

Nyhtökauran vesijalanjälki

Mika Jalava
Matti Kummu

Nyhtökauran vesijalanjälki

Mika Jalava
Matti Kummu

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + TEKNOLOGIA 2/2018

© 2018 Mika Jalava, Matti Kummu

ISBN 978-952-60-7883-0 (pdf)

ISSN-L 1799-487X

ISSN 1799-487X (painettu)

ISSN 1799-4888 (pdf)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-7883-0>

Unigrafia Oy
Helsinki 2018

Nyhtökauran vesijalanjälki

Mika Jalava ja Matti Kummu

Vesi- ja kehitysryhmä, Aalto-yliopisto, Espoo

mika.jalava@aalto.fi; matti.kummu@aalto.fi – wdrg.aalto.fi

Viittaus: Jalava & Kummu. 2018. Nyhtökauran vesijalanjälki. Tutkimusraportti, Aalto-yliopisto. 7 sivua.

Yhteenveto

Vesijalanjälki on erilaisten hyödykkeiden tuotantoon kulunutta vesimäärää kuvaava käsite. Se ilmoitetaan vesitilavuutena tuoteyksikköä kohti, esimerkiksi ruoka-aineen tapauksessa yksikkönä käytetään usein litroja kilogrammaa kohden (l/kg). Vesijalanjälkeen pyritään sisällyttämään kaikki raaka-aineiden tuotantoon ja tuotteen valmistukseen kulunut vesi.

Käyttäen Water Footprint Network:in standardimenetelmää, Nyhtökauran vesijalanjäljeksi saatiin 1370 l/kg. Se on huomattavasti alempi kuin monen perinteisen proteiinipitoisen ruoka-aineen vesijalanjälki (esim. noin puolet kanan tai kikerneen vesijalanjäljestä). Vesijalanjäljet laskettiin myös vertailtujen tuotteiden proteiiniosuuksille. Nyhtökauran vertailulukua 4,6 litraa proteiinigrammaa kohden on tuotteen korkean proteiinipitoisuuden (29,8 %) ansiosta huomattavan alhainen. Se on alle puolet tofun (11,4 l/g proteiinia), 1/10 soijapihvin (47,4 l/g proteiinia) ja 1/17 naudanlihan (79 l/g proteiinia) vertailuluvuista. Huomioitavaa on myös se, että Nyhtökauran vesijalanjälki muodostuu alueilta, jotka eivät tällä hetkellä kärsi vesipulasta.

Määritimme Gold&Green Foodsin toimeksiannosta Nyhtökaura –nimellä markkinoitavan ruokavalmisteen vesijalanjäljen. Määrittäminen perustuu noudattamaan Water Footprint Network:in julkaisemaa standardimenetelmää (Hoekstra et al. 2011) saatavilla olevien tietojen puitteissa. Raaka-aineiden vesijalanjälkitietojen lähteenä käytettiin Water Footprint Network:in viljelykasvien tietokantaa (Mekonnen ja Hoekstra 2011). Laskelmat ja niissä tehdyt oletukset sekä tulokset on esitetty alla.

Vesijalanjälki

Vesijalanjäljellä tarkoitetaan tuotteen valmistukseen tarvittua vesimäärää massayksikköä kohden (l/kg). Ruuan tapauksessa siihen sisältyvät niin viljelykasvien alkutuotannossa kulutettu vesi, josta useimmiten pääosa on suoraan viljelyalalle satanutta eli ns. vihreää vettä (WF_v). Lisäksi sekä viljelykasvien kasteluun ja myöhemmässä vaiheessa ruokateollisuuden valmistusprosesseihin kuluu pinta- ja pohjavesiesiintymistä otettua ns. sinistä vettä (WF_s).

Joissakin tapauksissa on mahdollista määrittää myös jätevesien laimentamiseen tarvittava makean veden määrä, joka vähentää käytettävissä olevia vesiresursseja. Tätä kutsutaan harmaaksi vesijalanjäljeksi, mutta sitä ei tule sekoittaa "harmaavesiin", joilla puolestaan tarkoitetaan vähän likaantuneita talousjätevesiä. Erilaisten puhdistusprosessien ja puhdistetun jäteveden laskupaikkojen takia harmaan vesijalanjäljen määrittämiseen

liittyy suuria epävarmuuksia, ja se jätetään usein laskelman ulkopuolelle. Näin on tehty myös Nyhtökauran tapauksessa. Sen tuotanto mm. tapahtuu Uudellamaalla, jolta puhdistettu jätevesi johdetaan meriviemäriin. Näin ollen jäteveden laimentamiseen ei käytetä makeaa vettä. Osa raaka-aineiden tuottajista myös ilmoittaa käyttävänsä prosesseissaan suljettua kiertoa, joten keskiarvoina taulukoidut harmaan vesijalanjäljen arvot olisivat liian suuria.

Jalostettujen välituotteiden vesijalanjälki

Jalostettujen komponenttien tapauksessa vesijalanjäljet jaetaan mahdollisuuksien mukaan raaka-aineiden määraosuusmuksien mukaan. Jos samasta lähtöaineesta saadaan useampia lopputuotteita, vesijalanjälki voidaan allokoida näille niiden arvioidun taloudellisen arvon mukaan. Tässä selvityksessä jalostetuille raaka-aineille (proteiinikonsentraatit) on laskettu vesijalanjäljet olettaen käytetty fraktio viljelykasvin ainoaksi hyödynnetyksi osaksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että raaka-aineen koko vedenkulutus on allokoitu konsentraatille, mutta toisaalta prosessiin liittyvää hävikkiä ei ole laitokohtaisesti pystytty selvittämään. Molemmat tekijät aiheuttavat virhettä, jotka ovat eri suuntaiset ja siten osin kompensoivat toisiaan. Konsentraattien proteiinipitoisuuksina on käytetty valmistajien ilmoittamia arvoja. Viljelykasvien koostumus puolestaan on Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL:n) Fineli-tietopalvelun mukainen, käyttäen kuivattujen raaka-aineiden proteiinipitoisuuksia.

Raaka-aineet ja niiden vesijalanjäljet

Kaura

Nyhtökaura sisältää kauraa kolmessa muodossa: kauralese, täysjyväkaurajauho, kauraproteiini. Koska kauraseoksen tarkkaa koostumusta ei voida julkistaa, sen vesijalanjälki on esitetty tässä raportissa yhtenä tuotekomponenttina. Tuotteen kauran lähtömaa on Suomi. Suomessa kauranviljelyssä ei käytetä kastelua, ja vesijalanjälki koostuu kokonaan vihreästä vedestä.

$$WF_{v,kaura} = 891 \text{ l/kg}$$

$$WF_{s,kaura} = 0 \text{ l/kg}$$

Kauraleseen ja täysjyväkaurajauhon vesijalanjäljen laskemiseen käytetään suoraan kauran vesijalanjälkeä. Kauraproteiinin vesijalanjälki taas on edellä esitetyn laskentaperusteen mukaisesti suurempi kuin konsentroiduilla raaka-aineilla, ja se on laskettu seuraavasti:

$$WF_{v,kauraproteiini} = C_{prot}/12,6 \cdot 891 \text{ l/kg}$$

missä C_{prot} on konsentraatin proteiiniosuus ja 12,6 on Fineli-palvelun ilmoittama kaurajauhon proteiiniosuus, molemmat prosentteina. Painottaen nämä vesijalanjäljet kaurakomponentin eri raaka-aineiden määrillä, kauraseoksen vihreäksi vesijalanjäljeksi saadaan 1533 l/kg.

Herneproteiini

Nyhtökauran herneproteiini valmistetaan Ranskassa ranskalaisista herneistä. Perusraaka-aineen vesijalanjäljet ovat seuraavat:

$$WF_{v,herne} = 488 \text{ l/kg}$$

$$WF_{s,herne} = 26 \text{ l/kg}$$

Valmistaja ilmoittaa, että kaikki prosessivesi otetaan paikallisesti joesta ja käytön jälkeen puhdistettuna palautetaan samaan jokeen. Näin ollen prosessointi ei kasvata tuotteen sinistä vesijalanjälkeä lukuun ottamatta haihtunutta vettä. Sen määrä on vaikea arvioida, mutta oletettavasti se on raaka-aineen vesijalanjälkeen (sininen 26 l/kg) verrattuna varsin pieni. Haihduttamalla poistettavan veden osuus kokonaismäärästä pyritään minimoimaan menetelmän energiantensiivisyyden vuoksi. Proteiinierotuksessa raaka-aineeseen sekoitettu vesimäärä voi olla 3-15-kertainen, mutta haihduttamalla kuivatettavan massan kosteuspitoisuus on vain 25-92% (Schutyser and van der Goot 2011). Haihdutettava vesimäärä kasvattaisi näin ollen sinistä vesijalanjälkeä alle yhdellä litralla kilogrammaa kohti. Tämä on jätetty tuloksissa erittelemättä.

Herneen proteiinipitoisuus ennen konsentrointia on keskimäärin 19,4% (Fineli-tietokannan mukaan). Valmistajan ilmoituksen mukaan konsentraatin proteiinipitoisuus on 80%. Vesijalanjäljen yläraja olisi koko kulutetun raaka-aineen osalta

$$WF_{v,herneproteiini} = 80/19,4 \cdot 488 \text{ l/kg} \approx 2012 \text{ l/kg}$$

$$WF_{s,herneproteiini} = 80/19,4 \cdot 26 \text{ l/kg} \approx 107 \text{ l/kg}$$

Härkäpapuproteiini

Härkäpavun lähtömaa on Ruotsi. Kuivafraktioinnissa ei suoranaisesti käytetä vettä lukuun ottamatta prosessin pesuvesiä ym. toissijaista kulutusta, joka on jätetty tässä selvityksessä huomiotta.

Härkäpavulle ei ole maakohtaista vesijalanjälkitietoa Ruotsille eikä muille Pohjoismaille. Näin ollen sille käytetään koko maailman tuotannon avulla laskettua keskiarvoa:

$$WF_{v,härkäpapu} = 1317 \text{ l/kg}$$

$$WF_{s,härkäpapu} = 205 \text{ l/kg}$$

Härkäpapujauhon proteiinipitoisuus on Fineli-tietokannan mukaan 28,5% ja konsentraatin valmistajan ilmoituksen mukaan tuotteen proteiinipitoisuus on 65%. Tästä saadaan ilman prosessihävikkiä vesijalanjäljen ylärajaksi

$$WF_{v,härkäpapuproteiini} = 65/28,5 \cdot 1317 \text{ l/kg} = 3004 \text{ l/kg}$$

$$WF_{s,härkäpapuproteiini} = 65/28,5 \cdot 205 \text{ l/kg} = 468 \text{ l/kg}$$

Rypsiöljy

Tuotteessa käytetään suomalaista rypsiöljyä. Sille on määritetty seuraavat vesijalanjäljet:

$$WF_{v,rypsiöljy} = 4505 \text{ l/kg}$$

$$WF_{s,rypsiöljy} = 0 \text{ l/kg}$$

Valmistusprosessi

Nyhtökauran valmistuksessa käytetään vettä, joka jää itse tuotteeseen (alle 1 litra/kg) ja lisäksi pesuvettä valmistuslinjan puhdistukseen valmistajan ilmoituksen mukaan 3 l/kg.

Nyhtökauran vesijalanjälkilaskelma

Taulukossa 1 esitetään Nyhtökauran valmistukseen käytettyjen raaka-aineiden sekä itse lopputuotteen vesijalanjäljet.

Taulukko 1. Vesijalanjäljet (vihreä ja sininen) yksittäisille ainesosille sekä koko tuotteelle.

Ainesosa	Prosenttiosuus kokonaispainosta	Vesijalanjälki (l/kg raaka-ainetta)		Nyhtökauraan kulunut vesi (l/kg lopputuotetta)	
		Vihreä	Sininen	Vihreä	Sininen
Kaura	21 %	1533	0	322	0
Herneproteiini	21 %	2012	107	423	23
Härkäpapuproteiini	14 %	3004	468	421	65
Rypsiöljy	2.5 %	4505	0	113	0
Vesi	Ad		<1		<1
Prosessivesi (pesu ym.)			3		3
Yhteensä	100 %			1278	92

Vertailu muihin tuotteisiin

Käytettävissä olevien tietojen sekä yllä kuvattujen oletusten perusteella Nyhtökauran vesijalanjäljeksi saatiin 1370 l/kg (taulukko 1), joka on huomattavasti monien perinteisten proteiinipitoisten ruoka-aineiden vesijalanjälkeä alempi (esim. alle puolet kanan tai kikherneen vesijalanjäljestä) ja hieman korkeampi kuin tofun vesijalanjälki (926 l/kg) (taulukko 2). Vesijalanjäljet laskettiin myös vertailtujen tuotteiden proteiiniosuuksille (taulukko 3). Nyhtökauran vertailuluku 4,6 litraa proteiinigrammaa kohden on tuotteen korkean proteiinipitoisuuden (29,8 %) ansiosta huomattavan alhainen. Se on alle puolet tofun (11,6 l/g proteiinia), 1/10 soijapihvin (47,4 l/g proteiinia) ja 1/17 naudanlihan (79 l/g proteiinia) vertailuluvusta. Huomioitavaa on myös se, että Nyhtökauran vesijalanjälki muodostuu alueilta (Suomi, Ruotsi, Ranska), jotka eivät tällä hetkellä kärsi vesipulasta (Kummu et al. 2014, 2016).

Taulukko 2. Nyhtökauran vesijalanjälki verrattuna muihin vastaaviin tai korvaaviin tuotteisiin per kg tuotetta. Jos alkuperämaata ei ole mainittu, niin käytetty maailman keskiarvoja.

Tuote	Vihreä vesi (l/kg tuotetta)	Sininen vesi (l/kg tuotetta)	Yhteensä (l/kg tuotetta)
Tofu	¹⁾ N/A	N/A	926
Nyhtökaura	²⁾ 1278	92	1370
Kananmuna, Suomi	³⁾ 1541	15	1556
Raejuusto, Suomi	³⁾ 1654	48	1702
Kananmuna	³⁾ 2592	244	2836
Raejuusto	³⁾ 2687	266	2953
Kana (koko eläin)	³⁾ 2765	234	2999
Kotisirkka, kypsä, Suomi	⁴⁾ 3037	17	3054
Kikherne	⁵⁾ 2972	224	3196
Soijapihvi (soy burger)	⁵⁾ 3574	123	3697
Jauhomato, kypsä	⁶⁾ N/A	N/A	*14341
Porsaanliha, raaka	³⁾ 4907	459	5366
Naudanliha, raaka	³⁾ 14414	550	14964

1) (Usman 2011)

*) jauhomadon luku sisältää harmaan vesijalanjäljen

2) laskettu tässä tutkimuksessa

3) (Mekonnen and Hoekstra 2010), maailman keskiarvoja ellei muuta mainittu tuotteen yhteydessä

4) (Saukkonen 2017)

5) (Mekonnen and Hoekstra 2011), maailman keskiarvoja ellei muuta mainittu tuotteen yhteydessä

6) (Miglietta et al. 2015)

Taulukko 3. Nyhtökauran vesijalanjälki verrattuna muihin vastaaviin tai korvaaviin tuotteisiin per g proteiinia. Jos alkuperämaata ei ole mainittu, niin käytetty maailman keskiarvoja.

Tuote	Proteiiniosuus (%)	Vihreä vesi (l/g proteiinia)	Sininen vesi (l/g proteiinia)	Yhteensä (l/g proteiinia)
Nyhtökaura	¹⁾ 29.8 %	3.4	0.2	4.6
Raejuusto, Suomi	²⁾ 16.4 %	10.1	0.3	10.4
Tofu	²⁾ 8.1 %	N/A	N/A	11.4
Kananmuna, kuoreton, Suomi	²⁾ 12.6 %	12.2	0.1	12.3
Kikherne, kuivattu	²⁾ 21.3 %	14.0	1.1	15.0
Kotisirikka, kypsä	³⁾ 18.0 %	16.9	0.1	17.0
Kana (koko eläin)	²⁾ 17.5 %	15.8	1.3	17.1
Raejuusto	²⁾ 16.4 %	16.4	1.6	18.0
Kananmuna, kuoreton	²⁾ 12.6 %	20.3	1.9	22.5
Jauhomato, kypsä	³⁾ 18.6 %	N/A	N/A	^{*)} 23.3
Porsaanliha	²⁾ 18.9 %	26.0	2.4	28.4
Soijapihvi (soy burger)	²⁾ 7.8 %	45.8	1.6	47.4
Naudanliha, raaka	²⁾ 19.0 %	76.1	2.9	79.0

- 1) Gold&Green
- 2) Fineli.fi
- 3) (Saukkonen 2017)

*) jauhomadon luku sisältää harmaan vesijalanjäljen

Viittaukset

- Hoekstra, Arjen Y., Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya, and Mesfin M. Mekonnen. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London: Earthscan.
http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf.
- Kummu, M., D. Gerten, J. Heinke, M. Konzmann, and O. Varis. 2014. "Climate-Driven Interannual Variability of Water Scarcity in Food Production: A Global Analysis." *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 447–61. <https://doi.org/10.5194/hess-18-447-2014>.
- Kummu, M., J. H. A. Guillaume, H. de Moel, S. Eisner, M. Flörke, M. Porkka, S. Siebert, T. I. E. Veldkamp, and P. J. Ward. 2016. "The World's Road to Water Scarcity: Shortage and Stress in the 20th Century and Pathways towards Sustainability." *Scientific Reports* 6 (December): 38495.
<https://doi.org/10.1038/srep38495>.
- Mekonnen, M. M., and A. Y. Hoekstra. 2011. "The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products." *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15 (5): 1577–1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>.
- Mekonnen, M.M., and A.Y. Hoekstra. 2010. "The Green, Blue and Grey Water Footprint of Farm Animals and Animal Products." *Value of Water Research Report Series*, no. No.48.
- Miglietta, Pier Paolo, Federica De Leo, Marcello Ruberti, and Stefania Massari. 2015. "Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective." *Water* 7 (11): 6190–6203. <https://doi.org/10.3390/w7116190>.
- Saukkonen, Sara. 2017. "Hyönteisten vesijalanjälki." Bachelor's thesis, Espoo: Aalto University.
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/27619/Saukkonen_Sara_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Schutyser, M.A.I., and A.J. van der Goot. 2011. "The Potential of Dry Fractionation Processes for Sustainable Plant Protein Production." *Trends in Food Science & Technology* 22 (4): 154–64.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.11.006>.
- Usman, Ilyass. 2011. "Assessing the Water Footprint of Tofu Produced from Organically Cultivated Crops." <http://www.theseus.fi/handle/10024/37796>.

ISBN 978-952-60-7883-0 (pdf)
ISSN-L 1799-487X
ISSN 1799-487X (painettu)
ISSN 1799-4888 (pdf)

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Built Environment
www.aalto.fi

**KAUPPA +
TALOUS**

**TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
DISSERTATIONS**