



Allas- ja patorakenteiden vaikutus kiintoaineksen poistoon
maankäsittelyn samentamista vesistä

LuK-tutkielma

Henri Nybacka

Kaivannaisalan yksikkö

Teknillinen tiedekunta

Oulun yliopisto

Joulukuu 2019

Tiivistelmä

Laskeutusaltaat ovat yksi Suomen yleisimmistä käytetyistä vesiensuojelurakenteista ja niitä käytetään laajasti erilaisissa ympäristöissä ja niiden rakentamiseen on annettu useita viranomaisohjeita. Tämän työn tarkoituksena on selvittää eri ympäristössä toimivien altaiden perustamiseen annettuja ohjeita ja mikä on näiden ohjeiden mukaisten altaiden puhdistusteho. Aineistona on eri viranomaisten ja asiantuntijoiden antamat ohjeet laskeutusaltaiden perustamiselle, sekä näiden altaiden puhdistustehosta tehtyjen tutkimusten tulokset.

Laskeutusaltaiden perustamiseen annetuissa ohjeissa annetut laskeutusaltaiden mitat ja muodot vaihtelevat, kaikissa kuitenkin pyritään mahdollisimman pitkään veden viipymisaikaan. Parhaimmat puhdistustehot on saavutettu laskeutusaltailla, joissa on virtaamaa säätelevä padottava rakenne. Laskeutusaltaat poistavat tehokkaasti kiintoainesta, mutta eivät juurikaan vedessä olevia ravinteita, laskeutusaltaiden kasvillisuuden ravinteiden puhdistusteho ei ole tutkimusten mukaan merkittävä, mutta kasvillisuus ehkäisee eroosiota. Laskeutusaltaat ovat edullisia, yksinkertaisia ja tehokkaita veden kiintoaineksen poistajia, mutta tarvitaan lisätutkimuksia laskeutusaltaiden pohjamuotojen, muodon ja kasvillisuuden vaikutuksesta laskeutusaltaiden puhdistustehoon. Virtaamaa säätelevät patoratkaisut tulisi ottaa osaksi kaikkia laskeutusaltaita ja niiden perustamisesta annettuja ohjeita.

SISÄLLYS

Tiivistelmä.....	2
1. Kiintoaineksen kulkeutuminen ja laskeutuminen vedessä.....	4
Laskeutusaltaat ja niiden tarkoitus.....	6
1.1. Tuorvetuotannon laskeutusaltaat	8
1.2. Metsätalouden laskeutusaltaat	8
1.3. Maatalouden laskeutusaltaat	9
1.4. Kullankaivun laskeutusaltaat	10
2. Laskeutusaltaiden yhdistäminen muihin vesiensuojelurakenteisiin	13
3. Laskeutusaltaiden hyödyt ja haitat.....	14
4. Tulokset	15
5. Pohdinta.....	17

1. KIINTOAINEKSEN KULKEUTUMINEN JA LASKEUTUMINEN VEDESSÄ

Virtaava vesi on luonnon merkittävimpiä aineen kuljettajia. Kiintoainesta joutuu veden kuljetukseen, kun maa-ainesta käsitellään veden avulla tai virtaavan veden ympäristössä, esimerkiksi ojien kaivuun ja kullanhuuhdon myötä. Sade myös huuhtoo pintamaata mukaansa ja virtaava vesi kuluttaa ja poimii mukaansa maa-ainesta. Tämä on ongelmana kaikissa paikoissa, joissa rikotaan pintamaan kasvillisuuskerros ja muokataan maata, esimerkiksi maisemoinnissa, rakennustyömailla tai turvetuotannossa. Veden mukana kiintoainesta päätyy vesistöihin, joissa se aiheuttaa pohjien liettymistä. Kiintoaineksesta voi liueta veteen metalleja ja ravinteita, joista voi olla haittaa vesistön eliöille ja näiden elinympäristölle.

Vesi kuljettaa kiintoainesta mukanaan joko pohjakuljetuksena, jolloin partikkelit pyörivät ja hyppelivät uoman pohjalla tai lietteenä vedessä. Nopeasti virtaava vesi voi kuljettaa isojakin lohkaraita pohjakuormana. Suuri osa kiintoaineksesta kulkee kuitenkin suspensiokuormana vedessä, jolloin veden turbulenssi estää sedimenttipartikkeleita laskeutumasta pohjakuormaksi. Vettä kevyemmät aineet kelluvat veden pinnalla ja vettä raskaammat puolestaan pyrkivät laskeutumaan uoman pohjalle. Seisovassa vedessä kiintoainepartikkelin laskeutumisenopeus riippuu partikkelin koosta, tiheydestä, veden viskositeetistä ja partikkelin muodosta (Kemira, 2003).

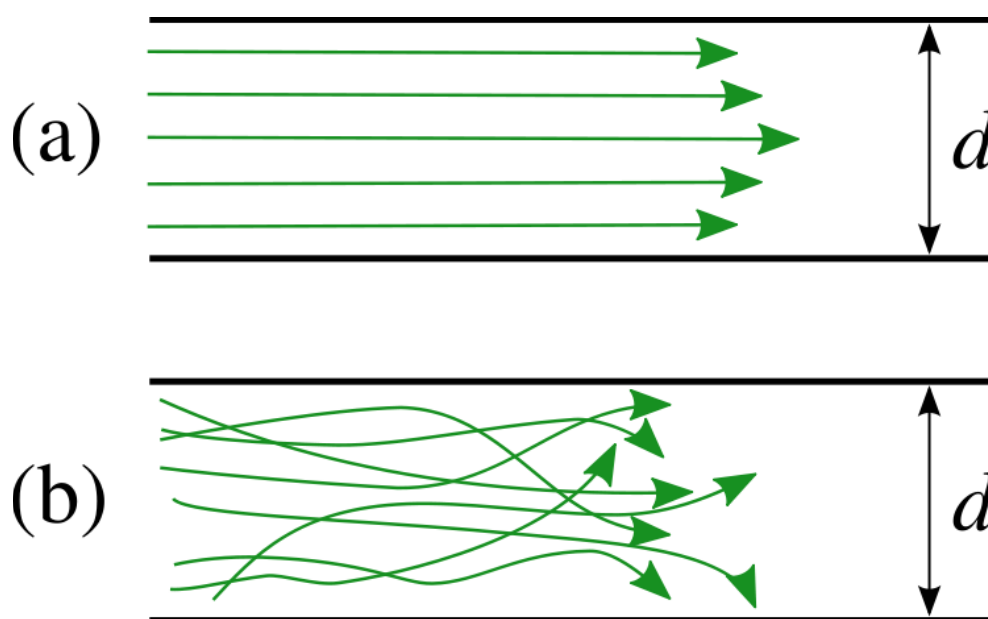
Taulukko 1. Pallomaisten partikkelien laskeutumisaika 20°C, tiheys tyypillinen hiekan ja saviaineksen tiheys. Lähde: Kemira, 2003

Lajite	Partikkelikoko mm	Laskeutumisaika
Pallomaiset partikkelit	Tiheys 2,65g/cm ³	
Hiekka	1	1 sekunti
Hiekka	0,1	2 minuuttia
Siltti	0,01	3 tuntia
Savi	0,001	13 päivää
Savi	0,0001	3,5 vuotta

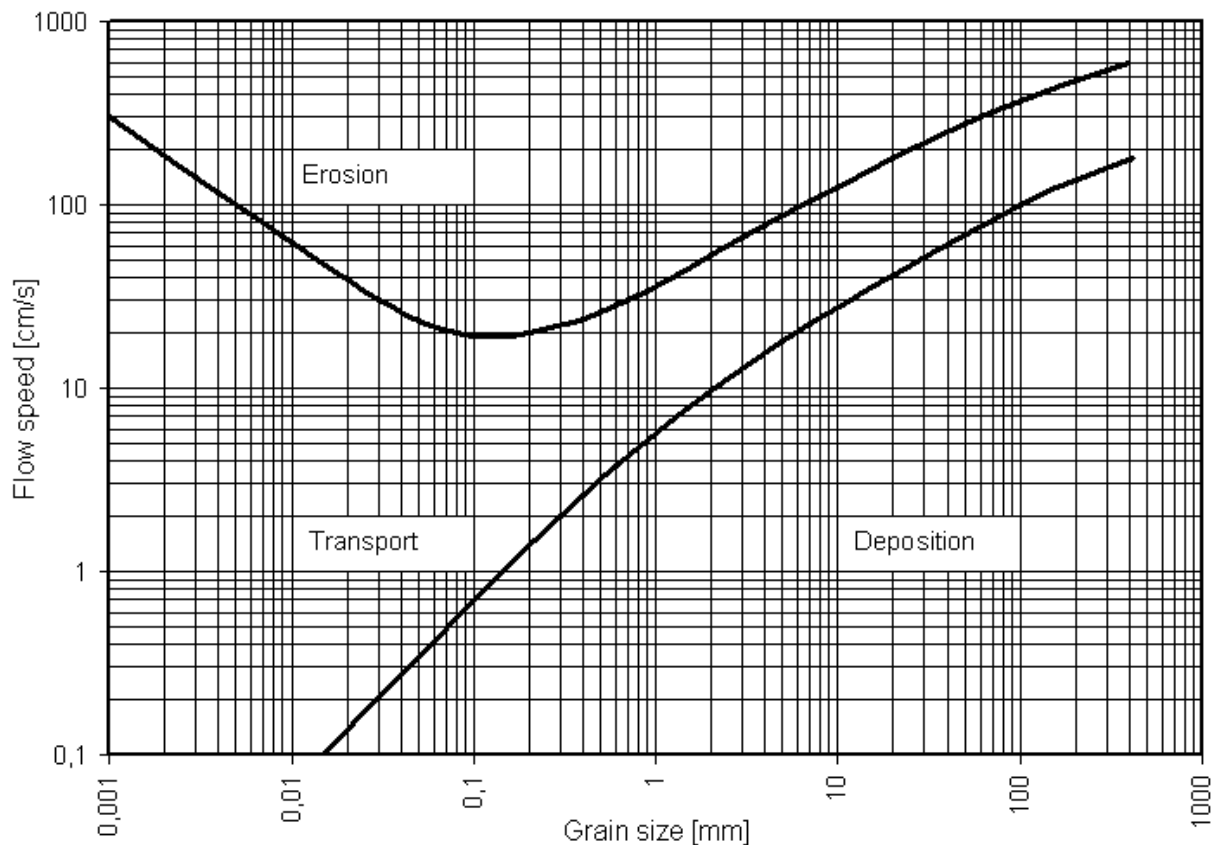
Veden lämpötilan laskiessa, veden viskositeetti kasvaa ja täten myös laskeutumisaika pitenee. Esimerkiksi 5°C asteisessa vedessä taulukko 1:ssä esitetyt laskeutumisaikat kasvavat noin 50 % (Kemira, 2003).

Turbulenttisissa virtauksissa pyörteet aiheuttavat ylöspäin kulkevia virtauksia, jotka puolestaan nostavat hiukkasia ja estävät näin niiden laskeutumisen pohjalle (kuva 1). Virtausnopeuden vaihtelu ja turbulenttisuus päinvastoin jopa nostaa jo pohjaan laskeutunutta ainesta takaisin veden kuljetukseen (Kurtti, 2014). Turbulenttisuutta aiheuttavat veden virtausnopeuden vaihtelut, esteet uomassa ja muut luontaiset ilmiöt, kuten tuuli. Virtausnopeuden vaihtelu aiheuttaa paine-eroja virran osien välillä mikä saa virran sekoittumaan. Turbulenttinen virtaus on luonnonvirtojen tyypillinen tila, tosin uoma ja virtaus kokevat paljon luontaisia vaihteluita.

Laminaarinen virtaus on erittäin järjestäytynyt virtaus, jossa koko virran vesimassa kulkee samaan suuntaan (kuva 1), eikä virrassa esiinny häiriöitä. Laminaarisissa virtauksissa hiukkasen laskeutumisnopeus ja veden virtausnopeus määräävät kuinka pitkän matkan hiukkanen kulkeutuu ennen laskeutumistaan uoman pohjalle. Hjulströmin kuvaajasta (kuva 2) nähdään, miten hieno siltti ja savi eivät laskeudu juuri ollenkaan virtauksessa, mutta koheesivoimien vuoksi niiden tiiviit kerrostumat eivät ole yhtä eroosioherkkiä kuin karkean siltin ja hiekan kerrostumat.



Kuva 1. Turbulenttinen virtaus ja laminaarinen virtaus (Dubaj, vectorized by Guillaume Paumier (user:guillom) [Public domain])



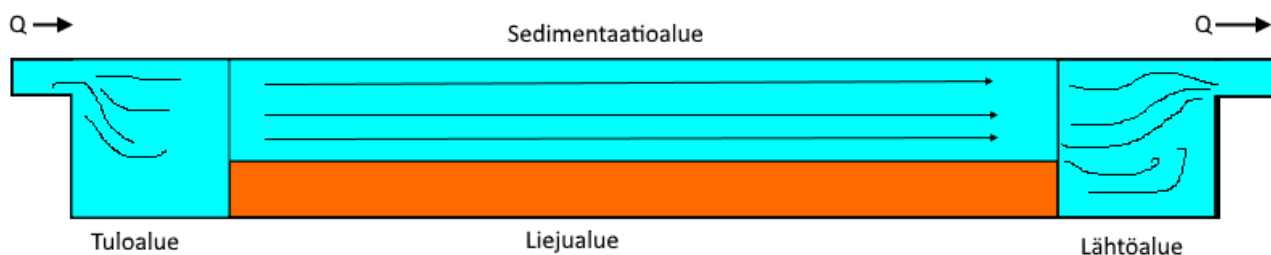
Kuva 2. Hjulströmin kuvaaja, ylempi käyrä kuvaa virtausnopeutta, jolla partikkeli irtoaa kuljetukseen, alempi käyrä sitä virtausnopeutta, jolla virta ei kykene enää kuljettamaan partikkelia vaan se laskeutuu uoman pohjalle. (wikipedia commons)

LASKEUTUSALTAAT JA NIIDEN TARKOITUS

Laskeutusaltaiden tarkoituksena on poistaa virtaavan veden kuljettamaa kiintoainesta hidastamalla veden virtausnopeutta ja estämällä virran turbulentsuutta, jolloin kiintoaines pääsee laskeutumaan altaan pohjalle. Laskeutusaltaat soveltuvat hyvin karkean kiintoaineksen poistamiseen, mutta hienoainesta, kuten savea ja hienoa silttiä, laskeutusaltaat eivät juurikaan pysty poistamaan niiden pitkän laskeutumisaian vuoksi, mikä käy ilmi taulukko 1:stä. Myöskään veteen liuenneita ravinteita ja metalleja pelkät laskeutusaltaat eivät poista. Mutta kiintoaineen mukana poistuu myös siihen sitoutuneita ravinteita ja metalleja. Typpi ja fosfori kulkeutuvat kuitenkin useimmiten sitoutuneena

kiintoaineeseen, joten kiintoaineen poisto vähentää myös vedessä kulkeutuvien ravinteiden määrää. (Joensuu et al., 2012) Turvetuotannossa, metsä- ja maatalouden puolella laskeutusaltaita käytetään osana vesiensuojelutoimenpiteitä.

Laskeutusaltan muoto ja koko riippuvat siitä, paljonko tilaa on käytettävissä ja minkä tasoinen puhdistusteho halutaan saavuttaa. Esimerkiksi turvetuotannossa viranomaisen antamana määräyksenä on, että laskeutusaltaassa virtaavan veden virtausnopeuden tulee olla enintään 1 cm/s ja viipymän vähintään yhden tunnin verran. (Ympäristöministeriö, 2015) Pitkät altaat ovat tehokkaampia kuin saman tilavuuden omaavat pyöreät tai neliömäiset altaat, joissa sedimentaatioalueen osuus altaasta jää suhteellisesti pienemmäksi. Lisäksi lyhyessä altaassa oikovirtausten mahdollisuus kasvaa, sekä virralle jää vähemmän aikaa tasoittua, joten virtaus voi olla turbulenttisempi kuin pitkässä altaassa. Laskeutusaltaassa virtauksen tulo- ja lähtöalueiden osuus altaan pituudesta on suunnilleen sama kuin laskeutusaltan syvyys. Tulo- ja lähtöalueilla sedimentaatio on vähäistä veden turbulenssin ja virtausnopeuden vuoksi (kuva 3). (Camp ja Estrada, 1953)



Kuva 3. Laskeutusaltan alueet

Laskeutusaltaat toimivat lähinnä kiintoaineen pidättäjinä ja vähentävät näin ollen etupäässä liettymisestä aiheutuvia haittoja ja niihin liittyvää vesistöjen rehevöitymistä. Kiintoaineen laskeutuminen perustuu veden virtausnopeuden ja pyörteisyyden pienenemiseen. Mitä kauemmin vesi saadaan pysymään altaassa, sitä hienojakoisempi aines ehtii laskeutua. Maa-aineksen mukana laskeutuu myös siihen sitoutunutta fosforia. Veteen liunneen fosforin tai typen määrään vähentämiseen ei tavanomaisilla laskeutusaltailla ole suurta vaikutusta (Ruohtula, 1996).

1.1. Tuorvetuotannon laskeutusaltaat

Tuorvetuotannon laskeutusaltaiden rakenteiden tulee olla vähintään ympäristöministeriön antamien ohjeiden mukainen. Ohjeissa suositellaan, että jokaiselle 30-50 ha tuotantoalalle tulisi olla laskeutusallas. Ohjeiden mukaan altaan mitoittamisessa käytettävä valuma on 300 l/s/km^2 , altaan pintakuorma saa olla enintään $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ ja virtausnopeus korkeintaan 1 cm/s , veden viipymän tulee olla vähintään 1 h ja lietetilavuuden $4 \text{ m}^3/\text{ha}$. (Ympäristöministeriö, 2015) Lisäksi virtaaman poisto tulee tapahtua patorakenteen kautta ja altaaseen tulee asettaa pintapuomi, 1/3 altaan mitan päähän poistopäädystä, estämään kiintoaineen pintakuljetus. Tämän jälkeen vesi pumpataan erilliselle kasvillisuuden peittämälle pintavalutuskentälle. Lisäksi turvetuotantokentän sarkaojien poistopäähän on kaivettu lietekuopat ja asennettu lietteenpidätin, joka padottaa vettä ojaan. Myös tärkeimpiin tuotantoalueen kokoojajiin on asennettu virtaamansäätöpatoja, joiden avulla vettä saadaan tilapäisesti varastoitua tuotantoalueelle, ja näin hidastetaan poistuvan veden virtausnopeutta. Suurin osa turvetuotantoalueelta poistuvan veden kiintoaineesta on peräisin ojien pohjille laskeutuneen sedimentin eroosiosta, joten veden virtausnopeuden säätämisellä on suuri vaikutus laskeutusaltaiden kuormitukseen. (Kløve 1998) Näillä toimenpiteillä kiintoaineen poistuma on 55-70 %. Pelkällä laskeutusaltaalla kiintoaineen poistumaksi saadaan 30-40 % roudattomana kautena (Ympäristöministeriö, 2015).

1.2. Metsätalouden laskeutusaltaat

Ympäristöhallinto verkkosivuillaan (<https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Metsatalous>, 2019) suosittelee käytettävän metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisemia ohjeita laskeutusaltaiden rakentamisessa. Veden viipymä altaassa tulisi olla vähintään 1 h, veden virtausnopeuden enintään $1-2 \text{ cm/s}$ ja laskeutusaltaan yläpuoliseksi valuma-alueeksi suositellaan korkeintaan 40-50 ha alaa. Altaan pinta-alan tulee olla $2-5 \text{ m}^2/\text{valuma-aluehehtaari}$. Tapion vesiensuojeluohjeessa myös suositellaan padottamaan altaan virtaaman poisto joko putkipadolla tai pohjapadolla, sillä patoaminen tehostaa altaan toimintaa. Lisäksi altaaseen tehtävät pohjapadot

tehostavat altaan toimintaa hidastamalla virtaamaa ja estämällä pohjakuljetusta. (Joensuu et al., 2012) Putkipadollinen laskeutusallas toimii hyvin karkean ja keskikarkean kivennäispohjamaalajien alueella, kiintoainespoistumaksi on mitattu ensimmäisenä vuotena jopa 86 %. (Joensuu, 2014) Toisaalta vasta kaivettu laskeutusallas voi myös olla kiintoaineen lähde, kasvillisuudesta paljaat altaan reunat ovat alttiita virran ja sateen aiheuttamalle eroosiolle. Joensuun (2002) mukaan altaat tulisi rakentaa vuotta ennen kunnostusajitusta, jotta altaiden reunojen kasvittuminen suojaisi altaita eroosiolta. Metsätaloudessa altailla pyritään vähentämään kunnostusajituksen aiheuttamaa kiintoainekuormaa, tämä kiintoainekuorma palautuu 5-6 vuoden kuluessa kunnostusajitusta edeltävälle tasolle (Joensuu, 2009).

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportin (Hammar et al., 2006) mukaan metsätaloudessa käytetyn laskeutusaltaan tulisi olla syvyydeltään kaksiosainen. Altaan alkupäähän sijoitetaan syvä sedimentaatio, jonka vesisyvyyden tulisi olla 1-1,5 metriä. Altaan jakaa vedenalainen pohjakynnys, joka on poikittain altaan pituuteen nähden. Loppupäähän tulee matalampi kasvillisuusosa, jonka vesisyvyys tulisi olla 0,5-1 metriä. Tarkoituksena on poistaa karkein aines syvässä päässä ja saada aikaan kosteikkomainen vesikasvillisuuskenttä loppupäähän poistamaan ravinteita. Altaan poistouoman tulisi olla myös padottava, tämä ehkäisee altaassa virtaavan veden pohjanopeuden kasvun kriittiseksi, jolloin se alkaisi uudelleen irrottaa altaan pohjalle jo laskeutunutta sedimenttiä. Optimaalisena muotona raportissa pidetään altaita, joiden pituuden suhde leveyteen on 4:1-5:1, mutta tärkeämpänä toimivuuden kannalta on altaan koko suhteessa valuma-alueeseen.

1.3. Maatalouden laskeutusaltaat

Suomen ympäristökeskuksen (Anttila ja Timonen, 2009) antamissa ohjeissa maatalouden käyttämien laskeutusaltaiden mitoitus- ja toimintaohjeet ovat hyvin samankaltaiset kuin metsätalouden vastaavissa. Koska monimuotoisille kosteikoille on mahdollista hakea erityistä ympäristötukea maataloudessa, tuen saamiseksi edellytetyt vaatimukset kosteikon koosta käytännössä ohjaavat toteutettujen kosteikoiden ja laskeutusaltaiden kokoa ja muotoa. Ympäristötuen saamiseksi kosteikon pinta-alan tulee olla vähintään 1-2 % valuma-

alueen pinta-alasta. Ympäristötukea saadakseen kosteikon tulee lisäksi olla monivaikutteinen, eli kosteikon tulee sekä vähentää vesistökuormitusta että parantaa eliöiden elinympäristöjä. Monivaikutteiset kosteikot vaihtelevat muodoiltaan sekä sisältävät kasvillisuusalueen ja syvemmän vesialueen, laskeutusaltaan, jonka lietekertymä voidaan poistaa tarvittaessa. (Anttila ja Timonen, 2009) Ympäristökeskuksen ohjeiden mukaisten laskeutusaltaiden vähimmäiskokona pidetään 0,1-0,2 % valuma-alueen pinta-alasta, kuitenkin edellytyksenä, että laskeutusaltaan pinta-ala on riittävä kiintoaineen poistoa varten. Mitoituksessa käytetään hienon hiedan laskeutumisenopeutta (1 m/h) ja virtausnopeus saa korkeintaan olla 1 cm/s. Teoreettinen altaan pinta-ala tulee vielä kertoa 1,3-1,8 kertoimella, jotta voidaan varmistua kiintoaineen riittävästä laskeutumisesta. Lisäksi ohjeen mukaan rakennetun altaan pituuden tulisi olla 7-10 kertainen sen leveyteen verrattuna ja lietevarastoa altaalla tulisi olla 30 cm. (Jormola et al., 2003)

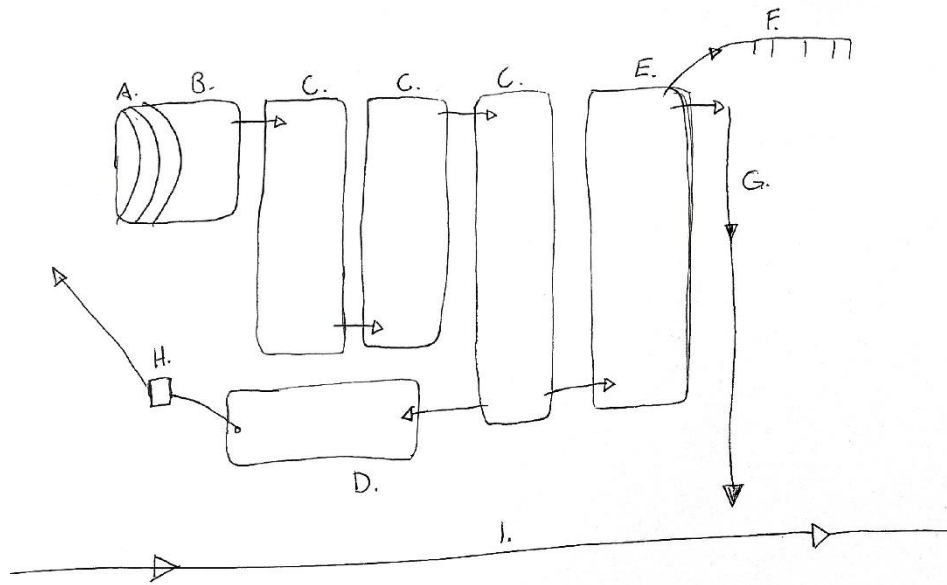
1.4. Kullankaivun laskeutusaltaat

Kullankaivuulle ja muulle maa-aineksen käsittelylle ei ole ympäristöhallinnon antamia ohjeita laskeutusaltaiden tekoon. Ympäristöluvista annetut määräykset kullanhuuhdon laskeutusaltaiden määrästä ja mitoituksista vaihtelevat. Yleensä laskeutusaltaiden vähimmäistilavuudeksi on määrätty kullanhuuhdonnassa käytettävän vesipumpun kahden tunnin aikana pumppaama vesimäärä (Pohjois-Suomen AVI, nro86 2013). Altaiden määrää ei määräyksissä ole vakioitu, yleensä vähintään kaksi, mutta hakijaa kehoitetaan lisäämään laskeutusaltaiden tilavuutta ja määrää mahdollisuuksien mukaan (Pohjois-Suomen AVI, nro80 2013). Laskeutusaltaiden muoto, virtausnopeudet, patorakenteet ja toiminta on kullankaivajan itse päätettävissä, kunhan vain viranomaisen antamia määräyksiä noudatetaan.

Lapin kullankaivajien liiton julkaisemassa *Hyvä kullankaivutapa* –oppaassa (Peronius, 2013) annetaan ohjeita vesiensuojelumenetelmien suunnittelemiseksi. Oppaassa suositellaan kullanhuuhdontaerännin suulle erillistä lieteallasta, johon kertyy kaikista karkein kiintoaines ja jota tyhjennetään useammin. Tämän altaan tilavuuden tulisi oppaan mukaan olla vähintään käytettävän vesipumpun kahden minuutin aikana pumppaama vesimäärä. Käytännössä tarvitaan paljon laskennallista allasta isompi allas lietteelle, jotta altaan

tyhjennysväli saadaan sovitettua työrytmiin. Lietealtaasta vesi johdetaan kiertovesialtasiin, joissa kiintoaines pääsee laskeutumaan lisää. Kiertovesialtaiden vähimmäistilavuudeksi on huuhtonassa käytetyn vesipumpun kahden tunnin aikana pumppaama vesimäärä. Kiertovesialtaista vesi otetaan takaisin kiertoan, mutta jos järjestelmään tulee liikaa vettä, ylimääräinen vesi johdetaan kierrosta erilliseen laskeutusaltaaseen tai laskeutusaltaiden sarjaan (kuvat 4 ja 5), jossa kiintoaines pääsee laskeutumaan ja josta vesi sitten imeytetään maahan. Kullankaivuupaikan siirtyessä eteenpäin valtauksella, kullankaivuukuopista tulee uusia kiertovesialtaita ja vanhat kiertovesialtaat irrotetaan suljetusta vedenkierrosta ja ne muuttuvat laskeutusaltaiksi. Kun laskeutusaltaita on sarjassa riittävästi ja on päästy riittävään puhdistustulokseen, ei kannata enää kasvattaa altaiden määrää, joten vanhimmat laskeutusaltaat tyhjennetään vedestä ja altaissa oleva liete haudataan varovaisesti karkeammalla maa-aineksella ja maisemoidaan. (Peronius, 2013)

Kiertovesialtaiden ja laskeutusaltaiden muodon sanelee yleensä käytettävissä oleva tila ja työkoneet. Altaat suunnitellaan käytettävissä olevaan tilaan siten, että niiden tyhjentämisessä tarvitaan mahdollisimman vähän kaivinkoneen siirtoja työpisteiden välillä. Siksi munuaisen muotoiset altaat ovat tavallisia, sillä niitä kaivaessa kaivinkonetta ei tarvitse siirtää. Suorakaiteen muotoiset altaat ovat maisemoinnin kannalta haasteellisia ja kullankaivajat pyrkivät niitä välttämään. Altaisiin kaivetaan useita syvennyksiä poikittain virtaamaa vastaan, tarkoituksena vähentää pohjakulkeumaa. Oppaassa kehoitetaan rakentamaan altaiden väliset padot puoliläpäiseviksi pohjapadoiksi, sillä oppaan mukaan putkipatojen ja tiiviiden pohjapatojen heikkoutena on, että virtauskohdasta voi tulla padon heikkouskohta, joka voi sortua ja aiheuttaa hienoaineksen pääsyn vesistöön. (Peronius, 2013) Ympäristö asettaa myös rajoitteita altaiden syvyydelle, liian syvät altaat ovat yhteydessä pohjaveteen ja lisää altaiden vesimäärää ja heikentää puhdistustulosta. Tavoitteena on pitää vesimäärä altaissa tasaisena, jotta ei tapahdu ylivuotoa vesistöön ja prosessiin riittää tarpeeksi vettä.



Kuva 4. Hyvä kullankaivuutapa -oppaan mukainen esimerkkikuva koneellisen kullankaivuun vesijärjestelmästä. A.=ränninsuuhiikat, B.=lieteallas, C.=kiertovesialtaat, D=pumppausallas, E.=laskeutusallas, F.=ylivuodon sadetus imeytyskentälle, G.=puhdas paluuvesi ohitusuomaan, H.=pumppuasema, I.=ohitusuoma. Nuolet kuvaavat veden virtaussuuntaa.



Kuva 5. Kullanhuuhdonnassa käytettäviä kierto-vesialtaita ja puoliläpäisevän maapadon erottamia laskeutusaltaita.

Kullankaivajat ovat myös siirtyneet käyttämään kullanhuuhdonnan sivutuotteena tulevasta seulontahiekasta ja sorasta rakennettuja puoliläpäiseviä imeytysaltaita, jonne altaisiin kertynyt lieju voidaan siirtää kuivumaan, jolloin sen loppusijoittaminen on helpompaa. Nämä altaat suositellaan mitoittamaan siten, että niihin voidaan pumpata myös koko vesijärjestelmän vesi mahdollisten työseisauksien ajaksi. Tämä vähentää kiertovesialtaiden seinämien murtumisriskiä ja sateiden aiheuttama ylivuotoriskiä.

Myös kiertovesi- ja laskeutusaltaiden sarjassa käytetään nykyään monesti hevosenkengän muotoista pienempien altaiden sarjaa, kun oppaassa opastetaan suurempiin ja perättäisiin altaisiin. Altaiden välillä on puoliläpäiseviä patoja, jotka osaltaan suodattavat vettä ja joiden päältä voidaan ajaa työkoneilla. Uuden järjestelmän etuina on, että pienempiä altaita on helpompi tyhjentää niihin kertyvästä liejusta, useamman altaan sarjan vesimäärää on helpompi hallita, helpompi maisemointi ja koska altaat ovat pieniä ne eivät ole yhtä vaarallisia eläimille kuin aiemmin käytetyt isommat vesialtaat. (suullinen tiedonanto, Peronius)

1.5. Pyörreallas erikoisuutena

Uudentyyppinen laskeutusallas, jossa altaan sedimentoitumista ei ohjaa veden viipymä altaassa vaan vesi ohjataan pyörteeksi pyöreään altaaseen, jolloin kiintoainepartikkelit pysähtyvät pyörteen keskelle. Näin pyörreallas vaatii vähemmän pinta-alaa ja tilavuutta. Toimii siis ainoastaan karkean kiintoaineen poistamisessa, pidättää kevyempää orgaanista kiintoainesta vain vähän. (Kurtti, 2014) Tämä menetelmä vaatii vielä lisää tutkimuksia, sillä toistaiseksi puhdistustulokset eivät yllä tavallisten laskeutusaltaiden tasolle.

2. LASKEUTUSALTAIDEN YHDISTÄMINEN MUIHIN VESIENSUOJELURAKENTEISIIN

Laskeutusaltaan yhdistäminen pintavalutuskenttään on turveteollisuudessa viranomaisen vaatima vedenpuhdistuksen vähimmäistaso. Myös kullankaivajille myönnettyissä ympäristöluvissa on usein vaadittu ylivuotovesien imeyttämistä pintavalutuskenttään.

Laskeutusaltaiden yhdistämistä kasvillisuuskenttiin ja kosteikoihin suositaan lähinnä maataloudessa, mutta myös metsätaloudelle annetuissa ohjeissa suositaan kasvillisuusosan sisältäviä altaita. Kasvillisuusosan tarkoituksena on poistaa veteen liuenneita ravinteita, joita pelkkä allas ei pysty poistamaan. Kosteikoiden ravinteiden poiston tehokkuus vaihtelee, joskus kosteikko voi jopa lisätä fosforikuormaa. (Hammar et al., 2006)

Turveteollisuudessa käytetään lisäksi vedensäästöpatoja hidastamaan veden virtausta käyttämällä tuotantoaluetta väliaikaisena vesivarastona. Maatalouteen kyseinen malli tuskin sopii, sillä tulviva vesi voi pilata sadon, mutta metsätaloudessa tuskin syntyy haittaa lyhytaikaisesta metsäojien tulvimisesta.

3. LASKEUTUSALTAIDEN HYÖDYT JA HAITAT

Laskeutusaltaat ovat helppoja ja varsin edullisia vesiensuojelun toimenpiteitä, oja kaivettaessa kaivinkone on jo valmiina kohteessa, eikä altaan kaivamiseen tarvita suuria taloudellisia panostuksia. Altaat myös poistavat hyvin karkeaa kiintoainesta, mutta vaativat lietetilan tyhjennystä toimiakseen jatkuvasti. Altaiden kasvituessa ne myös lisäävät alueen luonnon monimuotoisuutta ja viihtyisyyttä. (Joensuu, 2009) Laskeutusaltaat hidastavat virtausnopeutta, jolloin myös virtauksen aiheuttama eroosio vähenee, mikä osaltaan vähentää kiintoaineksen määrää vesistössä.

Laskeutusaltaat poistavat hyvin vähän tai eivät ollenkaan ravinteita ja veteen liuenneita aineita. Laskeutusaltaisiin varastoituu hienoainesta, ja jos allasta ei ole mitoitettu riittäväksi, niin veden virtaaman ja virtausnopeuden kasvaessa lieju voi uudelleen sekoittua (resuspensio) ja heikentää näin altaan puhdistustehoa. Varsinkin isojen virtaamien aikana vaarana on laskeutusaltaaseen kerääntyneen liejun resuspensio. Laskeutusaltaat tulee mitoitaa korkean virtaaman mukaan, jolloin altaat vaativat ison pinta-alan ja tilavuuden, jotta viipymä olisi riittävä. Tämä voi olla ongelmallista joissain olosuhteissa.

4. TULOKSET

Metsätalouden altaiden puhdistusteho

Metsätalouden vesienhoitomenetelmien puhdistustehoista on tehty useita tutkimuksia ja niissä on havaittu, että putkipadolla varustettu laskeutusallas pidättää ensimmäisen vuoden aikana kiintoainesta jopa 86 %, ravinteita laskeutusallas ei juurikaan pidätä. Padottamalla muodostettu kasvillisuutta jo sisältävä kosteikon pidätti kolmena ensimmäisenä vuonna keskimäärin 76 % kiintoaineksesta ja 26 % fosforista. (Vuollekoski et al. 2015) Joensuun mittaamien 20:n laskeutusaltaan keskimääräinen kiintoaineen pidätys oli 28 %, todennäköisesti tehoa vähensi vasta kaivettujen altaiden seinämien eroosio. (Joensuu, 2002) Merkittävin kiintoaineen ja ravinteiden pidätys on saavutettu tasaamalla huippuvirtaamia putkipadotuksella, jolloin vettä pidättyi laskeutusaltaisiin ja ojaverkostoon. Virtaamansäätö ja vesien pidättäminen on vähentänyt kiintoainetta 86 %, fosfori 67 %, typpeä 65 % ja ylivaluma väheni parhaimmillaan jopa 91 %. (Marttila & Klöve, 2010).

Maatalouden altaiden puhdistusteho

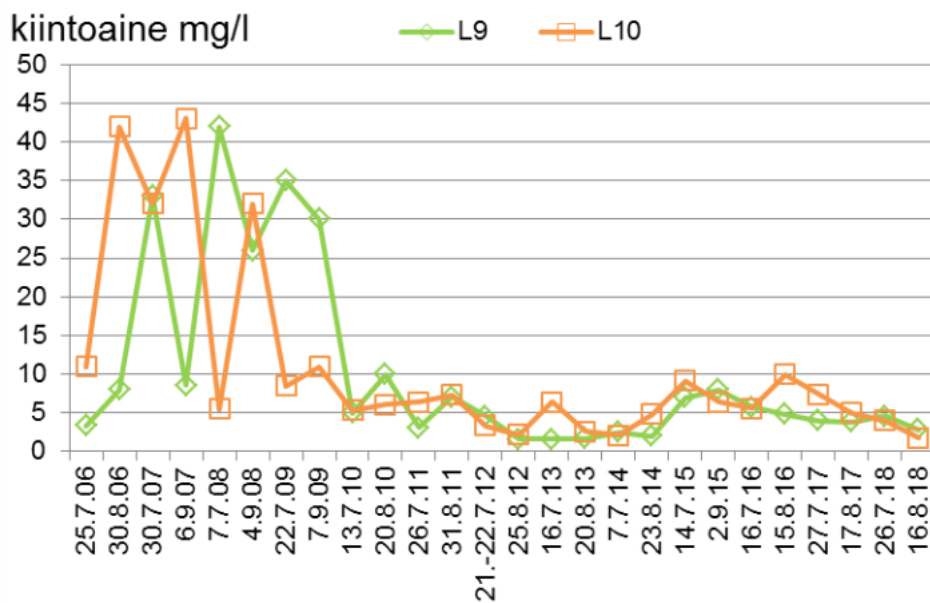
Maataloudessa käytettäviä laskeutusaltaiden ja niitä vastaavien kosteikoiden puhdistustehoa mittaavissa tutkimuksissa on havaittu, että laskeutusaltaiden puhdistusteho vaihtelee veden virtaaman ja siitä aiheutuvan resuspension takia. Kolmen laskeutusaltaan sarja pidätti keskimäärin kesän aikana 40,6 % kiintoainesta, parhaimmillaan pidätysteho oli 63 % ja pienimmillään 7 %. Laskeutusaltaiden ei havaittu pidättävän ravinteita, mutta altaat poistivat veden sameutta 26 % (Kachulene, 2013)

Turvetuotannon altaiden puhdistusteho

Turvetuotannon ympäristönsuojeluohjeiden mukaisten laskeutusaltaiden kiintoaineen pidätyskyky roudattomana kautena on 30-40 %, virtaamansäädöllä varustettujen altaiden on mitattu poistavan 41-68 % kiintoaineesta, 11 % tyydestä ja 14 % fosforista. (Klöve, 2000)

Kullankaivun altaiden puhdistusteho

Kullankaivussa käytettyjen menetelmien puhdistustehoa ei ole Suomessa tutkittu, mutta ne ovat todennäköisesti samaa luokkaa turvetuotannon tulosten kanssa menetelmien samankaltaisuuden vuoksi. Toisaalta kullanhuuhdonnassa käytetty veden määrä ei juurikaan vaihtele ja puhdistusaltat ovat eristetty kullanhuuhdonta-alueen vesistöistä,



joten virtaama pysyy tasaisena ja kiintoaineen resuspension mahdollisuus on vähäinen.

Kuva 6. Miessijoen yhteistarkkailun havaintopaikoilla mitatut kiintoainepitoisuudet 2006-2018 (LKL ry, 2019)

Kuvassa 6 huomataan Miessijoen kahdella vedenlaadun yhteistarkkailupisteellä havaitun kiintoainemäärän tipahtaminen vuoden 2009 jälkeen, Peroniuksen suullisen tiedonannon mukaan silloin Lemmenjoen kulta-alueella tehostettiin vedensuojelutoimenpiteitä, ottamalla käyttöön useamman pienen laskeutusaltan järjestelmiä, sekä imeyttämällä maastoon altaista tulevan ylimääräisen veden.

5. POHDINTA

Sekä metsätalouden ja turveteollisuuden vesiensuojelurakenteiden tehoa mittaavissa tutkimuksissa on havaittu laskeutusaltaiden kiintoaineen pidätystehon olevan keskimäärin 30-40 % ja parhaimmillaan jopa useita kymmeniä prosentteja tehokkaampia. Parhaat tulokset on saavutettu virtaamaa säätävillä padottavilla rakenteilla, jolloin vettä pidättyy altaisiin ja ojaverkostoon enemmän ja resuspension riski vähenee. Lisäksi padottavilla rakenteilla on päästy jopa ravinteiden poistoon, mihin ei tavallisilla laskeutusaltailla päästä. Kaikissa laskeutusaltaissa tulisi käyttää virtaamaa säätäviä patorakenteita ja eri tahojen antamissa laskeutusaltaiden perustamisen ohjeita tulisi tältä osalta myös päivittää.

Kullankaivajille ei ole viranomaisten antamia ohjeita, joiden mukaan toimittaessa saavutettaisiin riittävä vesiensuojelun taso, nykyisenä käytäntönä on antaa viranomaismääräyksissä vähimmäistoimenpiteet, mutta loppu suunnittelu vesiensuojelujärjestelmistä jätetään kullankaivajien päätettäväksi. Viranomaisen antamat ohjeet yhtenäistäisivät käytäntöjä ja pienentäisivät suunnitteluvirheiden riskiä. Kasvillisuuskenttien käyttö osana vesiensuojelua voisi lisätä laskeutusaltaiden pohjapinta-alan määrää ja poistaa täten paremmin hienoainesta. Kasvillisuuskentistä voisi olla hyötyä myös kaivospiirin ennallistamisvaiheessa, jolloin kasvillisuus leviäisi nopeammin alueelle. Metsätalouden kasvillisuusosia sisältävät altaat voisivat myös soveltua esimerkiksi koneelliseen kullankaivuuseen, sillä vaikka koneellisessa kullankaivussa käsitellään maata jatkuvasti uusilla alueilla, vanhat kiertovesialtaat jäävät osaksi vesienpuhdistusjärjestelmää ja altaiden ikä voi olla jopa vuosia.

Kullankaivuussa mahdollinen kullankaivualueen läpi virtaama luonnonuoma siirretään kulkemaan ohituskanavaan, jotta kulta voidaan kaivaa myös uoman kohdalta. Ohituskanaviin ei ohjeisteta rakentamaan laskeutusaltaita ja kanavat ovat suoria verrattuna luonnonuomaan ja näin lisäävät veden virtausnopeutta, mikä lisää veden aiheuttamaa eroosiota ja kuljetuskykyä. Ohituskanavien aiheuttamat kiintoainekuormitus voikin olla jopa suurempi kuin itse kullanhuuhdontaprosessista lähtevä kuormitus. Jopa 39,5 % kullankaivuusta aiheutuvasta kiintoainekuormituksesta voi johtua ohituskanavien kaivamisesta ja niiden eroosiosta. (Chalov, 2014) Laskeutusaltaiden ja virtaamansäätöpatojen käyttö ohitusuomissa laskisi veden virtausnopeutta.

Virtausnopeuden lasku vähentäisi veden aiheuttamaa eroosiota ja vähentäisi kullanhuuhdonnasta aiheutuvaa kiintoainekuormitusta.

Kullankaivuussa käytettyjä hyväksi havaittuja vesiensuojelujärjestelmiä ja niiden toimivuutta pitää tutkia enemmän, jotta voidaan viranomaisten puolesta antaa riittävä ohjeistus hyvän vesiensuojelun toteutumiseksi. Laskeutusaltaat ovat hyvin yksinkertaisia ja edullisia vedensuojelutoimenpiteitä, kun paikalla on jo valmiina niiden rakentamiseen soveltuvaa kalustoa. Täten olisi toivottavaa, että tätä vesiensuojelutietotaitoa lisättäisiin varsinkin kehittyvissä maissa, joissa pienimuotoinen kaivosteollisuus on yleisempää kuin kehittyneissä teollisuusmaissa.

Pitäisi myös tutkia miten altaiden pienmuodot, pohjapadot ja pohjan pinta-alan lisääminen, vaikuttavat altaiden puhdistustehoon.

Lähdeluettelo

Gillberg L., Hansen B. ja Karlsson I. 2003. About Water treatment, Kemira Kernwater. ISBN-916314344-5

Anttila S. ja Timonen S. 2009. POHJOIS-POHJANMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTEJA 2 | 2009 Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus

Camp T.R. ja Estrada A.A. 1953. Studies of sedimentation basin design. Sewage and industrial wastes, vol. 25, No. 1, s. 1-14.

Chalov, S.R. 2014. Effects of placer mining on suspended sediment budget: case study of north of Russia's Kamchatka Peninsula. Hydrological Sciences Journal, 59 (5), 1081–1094.

Hammar T., Haapala A., Eronen P. ja Hämäläinen J. 2006. Kosteikoiden ja laskeutusaltaiden vesiensuojelullisesta merkityksestä metsätalouskuormitteisilla alueilla. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportteja 5/2006

Joensuu S. 2002. Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests, Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 868, 2002.

Joensuu S., Pakkala M. ja Silver T., 2009. Laskeutusaltaiden tila ja tyhjennystarve Lounais-Suomen vanhoilla ojitusalueilla. Suo 60 (1-2), s. 37-46.

Joensuu S., Kauppila M., Lindén M. ja Tenhola T. 2012. Metsänhoidon suositukset-vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiolan julkaisu

Jormola J., Harjula H. ja Sarvilinna A. 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen, uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 631, s. 31-44.

Kløve B. 1998. Erosion and sediment delivery from peat mines. Soil & Tillage Research, 45. s. 199-216.

Kurtti H. 04/2014. Pyörrelampien toiminta ja mitoitus, Diplomityö, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Oulun yliopisto

Kurtti H, Marttila H, Mohammadighavam S, Klöve B., 2015. ohjeistus pyörrelampien suunnitteluun ja mitoitukseen.

Lapin kullankaivajain liitto ry, 2019. Koneellisen kullankaivun yhteistarkkailu vuonna 2018, Lemmenjoen-Vaskojoen alue.

Peronius, A., 2013. Hyvä kullankaivutapa, Lapin kullankaivajain liitto RY, Tampere 2013

Ympäristöhallinnon verkkosivu, <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Metsatalous> (viitattu 21.11.2019)

Ympäristöministeriö, 2015. Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2015

Pohjois-Suomen Aluehallintavirasto, 2013. LUPAPÄÄTÖS Nro 86/2013/1 Dnro PSAVI/133/04.08/2011

Pohjois-Suomen Aluehallintavirasto, 2013. LUPAPÄÄTÖS Nro 80/2013/1 Dnro PSAVI/267/04.08/2010

Kuvat:

Kuva 1. Hjulströms_diagram_sv.PNG: Karrockderivative work: Karrock [CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>)]

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulstr%C3%B6ms_diagram_en.PNG

Kuva 2. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laminar_and_turbulent_flows.svg