnitella virkistyskäyttöä palvelevia rakenteita, kuten lintutorni, laavu, siltoja tms.

Mahdollisuuksien mukaan kosteikko suunnitellaan luonnonmukaisen kosteikkorakentamisen periaatteiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että pyritään minimoimaan alueelle tuotavat rakennusmateriaalit (louheet, geotekstiilit jne.) ja välttämään ns. perinteistä allasrakentamista.

Kosteikkoallas koostuu syvän veden altaista ja matalanveden alueista. Kosteikon matalaan osaan istutetaan mahdollisesti kosteikkokasveja. Kosteikon luiskat suunnitellaan mahdollisimman loiviksi kasvittumisen varmistamiseksi ja eroosioriskin minimoimiseksi. Tämä on tärkeää myös turvallisuuden kannalta. Kosteikon patorakenne suunnitellaan vettä viivyttäväksi siten, että tulva-aikoina vesi varastoituu kosteikkoalueelle tyhjentyen hitaasti. Kosteikon tulvittumisalueet ovat tärkeitä veden virtaamien tasauksessa.

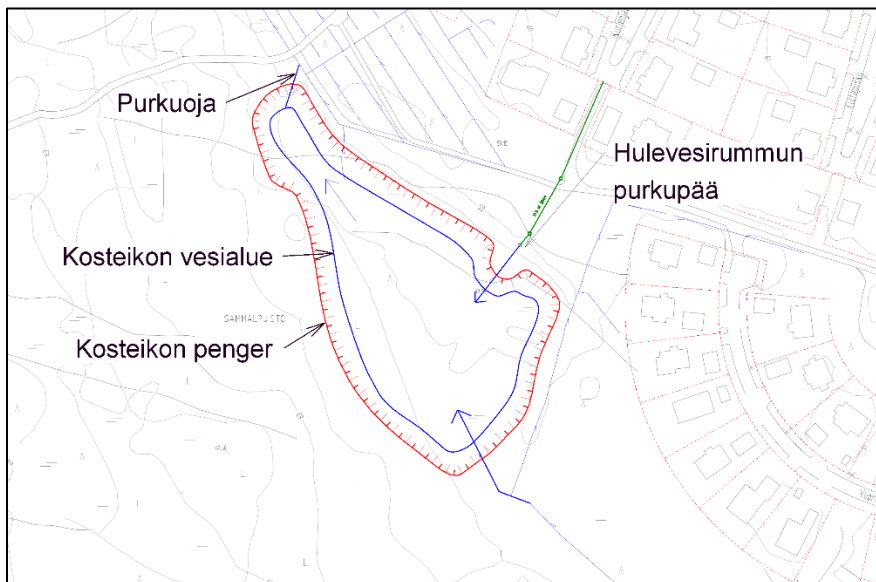
Kosteikon valuma-alue on melko suuri (noin 200 ha), mutta valuma-alueella on tällä hetkellä vain vähän rakennettua ja vettä läpäisemätöntä ympäristöä. Kosteikon koko on lähes 2 ha. Näin ollen kosteikon pinta-alan suhde yläpuoliseen valuma-alueeseen on noin 1 %. Kosteikkoon johdetaan kaikki uoman vesi. Kosteikkojen merkitys niin tulvien hillinnälle kuin vesiensuojelulle perustuu pitkälti niiden kokoon suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen ja sieltä tulevaan tulovirtaamaan.



Kuva 12. Kivipuron eteläpuolelle suunniteltu kosteikkoalueen tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaminen edellyttää tarkemman rakennussuunnittelun tekoa.

4.3. KOHDE 3. KOSTEIKKOALUE

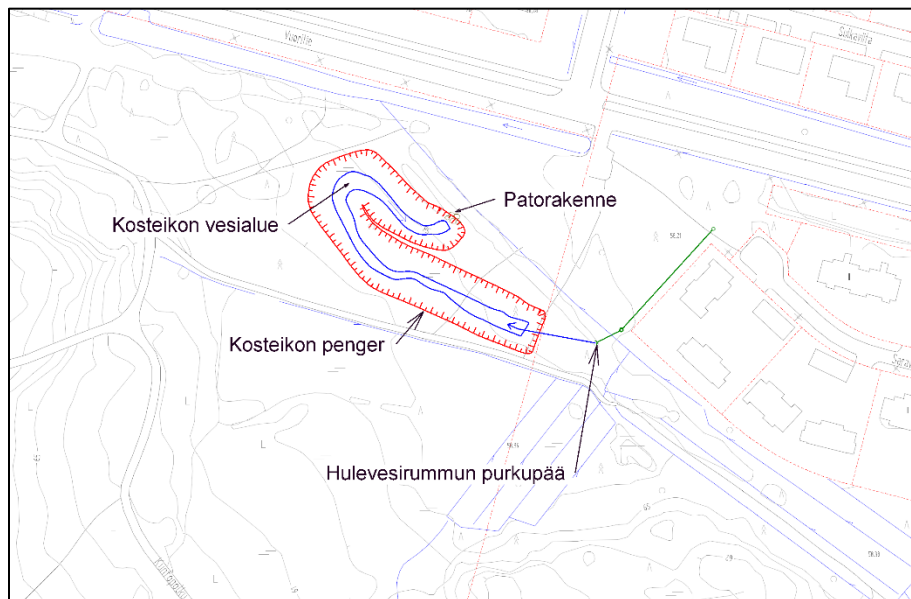
Pajuluoman asuinalueen lähetyville suunniteltiin karttatarkastelun perusteella kosteikkoalue (kuva 13). Kosteikko voidaan toteuttaa osittain padottamalla ja osittain kaivamalla. Kosteikon koko on noin 1,5 hehtaaria eli noin 1 % valuma-alueen koosta. Kosteikolle johdetaan vettä etelän puolelta tulevasta uomasta sekä koilisen suunnalta tulevasta hulevesilinjasta. Kosteikon pääteporakkeen tulee suunnitella vettä viivyttäväksi.



Kuva 13. Kosteikkoalueen tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaminen edellyttää tarkemman rakennussuunnittelun tekoa.

4.4. KOHDE 4. KOSTEIKKOALUE

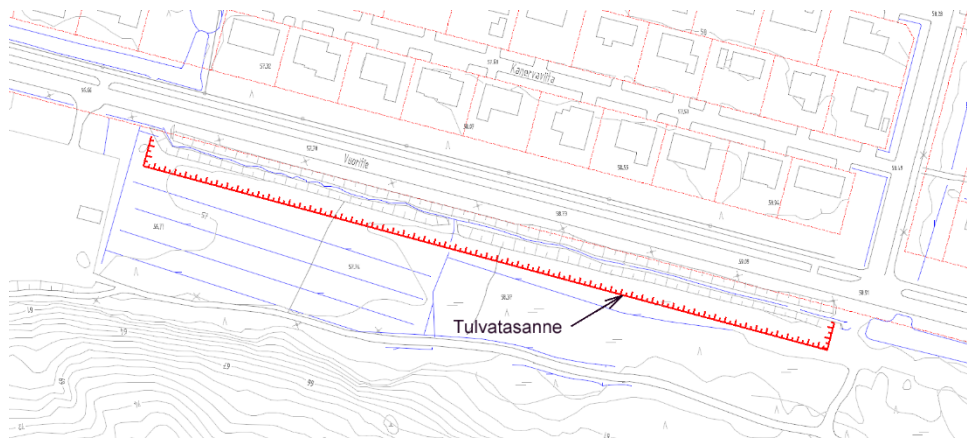
Hallilanvuoren ja Vuoritien väliin suunniteltiin kosteikko, jonne voidaan johtaa asuinalueen hulevesiä ja osa Kivipuron vesistä (Kuva 14). Ylivirtaamien aikana Kivipuron uoma toimii tulvareittinä. Maastonmuodot ovat rakenteelle edulliset, koska suunnittelualue on suunnitellun kosteikon kohdalta luontaisesti alavaa. Kosteikon koko on 0,15 ha. Kosteikko sijaitsee lähellä asutusta ja sillä on potentiaalisesti merkittäviä virkistyskäyttöarvoja eli kosteikko voidaan tehdä puistomaiseksi alueeksi.



Kuva 14. Kosteikkoalueen tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaminen edellyttää tarkemman rakennussuunnittelun tekoa.

4.5. KOHDE 5. TULVATASANNE

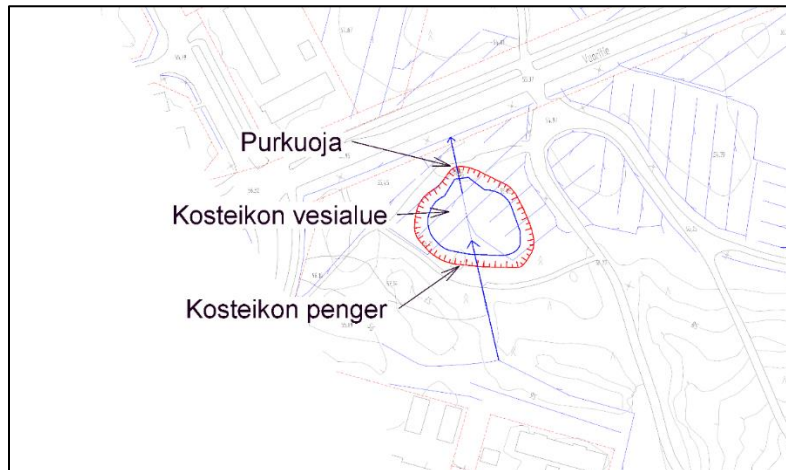
Olemassa olevaa Kivipuron uomaa voidaan levittää rakentamalla uoman varteen tulvatasanne, joka tasaa virtaamia ja varastoi huippuvirtaamia ojastossa (Kuva 15.). Tuvatasanne voidaan rakentaa noin 300 m matkalle.



Kuva 15. Tuvatasanteen tilavaraus. Kohteen toteuttaminen edellyttää rakennussuunnittelua.

4.6. KOHDE 6. VIIVYTYSALLAS TAI KOSTEIKKO

Hallilan kuntoradan vieressä Vuoritien ja Savottatien kulmassa on luonteva paikka kosteikolle tai hulevesien viivytysaltaalle (Kuva 16). Viivytysallas on suunniteltu alavalle alueelle, jonka pohjamaa on ojitettua turve-
maata. Kosteikon koko on noin 0,15 ha.

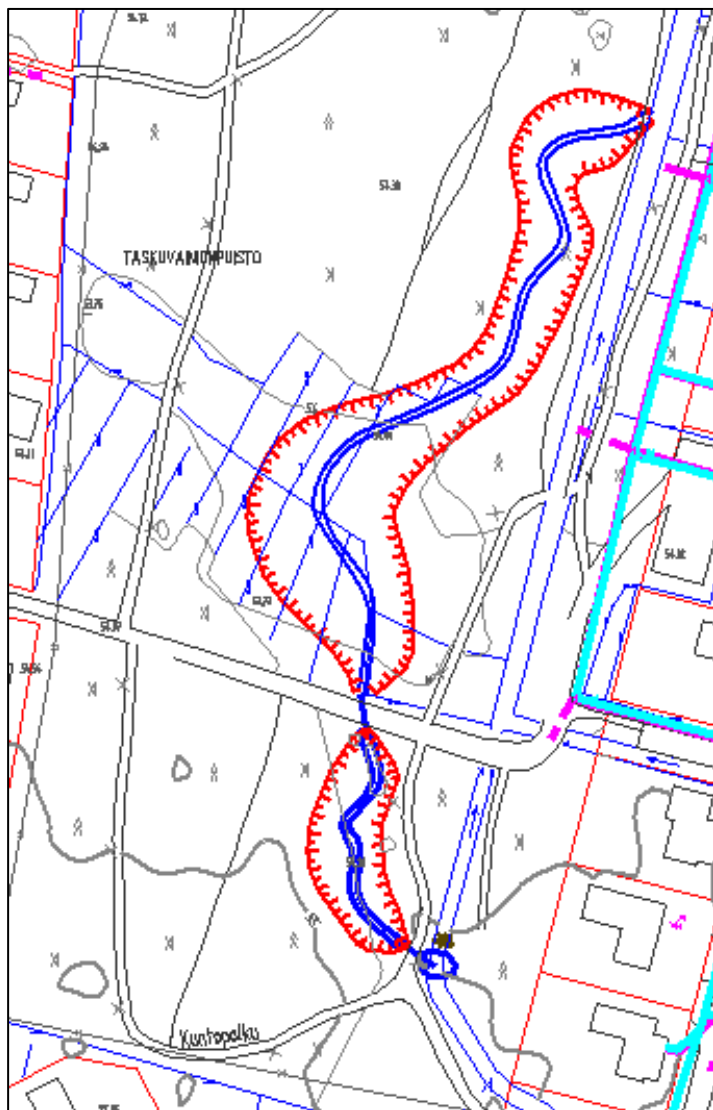


Kuva 16. Kosteikko-/viivytysaltaan tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaminen edellyttää tarkemman rakennussuunnittelun tekoa.

4.7. KOHDE 7. KOSTEIKKOALUE

Alueelle suunniteltiin mutkitteleva, pitkänomainen kosteikko, jonne voidaan johtaa osa Kivipurun uoman vesistä (Kuva 17). Ylivirtaamien aikana Kivipurun uoma toimii tulvareittinä. Kosteikon koko on 0,3 ha. Kosteikko sijaitsee lähellä ulkoilureittejä ja sillä on potentiaalisesti merkittäviä virkistyskäyttöarvoja eli kosteikko voidaan tehdä puistomaiseksi alueeksi.

Alueella on merkittäviä virkistysarvoja ja puusto on osin vanhaa (Kuva 15). Kohteessa on myös potentiaalisia luontoarvoja, kuten liito-oravan reviiri. Tästä syystä kohteen suunnittelu ja toteuttaminen vaatii erityistä tarkkuutta mahdollisine lupamenettelyineen ja sidosryhmien osallistamista. Aluetta käytetään metsäluonnon ope-
tustarkoituksiin (Tuomisto 2004).



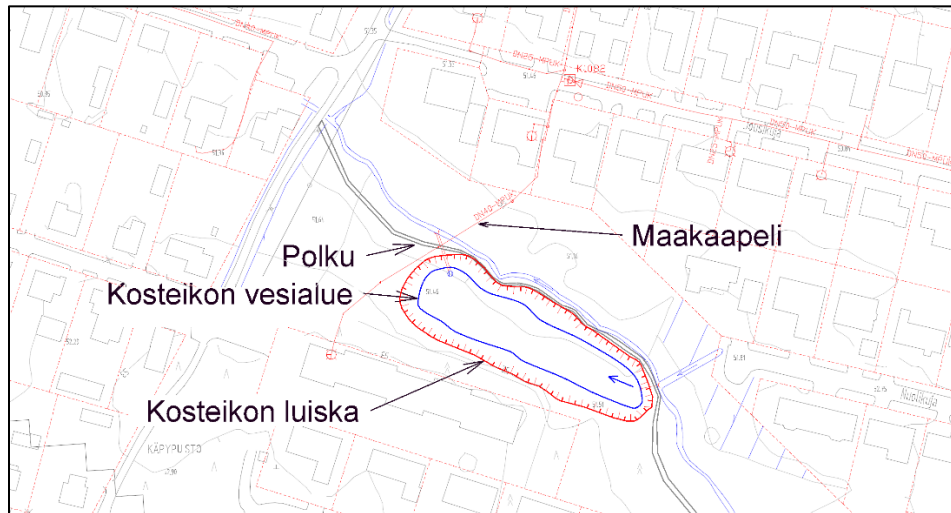
Kuva 17. Kosteikkoalueen tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaminen edellyttää tarkemman rakennussuunnittelun tekoa.



Kuva 18. Kuvia Kivipuron uomasta läheltä suunniteltua kosteikkoaluetta.

4.8. KOHDE 8. KOSTEIKKO

Alueelle ehdotetaan rakennettavaksi kosteikko tasaamaan virtaamia ja puhdistamaan hulevesiä (Kuva 19). Suunniteltu kosteikko sijaitsee taajamassa, joten suunnittelussa on keskeistä maisemalliset ja virkistyskäytönäkökohdat. Yleissuunnitelmassa on hahmoteltu polku myötäilemään kosteikon reunaa. Kosteikon pääte-patorakenne suunnitellaan vettä viivyttäväksi. Kosteikkoon johdetaan osa Kivipuron vesistä. Kosteikon pinta-ala on 0,2 ha. Kosteikon suunnittelussa on erityisesti huomioitava suunnitellun kosteikkoalueen lähellä kulkeva maakaapeli.



Kuva 19. Kosteikkoalueen tilavaraus ja vesien johtaminen. Kohteen toteuttaa edellyttää tarkemman rakennus-suunnittelun tekoa.



Kuva 20. Kuvia puistoalueesta läheltä suunniteltua kosteikkoaluetta.

5. TOIMENPITEIDEN HYÖDYT, RAJOITTEET JA PRIORISOINTI

Kivipuron valuma-alueen hulevesien hallinnan yleissuunnittelussa keskityttiin virtaamien tasaamisen ja tulvien ennaltaehkäisemiseen. Suunnitelluilla rakenteilla parannetaan myös veden laatua. Hulevesien hallinta suunniteltiin tehtäväksi viheralueille tai muilta rakentamiselta vapaaksi jääneille alueille sijoittuvilla rakenteilla. Työssä ei suunniteltu kiinteistökohtaisia hulevesien hallintamenetelmiä.

Suunnitelmassa esitetyt ratkaisut koostuvat luonnonmukaisista ja toimiviksi tiedetyistä menetelmistä. Niiden sopivuus kuhunkin kohteeseen on mietitty maastotöiden ja karttatarkastelun perusteella. Rakenteiden toteuttaminen kuitenkin edellyttää tarkempaa suunnittelua mitoituksineen ja rakennussuunnitelmineen. Ratkaisujen toteuttaminen myös edellyttää viranomaisyhteistyötä, kuten lausuntoja ja vesilain mukaisen luvan tarvearviointia.

Kohteiden toteutuksen edellytyksenä on myös pohjamaan tarkempi tutkiminen kairaamalla ja ojan pohjien korkomittaukset. Suunnittelualueen maaperä on paikoitellen hyvin vettä läpäisevää moreenia. Kosteikon perustuminen tällaiselle alueelle mahdollisesti edellyttää pohjan pinnoittamista vettä läpäisemättömällä maa-aineksella. Lisäksi kosteikkokasvit vaativat jatkuvan kostean olosuhteen eli käytännössä saviperäisen, vettä pidättävän kasvualustan.

Kivipuron alueen hulevesien hallinnan yleissuunnitelmaa käytäntöön viedessä tulee priorisoida suurimpien kohteiden suunnittelu ja toteutus niiden vaikuttavuuden vuoksi. Lisäksi valuma-alueen alaosan rakenteet 8 ja 7 ovat syytä toteuttaa ensimmäisinä, koska niiden vaikuttavuus on suurin sekä niiden lähivaluma-alue on voimakkaasti rakennettua. Rakenteiden 7 ja 8 jälkeen suositellaan toteutettavan rakenteet 2 ja 3, koska Rautatien jatkeen kaavarungon toteutuksen myötä virtaamat äärevöityvät ja kuormitukset kasvavat rakenteiden 2 ja 3 avulla saadaan kaavarungon alueelta johdettavat hulevedet käsiteltyä lähellä syntypaikkaa ja rakenteet tasaaavat lisääntyvät virtaamat sekä tuovat maisemallista arvoa alueelle.

Mikäli suunnittelualueelle on tulossa uudisrakentamista, hulevesien hallintarakenteita suositellaan tehtäväksi ennen rakentamisen aloittamista alueella. Yleisesti kuormitus on suurimmillaan rakentamisen aikana. Tässä esitetyt ratkaisut eivät kuitenkaan sulje pois tarvetta rakentamisen aikaisille tilapäisille kuormitusta vähentäville menetelmille.

6. ALUSTAVA KUSTANNUSARVIO

Taulukossa 3. on esitetty alustava kustannusarvio raportissa esitetyille vesienhallintarakenteille. Kustannusarvio sisältää suunnittelun, maansiirtotyöt ja rakennusmateriaalit. Kustannusarvio ei sisällä mm. lupien hakemiskustannuksia, vihertöitä ja siihen liittyviä materiaaleja (esim. taimet, kasvialusta, eroosioverkot) eikä maisemasuunnittelua.

Vesienhallintarakenteiden toteutunut kustannus riippuu mm. rakenteiden koosta, perustamistavasta, rakennusmateriaaleista, tarvittavista esiselvityksistä ja tutkimuksista sekä mahdollisten lupien tarpeesta. Kustannusarvio tarkentuu rakennussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 8. Alustava kohdekohtainen kustannusarvio ja prioriteetti järjestys Kivipuron alueen hulevesien hallintarakenteiden toteuttamiseksi.

	Hinta-arvio	Prioriteetti
1. Kohde	25 000 €	3
2. Kohde	350 000 €	1
3. Kohde	300 000 €	2
4. Kohde	75 000 €	2
5. Kohde	42 000 €	3
6. Kohde	45 000 €	2
7. Kohde	195 000 €	1
8. Kohde	120 000 €	1
Hinta yhteensä	1 152 000 €	

7. LÄHDELUETTELO

Seinäjoen kaupunki 2012, Kasperin ja Pajuluoman välisen alueen luontokartoitus

Seinäjoen kaupunki, Hannu Tuomisto 2014, Seinäjoen Pajuluoman luontoselvitys

Suomen Kuntaliitto 2012. Hulevesiopus.

Vakkilainen P., Kotola J. ja Nurminen J. (toim.) 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. Ympäristöministeriö. Helsinki 2005.

8. LÄHDEAINEISTO

Kartta-aineistot:

- Maanmittauslaitos maastokartta 12/2016
- Geologian tutkimuskeskus, Maankamara maaperätiedot 1/2017

9. LIITTEET

Liitteistä löytyvät periaatekuvaukset selvityksessä suositeltavista vesien hallintamenetelmistä. Menetelmien soveltaminen Kivipuron valuma-alueelle edellyttää tarkempaa suunnittelua ja menetelmän soveltuvuuden kohdekohtaista varmistamista. Rakenteet mitoitetaan vallitsevien virtaamaolosuhteiden mukaan.

Liite 1. Kosteikko

Liite 2. Virtaamavaihteluiden tasaus viivyttämällä

Liite 3. Purojen kunnostaminen

Liite 4. Tulvatasanteet ja pohjapadot

Liite 5. Pintavalutuskenttä

Liite 6. Hulevesien hallintarakenteiden aluevaraukset A3

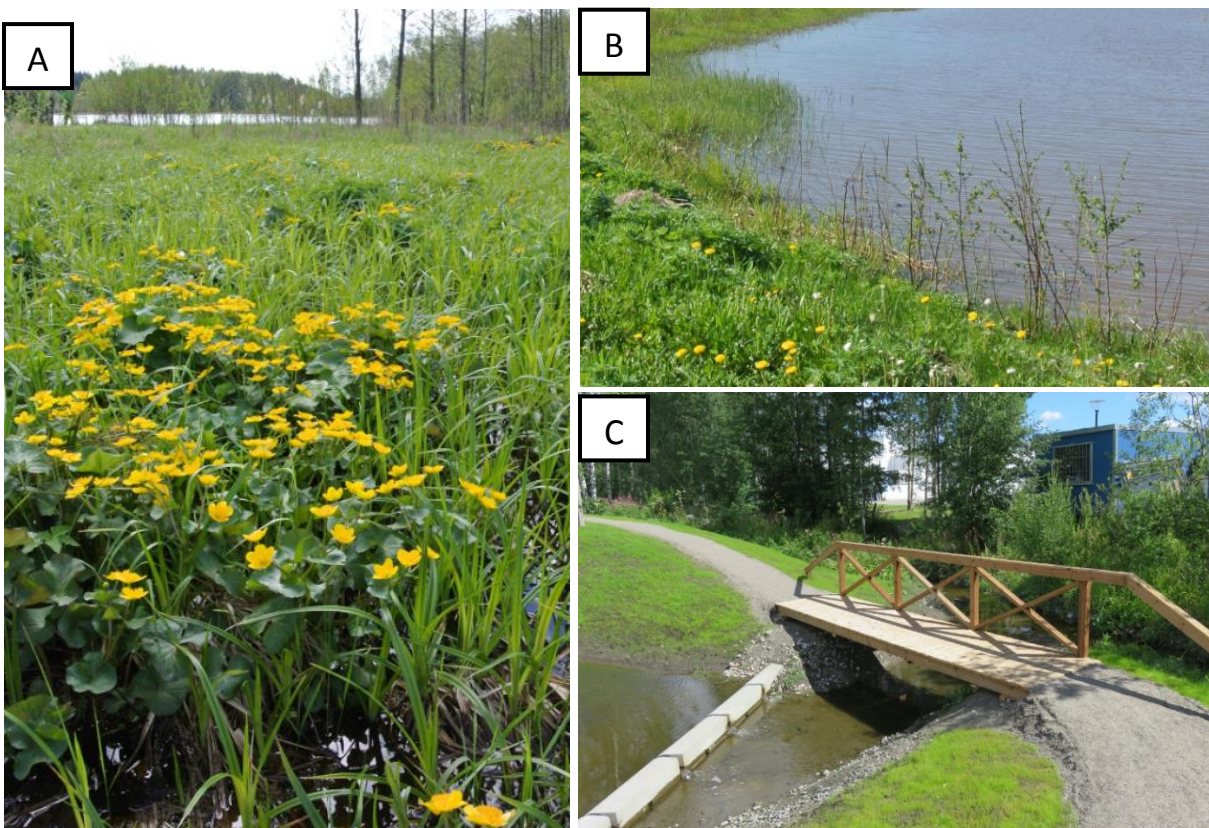
LIITE 1. KOSTEIKKO

Kosteikko on vetinen maa-alue, jossa kasvaa märkiin olosuhteisiin sopeutunutta kosteikkokasvillisuutta. Kosteikolla voi olla vaihtelevasti avoimia vesialueita. Rakennettu kosteikko voidaan toteuttaa padottamalla vettä alavalle maa-alueelle tai kaivamalla (Kuva 21). Paikallisilla olosuhteilla on tärkeä merkitys kosteikon toimintaan, ja tarvittavat rakenteet sekä kosteikon muotoilu on syytä suunnitella tapauskohtaisesti.

Kosteikon toimintaperiaate:

Kosteikko lisää veden viipymää eli hidastaa ja tasaa virtaamia. Tulva-aikoina vesi leviää kosteikkoalueella laajemmalle. Kosteikko toimii kuin pesusieni luovuttaen vettä hitaasti eteenpäin. Veden virtausnopeuden hidastuessa, vettä painavampi kiintoaine laskeutuu kosteikon pohjaan. Kasvillisuudella on tärkeä merkitys kiintoaineen poistossa etenkin hienojakoisilla mailla.

Kosteikon mitoitus vaikuttaa kosteikon kykyyn puhdistaa haitta-aineita, erityisesti ravinteita. Kosteikko mitoitetaan paikallisten olosuhteiden mukaisesti huippuvirtaamien mukaan. Yleissuosituksena on, että kosteikon pinta-alan suhteessa valuma-alueeseensa pitäisi olla 1-5 %, jotta kosteikolla on kattavaa vaikutusta valumavesien puhdistamisessa. Vaihtoehtona on usean pienemmän kosteikon ketjuttaminen veden reittejä seuraamaan.



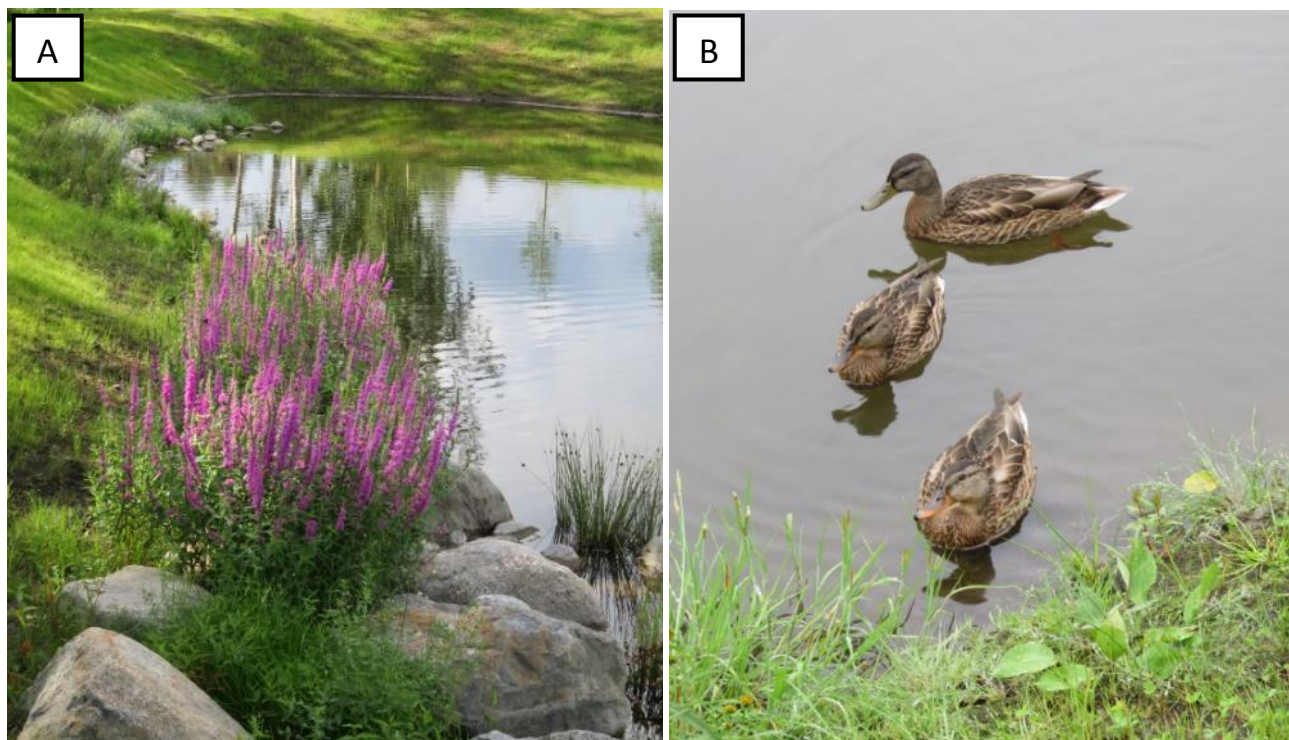
Kuva 21. Kosteikon erilaisia rakenteita ovat loivat ranta- ja tulva-alueet (A), syvänvedenalueet (B) ja erilaiset eroosiolta suojaavat ja vettä padottavat rakenteet (C).

Kosteikon puhdistuskykyyn vaikuttavat mitoituksen lisäksi paikalliset ympäristöolosuhteet, kuten maa-ainekset, veden virtausta hidastavat rakenteet ja kasvillisuus sekä niiden yhteydessä elävät mikrobit. Suunnittelussa huomioitavia tekijöitä ovat virtaamien vaimennus ja syvyys sekä sen vaihtelu. Liian syvässä kosteikossa vesien puhdistumisen kannalta tärkeää kasvipeitteistä aluetta ei pääse muodostumaan. Veden puhdistumisen lisäksi kasvillisuuden merkitys on keskeinen eroosion torjunnassa ja muiden kosteikolla elävien lajien kannalta. Kosteikkojen suunnittelussa on syytä huomioida myös huoltotärkeitä kohdat. Tarvittavia huoltotoimia ovat mahdollisen lietteen tyhjennys ja kasvillisuuden harvennus.

Kosteikkojen hyödyt:

Rakennettujen kosteikkojen avulla voidaan tuottaa tulvansuojelua, veden puhdistusta ja eroosion hallintaa. Lisäksi niillä voidaan luoda biologisia elinympäristöjä eli lisätä taajamaluonnon monimuotoisuutta sekä virkistysalueita taajamassa asuville ihmisille (Kuva 22). Kasvipeitteisten osa-alueiden lisäksi avovesialueiden merkitys on suuri monien eliölajien ja ihmisen viihtymisen kannalta. Kosteikosta on hyvä suunnitella mahdollisimman monimuotoinen.

Taajamaympäristöön sijoitettavassa kosteikossa on hyvä ottaa huomioon paikallisten asukkaiden tarpeet. Kosteikolla on mahdollista tarkkailla lintuja ja runsasta kosteikon pieneläimistöä ja kasveja (Kuva 21). Kosteikon poluilla voi retkeillä ja ulkoiluttaa koiria sekä käyttää kosteikkoa opetustarkoituksiin. Parhaimmillaan kosteikolle on suunniteltu kävelyreitit ja sijoitettu penkit levähtämistä varten. Lintutorni mahdollistaa lintujen seuraamisen pesintää häiritsemättä.



Kuva 22. Kuva Vapo Clean Waters Oy:n toteuttamalta Eerolanpuron kaupunkikosteikolta (A). Kosteikolla elää runsaana monimuotoinen vesilintulajisto (B).

LIITE 2. VIRTAAMAVAIHTELUIDEN TASAUS VIIVYTTÄMÄLLÄ

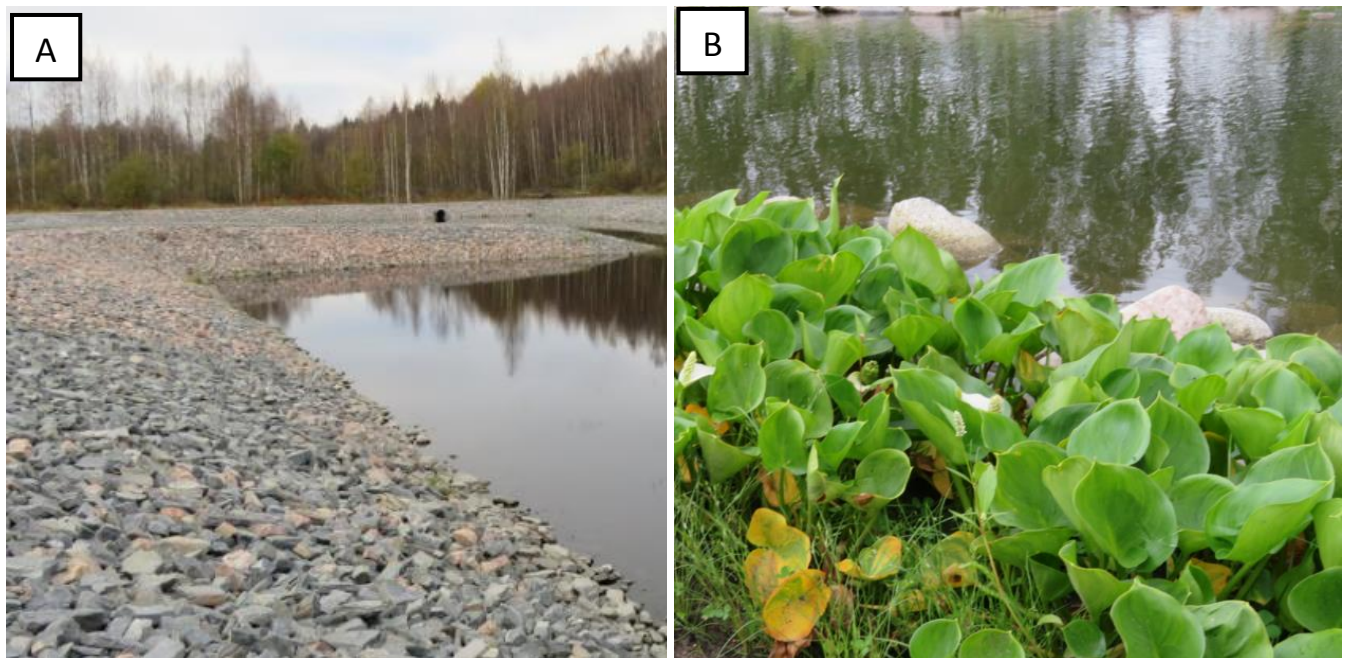
Viivyttävillä rakenteilla tarkoitetaan ratkaisuja, joilla pidätetään vettä ja tasataan virtaamavaihteluita (Kuva 23). Viivyttävillä rakenteilla varastoidaan vettä valuntapahtuman jälkeen ja vapautetaan varastoitunut vesi rakenteen purkupäästä mahdollisimman tasaisesti. Veden viivytykseen voidaan hyödyntää erilaisia rakenteita, kuten viivytysaltaita, painanteita ja kosteikoita. Näistä kosteikolla on pysyvää vesipintaa, kun taas viivytysaltaat ja painanteet kuivuvat välillä.

Vettä viivyttävien rakenteiden toimintaperiaate:

Vettä pidätetään viivyttävällä rakenteella lähtöpään vettä padottavan rakenteen avulla. Toteutuksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi putkea tai pohjapatoa rakenteesta riippuen. Vesi vapautuu rakenteelta pikkuhiljaa tasaten virtaamavaihteluita. Pysyvän vesipinnan ratkaisuissa viivyttävänä rakenteena toimii keskivedenpinnan yläpuolinen niin sanottu tulva-alue, johon vesi nousee maksimissaan vuorokauden ajaksi. Välillä kuivuvissa rakenteissa viivytystilavuus on koko rakenteen tilavuus ja oleellista on rakenteen kuivuminen sadetapahtumien välillä.

Virtaamavaihteluiden tasauksesta saatavia hyötyjä:

Rakenteilla vähennetään tulvimista vesistöissä tai hulevesiviemäreiden yhteydessä. Virtaamien tasaus myös vähentää vastaanottavan uoman erodoitumista ja edesauttaa kiintoaineen pidättymistä.



Kuva 23. Virtaamavaihteluiden tasaamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi viivytysallasta, joka tyhjenee sadetapahtumien välillä (A) tai kosteikon kasvillisuuspeitteistä tulva-alueetta (B).

LIITE 3. TULVATASANTEET JA POHJAPADOT

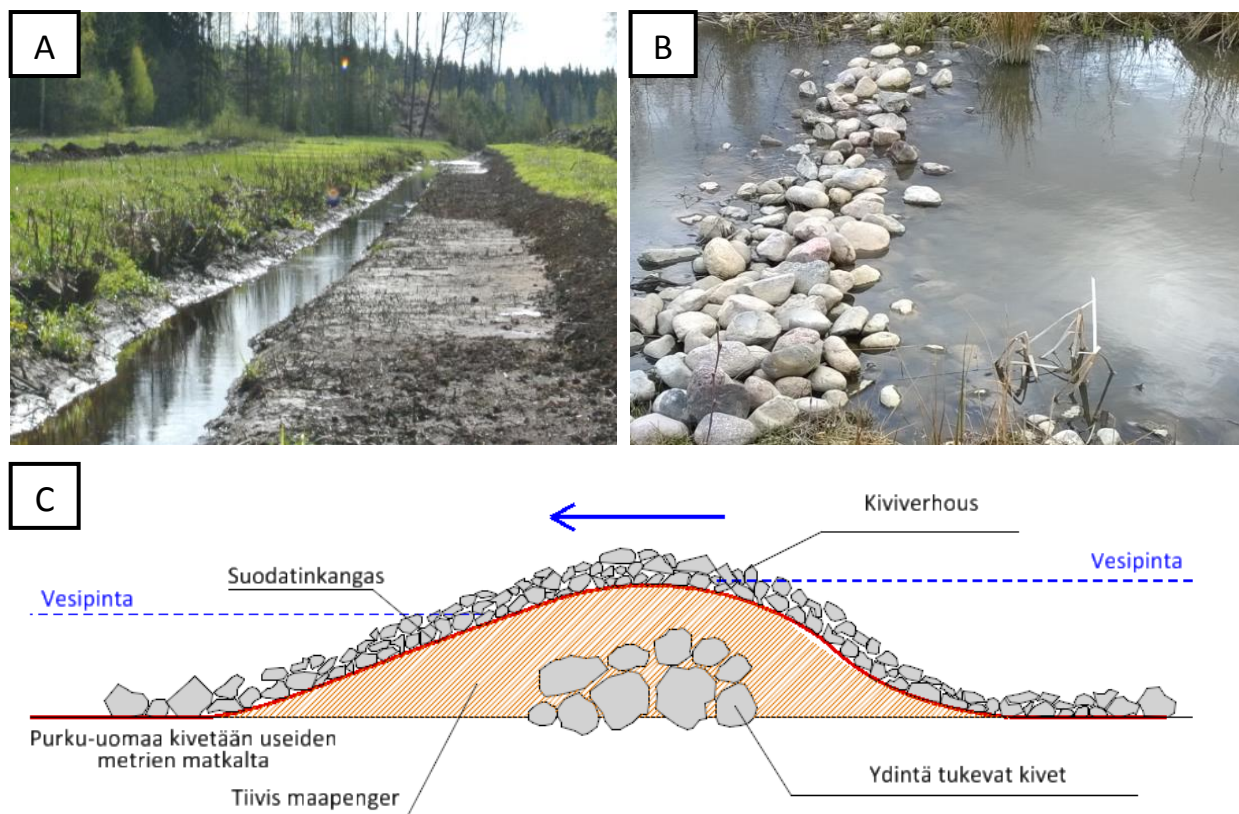
Tulvatasanteiden ja pohjapatojen käyttö vesirakentamisessa on osa luonnonmukaisen uomarakentamisen käytänteitä. Vesiuoman poikkileikkaus voidaan kaivaa kaksitasoiseksi rakentamalla olemassa olevan uoman viereen tulvatasanne (Kuva 21 A). Kalteville ja eroosioherkille paikoille ojien pohjalle voidaan tehdä esimerkiksi kivistä tai puusta pohjapatoja. Niitä voi olla useita peräkkäin, jolloin puhutaan pohjapatosarjasta. Molemmat menetelmät soveltuvat ojien ja perattujen purojen kunnostukseen. Pohjapatoja voidaan käyttää myös esimerkiksi kosteikkojen ja laskeutusaltaiden yhteydessä hidastamaan veden tulva-aikaista läpivirtausta (Kuva 24 B). Rakenteet suunnitellaan ja mitoitetaan tapauskohtaisesti (Kuva 24 C).

Tulvatasanteiden ja pohjapatojen toimintaperiaate:

Vesi nousee tulvatasanteelle tulva-aikoina. Menetelmä tasaa veden huippuvirtaamia ja vähentää uoman eroosiota. Pohjapadot vähentävät veden pohjanläheistä virtausnopeutta ja karkean kiintoaineen kulkeumaa. Rakentamalla pohjapatojen sarjoja, voidaan uoman vesipintaa nostaa ja luoda kosteikkomaisia ympäristöjä.

Luonnonmukaisesta uomarakentamisesta saatavia hyötyjä:

Tulvatasanteiden ja pohjapatojen avulla voidaan tuottaa tulvansuojelua, veden puhdistusta ja eroosion hallintaa. Ne lisäävät uoman vaihtelua ja sitä kautta alueen biologista monimuotoisuutta.



Kuva 24. Uomaan vasta toteutettu tulvatasanne, jolle on hyvä istuttaa kasvillisuutta (A), veden virtausnopeutta hidastava pohjapato (B) ja sen periaatteellinen poikkileikkaus (C, ei mittakaavassa). Pohjapadon rakenteet ja materiaalit suunnitellaan tapauskohtaisesti.

LIITE 4. PUROJEN KUNNOSTAMINEN

Monia puroja on padottu, perattu ja kaivettu suoraksi aikojen saatossa. Uoman hydrologia ja ekologia ovat sitä myöden muuttuneet. Purojen kunnostaminen on nykyisin ajankohtaista. Kunnostustoimilla parannetaan virtavesien ekologista tilaa (Kuva 25 A). Luonnon monimuotoisuuden kannalta purot ovat keskeisiä, sillä ne ovat tärkeitä elin- ja kulkupaikkoja monille eliölajeille, joista esimerkkeinä taimen ja ravut. Purojen kunto vaikuttaa koko vesistön kalataloudelliseen arvoon. Lisäksi purojen kunnolla on vaikutusta virtaamavaihteluiden tasaamiseen ja veden laatuun.

Purojen kunnostusten toteuttaminen:

Puron kunnostuksessa uomaan asetellaan erikokoisia kiviä. Kiveämisen myötä virtausnopeuden vaihtelu ja veden syvyys lisääntyy sekä elinympäristö monipuolistuu. Uomaan rakennetaan soraikkoja lohikalojen kutualueiksi (Kuva 25 B). Korkeat pohjapadot, rummut ja muut puroon tehdyt rakenteet voivat estää eliöiden nousun ylävirtaan. Kunnostuksissa tarpeettomat esteet poistetaan tai kierretään. Samoin tehdään tiheälle kasvillisuudelle. Uoman mutkittelua lisätään mm. suisteiden avulla, kivillä ja puuaineksella (Kuva 25 C).

Purojen kunnostuksista saatavia hyötyjä:

Purokunnostuksilla edesautetaan purojen kehittymistä hyväksi kala- ja rapuvesiksi. Lisäksi kunnostus lisää purouoman luonnon monimuotoisuutta, parantaa veden laatua ja vähentää uoman eroosiota. Myös maisemallisuus lisääntyy.



Kuva 25. Kunnostettu purouoma (A), jonka mutkittelua pyritään lisäämään mm. puusuisten avulla (B). Uoma on myös kivetty ja sinne on toteutettu kutusoraikkoja (C).

