

## Fytaaasin vaikutus fosforin sulavuuteen uudessa sikojen rehuarvojärjestelmässä

Fytiinihappo (myo-inositoli-heksafosforihappo) on fosforin (P) pääasiallinen varastomuoto siemenissä. Viljojen fosforista 72 – 95 % on sitoutuneena fytiinihappoon, jota yksimahaisten eläinten ruuansulatusentsyymit eivät pysty pilkkomaan. Fytiinihappo sitoo itseensä myös muita tärkeitä mineraaleja kuten kalsiumia, magnesiumia, rautaa ja sinkkiä. Fytiinihappo voi sitoa myös aminohappoja ja proteiineja. Fytiinihappo estää ruuansulatusentsyymien toimintaa ja tämän vuoksi fytiinihapon pilkkominen on suotavaa.

Fytaaasientsyymi pilkkoo kasvien sisältämää fytiinihappoon sidottua fosforia sialle käyttökelpoiseksi sulavaksi fosforiksi (sP), jolloin rehuaineen fosforin kokonaissulavuus paranee. Tämän seurauksena ulosteen kautta ympäristöön kulkeutuvan fosforin määrä pienenee. Fytaaasiaktiivisuuden yksikkö on FTU (U, FYT tai PPU). 1 FTU (U, FYT tai PPU) on entsyymimäärä, joka vapauttaa natriumfytaatista 1 mikromoolin epäorgaanista fosfaattia minuutissa (pH 5,5, 37 °C). Fytaaasin vaikutus fytiinihappoon sidotun fosforin sulavuuteen riippuu fytaaasin tehokkuudesta (tyyppiarvo), käyttömäärästä ja rehun ominaisuuksista, kuten fytiinihappoon sitoutuneen fosforin määrästä ja rehun sisältämän luontaisen fytaaasin aktiivisuudesta. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat mm. eläimen ikä, rehun kalsium - fosfori – suhde, D-vitamiinin määrä, rehun raaka-aineet ja raaka-aineiden kuitukoostumus, sekä rehun prosessointi.

Entsyymit ovat turvallisia käyttää, koska ne ovat usein proteiineja ja ylimäärä pilkkoutuu ruuansulatuskanavassa. Koska entsyymit ovat proteiineja, ne tuhoutuvat lämmössä herkästi. Entsyymeillä on optimi toimintaympäristö (pH ja lämpötila), jossa ne toimivat tehokkaimmin. Fytaaasia on kasveissa luontaisestikin, mutta mikrobien avulla valmistetut fytaasit ovat tehokkaampia ja kestävämpiä. Fytaaasin käyttö rehuseoksessa [edellyttää rekisteröitymistä rehualan toimijaksi \(www.evira.fi\)](#). Fytaaasia käytettäessä kannattaa noudattaa käyttöturvallisuusohjeita, koska fytaasi on helposti allergisoiva aine. EU:n lisäainerekisteristä löytyy ajantasainen tieto lisäaineeksi hyväksytyistä fytaaseista ja niiden sallituista käyttömääristä:

[http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/comm\\_register\\_feed\\_additives\\_18\\_31-03.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/comm_register_feed_additives_18_31-03.pdf)





Sikojen uudessa rehuarvojärjestelmässä rehuarvot lasketaan EvaPig®-ohjelmalla, jonka rehutiedot ovat peräisin INRA-AFZ:n rehutaulukoista. Suomalaisen rehutaulukon tiedot kannattaa lisätä ohjelmaan kopioimalla viiterehuaine ja muuttamalla ainakin sen kalsium- ja fosforipitoisuus kotimaisen rehutaulukon mukaiseksi. EvaPig®-ohjelmassa on annettu rehuaineiden kokonaisfosforipitoisuus ja sulavan fosforin pitoisuus. EvaPig®-ohjelmassa on erilliset kaavat fytaaasin vaikutuksen laskemiselle lämpökäsitellylle (rae) ja prosessoimattomalle (jauho) rehuseokselle. Suomen- ja ruotsinkielinen ohjelma on ladattavissa osoitteesta [www.evapig.com](http://www.evapig.com) ja pikaopas sekä käyttäjän käsikirja löytyvät MTT:n Rehutaulukot-palvelun kautta [www.mtt.fi/rehutaulukot](http://www.mtt.fi/rehutaulukot).

Suomen rehutaulukossa fosforin sulavuutena ohralle ja vehnälle käytetään EvaPig®-ohjelman rakeistetun rehun sulavuutta. Suurin osa viljoista on lämpökuivurilla kuivattua, jolloin voidaan

olettaa, että luontainen fytaasi on ainakin osittain tuhoutunut. Luontainen fytaasi tuhoutuu myös rakeistuksessa, koska lämpötila nousee korkeaksi. Jos vilja tuoresäilötään tai kuivataan kylmäilmakuivurilla ja rehu tehdään tilalla rakeistamatta, niin luontainen fytaasi voi säilyä aktiivisena. Luontainen fytaasiaktiivisuus vähenee kuitenkin varastoitaessa vuoden mittaan.

EvaPig®-ohjelma laskee, kuinka paljon sulavan fosforin määrä kasviperäisissä rehuaineissa lisääntyy fytaasin avulla (EvaPig® Käyttäjän ohjekirja). Laskentaa varten EvaPig®-ohjelma tarvitsee tiedon fytaasivalmisteen biologisesta aktiivisuudesta, eli kuinka monta grammaa sulavaa fosforia 500 U fytaasia vapauttaa fytiinihappoon sidotusta fosforista (fytaasin valmistajan antama tieto). EvaPig ohjelmassa arvot vaihtelevat 0,5–0,9 g fosforia 500 U fytaasia kohden (fytaasin tyyppi), mutta markkinoilla on jo tehokkaampiakin valmisteita. Eri fytaasivalmisteiden tyyppiarvot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko1. Fytaasivalmisteiden tiedot ja tyyppiarvo EvaPig ohjelman fytaasilaskentaa varten.

Valmistaja	Valmiste	koodi	tyyppi
AB Vista			
	Finace EC	4a12	1,0
	Quantum XT	4a5	1,0
	Quantum Blue	4a19	1,2
BASF			
	Natuphos	4a1600	0,8
DSM			
	Ronozyme	4a6	0,8
DuPont™ Danisco®			
	Phyzyme	4a1640	0,9

Ohjelmaan syötetään myös tieto fytaasivalmisteen väkevyydestä, eli kuinka paljon gramma fytaasivalmistettä sisältää aktiivista fytaasia (FTU). Tämä tieto ilmoitetaan usein jo fytaasin nimessä, mutta ainakin se on ilmoitettu fytaasivalmisteen pakkauksessa. Lisäksi ohjelmaan merkitään tavoiteltu aktiivisuus rehuseoksessa (U / kg rehua) ([EvaPig®-ohjelman pikaopas](#), kuva 1).



## Fytaasin lisäys

- Johdanto
- Nettoenergia
- Aminohapot
- Fosfori
- Päävä
- Rehuta
- Luo reh
- Rehuseos
- Luo rehuseos**
- Rehuseosten kuviot
- Energialaskin
- www.evapig.com
- Tekijät

- Fytaasi parantaa fosforin sulavuutta ja vaikutuksen laskemiseksi tarvitaan 3 arvoa:

Biologinen aktiivisuus: g sulavaa fosforia, joka vapautuu 500 U fytaasilisäystä kohti (fytaasin valmistajan antama tieto)

Fytaasin väkevyys: U per g aktiivista fytaasi-valmistetta

Tavoiteltu pitoisuus: U per kg rehua

Type	Concentration	Incorporation	
<input checked="" type="checkbox"/> 0.8	5000	500	0.01

Laskettu fytaasi-valmisteen käyttömäärä % rehussa

Kuva 1. Fytaasin vaikutuksen arvioimiseksi tarvitaan kolme lukua ([EvaPig®-ohjelman pikaopas](#)).

EvaPig®-ohjelma laskee kuinka paljon sulavan fosforin määrä (vapautunut P) lisääntyy fytaasin avulla. Fytaasientsyymien fytiinihaposta tuottama sulava fosfori lasketaan käyttäen yhtälöä 1 ([EvaPig® Yhtälöt ja kertoimet](#)).

Yhtälö 1

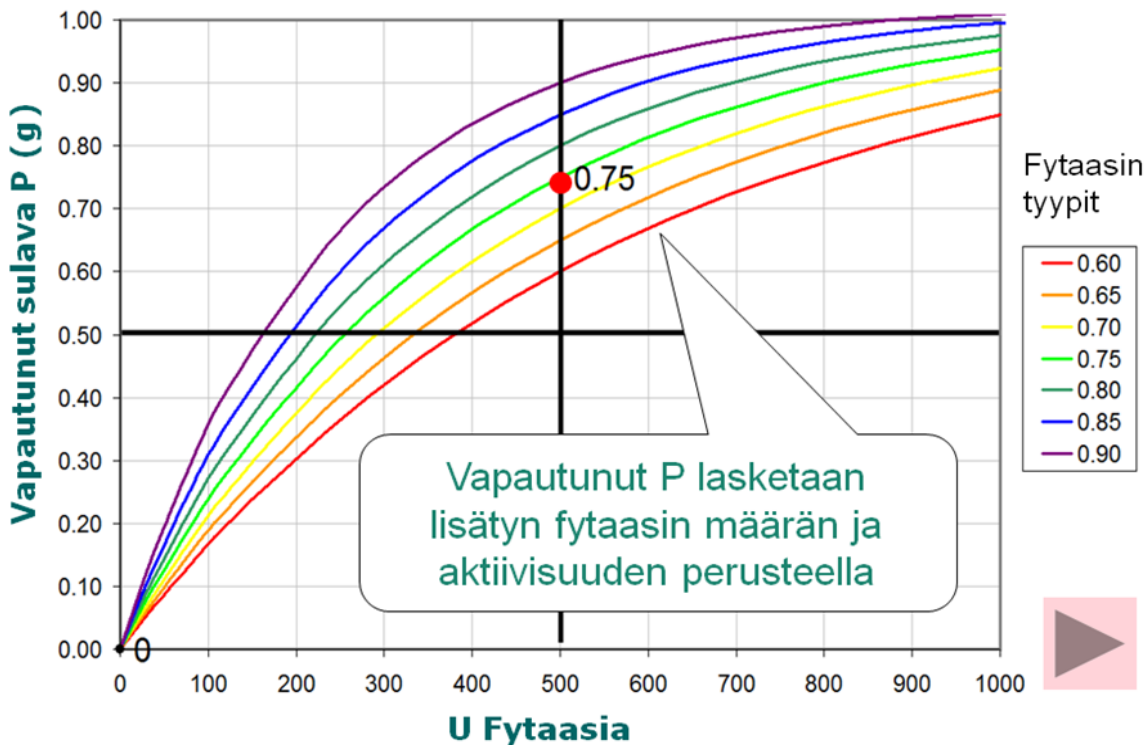
$$\text{Vapautunut P} = 1.026 \times (1 - e^{(-0.00263 \times \text{Fytaasiyksiköt} \times c)})$$

Kaavassa fosforin yksikkö on g ja fytaasin yksikkö on U. Kerroin c (taulukko 2) riippuu käytetyn fytaasin aktiivisuudesta, ilmaistuna g vapautunutta fosforia 500 U fytaasia kohti (fytaasin valmistajan antama tieto, taulukko 1).

Taulukko 2. Kertoimet erilaisille fytaasin tyypeille yhtälössä 1.

Fytaasin tyyppi	c
0,60	0,668
0,65	0,763
0,70	0,872
0,75	0,999
0,80	1,151
0,85	1,340
0,90	1,595

Rehun fytaasiaktiivisuuden ja fytiinihaposta vapautuneen sulavan fosforin välinen suhde on käyräviivainen, jolloin fytaasilla saatu lisähyöty (sulavan fosforin määrä) pienenee, kun lisätyn fytaasin määrä kasvaa ([EvaPig®-ohjelman pikaopas](#), kuva 2).



Kuva 2. Vapautuneen sulavan fosforin määrä rehuseoksessa, johon on lisätty fytaasia, mutta jossa ei ole luontaista fytaasia ([EvaPig®-ohjelman pikaopas](#)).

Fytaasiyksiköiden määrä, joka tarvitaan tunnettua vapautuvan fosforin määrää varten, voidaan laskea yhtälöä 2 hyväksikäyttäen ([EvaPig® Yhtälöt ja kertoimet](#)):

Yhtälö 2

$$\text{Fytaasiyksiköt} = -\ln(1 - P_{\text{vapautunut}}/1,026) / (-0,00263 \times c)$$

Kaavassa fosforin yksikkönä on gramma ja fytaasin yksikkönä on U. Kerroin c riippuu käytetyn fytaasin aktiivisuudesta, ilmaistuna g vapautunutta fosforia 500 U fytaasia kohti (taulukot 1 ja 2).

Rehuseoksen sulava fosfori lasketaan siten, että rehuaineiden sisältämät sulavan fosforin määrät lasketaan yhteen. Rehuaineen sulavuus on erilainen riippuen siitä, onko rehuaine jauheisessa vai rakeistetussa muodossa.

**Jos rehuseos on rakeistettu** (tai kuumennettu), rehuaineiden luontainen (endogeeninen) fytaasi on tuhoutunut, ja fytiinihappoon sidotun fosforin vapautuminen on täysin riippuvainen rehuun lisäystä (eksogeenisesta) fytaasista. Fytaasin tuottama sulava fosfori lasketaan käyttäen yhtälöä 1 ja se lisätään alkuperäiseen rehuaineen sulavan fosforin määrään. Tätä laskentatapaa suositellaan käytettäväksi Suomessa, koska lähes kaikki vilja on lämpökuivurissa kuivattua.

**Jos rehuseoksen olomuoto on jauho**, myös rehuaineen sisältämä luontainen fytaasi vaikuttaa rehun lisätyn fytaasin ohella fosforin vapautumiseen. Tätä laskentatapaa voidaan käyttää, jos vilja on kuivattu kylmäilmakuivurilla tai tuoresäilötty.

Endogeenisen fytaasin määrä lasketaan käyttäen hyväksi yhtälöä 2. Fytaasin määrä lasketaan rehun olomuodosta riippuvan sulavan fosforin määrän lisäykselle (jauheisen rehuaineen sulava fosfori – rakeistetun rehuaineen sulava fosfori):

$$\text{Fytaasi}_{\text{Endo}} = f(\text{SP}_{\text{Jauho}} - \text{SP}_{\text{Rae}}) \text{ missä } f \text{ on yhtälö 2}$$

Fytaasin kokonaismäärä (totaali) saadaan laskemalla yhteen lisätty eksogeeninen fytaasi ja edellä laskettu endogeeninen fytaasi:

$$\text{Fytaasi}_{\text{Totaali}} = \text{Fytaasi}_{\text{Ekso}} + \text{Fytaasi}_{\text{Endo}}$$

Tätä rehuseoksen kokonaisfytaasipitoisuutta voidaan käyttää hyväksi laskettaessa fytaasin vapauttaman sulavan fosforin määrää yhtälön 1 avulla:

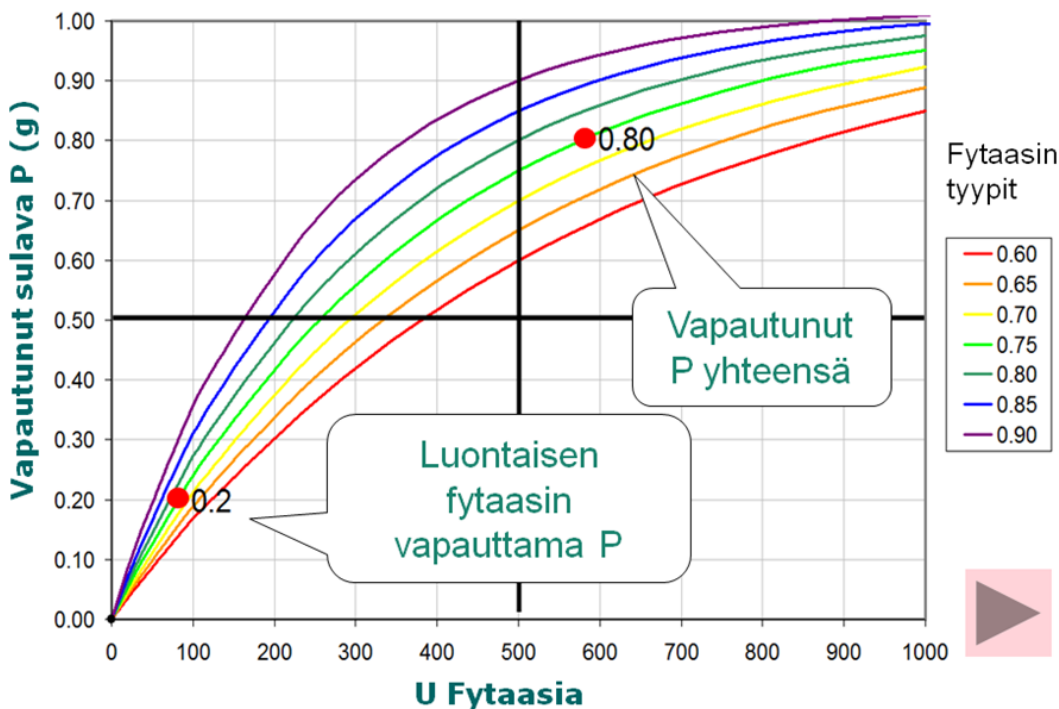
$$\text{P}_{\text{VapautunutTotaali}} = f(\text{Fytaasi}_{\text{Totaali}}) \text{ missä } f \text{ on yhtälö 1}$$

Eksogeenisen fytaasin vapauttama fosfori lasketaan edellisessä vaiheessa lasketun vapautuneen fosforin kokonaismäärästä vähentämällä siitä endogeenisen fytaasin vapauttama fosfori.

$$\text{P}_{\text{VapautunutEkso}} = \text{P}_{\text{VapautunutTotaali}} - \text{P}_{\text{VapautunutEndo}}$$

Sulavan fosforin kokonaismäärä saadaan laskemalla yhteen jauhoisen rehuaineen sisältämä sulava fosfori ja rehuun lisätyn fytaasin rehuaineesta vapauttama sulava fosfori.

$$\text{SP}_{\text{Totaali}} = \text{SP}_{\text{Jauho}} + \text{P}_{\text{VapautunutEkso}}$$



Kuva 3. Vapautuneen sulavan fosforin määrä rehuseoksessa, johon on lisätty fytaasia, mutta jossa on myös luontaisen fytaasin aktiivisuutta ([EvaPig®-ohjelman pikaopas](#)).