|  |
| --- |
| University of Helsinki |
| Lannan levitysmalli |
| Numeeriset mallit YE 12.1 Harjoitustyö |
|  |
| **Lauri Larvus, Matti Hyyrynen ja Eemil Rauma** |
| **5/21/2012** |

|  |
| --- |
|  |

Sisältö

[1. Johdanto 3](#_Toc325531084)

[1.1. Numeerisia arvoja 4](#_Toc325531085)

[1.2. Matemaattinen malli 5](#_Toc325531086)

[2. Numeerinen osuus 6](#_Toc325531087)

[2.1. Ensimmäinen lokaatio 7](#_Toc325531088)

[2.2. Toinen lokaatio 10](#_Toc325531089)

[2.3. Kolmas lokaatio 11](#_Toc325531090)

[2.4. Lannan levitys fosforirajoituksen oloissa 14](#_Toc325531091)

[2.5. Voitot säilörehun ja ohran tapauksessa 15](#_Toc325531092)

[3. Komparatiivinen statiikka 17](#_Toc325531093)

[3.1. Komparatiivinen statiikka vapaassa optimissa 17](#_Toc325531094)

[3.2. Komparatiivista statiikkaa fosforipolitiikan puitteissa 21](#_Toc325531095)

[4. Johtopäätökset 23](#_Toc325531096)

[Lähteet 24](#_Toc325531097)

[Liitteet 25](#_Toc325531098)

# Johdanto

Tämän harjoitustyön tavoitteena on selvittää yhteiskunnan harjoittaman fosforipolitiikan kustannukset maatalousyrittäjälle sekä lehmän lannan optimaalinen levittäminen lannoitteeksi maitotilan pelloille edellä mainitun fosforirajoitteen oloissa sekä ilman rajoitetta. Työssämme käymme läpi eri tilanteita, joissa näemme kuinka yhteiskunnan asettama fosforirajoite vaikuttaa maatalousyrittäjän käyttäytymiseen ja voittoihin. Yritämme siis selventää fosforirajoitteen aiheuttamia kustannuksia viljelijälle verrattuna tilanteeseen, jolloin fosforirajoitetta ei ole. Suomessa asiaa ovat tutkineet etenkin Suomen maataloustieteellinen seura, jonka tulosten mukaan maitotilat lannoittavat rehukasveja liian suurilla fosforipitoisuuksilla. Tämä taas johtuu siitä, että maidontuotantoa ja rehukasvien viljelyä ei ole osattu integroida tarpeeksi hyvin yhteen, jonka seurauksena fosforia on käytetty liiallisesti.

Harjoitustyömme liittyy kiinteästi Lauri Larvuksen Pro Gradu-tutkielmaan, jossa hän tutkii maatalouden lantafosforin tehokkaampaa käyttöä. Mallissamme olemme hyödyntäneet hänen gradussaan käyttämiä lukuarvoja, osaamistaan asian tiimoilta sekä alan kirjallisuutta. Olemme myös hyödyntäneet hieman Esa Temmeksen Pro Gradu-tutkielmaa aiheesta ”Maidontuottajatila ja ravinnepolitiikka: Tilan toimintamekanismit, politiikan tarve ja ohjauskeinojen vaikuttavuus”. Työn rajallisen pituuden takia, olemme päätyneet tarkastelemaan ainoastaan lannan levitystä niin sanotussa vapaassa optimissa sekä fosforirajoitteen oloissa. Suoritamme myös komparatiivista statiikkaa saamiemme tulosten perusteella lantamäärän, levityskoneiston kapasiteetin sekä urakoinnin tuntihintojen suhteen. Toisin sanoen, miten edelliset tekijät vaikuttavat tyyppimaatilan voiton maksimointiin.

## Numeerisia arvoja

Mallissamme olemme käyttäneet seuraavia arvoja lähtötietoina:

Tilan nautamäärä: 60 kpl

Lantaa: 23 m3 per vuosi per nauta

Peltopinta-ala: 35 ha

Lannan levitysalueet, ts. peltolohkojen sijainnit: r= 1, 3 ja 5 kilometrin päässä tilakeskuksesta

Ylimääräinen lanta kuljetetaan pois 10 km päähän tilalta

Syntyvän lannan määrä vuodessa: 23 m3 \*60=1380 m3

Dieetin mukainen tarvittavan säilörehun määrä per eläin per päivä: 6 kg

Tarvittava rehun vuosittainen määrä (S): 131400 kg (perustuen nautojen ruokavalioon)

Säilörehun kvadraattinen responssifunktio:

Y=1183+24.24\*x-0.039\*x2

Ohran kvadraattinen responssifunktio:

Oy=1100+48.7\*x-0.15\* x2

Responssifunktioiden vakiokertoimet on haettu alan kirjallisuudesta (Lehtonen, 2001) ja jossa x kuvastaa typpilannoituksen optimaalista määrää.

## Matemaattinen malli

Käyttämämme matemaattinen malli perustuu säilörehun ja ohran kvadraattiseen responssifunktioon sekä lannan levityksen kustannuslaskelmaan. Toisen kustannustekijän mallissamme muodostaa ostotypen määrä, joka riippuu muun muassa fosforirajoitteesta ja tilalla syntyvän lannan määrästä.

Hyödynnämme normaalia voiton maksimointiongelmaa tai toisin kirjoitettuna jossa tuotosta optimoidaan säilörehun ja ohran kvadraattisten responssifunktioiden kautta. Kustannukset määräytyvät lannan levityksen kustannuksista ja ostolannoitteen (typen) määrästä . Kokonaisuudessaan käyttämämme matemaattisen mallin (tilan hehtaarikohtaisen sadon voittofunktion) voi kirjoittaa auki seuraavasti:

π(m,n)= ,

Parametrien selitykset seuraavassa luvussa.

Satotasoa maksimoidaan optimoiden typpilannoituksen määrää. Typpilannoitus saadaan joko tilalla syntyvästä lannasta tai ostettuna lisätyppenä. Koska kyseessä on nautatila, jossa on 60 nautaa, pyrkii viljelijä kasvattamaan pelloillaan näiden nautojen ruokkimiseen tarvittavan määrän säilörehua (jota naudat syövät ravinnokseen)ja mikäli peltoalaa ”jää yli”, kasvatetaan sillä ohraa, joka voidaan myydä tilan ulkopuolelle.

# Numeerinen osuus

Ensimmäisessä, työmme niin sanotussa kokeellisessa osiossa optimoimme tilalla levitettävää lantamäärää kolmella eri peltolohkolla (lokaatiot), jotka sijaitsevat eri etäisyyksillä (r) tilakeskuksesta. Valitsimme lokaatiot sen mukaan, että saisimme käyttää Matlab-ilmaisua if – else. Katsoimme tämän kasvattavan Matlab-osaamistamme sekä tuovan rikkautta harjoitustyöhömme.

Tässä kokeellisessa tapauksessa peltolohkojen etäisyydet tilakeskuksesta olivat 1 km, 5 km ja 10 km (huom. yllä mainitut etäisyydet erilaiset), jolloin numeriikka Matlabissa näyttää seuraavalta:

syms m

for k=1:4:10 -> k on r:n muuntamiseen käytetty parametri

if k>5

r=k+1

else

r=k

end

Nyt suoritettavassa tarkastelussa kyseessä on vapaan optimin tapaus, jossa hintaa kuvastaa säilörehun hinta ja tuotantofunktiona on säilörehun kvadraattinen responssifunktio

y(x)=a0+a1\*x+a2\*x^2, jossa x= E\*m

x on optimaalinen hehtaarikohtainen typpilannoitus, joka muodostuu hehtaarille levitettävästä lantamäärästä m (m3) ja sen sisältämästä typen määrästä E (kgN/m3, annettu arvo).

Voittofunktion perusmuoto täten on P(m)=py(m)-c(m), jossa kustannusfunktio on muotoa c(m)=59.7\*m\*(0.19+2\*r/15), joka tulee lannan levityskustannusten laskelmasta.

P(m)= p\*(a0+a1\*E\*m+a2\*(E\*m)^2)-e/V\*m\*(t+2\*r/v)

ekak=diff(p\*(a0+a1\*E\*m+a2\*(E\*m)^2)-e/V\*m\*(t+2\*r/v),m)

optimim=solve(ekak,m)

optimim=double(optimim)

end

Funktio P(m) kuvaa tilan voittofunktiota levitettävän lannan määrän suhteen eri lokaatioille. Funktiossa p on säilörehun kilohinta, a0 on vakio, samoin a1 ja a2. Urakointityön tuntihintaa kuvaamme parametrilla e, V on levityskoneen kapasiteetti (m3), kun taas t edustaa lannan kuormaus- ja levitysaikaa. r kuvaa etäisyyttä peltolohkolle ja v lannanlevityskoneen vauhtia km/h.

Kun malliin sijoitetaan r:n paikalle ensin 10, sitten 5 ja lopuksi 1, saamme tulokseksi optimaalisen hehtaarikohtaisen lannan levitysmäärän näille eri etäisyyksille. 10 kilometrin tapauksessa määrä on 28.2016 kuutiometriä/hehtaari. Tämä määrä kuvaa siis levitettävän lannan optimaalista määrää, joka säilörehun satotasoa maksimoitaessa levitettäisiin peltoalueelle 10 kilometrin päähän tilakeskuksesta. Jos peltolohkon etäisyys tilakeskukselta olisi 5 km, tulos olisi 49.6896 m3/ha ja säteen ollessa 1 km saamme 66.8799 m3/ha. Tästä huomaamme, että mitä lähempänä peltolohko on, sitä enemmän sinne kannattaa kuljettaa lantaa lannoitteeksi. Etäisyyden kasvaessa kuljetuskustannukset kasvavat ja näin ollen hyödyt pienenevät.

## Ensimmäinen lokaatio

Tästä lähtien lähdemme optimoimaan maatilan voittoja ja analysoimaan siihen vaikuttavia tekijöitä luvussa 1.1. mainittujen arvojen pohjalta. Nyt otamme huomioon myös epäorgaanisten lannoitteiden käytön tilalla ja niiden vaikutukset voittoon. Joudumme siis ottamaan huomioon niin typen kilohinnan (p2=1.6), lannan määrän, joka tilalla syntyy ja joka on mahdollista levittää pellolle (M=k\*l=60\*23m^3) sekä muita muuttujia. Ensimmäisen lokaation etäisyys tilakeskukselta on siis r=1km.

peltopinta-ala: 35 ha

lokaatiot:1km(15ha), 3km(10ha), 5km(10ha)

s=6, säilörehu=6kg/pää/päivä (dieetti)

S=365\*s\*k, vuotuinen säilörehun tarve

a0=1183

Säilörehun responssifunktion vakiokertoimia

a1=24.24

a2=-0.039

E=2.1, kg typpeä/m^3 lantaa

m= hehtaarille levitettävän lannan määrä

y=a0+a1\*E\*m+a2\*(E\*m)^2 on säilörehun kvadraattinen responssifunktio

Muut muuttujat kuten lannan levityskoneen vauhti ja kapasiteetti sekä urakointityön tuntihinta ja kuormaus/levitysaika pysyvät samoina kuin mallin aiemmassa vaiheessa.

Saamme seuraavanlaisen funktion, jonka avulla ratkaisemme maatilalle maksimaalisen voiton optimaalisen lantamäärän (m) kautta.

syms m

for r=1

ekak=diff(p1\*(a0+a1\*(E\*m)+a2\*(E\*m)^2)-(e/V\*m\*(t+2\*r/v)),m)

optimim=solve(ekak,m)

optimim=double(optimim)

end

Tästä huomaamme, että tilalla syntyvä lanta ei riitä kaikille ensimmäisen lokaation 15 hehtaareille (riittää 13 ha), vaan maatila joutuu myös ostamaan keinolannoitteita, joilla loput peltoalasta lannoitetaan. Tämän johdosta tilan voitto muodostuu kahdesta eri funktiosta. Ensimmäisessä 13 hehtaarissa lantaa riittää, jolloin saamme:

W10=13\*(p1\*(a0+a1\*(E\*optimim)+a2\*(E\*optimim)^2)-(e/V\*optimim\*(t+2\*r/v)))

Huom. Laskuissa käytetty “optimim” kertoo aina kyseisen skenaarion optimin, ts. ei ole sama esimerkiksi 1. ja 2. lokaatiossa. Emme viitsineet nimetä sitä erikseen, sillä parametreja on ennestäänkin jo hyvin monta.

Tässä osiossa voitot syntyvät siis ensimmäisiltä 13 hehtaarilta, joille lantaa riittää. Mallissa N=optimim\*E on optimaalisesta lantamäärästä saatu typen määrä (kg).

ha=M/optimim kuvaa taas kuinka monelle hehtaarille tilalla syntyvä lanta riittää. Käytännöllisyyden vuoksi tulos pyöristetään lähimpään kokonaislukuun.

Funktiolla Y1=a0+a1\*(E\*optimim)+(a2\*(E\*optimim)^2)kuvaamme hehtaarilta saatavan säilörehun määrää, jolloin z1=Y1\*13, mikä kuvaa 13 hehtaarilta saatua säilörehun määrää, joille on levitetty lantaa. Säilörehun määrä tältä alueelta on 60965 kg eli 4689.6 kg per hehtaari. Saamme W10 arvoksi 5879.6 e, joka kuvaa taloudellista voittoa ensimmäisiltä 13 hehtaarilta.

Ensimmäisestä lokaatiosta jää kuitenkin lannoittamatta 2 ha, jotka pitää lannoittaa keinolannoitteella. Tätä osaa mallinnetaan seuraavasti:

syms n

ekak=diff(p1\*(a0+a1\*n+a2\*n^2)-(p2\*n),n)

optimim=solve(ekak,n)

optimim=double(optimim)

W11=2\*(p1\*(a0+a1\*optimim+a2\*optimim^2)-(p2\*optimim))on voitto kahdelta viimeiseltä hehtaarilta.

Y2=a0+a1\*optimim+a2\*optimim^2, kertoo optimaalisen satotason keinolannoitetta käytettäessä per hehtaari ja on 4112.3 kg. Huomaamme, että lannan avulla säilörehua tulee enemmän kuin keinolannoitteen avulla, joka on hieman outo tulos.

z2=Y2\*2 kuvaa keinolannoitteen avulla viljeltyä säilörehun määrää 2 viimeiseltä hehtaarilta, joka on 8224.5 kg. Z1 taas on koko ensimmäisestä lokaatiosta (15 ha) saatu säilörehun määrä, Z1=69189 kg. Tällöin voitto viimeiseltä 2 hehtaarilta on W11=625.8372 ja kokonaisvoitto W1=W10+W11=6505.5 e.

## Toinen lokaatio

Seuraavaksi analysoimme toisessa lokaatiossa (r=3km) tuotettavaa säilörehun määrää, joka tuotetaan keinolannoitteiden avulla. Toisen lokaation pinta-ala oli 10 ha.

Lähtötietoja:

p2=1.6 = typen kilohinta

a0=1183

Säilörehun responssifunktion vakiokertoimia

a1=24.24

a2=-0.039

p1=0.14 = säilörehun (säilörehun) kilohinta

syms n

ekak=diff(p1\*(a0+a1\*n+a2\*n^2)-(p2\*n),n)

optimim=solve(ekak,n)

optimim=double(optimim)

Y2=a0+a1\*optimim+a2\*optimim^2 kertoo hehtaarikohtaisen optimaalisen satotason keinolannoitetta käytettäessä ja on 4112.3 kg.

Huom. Keinolannoitteen pelloille levitykseen ei tarvita ulkoista työvoimaa, joten sen kuljetuskustannukset on asetettu nollaksi.

Z2=Y2\*10 on toisessa lokaatiossa (10 ha, 3 km) tuotetun säilörehun kokonaismäärä (Z2=41123 kg) ja Z=Z1+Z2 on tähän mennessä tuotettu säilörehun määrä ensimmäisessä ja toisessa lokaatiossa, Z=110310 kg. Tästä huomataan, että säilörehua täytyy tuottaa myös kolmannessa lokaatiossa, sillä

S(131400 kg) > Z(110310 kg), eli tarvitaan vielä noin 21090 kg säilörehua.

W2=10\*(p1\*(a0+a1\*optimim+a2\*optimim^2)-(p2\*optimim))on taloudellinen voitto toisesta lokaatiosta, W2=3129.2 e

## Kolmas lokaatio

Kolmannessa lokaatiossa yrittäjä tuottaa sekä säilörehua että

ohraa. Tämä johtuu siitä, että tarvittava säilörehun määrä saavutetaan pienemmällä viljelyalalla kuin 10 ha, joka on kolmannen lokaation koko.

A=(S-Z)/Y2 on viimeisestä lokaatiosta tarvittava ala säilörehun tuotantoa varten ja on 5.1281 ha, joka käytännöllisyyden vuoksi pyöristetään viiteen hehtaariin. (Huom. S-Z=z3).

Z3=A\*Y2 on säilörehun tuotanto kolmannessa lokaatiossa, Z3=21088 kg. Huom. Edellisen luvun viimeisessä kappaleessa ilmoitetaan, että tuotanto olisi 21090 kg. Ero johtuu pyöristyksistä. Käytämme jatkossa pyöristettyä arvoa.

Z=Z1+Z2+Z3=131400 kg, josta huomaamme, että säilörehua tuotetaan tilalla tarpeeksi (vrt. luku 1.1. S:n arvo).

W30=5\*(W2/2)edustaa viimeisen säilörehusta saatua voittoa ja on W30=7823.0 e

Edellisistä päätellään, että lokaation 3 loput viisi hehtaaria käytetään ohran tuotantoon, sillä säilörehua ei enää tarvita lisää. Tuotettu ohra voidaan myydä tilan ulkopuolelle.

Ohraa 5 hehtaaria 3. lokaatiossa

p3=0.17 on ohran kilohinta

b0=1100

ohran responssifunktion vakiokertoimia

b1=48.7

b2=-0.15

y=b0+b1\*n+b2\*n^2 on ohran responssifunktio

Lasketaan vielä ohran tuotannosta koituvat voitot

syms n

ekak=diff(p3\*(b0+b1\*n+b2\*n^2)-(p2\*n),n)

optimim=solve(ekak,n)

optimim=double(optimim)

Y2=b0+b1\*optimim+b2\*optimim^2 kertoo ohran hehtaarikohtaisen optimaalisen satotason keinolannoitetta käytettäessä. Y2=4905.2 kg.

W31=5\*(p3\*(b0+b1\*optimim+b2\*optimim^2)-(p2\*optimim)) on taloudellinen voitto kasvatetusta ohrasta, W31= 3121.7 e

W3=W30+W31 kuvaa kolmannesta lokaatiosta saatua kokonaisvoittoa (säilörehu plus ohra), W3= 10945 e ja

W=W1+W2+W3 vastaavasti yrittäjän voittoja kaikista kolmesta lokaatiosta yhteensä -> W=20579 e.

## Lannan levitys fosforirajoituksen oloissa

Seuraavissa laskutoimituksissa otamme huomioon lannan levityksen fosforirajoituksen, jonka yhteiskunta asettaa maataloudelle. Rajoite on valittu MTT:n (2011) tutkimuksen perusteella.

R=20 on fosforirajoite kg/ha

P=0.6 on fosforipitoisuus kg/m^3 lantaa

syms x

solve [20=0.6\*x] ,

x= ans = hehtaarille levitettävän lannan määrä rajoituksen oloissa -> x=33.333 m^3

Nf=x\*2.1 on lannasta tuleva typen määrä kg/ha, Nf=70.0

Huom. Pieni f kuvaa fosforirajoitteen olemassaoloa.

Seuraavaksi lasketaan kuinka monta hehtaaria peltoalaa fosforipolitiikan puitteissa tarvitaan tilalla syntyvän lannan levitykseen.

k=60 = karjaa 60 päätä

l=23 = lantaa 23m^3/pää/vuosi

M=k\*l=1380m^3 = tilalla syntyvän lannan määrä (”lantarajoite”)

M/x=41.4 ha (tarvittava peltopinta-ala). Tästä nähdään, että peltoala ei riitä kaikelle lannalle, joten sitä pitää viedä pois tilalta. Oletetaan, että käyttämättä jätetty lanta kuljetetaan 10 km päähän pois tilakeskukselta ja käytetään siellä nimeltä mainitsemattomassa paikassa nimeltä mainitsemattomaan tarkoitukseen. Tyyppitilamme isännälle/emännälle koituu ylijäämälannasta vain lannan pois kuljettamisen kustannukset.

lex=x\*(M/x-35)= 213.333 m^3, on tilalta pois kuljetettavan lannan määrä rajoitteen oloissa ja näin ollen sen kustannukset kuljetettuna 10 km päähän tilakeskuksesta ovat: clex=e/V\*lex\*(t+2\*10/v)= 1881.62133 e.

Seuraavaksi lasketaan kuinka paljon ostettua lisälannoitetyppeä tarvitaan per hehtaari (säilörehu).

syms n

ekak=diff(p1\*(a0+a1\*(Nf+n)+a2\*(Nf+n)^2)-(p2\*n),n)

optimim=solve(ekak,n)

optimim=double(optimim)

Ntot=optimim+Nf on hehtaarille levitettävän typen kokonaismäärä, Ntot= 164.249 kg ja Zf=a0+a1\*(Ntot)+a2\*(Ntot)^2 on hehtaarikohtainen säilörehun määrä rajoitteen oloissa, Zf=4112.265 kg.

Tällöin huomataan, että tilalla tarvittava säilörehu saadaan tuotettua tilalla 32 hehtaarilla ja näin ollen 3 hehtaaria ”jää yli”.

Voitto säilörehun tuotannosta on siis Wf1=32\*(p1\*(a0+a1\*(Nf+optimim)+a2\*(Nf+optimim)^2)-(p2\*optimim))-clex = 11715.773 e.

## Voitot säilörehun ja ohran tapauksessa

Edellisessä luvussa huomasimme, että fosforipolitiikan ollessa voimassa tyyppitilamme käyttää 35 hehtaarin peltopinta-alastaan 32 ha säilörehun tuottamiseen ja saa siitä voiton Wf1. Näin ollen loput 3 ha suunnataan ohran tuotantoon.

Lasketaan seuraavaksi maatilan voitot ohran viljelystä.

s=6 = säilörehu=6kg/pää/päivä (dieetti)

S=365\*s\*k = vuotuinen säilörehun tarve

S/Zf = kuinka monta hehtaaria tarvitaan vuotuisen säilörehun kokonaistarpeen tyydyttämiseksi.

35-ans = kuinka monella hehtaarilla tuotetaan ohraa, pyöristetään lähimpään kokonaislukuun

p3=0.17 (ohran kilohinta)

b0=1100

Ohran responssifunktion vakiokertoimia

b1=48.7

b2=-0.15

syms nf

ekak=diff(p3\*(b0+b1\*(Nf+nf)+b2\*(Nf+nf)^2)-(p2\*nf),nf)

optimim=solve(ekak,nf)

optimim=double(optimim)=

Edellisessä laskettu lisätypen määrä ohranviljelyyn kohdistettavalle peltohehtaarille on 60.9608 kg.

Oy=b0+b1\*(Nf+optimim)+b2\*(Nf+optimim)^2 on hehtaarikohtainen orhasato(yield)= 4905.181 kg (OhraYield).

3\*Oy vastaa tilalla tuotettavan ohran määrä = 14715.543 kg.

Wf2=3\*(p3\*(b0+b1\*(Nf+optimim)+b2\*(Nf+optimim)^2)-(p2\*optimim)) on taloudellinen voitto ohran tuotannosta (Wf2=2209.030 e) ja

Wf=Wf1+Wf2 on tilan voitot kokonaisuudessaan fosforipolitiikan vallitessa. Wf=13924.803 e.

# Komparatiivinen statiikka

## Komparatiivinen statiikka vapaassa optimissa

Tarkastellaan komparatiivista statiikkaa vapaan optimin tapauksessa. Tässä tarkastellaan lannan määrän (m) vaikutusta hehtaarikohtaisiin voittoihin ensimmäisessä lokaatiossa(etäisyys 1 km). Jos muutamme levityskoneen kapasiteettia (V), niin huomaamme, että kapasiteetin lisääminen lisää voittoja. Voimme myös tarkastella palkkatyön (e) vaikutusta voittoon. Mitä suurempi palkka työntekijöillä, sitä pienemmät voitot, mikä oli odotettavissa. Tuotantopanosten hintavaihteluiden tarkastelu ei ole mielekästä, koska niiden vaikutukset ovat itsestään selviä.

Lannan määrän vaikutus hehtaarikohtaisiin voittoihin:



Tästä nähdään, että voitot ovat suurimmat, kun m=109kg/ha.

Tarkastellaan V:n vaikutusta voittoihin:



Nähdään, että voitot kasvavat sitä mukaan kun lannan levityskoneen kapasiteetti kasvaa. Nähdään kuitenkin että marginaalihyödyt kapasiteetin lisäämisestä ovat suurimmillaan välillä 1-5 ja laskevat mitä suuremmaksi kapasiteetti muuttuu.

Palkkatyön vaikutukset voittoihin:



Nähdään, että voitot laskevat lineaarisesti, kun työnteon palkan suuruutta kasvatetaan.

## Komparatiivista statiikkaa fosforipolitiikan puitteissa

Nyt fosforia saa levittää maksimissaan 20 kg/ha, joka on niin sanottu fosforirajoite.



Nähdään, että optimaalinen ostetun lisälannoitteen määrä on 62. Tämä tulos eroaa hieman aiemmin differointimenetelmällä saadusta tuloksesta (61), mikä voi johtua pyöristyksistä tai erilaisten matlab-komentojen käytöstä.

Jos fosforipolitiikkaa kiristetään, esim. Nf=50, niin silloin ostetun lisälannoitteen määrä odotetusti kasvaa (->82).

# Johtopäätökset

Työssämme vertailimme eri tilanteita, jossa maanviljelijä sai vapaasti käyttää lantaa lannoitteena (vapaa optimi) versus tilanteeseen, jossa yhteiskunta on asettanut fosforirajoitteen (fosforipolitiikka). Vertailun pääasiallisena kohteena olivat siis lannan levitys tyyppimaatilalla ilman rajoitusta ja rajoituksen oloissa, muut voittoihin mahdollisesti vaikuttavat tekijät suljettiin mallista pois.

Huomaamme edellä esitettyjen laskujen perusteella, että fosforirajoituksen oloissa voitot pienenevät huomattavasti ollen rajoituksen oloissa (6654.197 euroa) pienemmät kuin ilman rajoituksia. Fosforirajoitus siis selvästi alentaa viljelijän voittoja, mutta samalla se vähentää fosforin määrää pelloilla, mikä puolestaan vaikuttaa positiivisesti maatalouden hajakuormituksen vähentymiseen. Komparatiivisen statiikan avulla huomaamme, että tiettyjen muuttujien vaihtelut vaikuttavat maatilalla syntyvään voittoon ja ovat muun muassa suoraan- (lannan levityskoneen kapasiteetti) tai kääntäen (työntekijöiden palkka) verrannollisia saatavan voiton suhteen. Komparatiivisen statiikan osiossa on myös havainnollistettu kuvaajin optimaalisia lannan ja lannoitteen määriä tilan voittoja maksimoitaessa.

Tässä työssä emme käyneet läpi vähentyneen fosforin tuomia etuja yhteiskunnalle rajoituksen ollessa voimassa, mutta voimme olettaa fosforin vähentymisen myös vähentävän vesistöjen rehevöitymistä. Tällä on yhteiskunnalle oma arvonsa, mutta jätimme kyseisen tarkastelun työmme ulkopuolelle.

# Lähteet

Juha Nousiainen, Mikko, Tuori, Eila Turtola ja Pekka Huhtanen. Maitotilan fosfori- ja typpikierronmallintaminen.

<http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es060.pdf>

Larvus, L. (2012). Pro Gradu-tutkielma. *Forthcoming.*

Lehtonen, H., 2001. Principles, structure and applications of dynamic regional sector model of Finnish agriculture.

MTT:n raportti 21. 2011. Lannan kestävä hyödyntäminen.

Temmes, E. 2011. Maidontuottajatila ja ravinnepolitiikka: Tilan toimintamekanismit, politiikan tarve ja ohjauskeinojen vaikuttavuus.