

# VESIJALANJÄLKI

- MITTARI TODELLISELLE VEDENTARPEELLEMME



**LAURA KUISMIN**  
tekn.yo, TKK  
E-mail: [laura.kuusmin@tkk.fi](mailto:laura.kuusmin@tkk.fi)  
Kirjoittaja on toiminut ammattinekerho Akvan tiedottajana sekä Akvan ja TKK:n Vesi ja kehitys -tutkimusryhmän toteuttaman Vesijalanjälki -projektin koordinaattorina.



**ELINA HEIKINHEIMO**  
tekn.yo, TKK  
Kirjoittaja on Akvan sihteeri ja ollut aktiivisesti mukana Vesijalanjälki -työryhmässä.



**MARKO KESKINEN**  
tutkija, TKK:n Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä



**MATTI KUMMU**  
tutkija, TKK:n Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä

**Juot päivittäin noin kaksi litraa vettä. Talousvettä käytät suunnilleen 150 litraa joka päivä. Kumpikaan luku ei kuitenkaan kuvaa todellista vedentarvettasi, joka on tuhansia litroja. Kun otamme huomioon tavaroitten ja ruoan tuotantoon käytetyn veden, suomalaiset käyttävät keskimäärin 4 700 litraa vettä päivässä. Vesijalanjälki ja piilovesi tarjoavat oivan mittarin tarkastella todellisen vedenkäyttömme määrää.**

**M**aailman väestö kasvaa, vaurastuu ja kuluttaa enemmän. Ilmastonmuutos, aavikoituminen ja maaperän köyhtyminen huonontavat viljelyolosuhteita. Biopolttoaineiden lisääntynyt viljely vie tilaa ruoalta ja rehulta. Vesivoiman rakentaminen tarjoaa vaihtoehdoisen energiantuotannon muodon, mutta samalla se on haitallista esimerkiksi kalastolle. Kaikissa näissä muutoksissa vesi on keskeinen tekijä. Veden puute tulee koskettamaan meitä kaikkia – suoraan tai välillisesti. Sen vuoksi on tärkeä tiedostaa, miten raaka-aineiden, ruoan ja hyödykkeiden tuotanto eri puolilla maailmaa vaikuttaa veden käyttöön ja sen riittävyYTEEN.

Kaikista maailman vesivaroista vain noin prosentti on juomavedek-

si ja viljelyyn sopivaa makeaa vettä. Käyttökelpoinen vesi ei kuitenkaan ole jakautunut maantieteellisesti tasaisesti. Jos nykyiset kulutus-, viljely- ja maankäyttötrendit eivät muutu, yhä suurempi osa ihmiskunnasta joutuu kohtaamaan vakavan vesipulan. On arvioitu, että jos kaikki maailman ihmiset omaksuisivat länsimaisen ruokavalion, vedentarve kasvaisi jopa 75 prosenttia (Renault & Wallender 2000). Siihen ei vettä riitä.

## Vesijalanjälki kertoo todellisen vedenkulutuksemme

Ekologinen jalanjälki on nykyään melko hyvin tunnettu ja yleisesti käytetty käsite. Ekologinen jalanjälki havainnollistaa, kuinka paljon maa- ja vesialaa tarvitaan palveluiden ja kulutustavaroitten tuottamiseen sekä niiden ai-

heuttamien jätteiden ja päästöjen käsittelyyn. Vesijalanjälki puolestaan ilmaisee, kuinka paljon ja millä eri tavoilla yksilö tai yhteisö käyttää vesivaroja. Vesijalanjälki voidaan laskea mille tahansa yksikölle, jonka piilovettä sisältävien hyödykkeiden kulutus voidaan selkeästi määrittellä.

Vesijalanjälki-käsitteen luoja ovat Arjen Hoekstra ja A.K. Chapagain, jotka julkaisivat tutkimuksen ”Water footprints of Nations” vuonna 2004. Tutkimuksessa laskettiin maailman tärkeimpien viljelykasvien ja karjan sekä niiden jatkojalostustuotteiden vaatimat kokonaisvesimäärät. Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin teollisuustuotteiden valmistuksessa kulutetun veden määrä. Tuotanto- ja kauppatilastojen avulla laskettiin vesijalanjälki valtioit-

tain. Yksittäisen valtion vesijalanjäljen suuruuteen vaikuttavat ennen kaikkea ilmasto, käytetyt viljelytekniikat, bruttokansantuote ja kulutustottumukset. (Taulukko 1)

Piilovedellä, joka tunnetaan myös termillä virtuaalivesi (*virtual water*), tarkoitetaan hyödykkeen tuottamiseen tarvittua kokonaisvesimäärää. Se sisältää tuotteesta riippuen viljelyn, jatkojalostuksen, teollisen prosessoinnin ja muun valmistuksen vaatiman vesimäärän. Esimerkiksi yhden leivänviipaaleen vaatima kokonaisvesimäärä on arviolta 40 litraa ja juustoviipaaleen valmistus vaatii puolestaan noin 50 litraa vettä (kummatkin globaaleja keskiarvoja; Chapagain and Hoekstra 2004). Taulukossa 2 esitetään joidenkin yleisten tuotteiden piilovesimääriä. Piilovesi-käsitteen kehitti Allan (1998), joka 1990-luvun alussa tutki Lähi-idän vesiongelmaa ja päätyi esittämään ratkaisuksi piiloveden tuontia eli ruoan ja muiden vettä vaativien hyödykkeiden tuontia alueilta, joilla vettä riittää paremmin.

### Piiloveden laskenta

Maataloustuotteiden piilovesi lasketaan FAO:n (*Food and Agriculture Organisation of the United Nations*) kehittämän metodin mukaan. Kunkin kasvin vaatima piilovesimäärä on laskettu arvioimalla kasvin evapotranspiraation tarvitsema vesimäärä istutuksesta sadonkorjuuseen. Erilaiset ilmasto-olosuhteet otetaan arvioissa myös huomioon. Chapagainin ja Hoekstran (2004) tutkimuksessa on mukana 164 eri viljelykasvia, joiden vaatima vesimäärä on määritetty jokaiselle maalle erikseen. Laskennassa ei ole otettu huomioon tilanteita, joissa optimaalista vesimäärää ei ole saatavilla, mutta kasvua tapahtuu kuitenkin. Myöskään kasteluhäviöitä ei ole huomioitu. Riisi on eniten maailmassa viljelty ja eniten vettä vaativa tuote, sen viljelyyn kuluu noin 21 prosenttia kaikesta viljelyyn käytetystä vedestä. Kun suomalainen kuluttaja ostaa kilon riisiä lähimarketista, niin samalla hän kuluttaa keskimäärin 3 300 litraa vettä toisella puolella maapalloa. Eri maissa tuotettu riisi kuluttaa kuitenkin varsin erilaisen määrän vettä kuten kuvassa 1 on esitetty. Suomeen tuodaan riisiä eniten Espanjasta ja Italiasta.

Taulukko 1. Eri maiden vesijalanjälkiä. (lähde: Chapagain & Hoekstra 2004).

	Vesijalanjälki m <sup>3</sup> /henkilö/vuosi	Ulkomaisten veden osuus %
USA	2 483	19
Senegal	1 931	17
Venäjä	1 858	16
Suomi	1 727	41
Iso-Britannia	1 245	70
Japani	1 153	64
Kiina	702	7
Etiopia	675	1
Globaali ka.	1 243	

Karjataloustuotteiden piilovesimääristä suurin osa muodostuu rehun viljelyssä. Lisäksi eläinten hoitaminen sekä jatkojalostusprosessit vaativat vettä. Kasvien ja karjan jatkojalostustuotteiden piilovesimäärät arvioidaan niiden tuote/raaka-aine -suhteen sekä tuotteen arvo/raaka-aineen arvo - suhteen avulla.

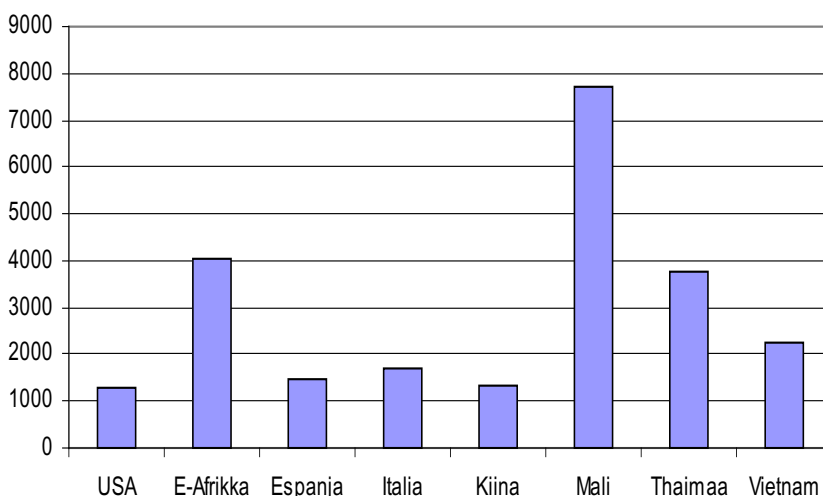
Teollisuustuotteiden piilovesimääriä ei ole laskettu tuotteittain, koska tuotantoprosesseissa, materiaaleissa ja asiaan liittyvien tilastotietojen saatavuudessa on niin paljon vaihtelua. Teollisuustuotteiden piilovesimääriä on kuitenkin arvioitu maakohtaisesti jakamalla teollisuuden kuluttama vesimäärä teollisuuden tuottamalla voitolla. Näin saadaan teollisuustuotteiden arvioitu piilovesimäärä rahayksikköä kohden.

Taulukko 2. Eri tuotteiden piilovesimääriä (lähde: Chapagain & Hoekstra 2004).

Piilovesimäärä, globaali keskiarvo	
Kupillinen kahvia (1,25 dl)	240 l
Kupillinen teetä (2,5 dl)	35 l
Kengät, naudannahkaa	8 000 l
T-paita, puuvillaa	2 000 l
Omena (1 kg)	700 l
Appelsiini (1 kg)	500 l
Naudanliha (1 kg)	16 000 l
Sianliha (1 kg)	4 800 l
Siipikarjanliha (1 kg)	3 900 l
Soijapapu (1 kg)	1 800 l

### Veden eri alkuperät – sininen, vihreä ja harmaa vesi

Sinisellä vedellä tarkoitetaan makeita pinta- ja pohjavesiä. Ne ovat kohtuullisen helposti ihmisen arvioitavissa ja hallittavissa ja niiden ylikäytöllä voi olla hyvinkin vakavat paikalliset seuraukset. Kastelussa käytetään sinistä vettä. Tällä hetkellä viljelyssä maa-alasta noin 15 prosenttia on kasteltua. Kasteltu maa-ala on tuottoisampaa kuin sateen varassa oleva; se tuottaa 40 prosenttia kaikesta sadosta. Kasteluun käytetty vesi muodostaa jopa 70 prosenttia ihmiskunnan kaikesta sinisen veden käytöstä; kehitysmaissa tämä osuus on usein vielä huomattavasti suurempi.



Kuva 1. Riisin piilovesimäärien vertailua maittain, m<sup>3</sup>/t (lähde: Chapagain & Hoekstra 2004).

Vihreällä vedellä tarkoitetaan maaperässä olevaa vettä, joka haihtuu takaisin ilmakehään suoraan kasvien kautta. Sadannasta vain noin 40 prosenttia päätyy pohja- tai pintavedeksi. Suurin osa siitä jää maaperään sitoutuneeksi kosteudeksi. Vihreän veden määriä on vaikeaa mitata, eikä sen hallitseminen ole lainkaan niin helppoa kuin sinisen veden. On kuitenkin varmaa, että suurin osa maailman viljelystä tapahtuu vihreän veden avulla, ja viime aikoina onkin kiinnitetty yhä enemmän huomiota tämän ei-kastellun, sateesta riippuvaisen maatalouden tehostamiseen. (IWMI, 2007)

Harmaa vesi on saastunutta vettä. Ihmisen toimintaan otettu vesi voi palata nopeastikin takaisin hydrologiseen kiertoon, mutta se voi olla saastunutta tai laadultaan huonontunutta. Harmaaksi vedeksi lasketaan se vesimäärä, joka kuluu veteen joutuneiden haitta-ainepitoisuuksien laimenemiseen hyväksytyille tasolle.

Tuotteiden piilovesimääriä tarkasteltaessa tulee ottaa varsinaisen vesimäärän lisäksi huomioon myös piiloveden alkuperä, eli ne olosuhteet, joissa vaikkapa viljely tapahtuu. Yhdysvalloissa keinokastellun riisin piilovesimäärä on keskimäärin 1 275 m<sup>3</sup>/t, thaimaalaisen 3 780 m<sup>3</sup>/t (Kuva 1). Kuitenkin Yhdysvalloissa riisiä kasvatetaan kuivuuden kanssa taistelevissa osavaltioissa, kun taas Thaimaassa riisiä voidaan kasvattaa luonnollisen vedenkierron avulla.

### Karjatalouden vedenkulutus kasvussa

Karjatalouden osuus erityisesti länsimaisesta vesijalanjäljestä on huikea. Tällä hetkellä karjatalouteen käytetään kahdeksan prosenttia kaikesta ihmiskunnan käyttöön otetusta vedestä. Suurin osa tästä vedestä menee rehuviljan kasvateluun. (FAO 2006)

FAO:n (2006) mukaan liha- ja maitotuotteiden kulutus kasvaa kaikkialla. Ihmisten keskimääräinen elintaso on nousussa, eikä väestönkasvu näytä hidastuvan vielä vähään aikaan. Samaan aikaan ihmisten kulutus- ja ruokailutottumukset muuttuvat, ja liha- ja maitotuotteiden käyttö lisääntyy; huiminta kasvu on kehittyvissä maissa. Sekä



Kuva 2. Riisin viljelyä Kambodžassa (Kuva: Marko Keskinen).

maailman lihan- että maidontuotannon on arvioitu noin kaksinkertaistuvan vuosituhannen vaihteesta vuoteen 2050 mennessä: lihantuotanto kasvaa 229 miljoonasta tonnista yli 550 miljoonaan tonniin ja maidontuotanto 580 miljoonasta tonnista yli 1 000 miljoonaan tonniin.

Lihan- ja maidontuotantoon kasvatetut eläimet muodostavat tällä hetkellä 20 prosenttia maailman eläinten biomassasta. Rehuntuotanto, laiduntaminen ja karjanhoito vaikuttavat monilla tavoin ympäristöön. Alueiden ekosysteemi ja vesitalous muuttuvat, kun metsiä kaadetaan peltojen ja laidunten tieltä. Eläinten lanta ja rehun viljelyyn käytetyt ravinteet aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä. Eläimille syötetyt antibiootit ja hormonit päätyvät nekin osittain vedenkiertoon.

tetyt ravinteet aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä. Eläimille syötetyt antibiootit ja hormonit päätyvät nekin osittain vedenkiertoon.

### Suomalaisen vesijalanjälki

Hoekstran ja Chapagainin (2004) laskemana suomalaisen keskimääräinen vesijalanjälki on 1 727 m<sup>3</sup> vuodessa eli noin 4 700 litraa päivässä (voit laskea oman vesijalanjälkesi projektin yhteydessä tehdyiltä nettisivuilta: [www.vesijalanjalki.org](http://www.vesijalanjalki.org)). Tästä vesijalanjäljestä keskimäärin kolme prosenttia on talousvettä, 72 prosenttia tulee maataloustuotteista ja loput 25 prosenttia teollisuustuotteista. Vaikka Suomi on yksi

## Näkymättömät vedet

**Piilovesi** tai virtuaalivesi on tuotteen kasvatuksen, tuotannon ja jalostuksen aikana kulutettu kokonaisvesimäärä. Piiloveden määrä riippuu itse tuotteen lisäksi maantieteellisistä olosuhteista sekä tuotantotekniikoista.

**Vesijalanjäljellä** tarkoitetaan valtioiden tai ihmisten kaiken kulutuksen vaatimaa vesimäärää. Käsite on verrannollinen ekologiseen jalanjälkeen. Se tarkoittaa siis talousvettä ja kaikkien kulutettujen tuotteiden vaatimaa piilovettä.

**Vesijalanjälkilaskurin** avulla voit laskea oman vedenkulutuksesi ja sen koostumisen; [www.vesijalanjalki.org](http://www.vesijalanjalki.org)

maailman vesirikkaimmista valtioista, noin 41 prosenttia vesijalanjäljestämme muodostuu Suomen rajojen ulkopuolella. Suomessa syödyn ruoan piilovedestä vain noin 39 prosenttia on kotimaista. Keskivertosuomalaisen vesijalanjäljestä suurimman osan muodostavat liha, kahvi ja teollisuustuotteisiin kulunut vesi. Lihasta suurin osa on kotimaista alkuperää, samoin kuin kotimaisen karjan rehu. Suurimmat lihaa Suomeen tuovat maat ovat Tanska, Saksa, Ruotsi ja Brasilia. Rehujen ulkomaiset ainekset tulevat lähinnä Yhdysvalloista ja Ruotsista.

Kovin tarkasti piilovesivirtojemme alkuperää ei ole tämän projektin puitteissa selvitetty, sillä tavoitteena oli havainnollistaa ennen kaikkea sitä kuinka monilla eri tavoilla ja monissa eri muodoissa oikeastaan kulutamme vettä. Tuotantoketjujen pituuden vuoksi monien yleisesti kuluttamiemme ruoka-aineiden alkuperämaita on vaikeaa ja joissakin tapauksissa mahdollonta selvittää. Tilanne myös vaihtelee vuosittaisesta tarjonnasta riippuen. Yksityiskohtaisempi tutkimus on kuitenkin mahdollista ja tulee toivottavasti toteutumaan myöhemmin.

### Piilovesi ratkaisuksi vedenpuutteesta kärsivälle maalle?

Puhuttaessa maailmaa uhkaavasta veden puutteesta ei siis tarkoiteta vain pulaa puhtaasta juomavedestä, vaan myös laajemmin ruoantuotantoon, teollisuuteen, tavaroiden valmistukseen,

energiantuotantoon ja vaikkapa kalastukseen tarvittavan veden puutteesta. Tulevaisuudessa näiden veden eri käyttömuotojen väliset ristiriidat tulevat todennäköisesti vain kasvamaan kulutustapojen muutoksen, kaupungistumisen ja muiden muutosvoimien myötä.

Esimerkkinä tällaisista muutosvoimista voidaan pitää ilmastonmuutoksen torjumisen myötä yhä voimakkaampaa painotusta uusiutuviin energialähteisiin. Arviolta 96 prosenttia nykyisestä uusiutuvasta energiantuotannosta saadaan joko vesivoimalla tai bioenergiasta (Varis 2007); molemmat nämä energiantuotannon muodot ovat läheisesti kytköksissä vedenkäyttöön, ja niiden käyttämä (piilo)vesi on siis pois muista veden käyttömuodoista.

Maailmaa uhkaavaan vesipulaan on ehdotettu monenlaisia ratkaisuja. Maailmanlaajuisesti suurimman vedenkäyttäjän eli maanviljelyn osalta kehitettävää on vielä runsaasti. Saadun sadon ja kulutetun veden suhde on parantunut huomattavasti, mutta suhdetta tulisi edelleen parantaa. Yksi mahdollinen, joskaan ei varauksettomasti hyväksytty vaihtoehto on geenimuunneltujen lajikkeiden viljely. Tämän lisäksi kastelun tehokkuutta olisi kasvatettava vaihtoehtoisia ja vettä tehokkaammin käyttäviä menetelmiä kehittämällä ja käyttöön ottamalla. Viljelyä ei kuitenkaan tulisi tehostaa pelkästään sinisen veden avulla – myös vihreän veden käyttöä tulisi lisätä. Se vaatii paikallista ja alueellista maan- ja vedenkäytön kokonaisvaltaista hallintaa. (IWMI 2007)

Tekniset ratkaisut eivät kuitenkaan riitä maanviljelyn ja muiden käyttömuotojen vedenkäytön kehittämiseksi. Monet näistä kysymyksistä ovat voimakkaasti poliittisia ja hallinnollisia, ja siksi myös veden hallinnon eri muotoihin tulisi kiinnittää riittävästi huomiota. Hyvä vesihallinto on erityisen tärkeää veden eri käyttömuotojen ristiriitojen selvittämisessä. Piilovesi on yksi käsite, jolla veden eri käyttömuotojen kulluttamia todellisia vesimääriä voidaan havainnollistaa ja vertailla.

Piilovesikauppaa on ehdotettu yhdeksi ratkaisuksi veden niukkuudesta kärsivien valtioiden vesiongelmiin. Tällä tarkoitetaan, että nämä valtiot eivät pyrkisi täydelliseen omavaraisuuteen, vaan voisivat tuoda paljon vettä kuluttavat ruokatuohteensa alueilta, joissa niiden viljely on veden riittävyyskannalta järkevämpää ja kannattavampaa. Globaalisti (piilo)vettä voidaan säästää keskittämällä viljely tai vaikkapa vedestä riippuvainen energiantuotanto alueille, joissa tuotto vesipisaraa kohden on parempi ja/tai vihreän veden osuus käytetystä vedestä on suurempi.

### Kirjallisuus

- Allan, T. (1998). Virtual water: a strategic resource – Global solutions to regional deficits. *Ground Water* 36 (4): 545-546.
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004) Water footprints of nations, *Value of Water Research Report Series No.16*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- FAO (2006). *Livestock's long shadow – environmental issues and options*. Publication of Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome, Italy.
- Zygmunt, J. (2007). *Hidden Waters, A Waterwise briefing on embedded water and water footprints*. A Waterwise Briefing. 35 p. Available online at <http://www.waterwise.org.uk>
- Varis, O. (2007). *Water Demands for Bioenergy Production*, *Water Resources Development*, 23 (3): 519-535.
- IWMI (2007). *Water for food, Water for life: A comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. IWMI Standalone Summary. Earthscan, UK.
- Renault, D. and Wallender W.W. (2000). "Nutritional Water productivity and Diets." *Agricultural Water Management*, vol. 45, pp. 275-296.

## Vesijalanjälki -projekti kesällä 2007

Teknillisen korkeakoulun vesialan ammattiainekerho Akva ja TKK:n vesitalouden laboratorion alla toimiva Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä toteuttivat yhdessä Vesijalanjälki-projektin kesällä 2007. Projektin tavoitteena on kasvattaa yleistä tietoisuutta vedenkäytön eri muodoista sekä kertoa käsitteistä vesijalanjälki ja piilovesi. Projektin lähtökohtana ovat olleet Arjen Hoekstran johtama tutkimustyö ja siihen liittyvä sivusto [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org). Kesän aikana luotiin suomalainen nettisivusto [www.vesijalanjalkei.org](http://www.vesijalanjalkei.org), jossa voi lukea lisää aiheesta ja laskea oman vesijalanjälkensä. Hanketta rahoittivat Maa- ja vesitekniiikan tuki ry. sekä Teekkaritoiminnan edistämisrahasto.