
Siniketun energia-aineenvaihdunnan määrittäminen

Loppuraportti

Juhani Sepponen, Hannu T. Korhonen, Pekka Eskeli & Nita Koskinen

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kotieläintuotannon tutkimus



Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT 24.9. 2014

Hanke numero 21100073

Rahoitus: Helven Säätiö ja MTT

Tiivistelmä

Tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena oli määrittää siniketun (*Vulpes lagopus*) energian tarve elämän eri vaiheissa ja kausilla sekä selvittää kuinka valon määrä vaikuttaa rehunkulutukseen, energian kulutukseen ja rasvan kerääntymiseen. Toinen tavoite oli määrittää rehun muuntokelpoisen energian (ME) käytön tehokkuus kasvavilla siniketuilla. Eläimiltä määritettiin kvantitatiivinen typpi- ja energiatase hengityskaasumittauksilla. Rehunkulutukseen ja energian tasapainoon vaikuttavat plasman hormonit mitattiin, jotta saatiin selvyys niiden tärkeydestä ja vaikutusmekanismit erilaisissa valojaksoissa. Tulokset osakokeiden osalta ovat seuraavat:

Koe 1 (syksy 2007): Koeryhmät olivat seuraavat: Ryhmä 1: ruokinta ad libitum, tavoitekokoo ”erittäin lihava”. Ryhmä 2: ruokinta 10 – 15 % alle ad libitum, tavoitekokoo ”lihava”. Ryhmä 3: ruokinta n. 25 % alle ad libitum, tavoitekokoo ”ihanteellinen parituskunto”. Ryhmä 4: ruokinta 10 – 15 % alle ryhmän 3 ruokinnasta, tavoitekokoo ”hoikka”. Kokeen alussa eläinten painot ryhmissä olivat samansuuruiset. Painoerot ryhmien välillä kasvoivat merkittävästi jaksoilla II-V. Ryhmän 1 eläimet olivat painavimpia ja ryhmän 4 eläimet kevyimpiä. Ero oli suurimmillaan jaksolla V. Rehunkulutuksessa oli ero sekä ryhmien että jaksojen välillä ($P < 0.001$). Jaksolla I rehunkulutus ryhmien välillä vaihteli välillä 710-827 g per eläin päivässä. Suurimmillaan ero ryhmien välillä oli jaksolla V (302-672 g/eläin/pv). Vedenkulutuksessa ryhmien välillä ei ollut eroa. Vedenkulutus sen sijaan vaihteli jaksoittain ($P < 0.001$). Alhaisimmillaan kulutus oli jaksolla IV. Ulosteen määrä oli suurinta ryhmässä 1 ja pienintä ryhmässä 4. Eritetyn virtsan määrässä ei ollut eroa ryhmien välillä. Virtsan määrä sen sijaan vaihteli jaksoittain ($P < 0.0037$). Suurimmillaan se oli jaksolla I ja pienintä jaksolla IV. Kokonaisenergiassa, ulosteiden energiassa, virtsan energiassa, muuntokelpoisessa energiassa sekä nettoenergiassa oli merkitsevä ero sekä ryhmien että jaksojen välillä ($P < 0.001$). Lämmöntuotannossa ei ollut tilastollista eroa ryhmien välillä. Merkitsevä ero lämmöntuotossa löytyi jaksojen väliltä ($P < 0.001$). Energiat ja lämmöntuotto olivat suurimmat jaksolla I ja pienimmät jaksolla V. Erot ryhmien välillä olivat pienimmät jaksolla I ja suurimmat jaksolla V. Kokonaistyyppi oli samanlainen kaikilla ryhmillä jaksoilla I ja II. Kokonaistyyppi oli suurinta ryhmällä 1 ja pienintä ryhmällä 4. Ulosteen ja virtsan typen osalta merkitsevä ero löytyi sekä ryhmien että jaksojen väliltä ($P < 0.001$). Alhaisimmat määrät löytyivät ryhmältä 4 ja suurimmat ryhmältä 1. Kudoksiin pidättyneessä työssä ei ollut eroa ryhmien välillä. Jaksojen välillä oli selvä ero ($P < 0.001$). Alhaisimmat pitoisuudet olivat jaksoilla IV ja V. Veren insuliinipitoisuudessa ei ollut eroa ryhmien eikä jaksojen välillä. Ryhmien välillä ei ollut eroa myöskään leptiini- ja IGF-1 pitoisuuksien välillä. Leptiinipitoisuus ja IGF-1 vaihtelivat jaksoittain merkittävästi ($P < 0.001$). Suurimmillaan pitoisuudet olivat jaksoilla I ja II.

Koe 2 (kevät 2008): Koeryhmät olivat seuraavat: Ryhmä 1: voimakas rajoitus energian saannissa kunnes ”parituskunto” on saavutettu (maaliskuun alku-puoliväli). Ryhmä 2: rajoitus energian saannissa kunnes ”parituskunto” on saavutettu (maaliskuun alku-puoli väli). Ryhmä 3: ”parituskunnan” ylläpitäminen. Ryhmä 4: hoikan kunnan ylläpitäminen maaliskuun alkuun ja sen jälkeen hieman ruokinnan lisäystä. Eläinten painoissa ei ollut eroa ryhmien välillä. Jaksojen välillä sen sijaan oli merkitsevä ero ($P < 0.0001$). Painot olivat suurimmat jaksolla VI ja pienimmät jaksolla VIII. Rehunkulutuksessa oli selvä ero sekä ryhmien että jaksojen välillä ($P < 0.01$). Rehunkulutus oli alhaisin ryhmällä 1 ja suurin ryhmällä 4. Rehunkulutus oli korkeinta jaksolla IX. Veden kulutuksessa oli korkein jaksoilla VII-VIII. Tuotetun ulosteen määrässä oli ero sekä ryhmien että jaksojen välillä. Kokonaisenergiassa, ulosteiden energiassa, virtsan energiassa, muuntokelpoisessa energiassa sekä nettoenergiassa oli merkitsevä ero sekä ryhmien että jaksojen välillä. Lämmöntuotossa ei ollut eroa ryhmien välillä. Lämmöntuotto poikkesi merkittävästi jaksojen välillä ($P < 0.001$). Se oli alhaisin jaksolla VII. Nettoenergia oli negatiivinen ryhmillä 1-3 ja positiivinen ryhmällä 4. Jaksoilla VI ja VII kokonaistyyppi oli alhaisin ryhmällä 1 ja korkein ryhmällä 4. Jaksolla IX ero ryhmien välillä oli vähäinen. Virtsan typpi ja kudoksiin pidättynyt typpi eivät eronneet ryhmien välillä. Jaksolla VI määrät olivat alhaisimmat ja jaksolla IX korkeimmat. Veren insuliini- ja leptiinipitoisuuksissa ei ollut eroa ryhmien välillä. Insuliinipitoisuudessa oli havaittavissa lievä tendenssi siihen suuntaan, että

pitoisuudet jaksolla VII olivat hieman suuremmat kuin jaksolla VI ($P=0.0836$). Leptiini- ja IGF-1 pitoisuudessa ei ollut eroa ryhmien välillä. Jaksojen välillä oli IGF-1 pitoisuudessa merkitsevä ($P=0.001$) ero; ne olivat korkeimmat jaksolla VII. Kokonaisenergiassa, ulosteiden energiassa, virtsan energiassa, muuntokelpoisessa energiassa ja nettoenergiassa ei ollut eroa ryhmien välillä. Imetyskaudella kokonaistypessä, ulosteen ja virtsan työssä eikä kudoksiin pidäytyneessä työssä ollut eroa ryhmien välillä. Paras pentutulos (5.75 pentua/naaras) oli ryhmällä 4 ja huonoin (0 pentua/naaras) ryhmällä 1, jolla esiintyi ruokalakkoja tiineyden aikana. Tutkimustulokset viittaavat siihen, että siniketun energiatarve on valo-ohjattu ja rehun sekä energian kulutus ja aineenvaihduntaa säätelevät hormonit heijastelevat vuodenaikaisvaihteluita. Erittäin lihavilla eläimillä, joilla on suhteellisen vähän rasvatonta lihasmassaa, on alhaisempi energian kulutus suhteessa metaboliseen painoon kuin hoikilla. Alun perin arktisena eläimenä sinikettu on sopeutunut hyvin tehokkaaseen ravintoaineiden metaboliaan ja energia-aineenvaihdunnan vuodenaikaisvaihteluihin. Siniketun ruokintaa voidaan tulevaisuudessa täsmentää, nyt kun tiedetään aiempaa tarkemmin eläimen energian ja valkuaisen tarve. Päätökset siitä jäävät rehutoimikuntien ja elinkeinon tehtäväksi.

Avainsanat:

Sinikettu, energia-aineenvaihdunta, ruokinnan rajoitus, rehunkulutuksen säätely, vuodenaikaisvaihtelut

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
1.1 Tutkimuksen tausta	4
1.2 Tutkimuksen tavoitteet.....	5
1.3 Hypoteesit	5
2 Aineisto ja menetelmät.....	6
3 Tulokset.....	10
3.1 Koe 1 (syksy 2007)	10
3.2 Koe 2 (kevät-kesä 2008)	14
3.2.1 Ylläpito- ja tiineyskausi	14
3.2.2 Laktaatiokausi	17
4 Pohdinta.....	19
5 Kirjallisuus	25

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Viime vuosina siniketun (*Vulpes lagopus*) jalostus on kohdistunut lähinnä eläinten kokoon. Kymmenen vuotta sitten sinikettunaaraan keskipaino oli 7-10 kg. Nykyään on lähes 20 kg yksilöitä. Siniketut ruokitaan ruokahalun mukaan tuotantokaudella riippumatta rehun energiasisällöstä. Siniketuilla esiintyy vuodenaikaisvaihtelua rehunkulutuksessa ja rasvan kertymisessä. Rehunkulutus ja ruhon rasvan kertyminen on kiivainta syksyllä ja alkutalvesta, jos eläimellä on vapaa ravinnon saanti. Tuotantokaudella *ad libitum* eli vapaalla ruokinnalla ruokitut eläimet ovat hyvin lihavia nahkonta-aikana. Rasvan kertyminen on ratkaisevan tärkeää villieläimillä kahdesta syystä: varastorasva toimii eristyksenä ja energiareservinä. Tutkimukset muilla vuodenaikaisvaihtelun omaavilla eläimillä (esim. saksanhirvi, lammas, minkki) ovat osoittaneet vaihtelun rehunkulutuksessa, ruumiin rasvan lisääntymisellä ja erityisesti aineenvaihdunnan taso ovat vahvasti sidoksissa valojaksoisuuteen (lammas: Forbes, 1982, Lincoln & Richardson, 1998, Lincoln et al., 2001; poro: Milne et al., 1990; minkki: Valtonen et al., 1995; Tauson et al., 1999). Valojaksoisuudessa signaalina toimii melatoniini (Lincoln, 1983, Arendt, 1998).

Rehunkulutuksen säätely ja energia-aineenvaihdunnan tasapainotila on erittäin monimutkainen prosessi, joka ei ole täydellisesti tiedossa millään eläinlajilla, etenkin siniketulla. Ruumiin painoa säädelään lipostaattisella mekanismilla (Kennedy, 1953) ja vasta viime aikoina, kun leptiini on löydetty (Zhang et al., 1994) tämä teoria on vahvistettu. Leptiinin uskotaan olevan ruumiinpainoa säätelevä tekijä (Trayhurn et al., 2006). Kuitenkin eläimillä, joilla esiintyy vuodenaikaisvaihtelua, leptiiniherkkyys näyttäisi olevan erilainen pitkän ja lyhyen päivän olosuhteissa (lammas: Bocquier et al., 1998, Chilliard et al., 2005; hamsteri: Klingenspor et al., 1996) ja siten myös rehunkulutuksen, ruumiin rasvan ja energian tasapainotilan säätelyssä (Adam & Mercer, 2004). Löydökset siniketuilla osoittavat että plasman leptiini ei ole tiukasti sidoksissa energian saantiin ja ruumiin rasvavarastoihin lyhyen valojakson aikana (Tauson et al., 2004).

Energian saanti, ruumiin kunto ja lisääntymistoiminnot ovat vahvasti kytköksissä toisiinsa (Blache et al. 2003). Tosiasia, että siniketun pentutulos on laskenut Suomessa viime vuosien aikana voi olla osoitus siitä, että tämänhetkiset hoitorutiinit heikentävät lisääntymiskapasiteettia. Siitokseen jo vieroituksesta valituilla sekä rajoitetusti tuotantokaudella ruokituilla sinikettunaarilla on parempi pentutulos kuin tuotantokauden vapaan ruokinnan sinikettunaarilla (Koskinen et al., 2006). Samankaltaisia tuloksia on myös muilla vuodenaikaisrytmien omaavilla eläinlajeilla: Tauson & Aldén (1984) osoittivat, että elo-/syyskuussa siitokseen valituilla minkkinaarilla (rajoitettu ruokinta joulukuuhun asti) oli huomattavan korkea lisääntymistulos verrattuna vapaan ruokinnan minkkinaaraisiin (vapaa ruokinta joulukuun loppuun asti, voimakas ruokinnan rajoitus paritusaikaan asti). Koko aineisto osoittaa, että huonoin pentutulos oli naarilla, jotka olivat laihuneet eniten joulukuun ja maaliskuun välillä. Päinvastoin paras pentutulos oli minkkinaarilla, joiden paino oli jopa

hieman noussut samana aikana. Myöhemmin on osoitettu että ruokinnan manipuloinnilla on suuri vaikutus minkin pentutulokseen (Tauson, 1993). Voidaan olettaa että oikeanlaisella kasvatusintensiteetillä ja energian saannilla ennen siemennystä on potentiaalia parantaa sinikettunaaraiden pentutulosta.

Kehittääksemme ruokintastrategioita, joilla taataan nykyiselle sinikettukannalle riittävä kasvukapasiteetti ja samanaikaisesti tuetaan lisääntymiskapasiteettia, pitää saada lisätietoa siniketun energian tarpeesta kasvu- ja lisääntymiskaudella. Tällä hetkellä ei ole luotettavaa informaatiota perusaineenvaihdunnan energiatarpeista, kasvun vaatimasta energiasta tai lisääntymisajan energiatarpeesta. Olemassa oleva tieto on vanhaa, puutteellista ja perustuu lisääntymisajan kokeisiin (Hansen et al., 1991).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena on määrittää siniketun energian tarve elämän eri vaiheissa ja kausilla sekä selvittää kuinka valon määrä vaikuttaa rehunkulutukseen, energian kulutukseen ja rasvan kerääntymiseen. Toinen tavoite on määrittää rehun muuntokelpoisen energian (ME) käytön tehokkuus kasvavilla siniketuilla. Tavoitteet saavutetaan määrittämällä kvantitatiivinen typpi- ja energiatase hengityskaasumittauksilla eli respirometrisilla kokeilla. Rehunkulutukseen ja energian tasapainoon vaikuttavat plasman hormonit mitataan, jotta selvitetään niiden tärkeys ja vaikutusmekanismit erilaisissa valojaksoissa.

1.3 Hypoteesit

Tämä projekti perustuu päähypoteesille, että siniketun energiatarve on vahvasti valo-ohjattu ja rehun sekä energian kulutus ja aineenvaihduntaa säätelevät hormonit heijastavat vuodenaikaisvaihteluita. Lisäksi oletetaan, että erittäin lihavilla yksilöillä, joilla on suhteellisen vähän rasvatonta lihasmassaa, on alhaisempi energian kulutus per kg metabolinen paino kuin hoikilla yksilöillä.

2 Aineisto ja menetelmät

Hanke oli kaksivuotinen (kokeellinen osuus syksy 2007 ja kevät-kesä 2008). Kokeet suoritettiin kuninkaallisen eläinlääke- ja maataloustieteellisen yliopiston tutkimustilalla Tanskassa (Research Farm Roerrendegård, Division of Animal Nutrition, Department of Animal and Veterinary Basic Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark) yhteistyössä MTT:n kanssa. MTT:n tutkija osallistui käytännön eläinkokeiden suorittamiseen, tulosten ja aineiston käsittelyyn sekä raportointiin. MTT osti ja toimitti suomalaiset ”nykyketut” Tanskaan ennen kokeen alkua.

Yleiset menetelmät

Tutkimus suoritettiin sarjalla tase- ja respirometrisiä kokeita. Tasekokeiden aikana eläimet pidettiin metaboliahäikeissä luonnollisissa valo-olosuhteissa. Metaboliakammiot mahdollistivat ulosteiden ja virtsan keruun, eläimillä oli vapaa vedensaanti ja mahdollisuus lepäämiseen. Tasekokeiden välillä eläimet pidettiin normaalitilaolosuhteissa verkkopohjaisissa häikeissä vallitsevassa lämpötilassa ja valaistuksessa. Jokainen tasekoejakso kesti seitsemän päivää, josta kolme päivää totutusta ja neljä varsinaista tasekoepäivää. Neljän päivän aikana rehunkulutus rekisteröitiin ja uloste sekä virtsa kerättiin. Typen haihtumisen estämiseksi virtsanäytteeseen lisättiin 5% H₂SO₄. Eläimet punnittiin tasejakson alussa ja lopussa. Verinäytteet otettiin jokaisen tasekokeen lopussa. Hengityskaasujen mittausta (kesto 22 h) tehtiin jokaisen tasekokeen lopussa käyttämällä epäsuoraa kalorimetriaa, vapaan ilmankierron systeemi. Metaboliakammiot, joita oli kaksi kappaletta, mahdollistivat mittaukset eläimeltä, jonka elopaino on 5-150 kg. Ilman virtaus kammion läpi mitattiin O₂-, CO₂- ja CH₄-pitoisuuksina kolmen minuutin välein. Laitteiston, kalibroinnin ja mittauksen yksityiskohtaiset selvitykset on esitetty Chwalibog et al. (2004).

Analyysit

Rehuista ja ulosteista analysoitiin kuiva-aine (DM), tuhka, typpi (N), raakarasva (CF) standardimenetelmillä ja kokonaisenergia (GE) pommikalorimetrillä. Hiilihydraattien osuus estimoitiin erotusmenetelmällä. Raakavalkuainen (CP) laskettiin $N \times 6.25$. Virtsan typpi analysoitiin. Virtsan energiapitoisuus (UE) laskettiin lineaariregressiolla:

$UE, \text{ kJ} = 27.1 \times UN, \text{ g} - 0.8$ (Tauson, julkaisematon).

Erottelen jälkeen plasma varastoitiin -20°C odottamaan analyysijä. Plasmasta analysoitiin insuliini, leptiini, tyroksiini, triiodothyroni, IGF-1 ja adiponektiini Australiassa (School of Biology, University of Western Australia (UWA)). Tämä kokeen osuus tehtiin yhteistyössä FT Dominique Blachen, (UWA) kanssa.

Laskelmat

Lämmöntuotanto (HE) kaasujen vaihtoon ja typen eritykseen virtsassa (UN) laskettiin Brouwerin (1965) mukaan:

$HE, \text{ kJ} = 16.18 \times O_2, \text{ L} + 5.02 \times CO_2, \text{ L} - 5.99 \times UN, \text{ g} - 2.17 \times CH_4, \text{ L}$

Ravintoaineiden nettokäyttö (proteiinin oksidaatio; OXP, rasva; OXF ja hiilihydraatit; OXCHO) laskettiin Chwalibog:n menetelmällä (1992):

OXP, kJ = UN, g x 6.25 x 18.42

OXF, kJ = (1.719 x O₂, L - 1.719 x CO₂, L - 1.963 x UN, g) x 39.76

OXCHO, kJ = (-2.968 x O₂, L + 4.174 x CO₂, L - 2.446 x UN, g) x 17.58

ME saanti laskettiin rehun (GE), ulosteiden(FE) ja virtsan(UE) energiapitoisuuksista sekä rehunkulutuksesta, ulosteiden ja virtsan määrästä ME = GE - FE - UE.

Energian retentio (RE) laskettiin RE = ME - HE.

Energian kertyminen proteiiniin (RPE, kJ) laskettiin kertyneenä typpinä N (RN), g x 6.25 x 23.86 ja energian kertyminen rasvaan (RFE, kJ) RE - RPE.

ME tarve ylläpitoon MEm määritettiin lineaariregressiolla ME:stä ja REstä, MEm määriteltiin RE = 0. Tehokkuus ME:n käyttöön valkuaisen ja rasvan kertymisessä laskettiin (multiple regression analysis):

ME = LW^{0.75} + aRPE + bRFE, missä LW^{0.75} on eläimen metabolinen koko kilogrammoissa.

Koe 1 (syksy 2007): siniketun kasvuun ja ylläpitoon tarvittavan energian tarve lyhenevän päivänpituuden aikana

Eläimet: 16 naarassinikettupentua, kokeen alussa noin 10 viikon ikäisiä. Mittaukset tehtiin neljästi (20.-31.8., 10.-21.9., 8.-19.10. ja 5.-16.11.) tuotantokauden aikana neljän viikon jaksoissa (4*4 viikkoa) kunnes eläimet ovat noin 7 kk vanhoja. Viimeisessä tasemittauksessa (viides jakso 3.-14.12.) eläimet ovat saavuttaneet aikuisen eläimen koon.

Rehut: Eläimet ruokittiin ketunrehulla koko tuotantokauden ajan. Rehu sisälsi normaaleja turkiseläinrehun raaka-aineita ja se vastasi ko. ajankohdan sinikettujen ravintoainesuosituksia, muuntokelpoinen energiajakauma 25:50:25. Jokaisen tasekoejakson rehut valmistettiin kerralla ja pakastettiin.

Energian saanti: Eläimet jaettiin neljään koeryhmään ruokinnan eli energiansaannin mukaan:

Ryhmä 1: ruokinta ad libitum (rajoittamaton), tavoitekoko ”erittäin lihava”

Ryhmä 2: ruokinta 10 – 15 % alle ad libitum, tavoitekoko ”lihava”

Ryhmä 3: ruokinta n. 25 % alle ad libitum, tavoitekoko ”ihanteellinen parituskunto”

Ryhmä 4: ruokinta 10 – 15 % alle ryhmän 3 ruokinnasta, tavoitekoko ”hoikka”

Energiansaannin eroja ruokinnassa käytettiin, jotta saatiin riittävän laaja skaala eri energian saantitasoja ME:n estimointiin (Kiani et al., 2006) ja saadaksemme ryhmät eläimiä, joilla on suuret erot ruhon kunnossa/ruhon rasvapitoisuudessa.

Koe 2 (kevät-kesä 2008): siniketun ylläpito-, raskaus- ja laktaatioajan energiantarve tarve pidentyvän päivänpituuden aikana

Eläimet: Samat 16 sinikettunaarasta kuin kokeessa 1 siemennykseen asti. Eläimille tehtiin viisi tasemittausta, kaksi ennen siemennystä, kaksi kantoaikana (noin 3. ja 6. raskausviikolla) ja viimeinen mittaus 3 viikkoa penikoimisesta laktaation aikana pentujen kanssa. Siemennysten jälkeen ryhmissä 1, 2 ja 4 kokeeseen vaihdettiin kuhunkin yksi varaeläin, koska kaikkia mukana olleita ei saatu siemennettyä. Ryhmässä 1 ei ollut yhtään penikoinutta naarasta, joten ko. ryhmä ei ollut mukana viimeisessä mittauksessa.

Rehut: Siniketunrehu, joka vastaa ylläpidon, kanto- ja laktaatioajan sinikettujen ravintoainesuosituksia. Rehu sisälsi normaaleja turkiseläinrehun raaka-aineita.

Energian saanti: Tavoitteena oli, että kaikki ryhmät saavuttaisivat ihanteellisen painon viimeistään maaliskuun puolessa välissä. Ruokinta ja siten energian saanti eriytettiin ryhmittäin neljälle koeryhmälle välittömästi kokeen 1 jälkeen:

Ryhmä 1: voimakas rajoitus energian saannissa kunnes “parituskunto” on saavutettu (maaliskuun alku-puoliväli).

Ryhmä 2: rajoitus energian saannissa kunnes “parituskunto” on saavutettu (maaliskuun alku-puoli väli)

Ryhmä 3: “parituskunnon” ylläpitäminen

Ryhmä 4: hoikan kunnon ylläpitäminen maaliskuun alkuun ja sen jälkeen hieman ruokinnan lisääystä

Kun kiiman merkkejä alkoi näkyä (kun häpy alkaa turvota), siniketuille annettiin rehua ruokahalun mukaan paritukseen/siemennykseen asti, jotta saatiin flushing-efekti.

Parituksen/siemennyksen jälkeen eläimiä ruokittiin oletetun energiatarpeen mukaan viidenteen raskausviikkoon asti. Siitä eteenpäin energian saantia nostettiin +30% synnytykseen asti.

Laktaatioaikana naaraat ruokittiin ruokahalun mukaan.



Tilastolliset analyysit

Tilastollisissa analyyseissä käytettiin SAS-tilasto-ohjelman toistomittaussekamallia (MIXED model, versio 9.2). Kiinteinä tekijöinä oli ryhmä ja mittauskerta. Laktaatiokauden tulokset laskettiin erikseen ilman toistotekijää. Kovarianssirakenteeksi valittiin unstructured (UN) Akaiken informaatiokriteerin perusteella. Taulukoissa esitetään mallin antamat estimaatit (LS means). Mallin jäännösvaihtelu ilmoitetaan jäännösten neliöjuurena (square root of the residuals, RR).

3 Tulokset

3.1 Koe 1 (syksy 2007)

Taulukko 1. Eläinten painot (g), rehunkulutus (g/eläin/pv), vedenkulutus (ml/eläin/pv) sekä tuotetun ulosteen (g/eläin/pv) ja virtsan (ml/eläin/pv) määrät ryhmittäin ja jaksoittain.

	Ryhmä	Jakso					RR ¹	P-arvo		
		I	II	III	IV	V		Ryhmä	Jakso	R*J
Paino	1	5087	8025	10154	11249	12785	467	0.0007	<0.0001	<0.0001
	2	4880	7175	9335	11359	12525				
	3	4990	7197	8569	10024	10930				
	4	4891	6907	8021	8968	9238				
Rehunkulutus	1	827	834	799	623	672	85	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	2	805	814	700	636	594				
	3	759	725	552	527	451				
	4	710	631	452	376	302				
Vedenkulutus	1	568	443	440	182	360	106	0.5827	<0.0001	0.0532
	2	609	526	529	354	351				
	3	594	513	514	389	417				
	4	594	500	426	362	356				
Ulostetta	1	260	246	226	184	187	40	<0.0001	<0.0001	0.0103
	2	245	257	181	149	128				
	3	230	213	134	115	94				
	4	196	169	96	63	48				
Virtsaa	1	409	296	372	221	377	98	0.3553	0.0037	0.7169
	2	439	387	493	349	353				
	3	455	446	452	394	443				
	4	451	437	395	312	360				

¹ RR = square root of residuals

Eläinten painossa oli tilastollinen ero sekä ryhmien että jaksosten välillä (Taulukko 1). Kokeen alussa (Jakso I) eläinten painot ryhmissä olivat samansuuruiset. Sen jälkeen painoerot ryhmien välillä kasvoivat merkittävästi (jaksot II-V). Ryhmän 1 eläimet olivat painavimpia ja ryhmän 4 eläimet kevyimpiä. Ero oli suurimmillaan jaksolla V. Ryhmien ja jaksosten välillä oli merkitsevä yhdysvaikutus.

Rehunkulutuksessa oli tilastollinen ero sekä ryhmien että jaksosten välillä (Taulukko 1). Jaksolla I rehunkulutus ryhmien välillä vaihteli välillä 710-827 g per eläin päivässä. Suurimmillaan ero ryhmien välillä oli jaksolla V (302-672 g/eläin/pv). Vedenkulutuksessa ryhmien välillä ei ollut tilastollista eroa. Vedenkulutus sen sijaan vaihteli jaksokoittain merkittävästi. Alhaisimmillaan kulutus oli jaksolla IV.

Tuotetun ulosteen määrä vaihteli merkittävästi sekä ryhmien että jaksosten välillä. Ulosteen määrä oli suurinta ryhmässä 1 ja pienintä ryhmässä 4 (Taulukko 1). Eritetyn virtsan määrässä ei

ollut eroa ryhmien välillä. Virtsan määrä sen sijaan vaihteli jaksoittain. Suurimmillaan se oli jaksolla I ja pienintä jaksolla IV (Taulukko 1).

Taulukko 2. Kokonaisenergia (Gross energy, GE), ulosteen energia (faecal energy, FE), virtsan energia (urine energy ,UE), muuntokelpoinen energia (metabolisable energy ,ME) , lämmäntuotto (heat production, HE) ja nettoenergia (retained energy, RE), kJ/kg^{0.75} / päivä siniketun pennuille jotka kasvatettu erilaisilla rehuenergiamäärillä. Mitattu 5 jaksona pentujen ollessa 10-30 viikon iässä.

	Ryhmä	Jakso					RR	P-arvo		
		I	II	III	IV	V		Ryhmä	Jakso	R*J
GE							180	0.0002	<0.0001	<0.0001
	1	2075	1482	1319	1172	963				
	2	2083	1743	1232	983	850				
	3	1927	1555	1036	896	715				
	4	1827	1390	891	692	542				
FE	1	388	268	201	140	132	43	0.020	<0.0001	0.7421
	2	377	298	170	126	105				
	3	360	256	145	109	86				
	4	308	212	107	74	57				
UE	1	71	44	45	38	40	5	0.0001	<0.0001	0.0103
	2	72	53	46	38	34				
	3	65	50	37	34	31				
	4	61	45	31	24	24				
ME	1	1616	1203	1074	879	796	137	0.0017	<0.0001	0.0044
	2	1634	1392	1017	820	711				
	3	1502	1250	855	753	598				
	4	1458	1133	752	593	462				
HE	1	570	419	291	486	468	68	0.0661	<0.0001	0.9033
	2	567	407	345	487	421				
	3	568	378	297	454	461				
	4	466	368	231	397	363				
RE	1	1046	958	783	327	319	139	0.0086	<0.0001	0.1698
	2	1067	985	673	332	290				
	3	934	872	580	298	137				
	4	992	764	530	196	99				

¹RR = square root of residuals

Kokonaisenergiassa, ulosteiden energiassa, virtsan energiassa, muuntokelpoisessa energiassa sekä nettoenergiassa oli merkitsevä ero sekä ryhmien että jaksosten välillä (Taulukko 2). Sen sijaan lämmöntuotannossa ei ollut tilastollista eroa ryhmien välillä. Oli kuitenkin nähtävissä selvä tendenssi (P=0.0661), että lämmöntuotto erityisesti ryhmällä 4 oli muita alhaisempi. Merkitsevä ero löytyi jaksosten väliltä. Erityisesti energiat mutta myös lämmöntuotto olivat yleensä suurimmat jaksolla I ja pienimmät jaksolla V. Erot ryhmien välillä olivat pienimmät jaksolla I ja suurimmat jaksolla V.

Taulukko 3. Kokonaistyyppi (total nitrogen , N), ulosteen typpi (faecal nitrogen ,FN), virtsan typpi (urine nitrogen ,UN) ja kudoksiin pidättynyt typpi (retained nitrogen , RN), g/kg^{0.75}/päivä siniketun pennuille jotka kasvatettu erilaisilla rehuenergiämäärillä. Mitattu 5 jaksossa pentujen ollessa 10-30 viikon iässä.

	Ryhmä	Jakso					RR	P-arvo		
		I	II	III	IV	V		Ryhmä	Jakso	R*J
N	1	4.73	2.97	2.58	2.29	1.89	0.37	0.0002	<0.0001	0.0005
	2	4.75	3.49	2.41	1.92	1.67				
	3	4.39	3.11	2.03	1.75	1.41				
	4	4.16	2.78	1.74	1.35	1.07				
FN	1	1.02	0.67	0.47	0.34	0.31	0.12	0.0115	<0.0001	0.6487
	2	0.96	0.75	0.40	0.31	0.24				
	3	0.94	0.66	0.34	0.26	0.19				
	4	0.78	0.52	0.26	0.16	0.12				
UN	1	2.62	1.62	1.65	1.40	1.49	0.19	0.0001	<0.0001	0.0105
	2	2.65	1.97	1.69	1.40	1.27				
	3	2.40	1.84	1.36	1.27	1.15				
	4	2.27	1.68	1.15	0.89	0.88				
RN	1	1.09	0.94	0.46	0.21	0.15	0.13	0.1703	<0.0001	0.1462
	2	1.14	0.77	0.33	0.21	0.15				
	3	1.06	0.61	0.33	0.22	0.07				
	4	1.11	0.58	0.34	0.29	0.07				

¹ RR = square root of residuals

Kokonaistyyppi oli samanlainen kaikilla ryhmillä jaksoilla I ja II (Taulukko 3). Sen jälkeen merkitseviä eroja ryhmien välillä alkoi ilmetä. Kokonaistyyppi oli suurinta ryhmällä 1 ja pienintä ryhmällä 4. Ulosteen ja virtsan tyypin osalta merkitsevä ero löytyi sekä ryhmien että jaksosten väliltä (Taulukko 3). Alhaisimmat määrät löytyivät ryhmältä 4 ja suurimmat ryhmältä 1. Kudoksiin pidättyneessä tyypessä ei ollut eroa ryhmien välillä. Sen sijaan jaksosten välillä oli merkitsevä ero. Alhaisimmat pitoisuudet kudoksissa olivat jaksoilla IV ja V.

Taulukko 4. Veren insuliini ($\mu\text{U/ml}$)-, leptiini (ng/ml)- ja IGF-1 (ng/ml) -pitoisuus koeryhmissä jaksoittain.

	Ryhmä	Jakso					RR	P-arvo		
		I	II	III	IV	V		Ryhmä	Jakso	R*J
Insuliini	1	18.5	18.4	18.4	15.6	12.8	4.8	0.3368	0.2658	0.6792
	2	11.6	16.4	15.8	20.8	14.3				
	3	13.6	14.2	13.2	18.1	12.0				
	4	10.1	13.1	12.2	12.5	12.9				
Leptiini	1	0.68	0.82	1.26	1.17	1.15	0.15	0.3006	<0.0001	0.6201
	2	0.73	0.94	0.96	1.13	1.07				
	3	0.60	0.78	1.04	1.16	1.08				
	4	0.62	0.77	1.00	1.02	0.94				
IGF-1	1	210.6	159.2	126.9	92.4	71.0	18.7	0.19	<0.0001	0.5683
	2	217.2	164.6	109.4	95.9	78.6				
	3	219.8	176.6	111.7	90.1	64.0				
	4	177.5	153.5	102.0	85.5	55.5				

¹RR = square root of residuals

Veren insuliinipitoisuudessa ei ollut eroa ryhmien eikä jaksojen välillä (Taulukko 4). Ryhmien välillä ei ollut eroa myöskään leptiini- ja IGF-1 pitoisuuksien välillä. Toisaalta on havaittavissa lievää tendenssiä, että IGF-1 pitoisuus oli alhaisin ryhmässä 4. Ryhmissä 1-3 IGF-1 pitoisuudet sen sijaan olivat samanlaiset. Leptiinipitoisuus ja IGF-1 vaihtelivat jaksoittain merkittävästi. Suurimmillaan pitoisuudet olivat jaksoilla I ja II.

3.2 Koe 2 (kevät-kesä 2008)

3.2.1 Ylläpito- ja tiineyskausi

Taulukko 5 Eläinten painot (g), rehunkulutus (g/eläin/pv), vedenkulutus (ml/eläin/pv) sekä tuotetun ulosteen (g/eläin/pv) ja virtsan (ml/eläin/pv) määrät ryhmittäin ja jaksoittain. Jaksot VI-VII tammikuun loppu ja maaliskuun alku. Jaksot VIII siemennyksen jälkeen huhtikuun lopussa ja jakso IX 12.-23.5.

	Ryhmä	Jakso				RR ¹	P-arvo		
		VI	VII	VIII	IX		Ryhmä	Jakso	R*J
Paino	1	11014	9539	7776	8331	623	0.0998	<0.0001	0.0031
	2	11524	10726	8140	8298				
	3	10958	10608	8248	8568				
	4	9553	9290	7355	8134				
Rehunkulutus	1	86	85	173	257	63	0.0025	0.01	0.0048
	2	201	199	126	226				
	3	296	294	133	251				
	4	301	300	308	329				
Vedenkulutus	1	338	502	442	376	143	0.5924	0.029	0.0657
	2	266	292	351	385				
	3	379	446	329	503				
	4	316	392	234	285				
Ulostetta	1	13	19	40	54	18	0.019	<0.0001	0.0002
	2	27	38	20	34				
	3	46	72	28	47				
	4	44	63	69	63				
Virtsaa	1	220	238	232	255	113	0.6434	0.0012	0.0612
	2	238	150	168	238				
	3	369	314	169	346				
	4	349	292	156	215				

Eläinten painoissa ei ollut tilastollista eroa ryhmien välillä (Taulukko 5). Jaksojen välillä sen sijaan oli merkitsevä ero ($P < 0.0001$). Painot olivat suurimmat jaksolla VI ja pienimmät jaksolla VIII. Ryhmien ja jaksojen välillä oli myös merkitsevä yhdysvaikutus. Rehunkulutuksessa oli merkitsevä ero sekä ryhmien että jaksojen välillä. Rehunkulutus oli alhaisin ryhmällä 1 ja suurin ryhmällä 4. Rehunkulutus oli korkeinta jaksolla IX. Vedenkulutuksessa oli merkitsevä ero jaksojen välillä. Kulutus oli korkein jaksoilla VII ja VIII (Taulukko 5). Tuotetun ulosteen määrässä oli ero sekä ryhmien että jaksojen välillä. Ulosteen määrä oli alhaisin ryhmällä 1 ja suurin ryhmällä 4. Tuotetun virtsan määrässä ei ollut eroa ryhmien välillä. Jaksojen välillä sen sijaan oli merkitsevä ero (Taulukko 5).

Taulukko 6 Kokonaisenergia (Gross energy, GE), ulosteen energia (faecal energy, FE), virtsan energia (urine energy ,UE), muuntokelpoinen energia (metabolisable energy ,ME) , lämmöntuotto (heat production, HE) ja nettoenergia (retained energy, RE), kJ/kg^{0.75} / päivä ryhmittäin. Jaksot VI-VII tammikuun loppu ja maaliskuun alku. Jaksot VIII siemennyksen jälkeen huhtikuun lopussa ja jakso IX 12.-23.5.

	Ryhmä	Jakso				RR ¹	P-arvo		
		VI	VII	VIII	IX		Ryhmä	Jakso	R*J
GE	1	132	130	262	357	93	0.0035	<0.0001	<0.0001
	2	249	235	164	299				
	3	386	354	187	342				
	4	424	389	479	484				
FE	1	17	23	47	66	16	0.0237	<0.0001	0.0041
	2	30	36	21	43				
	3	47	59	30	53				
	4	50	59	76	64				
UE	1	16	8	17	20	7	0.0764	0.0537	0.1501
	2	21	13	10	15				
	3	24	21	13	19				
	4	29	23	23	22				
ME	1	100	99	209	281	75	0.0053	<0.0001	0.0027
	2	198	186	161	270				
	3	316	274	145	270				
	4	345	307	367	384				
HE	1	273	206	399	486	92	0.803	<0.0001	0.0908
	2	314	175	378	362				
	3	391	188	345	474				
	4	316	205	340	374				
RE	1	-197	-112	-287	-184	95	0.0052	<0.0001	0.0699
	2	-119	10	-225	-98				
	3	-81	80	-200	-204				
	4	29	102	32	19				

Kokonaisenergiassa, ulosteiden energiassa, virtsan energiassa, muuntokelpoisessa energiassa sekä nettoenergiassa oli merkitsevä ero sekä ryhmien että jaksosten välillä (Taulukko 6).

Erytisesti jaksoilla VI ja VII energiamäärät ryhmässä 1 olivat selkeästi muita alhaisemmat voimakkaan ruokinnan rajoituksen vuoksi. Ryhmällä 4 rehumäärän lisäys selvästi nosti energiamääriä jaksolta VIII eteenpäin. Lämmöntuotossa ei ollut eroa ryhmien välillä.

Lämmöntuotto poikkesi merkitsevästi jaksosten välillä. Se oli alhaisin jaksolla VII. Ryhmästä 1 on poistettu yksi eläin kaikista luvuista, lisäksi yhdeltä eläimeltä ryhmästä 1 poistettu lämmöntuotto- ja nettoenergiatulokset. Nettoenergia oli pääosin negatiivinen ryhmillä 1-3 ja positiivinen ryhmällä 4 (Taulukko 6).

Taulukko 7 Kokonaistyyppi (total nitrogen , N), ulosteen tyyppi (faecal nitrogen ,FN), virtsan tyyppi (urine nitrogen ,UN) ja kudoksiin pidättynyt tyyppi (retained nitrogen , RN), g/kg^{0.75}/päivä. Jaksot VI-VII tammikuun loppu ja maaliskuun alku. Jaksot VIII siemennyksen jälkeen huhtikuun lopussa ja jakso IX 12.-23.5..

	Ryhmä	Jakso				RR ¹	P-arvo		
		VI	VII	VIII	IX		Ryhmä	Jakso	R*J
N	1	0.39	0.39	0.85	1.06	0.27	0.0037	<0.0001	<0.0001
	2	0.74	0.70	0.50	0.90				
	3	1.15	1.05	0.57	1.02				
	4	1.26	1.15	1.47	1.45				
FN	1	0.05	0.06	0.13	0.21	0.05	0.0484	<0.0001	0.0005
	2	0.08	0.10	0.05	0.11				
	3	0.13	0.16	0.08	0.13				
	4	0.14	0.15	0.21	0.16				
UN	1	0.25	0.29	0.68	0.72	0.20	0.1196	<0.0001	<0.0001
	2	0.58	0.48	0.44	0.65				
	3	0.90	0.79	0.48	0.69				
	4	0.96	0.86	0.77	0.62				
RN	1	0.10	0.03	0.13	0.14	0.10	0.1964	0.0048	0.0434
	2	0.09	0.13	0.11	0.29				
	3	0.12	0.10	0.01	0.19				
	4	0.16	0.14	0.20	0.23				

Kokonaistypessä ja ulosteen tyypessä oli merkitsevä ero sekä ryhmien että jaksosten välillä (Taulukko 7). Jaksoilla VI ja VII kokonaistyyppi oli alhaisin ryhmällä 1 ja korkein ryhmällä 4. Jaksolla IX ero ryhmien välillä oli vähäisin. Virtsan tyyppi ja kudoksiin pidättynyt tyyppi eivät eronneet ryhmien välillä. Ero sen sijaan löytyi jaksosten välillä: jaksolla VI määrät olivat alhaisimmat ja jaksolla IX korkeimmat (Taulukko 7).

Taulukko 8 Veren insuliini (µU/ml)-, leptiini (ng/ml)- ja IGF-1 (ng/ml) -pitoisuus koeryhmissä jaksottain

	Ryhmä	Jakso		RR	P-arvo		
		VI	VII		Ryhmä	Jakso	R*J
Insuliini	1	17.1	14.4	4.0	0.3882	0.0836	0.2015
	2	17.8	22.1				
	3	13.8	20.2				
	4	14.8	17.8				
Leptiini	1	1.16	1.05	0.15	0.9837	0.1228	0.2258
	2	1.12	1.17				
	3	1.21	1.03				
	4	1.13	1.09				

IGF-1	1	52.7	60.0	17.6	0.2549	0.001	0.031
	2	55.8	88.9				
	3	38.7	119.9				
	4	65.9	85.6				

Veren insuliini- ja leptiinipitoisuuksissa ei ollut eroa ryhmien välillä (Taulukko 8).

Leptiinipitoisuus ei eronnut myöskään jaksojen välillä. IGF-1 pitoisuudessa ei ollut eroa ryhmien välillä. Jaksojen välillä oli merkitsevä ero; pitoisuudet jaksolla VII olivat korkeammat kuin jaksolla VI (Taulukko 8).

3.2.2 Laktaatiokausi

Taulukko 9 Kokonaisenergia (Gross energy, GE), ulosteen energia (faecal energy, FE), virtsan energia (urine energy ,UE), muuntokelpoinen energia (metabolisable energy ,ME) , lämmäntuotto (heat production, HE) ja nettoenergia (retained energy, RE), kJ/kg^{0.75}/ päivä ryhmittäin jaksolla X (laktaatiokausi).

	Ryhmä			RR	P-arvo
	2	3	4		
GE	692	665	718	82	0.7778
FE	104	103	119	23	0.7329
UE	27	25	24	5	0.747
ME	561	536	575	64	0.7951
HE	561	575	607	69	0.783
RE	-0.03	-38.81	-31.86	79	0.8583

Ryhmälle 1 ei syntynyt pentuja. Tulokset on esitetty penikoineiden ryhmien 2-4 osalta Taulukossa 9. Imetyskaudella kokonaisenergiassa, ulosteiden energiassa, virtsan energiassa, muuntokelpoisessa energiassa ja nettoenergiassa ei ollut eroa ryhmien välillä. Nettoenergia oli ryhmissä negatiivinen. Ryhmässä 2 nettoenergia oli lähellä nollaa.

Taulukko 10 Kokonaistyppi (total nitrogen , N), ulosteen typpi (faecal nitrogen ,FN), virtsan typpi (urine nitrogen ,UN) ja kudoksiin pidättynyt typpi (retained nitrogen , RN), g/kg^{0.75}/päivä ryhmittäin jaksolla X (laktaatiokausi).

	Ryhmä			RR	P-arvo
	2	3	4		
N	2.10	2.02	2.17	0.25	0.8163
FN	0.30	0.29	0.38	0.06	0.239
UN	1.02	0.94	0.88	0.17	0.7482
RN	0.79	0.79	0.90	0.44	0.8219

Tulokset on esitetty penikoineiden ryhmien 2-4 osalta Taulukossa 10. Imetyskaudella kokonaistyypissä, ulosteen ja virtsan tyypissä eikä kudoksiin pidättyneessä tyypissä ollut eroa ryhmien välillä.

Taulukko 11 Pentutulos koeryhmissä. Pentuekoko=pentuja/penikoinut naaras.

	Ryhmä			
	1	2	3	4
Penikoineet naaraat	0	3	4	4
Pentuja yhteensä	0	16	20	23
Pentuekoko	0	5.33	5.00	5.75

Paras pentutulos (5.75 pentua/naaras) oli ryhmällä 4 ja huonoin (0 pentua/naaras) ryhmällä 1. Ryhmien 2-4 välillä ei ollut tilastollista eroa pentutuloksessa. Ryhmissä 3 ja 4 kaikki neljä kokeessa ollutta naarasta penikoivat. Ryhmällä 1 esiintyi ruokalakkoja tiineyden aikana.

4 Pohdinta

Tälle tutkimushankkeelle oli asetettu hyvin korkeat ja kunniakkaat tavoitteet: selvittää tarhatun siniketun energian tarve ja energian käytön tehokkuus elämän eri vaiheissa ja kausilla vuoden ympäri. Tutkimuksessa mitattiin tarkasti eri ikävaiheissa olevien eläinten energia-aineenvaihduntaa usealla eri jaksolla niin kasvukaudella kuin siitos- ja penikointikausillakin. Kuten tutkimustulokset osoittavat, saatiin runsaasti dataa ja tuloksia. Ongelmana tässä aineiston runsauden keskellä on tulosten arviointi, tulkinta ja pohdinta. Eräs puute tässä kokeessa oli se, että eläinten lukumäärä per ryhmä oli pieni eli vain 4. Lisäksi osa ketuista kuoli ja/tai poistettiin kokeen aikana. Tämä kaikki osaltaan hankaloitti tilastollisten erojen saamista. Toisaalta kokeessa oli ryhmissä viisi kerrannetta eli jaksoa kasvukaudella 2007 ja neljä kerrannetta siitoskaudella 2008. Tämä omalta osaltaan paransi tilastollisten testien luotettavuutta. Pentutulosten osalta ongelmana oli se, etteivät ryhmän 1 naaraat saaneet pentuja lainkaan. Meillä Suomessa on melko yleinen virhe/puute se, että turkiseläinkokeet tehdään liian pienillä eläinmäärillä. Yleensä tämä johtuu siitä, ettei ole riittävästi rahoitusta käytettävissä suurempien koeryhmien tekoa varten. Tähän on syytä harkita muutosta jatkossa. Miksi tehdä ”pienenbudjetin” kokeita, joista ei sitten saada riittävästi tulosta irti?

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että sinikettujen ruokintaan liittyy kaksi ongelmallista ääripäätä, sillä sekä ruokinnan liiallinen rajoittaminen että ylensyönti voivat aiheuttaa sekä tuotannollisia että fysiologisia ongelmia. Toisessa päässä on eläimen liiallinen nälkiintyminen ja toisessa taas liiallinen lihominen (Korhonen, 2009). Ruokinnassa joudutaankin taiteilemaan näiden kahden ääripään välillä. Ydinkysymys kuuluu, mikä on ruokinnallinen ihanne ja optimi suhteessa muuhun kokonaisuuteen tarhatulla siniketulla? Tämä tutkimus on omalta osaltaan pyrkinyt vastaamaan tähän.

Turkiseläinrehussa on määrätty kokonaisenergia. Se on lähinnä laskennallinen suure, koska sitä ei saada kaikkea hyödynnettyä. Osaa ravinnosta ei saada koskaan sulatettua, vaan se poistuu ulosteen mukana. Kun tämä määrä vähennetään kokonaisenergiasta, saadaan sulava energia. Sulava energia on siis se osa energiasta, joka on saatu ruuansulatuksen kautta imeytettyä ketun elimistöön. Tästäkään ei saada kaikkea talteen, sillä osa poistuu virtsan/ulosteen mukana. Jäljelle jäävä osa on sitten muuntokelpoinen energia. Muuntokelpoinen energia ilmoittaa paljonko energiavaineoaineista voidaan muuttaa ketun käyttämäksi energiaksi. Osa muuntokelpoisesta energiasta poistuu lämpönä, jota syntyy ruuansulatuksen ja ylipäätään kaikkien ravintoaineiden käsittelyn ja aineenvaihdunnan vaatiman työn tuloksena. Tämän kaiken jälkeen jäänyttä energiaa kutsutaan nettoenergiaksi ja sitä kettu voi hyödyntää esim. kasvamiseen, karvantuotantoon ja lisääntymiseen.

Syksyn 2007 kokeen tulokset kokonaisenergian ja muutonkelpoisen energian osalta ovat yksiselitteiset, loogiset ja johdonmukaiset. Mitä enemmän rehua eläimet söivät, sitä korkeammat ovat energiapitoisuudet. Annetun rehumäärän ja syödyn rehumäärän laskiessa myös energiapitoisuudet vähenivät samansuuntaisesti. Tulokset ovat samansuuntaiset myös ulosteiden ja virtsan energioiden suhteen. Nettoenergian osalta tulokset olivat selkeä ja loogiset, eli

nettoenergia oli suurin eläimillä jotka saivat syödäkseen eniten rehua ja päinvastoin. Keväällä 2008 nettoenergia oli pääosin negatiivinen ryhmissä 1-3 ja positiivinen ryhmässä 4. Negatiivinen nettoenergia johtuu siitä, että eläimet kuluttivat energiaa enemmän kuin saivat rehusta. Tämä johti selvään painon laskuun. Talvella ja keväällä 2008 rehuannokset olivat ketuilla alhaiset verrattuna kasvukauteen. Ryhmän 4 eläimet olivat kasvatuskauden kokeessa hyvin niukalla ravinnolla. Maaliskuun alussa ryhmän 4 eläimille lisättiin kuitenkin ruokintaa, muille ryhmille ei. Tämä merkittävästi selittää ryhmän 4 mitattua positiivista nettoenergiaa. Kokonaistyyppi, kudoksiin pidättynyt tyyppi sekä virtsan ja ulosteen tyyppi olivat siitoskaudella selvästi alhaisemmat kuin kasvatuskaudella. Tämä johtuu ainakin siitä, että syödyn rehun määrä siitoskaudella 2008 oli selvästi alhaisempi kuin kasvatuskaudella 2007. Toisaalta kasvavien eläinten metabolia on kasvukaudella huomattavasti kiivaampi kuin siitoskaudella. Tämä näkyy runsaampana typen erityksenä ja metabolia. Kasvatuskaudella kudoksiin pidättyy runsaammin tyyppiä koska sitä tarvitaan kasvuprosessissa. Talvikaudella eläin pyrkii minimoimaan lämmön- ja energianhukan. Näin myös typen osalta.

Syksyllä 2007 typen erityks oli ryhmissä samansuuruinen jaksoilla I ja II. Jaksosta III eteenpäin eroja kuitenkin ilmeni kuten tulokset osoittavat. Typen eritysmäärät heijastelevat selkeästi annetun rehun määrää. Kaikilla ryhmillä oli positiivinen typpibalanssi koko kokeen ajan. Tämä kertoo siitä, että proteiinien saanti rehusta oli riittävä takaamaan normaalin kasvun ja karvankehityksen (Koskinen ym. 2009). Myös kevään 2008 kokeessa typpibalanssi oli positiivinen. Eritetyn typen määrät olivat kuitenkin huomattavasti alhaisemmat kasvukauteen verrattuna. Havaitut vuodenaikaisvaihtelut typpimäärissä ovat normaaleja. Ryhmässä 1 voimakas ruokinnan rajoitus talvikaudella näkyy selkeästi alhaisina typpimäärinä (Taulukko 7). Vastaavasti ryhmässä 4 lisätty rehumäärä siitoskaudelta 2008 eteenpäin vaikutti typpimääriin.

Sinikettu on tasalämpöinen eläin eli se pyrkii pitämään ruumiinlämpönsä vakaana (+37...38 °C). Tasalämpöisyys edellyttää että lämmöntuotto ja lämmönhukka ovat keskenään tasapainossa. Lämpötila-alue, jossa eläin tulee toimeen perusaineenvaihdunnallaan, kutsutaan ns. termoneutraalivyöhykkeeksi. Vyöhykkeen laajuus vaihtelee eläinlajeittain. Kehon ja eristeiden (esim. turkki) eristysarvo vaikuttaa termoneutraalialueen sijaintiin. Termoneutraalille alueelle sijoittuu myös lämpötila-alue jolla eläimen rehunkäyttö on yleensä tehokkaimmillaan. Eläimen hyvinvoinnin kannalta tämä alue on oleellinen (Korhonen, 2013). Nuorten eläinten lämmönhukka on suurempi kuin aikuisten, siksi nuorten lämmöntuotto on myös suhteessa suurempi kuin aikuisten. Nuorten suurempi lämmönhukka johtuu pienemmästä ruumiin massasta ja huonommasta eristyksestä. Kokeen tulokset heijastelevat hyvin näitä yleisiä lämpöfysikaalisia periaatteita.

Lämmöntarpeen (lämmönhukan) kasvaessa kettu joutuu lisäämään aineenvaihduntaansa. Tähän tarvitaan energiaa. Lämmöntuoton lisääminen edellyttää eläimeltä yleensä rehun syönnin lisäämistä (Korhonen, 2013). Rajoitetulla ruokinnalla eläimen tuotos laskee, koska yhä suurempi osa energiasta menee lämmöntuottoon. Jos rehua on vapaasti saatavilla, eläimen rehunkulutus kasvaa.

Tässä tutkimuksessa mitattiin kettujen lämmöntuotto (heat production, HE). Se kertoo kuinka paljon energiaa kettu joutuu kuluttamaan pitääkseen peruslämmöntuottonsa yllä. Syksyllä 2007 lämmöntuotto oli suurinta jaksolla I mikä selittyy sillä että ketut olivat silloin nuorimpia. Niillä

lämmöntuotto ja metabolia ovat korkealla tasolla. Kokeen alussa jaksolla I lämmöntuotto oli samanlainen ryhmällä 1-3. Sen sijaan ryhmällä 4 oli nähtävissä hieman alentunutta lämmöntuottoa. Tämä johtuu siitä, että ryhmän saama energiamäärä rehussa oli vähäinen eli se ei kunnolla meinannut riittää edes lämmöntuottoon. Tämä näkyy myös huonontuneena tuotantopanoksena eli ryhmän kettujen painot jäivät kaikkein alhaisimmiksi. Lämmöntuotto kasvukaudella 2007 oli korkeampaa kuin siitoskaudella 2008. Tämä heijastelee kasvavien kettujen voimakkaampaa energiankulutusta ja metaboliaa. Talvella/keväällä ketut elävät säästöliekillä ja pyrkivät säästämään energiaa. Ne pyrkivät myös minimoimaan lämmöntuoton ja lämmönhukan.

Ketuilla kuten muillakin turkiseläinlajeilla esiintyy vuodenaikaisvaihtelua ruumiinpainossa (Fay & Stephenson 1989; Frafjord 1993; Angerbjörn ym. 1994; Korhonen & Niemelä 1998). Painot lisääntyvät tyypillisesti syksyä kohti ja taas laskevat kesää kohti. Eläinten painonkehitys syksyn 2007 kokeessa oli ruokintamääriin nähden looginen ja odotettu. Mitä enemmän rehua kettu söi, sen paremmin se kasvoi. Kevään 2008 kokeessa kettujen painot olivat korkeimmillaan tammikuussa ja alkoivat sitten laskea kevättä kohti. Tämänkin trendi on looginen ja odotettu. Jaksolla IX painot hieman nousivat jaksolta VIII. Tämänkin on loogista sillä eläinten rehunkulutus kasvoi vastaavasti jaksolta VIII jaksolle IX. Ryhmällä 1 oli voimakkain energian saannin rajoitus. Tämä näkyy selvästi ryhmässä voimakkaana painonlaskuna siitoskauden alkuun mennessä. Ryhmällä 1 ja 4 painot siitoskauden alussa olivat alhaisimmat. Eläinten painot selkeästi heijastelevat syödyn energian määriä (kasvatuskausi vs siitoskausi).

Ketut tarvitsevat yleensä vähemmän vettä talvi- kuin kesäkaudella. Eritetyn virtsan määrä kokeessa heijastelee juodun veden määrää. Kasvukaudella 2007 vedenkulutus oli korkeampi kuin siitoskaudella 2008. Vastaavasti kasvukaudella ketut tuottivat enemmän virtsaa. kasvukaudella virtsaan erittyneen typen määrä oli selvästi korkeampi kuin siitoskaudella. Tämä johtuu kasvatuskauden selvästi korkeammasta syödyistä rehümäärästä. Eritetyn ulosteen määrä heijastelee vuodenaikaismuutoksia syödyn rehun määrässä. Muutokset ulosteen ja virtsan määrissä vaikuttavat normaaleilta.

Monilla hormoneilla on merkittävä rooli eläinten fysiologisten prosessien säätelyssä ja eläinten sopeutumisessa vuodenajoin vaihtelevaan ympäristöön. Hormonaalinen säätely liittyy keskeisesti päivänpituuden ja valon määrän muutoksiin (Szymeczko ym. 2009). Eläinten energia-aineenvaihdunta ja sen säätely liittyy myös keskeisesti muutoksiin vuotuisessa valon määrässä. Sinikettu arktisena naalina on tottunut ja sopeutunut hyvin energia-aineenvaihdunnassa tapahtuviin voimakkaisiinkin vuodenaikaisvaihteluihin (Frafjord 1993; Angerbjörn ym. 1994).

Insuliinin tehtävä on säädellä elimistön energia-aineenvaihduntaa. Sen keskeisenä funktiona on säädellä erityisesti sokeriaineenvaihduntaa, mutta se säätelee samalla myös valkuaisaineiden ja rasvojen aineenvaihduntaa (Szymeczko ym. 2009). Verensokeri on tärkein insuliinineritystä säätelevä tekijä, ja insuliinineritys vähenee nopeasti, kun verensokeri alkaa laskea.

Voimakas ruokinta ja lihavuus kohottavat sekä veren sokeri- että insuliinitasoa ketuilla (Sepponen ym. 2014). Voimakkaalla paastolla saadaan insuliinitasot tehokkaasti normaaleiksi. Vuorokauden paastonneiden laihojen koirien seerumin paastoinsuliinin pitoisuudeksi on mitattu

keskimäärin 9 μ IU/ml ja lihavien koirien seerumin paastopitoisuudeksi keskimäärin 44 μ IU/ml (Verkest ym. 2012). Koirien ruokinnan rajoituksen pitkäaikaiskokeissa keskimääräinen plasman insuliinipitoisuus oli 33 % alhaisempi ruokintarajoitteisten ryhmässä (Larson ym. 2003). Tämä yhdessä alhaisen glukoositason kanssa osoittaa ruokintarajoitteisten koirien tehostunutta kykyä glukoosi-insuliini-aineenvaihduntaan, mikä on todettu myös mm. rotilla (Barzilai & Rossetti 1995) ja apinoilla (Kemnitz ym. 1994).

Syksyn 2007 kokeessa ei saatu eroa ryhmien välille insuliinipitoisuuksissa. Tämä johtuu ryhmien välisestä suuresta hajonnasta ja pienestä eläinmäärästä. On kuitenkin selvästi nähtävissä tendenssi erityisesti jaksoilla I-III, että verensokeri (insuliini) oli suurin ryhmällä I ja se laski ruokintamäärän laskiessa eli oli alhaisin ryhmällä 4. Insuliinipitoisuudet kevään 2008 kokeessa olivat samansuuruiset kuin kasvatuskauden 2007 kokeessakin. Jaksojen välillä ei saatu tilastollista eroa kasvatuskaudella 2007 eikä siitoskaudella 2008. Siniketun sokeriaineenvaihdunta/insuliinimetabolia on hyvin sopeutunut voimakkaisiin vuodenaikaisiin energiansaannin muutoksiin.

Leptiini on peptidihormoni, joka syntyy rasvasoluissa. Se välittää aivojen hypothalamukselle tietoa elimistön rasvavarastojen määrästä (Szymeczko ym. 2009). Leptiini säätelee mm. talviunta nukkuvien eläinten aineenvaihduntaa, energiankulutusta ja rasvakerroksen määrää. Kuten aiemmissa siniketututkimuksissa on todettu (Nieminen ym. 2001, Mustonen ym. 2005), leptiinipitoisuus on usein suoraan verrannollinen elimistön rasvavarastojen määrään; mitä enemmän rasvaa, sitä korkeampi pitoisuus. Laihdutus ja liikunta vähentävät veren ja kudosten liiallista leptiniä. Siniketulla eläimen paino / rasvanmäärä säätelevät tyypillisesti leptiinipitoisuutta vuodenajoittain (Sepponen ym. 2014). Ihmisen, jyräjoiden, kanin, lehmän ja sian munasarjoista on löydetty leptinireseptoreja (Trisolini ym. 2013). Leptiinin vaikutukset munasarjoihin ovat ristiriitaisia, hormonin on todettu vaikuttavan munasarjaan sekä estävästi että stimuloivasti (Ricci ym. 2006). Koiran vuorokausittainen keskimääräinen seerumin leptiinipitoisuus vaihteli aamun 2,3 ng/ml:sta illan 10,5 ng/ml:aan. Paaston aikana pitoisuus väheni alle 2,0 ng/ml:aan ja lisääntyi vasta seuraavan aterian jälkeen (Ishioka ym. 2005).

Syksyn 2007 kokeessa leptiinipitoisuuksiin ei saatu eroa ryhmien välillä. Erityisesti jaksoilla I-III tämä voi johtua siitä, että ketut olivat vielä nuoria eikä niillä ollut merkittävää ihonalaista rasvakerrosta. Jaksojen välillä löytyi kuitenkin tilastollinen ero. Tämä selittyy sillä että eläinten lihominen ja rasvoittuminen lisää leptiinipitoisuutta (Sepponen ym. 2014). Leptiinipitoisuudet tässä kokeessa olivat selvästi korkeammat kuin aiemmassa kokeessamme (Sepponen ym. 2014). Tätä eroa on vaikea selittää. Leptiinianalyysit tehtiin molemmissa kokeissa samassa laboratorioissa. Toisaalta siniketulla on aiemmissa tutkimuksissa (Szymeczko ym. 2009) havaittu samansuuruisia pitoisuuksia kuin tässä nykyisessä kokeessamme. Näin ollen tämän kokeen tulokset ovat melko lähellä sitä mitä ketuilla leptiinipitoisuudet yleisimmin ovatkin. Leptiinipitoisuuksissa ei ollut kovin suurta eroa kasvatuskauden 2007 loppujaksojen (IV,V) eikä siitoskauden 2008 jaksojen (VI,VII) välillä.

IGF-1 on kasvuhormonin vaikutusta välittävä peptidi, jota muodostuu pääasiassa maksassa. Lyhyen paaston on todettu alentavan elimistön IGF-1 tuotantoa. Aikuisten ruotsalaisten hirtvikoiranarttujen IGF-1-hormonipitoisuus oli keskimäärin 387 ng/ml (vaihteluväli 247 - 471

ng/ml) 3 - 7 viikkoa kiiman aikaisen emätinvuodon päättymisestä (Strage ym. 2014). Toisessa tutkimuksessa terveiden kontrollikoirien keskimääräinen seerumin IGF-1 -pitoisuus vaihteli välillä 30 - 300 ng/ml (Pedersen ym. 2005). Aiemmassa sinikettukokeessa (Sepponen ym. 2014) IGF-1 tasot olivat korkeimmillaan alkusyksystä jolloin eläinten kasvu ja ruokinta oli voimakkainta. Syksyä kohti pitoisuudet laskivat ja tasaantuivat vuodenvaihteen jälkeen. IGF-1 ja kasvuhormoni (GH) -tasot ovat yleensä samansuuntaisia kuten Sepponen ym. 2014-kokeessa havaittiin. Ruokintakäsittelyllä ei ollut vaikutusta IGF-1 -tasoihin kuten ei kasvuhormoni(GH) -tasoihinkaan. Syksyn 2007 kokeessa havaittiin sama ilmiö kuin aiemmassakin kokeessa (Sepponen ym. 2014) eli että IGF-1 tasot olivat korkeimmillaan nuorilla alkuvaiheessa ja pitoisuudet laskivat syksyä kohti. Tämä on hyvin loogista sillä IGF-1 liittyy läheisesti kettujen kasvuun; pituuskasvun päättyessä myös IGF-1 pitoisuudet laskevat. IGF-1 pitoisuudet olivat siitoskaudella 2008 alhaisemmat kuin kasvatuskauden 2007 jaksoilla I-IV. Kasvatuskauden 2007 jakson V arvot olivat lähellä siitoskauden 2008 jaksojen (VI,VII) arvoja. Jaksoilla V-VII eläimen pituuskasvu on jo selkeästi päättynyt, mikä näkyy alhaisempina IGF-1 arvoina.

Energian ja proteiinien tarve vaihtelee siniketulla vuodenaikojen mukaan (Fay & Stephenson 1989). Lisäksi tarve on erilainen kasvavilla, kantavilla ja imettävillä eläimillä. Tutkimus osoitti, että energian tarve voidaan määrittää mittaamalla kaikki, mitä menee eläimeen sisään ja mitä tulee ulos. Tutkimuksessa mitattiin tarkasti päivittäistä rehun, veden, virtsan ja ulosteen määrää sekä hengityskaasuja. Tällaisia tutkimuksia ei ole tässä laajuudessa aiemmin tehty tarhatuilla siniketuilla. Siksi tehty koe ja saadut tulokset ovat arvokkaita ja ainutlaatuisia. Siniketun ruokintaa voidaan varmaankin tulevaisuudessa täsmentää, nyt kun tiedetään aiempaa tarkemmin eläimen energian ja valkuaisen tarve (Koskinen & Rekilä, 2008). Tämä täsmentäminen jää rehutoimikuntien ja elinkeinon tehtäväksi.

Lisääntymistulokset (Taulukko 11) osoittivat, että paras pentutulos (5.75) oli ryhmällä 4 ja huonoin (0) ryhmällä 1, jolla esiintyi ruokalakkoja myös tiineyden aikana. Kantoajan viimeisillä viikoilla ruokinnalla ja emon ruokahalulla on suuri merkitys pentujen kuntoon syntymähetkellä sekä pentujen eloonjäämiseen. Aliravitsemistilassa olevilla naarailla on enemmän vaikeuksia penikoinnissa. Emon ravitsemuksellinen tila vaikuttaa myös penikoinnin käynnistymiseen (mm. hormonaaliset tekijät). Pienissä koeryhmissä kuten tässä kokeessa satunnaistekijöiden merkitys on suuri, ja kunnan vaikutus pentutulokseen tuleekin varmistaa isoilla eläinmäärillä.

Kuten Taulukot 9 ja 10 osoittavat energiapitoisuuksissa eikä typpimäärissä ollut ryhmien 2-4 välillä mitään eroa. Ryhmän 1 pentutulos oli 0 eli ko. naaraat eivät saaneet pentuja ollenkaan. Näiden naaraiden osalta energia- ja typpipitoisuuksia ei ole siksi laskettu. Kudoksiin pidäntynyt typpi oli korkeampi imetyskaudella kuin siitoskaudella. Tämä vaikuttaa loogiselta. Ryhmien 2-4 tulokset kertovat normaalista energia-aineenvaihdunnasta imetyskaudella.

Tutkimustulokset viittaavat siihen, että siniketun energiatarve on valo-ohjattu ja rehun sekä energian kulutus ja aineenvaihduntaa säätelevät hormonit heijastelevat vuodenaikaisvaihteluita. Biologisten rytmit kuten lisääntyminen ja metabolia ovat tiukasti sidottu vuodenaikaan. Tämä heijastuu monissa fysiologisissa muuttujissa; ne vaihtelevat vuodenajoittain. Erittäin lihavilla eläimillä, joilla on suhteellisen vähän rasvatonta lihasmassaa, on alhaisempi energian kulutus suhteessa metaboliseen painoon kuin hoikilla. On tärkeä kiinnittää huomiota eläinten oikeaan,

optimaaliseen ruokintaan. Se tulee suhteuttaa tarkasti vuodenaikaan ja siinä tapahtuviin muutoksiin. Tarhattujen kettujen hyvinvoinnissa on viime kädessä kyse oikeasta ruokintastrategiasta suhteessa vuodenaikaisiin energia-aineenvaihdunnan vaihteluihin.

Sinikettu on koiraeläinten heimoon (*Canidae*) kuuluva lihansyöjä (karnivoori). Alun perin arktisena naalina (*Alopex lagopus*) se on sopeutunut hyvin tehokkaaseen ravintoaineiden metaboliaan ja energia-aineenvaihdunnan vuodenaikaisvaihteluihin (Fay & Stephenson 1989; Frafjord 1993; Angerbjörn ym. 1994). Tämän tutkimuksen tulokset hyvin heijastelevat naalin tehokasta energiametaboliala myös tarhatulla siniketulla.

5 Kirjallisuus

- Adam, C.L. & Mercer, J.G. 2004. Appetite regulation and seasonality: implications for obesity. *Proceedings of the Nutrition Society* **63**, 413 – 419.
- Angerbjörn, A., Hersteinsson, P., Liden, K. and Nelson, E. 1994. Dietary variation in arctic foxes (*Alopex lagopus*) - an analysis of stable carbon isotopes. *Oecologia*, **99**, 26-232.
- Arendt, J. 1998. Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction* **3**, 13-22.
- Barzilai N, Rossetti L, 1995. The relationship between changes in body composition and insulin responsiveness in models of the aging rat. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **269**(3):E591-E597.
- Blache, D., Zhang, S. & Martin, G.B. 2003. Fertility in male sheep: modulators of the acute effects of nutrition on the reproductive axis of male sheep. *Reproduction Supplement* **61**, 387 – 402.
- Bocquier, F., Bonnet, M., Faulconnier, Y., Guerre-Millo, M., Martin, P. & Chilliard, Y. 1998. Effects of photoperiod and feeding level on perirenal adipose tissue metabolic activity and leptin synthesis in the ovariectomized ewe. *Reproduction Nutrition Development* **38**, 489-498.
- Brouwer, E. 1965. Report of sub-committee on constants and factors. In: Blaxter, K.L. (ed.) Energy metabolism of farm animals. EAAP Publication No. 11. London: Academic Press. pp 441 – 443.
- Chilliard, Y., Delavaud, C. & Bonnet, M. 2005. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domestic Animal Endocrinology* **29**, 3 - 22.
- Chwalibog, A., Jakobsen, K., Henckel, S. & Thobek, G. 1992. Estimation of quantitative oxidation and fat retention from carbohydrate, protein and fat in growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **68**, 123 – 135.
- Chwalibog, A., Tauson, A-H. & Thorbek, G. 2004. Energy metabolism and substrate oxidation in pigs during feeding, starvation and re-feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **88**, 101 – 112.
- Fay, F.H. & Stephenson, R.O. 1989. Annual, seasonal, and habitat-related variation in feeding habits of the Arctic fox (*Alopex lagopus*) on St. Lawrence Island, Bering Sea. *Canadian Journal of Zoology* **67**: 1986-1994.
- Forbes, J.M. 1982. Effects of lighting pattern on growth, lactation and food intake of sheep, cattle and deer. *Livestock Production Science* **9**, 361-374.
- Frafjord, K. 1993. Food habits of arctic foxes (*Alopex lagopus*) on the Western coast of Svalbard. *Arctic*, **1**, 49-54.
- Hansen, N.E., Finne, L., Skrede, A. & Tauson, A-H. 1991. Energiforsyningen hos mink og ræv. *NJF-utredning/rapport nr.63*, DSR forlag, Landbohøjskolen, København, 59 pp.
- Ishioka K, Hatai H, Komabayashi K, Soliman MM, Shibata H, Honjoh T, Kimura K & Saito M. 2005. Diurnal variations of serum leptin in dogs: effects of fasting and re-feeding. *Vet J* **169**:85-90.
- Kiani, A., Chwalibog, A., Nielsen, M.O. & Tauson, A-H. 2006. Partitioning of the energy expenditure of gestation in pregnant ewes using indirect calorimetry and a linear regression approach. Submitted to *Archives of Animal Nutrition*.
- Kemnitz JW, Roecker EB, Weindruch R, ym. 1994. Dietary restriction increases insulin sensitivity and lowers blood-glucose in rhesus-monkeys. *Am J Physiol* **266**(4):E540-E547.
- Klingenspor, M., Dickopp, A., Heldmaier, G. & Klaus, S. 1996. Short photoperiod reduces leptin gene expression in white and brown adipose tissue of Djungarian hamsters. *FEBS Letters* **399**, 290-294.

- Kennedy, G.C. 1953. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proceedings of the Research Society, London* **140**, 578 – 596.
- Korhonen, H. & Niemelä, P. 1998. Effect of ad libitum and restricted feeding on seasonal weight changes in captive minks (*Mustela vison*). *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 79: 269-280.
- Korhonen, H. T. 2009. Vapaus nälästä ja janosta . *Turkistalous* 81(3): 22-23
- Korhonen, H.T. 2013. Lämmönsäätely osana hyvinvointia. *Turkistalous* 85(2): 12-13.
- Koskinen, N., Pylkkö, P. & Rekilä, T. 2006. Early selection of young breeding blue foxes (*Alopex lagopus*) improves breeding result. NJF seminar no 392, Iceland August 2006.
- Koskinen, N., A-H. Tauson, J. Sepponen & T.Rekilä, 2008. Feeding history affects cub survival of young breeding blue foxes (*Alopex lagopus*), a field study. In: International Fur Animal Scientific Association 2008 Congress : August 19-23 : Halifax, Nova Scotia, Canada. *Scientifur* 32, 4: 16-17.
- Koskinen, H. & Rekilä, T. 2008. Hengitysmittaukset kertovat siniketun energian tarpeesta. *Maaseudun tiede* 65(3): 12.
- Koskinen, N., Sepponen, J., Rekilä, T. & Tauson, A-H. 2009. Energy metabolism of growing blue foxes. *NJF Seminar No. 427*. ss. 37-38, Vaasa.
- Larson BT, Lawler DF, Spitznagel EL & Kealy RD. 2003. Improved glucose tolerance with lifetime diet restriction favorably affects disease and survival in dogs. *J Nutr* 133:2887-2892.
- Lincoln, G.A. 1983. Melatonin as a seasonal time-cue: a commercial story. *Nature* **302**, 755.
- Lincoln, G.A. & Richardson, M. 1998. Photo-neuroendocrine control of seasonal cycles in body weight, pelage growth and reproduction: lessons from the HPD sheep model. *Comparative Biochemistry and Physiology* **119C**, 283-294.
- Lincoln, G.A., Rhind, S.M., Pompolo, S. & Clarke, I.J. 2001. Hypothalamic control of photoperiod-induced cycles in food intake, body weight, and metabolic hormones in rams. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative Comparative Physiology* **281**, R76-R90.
- Milne, J.A., Loudon, A.S., Sibbald, A.M., Curlewis, D.J. & McNeiley, A.S. 1990. Effects of melatonin and a dopamine agonist and antagonist on seasonal changes in voluntary intake, reproductive activity and plasma concentrations of prolactin and triiodothyronine in red deer hinds. *Journal of Endocrinology* **125**, 241-249.
- Mustonen A-M, Pyykönen T, Asikainen J, Hänninen S, Mononen J & Nieminen P. 2005. Circannual leptin and ghrelin levels of the blue fox (*Alopex lagopus*) in reference to seasonal rhythms of body mass, adiposity and food intake. *J Exp Zool* 303A:26-36.
- Nieminen P, Asikainen J, Hyvärinen H 2001. Effects of seasonality and fasting on the plasma leptin and thyroxin levels of the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) and the blue fox (*Alopex lagopus*). *J Exp Zool* 289:109-118.
- Pedersen HD, Falk T, Häggström J, Tarnow I, Olsen LH, Kvart C & Nielsen MO. 2005. Circulating concentrations of insulin-like growth factor-1 in dogs with naturally occurring mitral regurgitation. *J Vet Intern Med* 19:528-532.
- Ricci, A.C., Di Yorio, M.P., Faletti, A.G., 2006. Inhibitory effect of leptin on the rat ovary during the ovulatory process. *Reproduction* 132: 771-780.
- Sepponen, J., Korhonen, H.T., Eskeli, P. & Koskinen, N. 2014. Tuotanto- ja siitoskauden ruokinnan vaikutus siniketun rasva-aineenvaihduntaan ja siitoskuntoon. Loppuraportti 12.2.2014. 13 pp.
- Strage EM, Lewitt MS, Hanson JM, Olsson U, Norrvik F, Lilliehöök I, Holst BS & Fall T. 2014. Relationship among insulin resistance, growth hormone, and insulin-like growth factor I concentrations in diestrous Swedish elkhounds. *J Vet Intern Med* 28:419-428.
- Szymeczko, R., Mackowiak, P., Piotrowska, A., Boguslawska-Tryk, M., Burlikowska, K., Pruszyńska-Oszmalek, E., Sassek, M. & Szczepankiewicz, D. 2009. The level of selected hormones on peripheral blood in female polar foxes (*Alopex lagopus*) in relation to age. *Folia biologica* 57:213-218.
- Tauson, A-H. 1993. Effect of body condition and dietary energy supply on reproductive processes in the female mink (*Mustela vison*). *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* **47**, 37 – 45.
- Tauson, A-H. & Aldén, E. 1984. Pre-mating body weight changes and reproductive performance in female mink. *Acta Agriculturae Scandinavica* **34**, 177 – 187.

- Tauson, A-H, Chwalibog, A., Fink, R., Valtonen, M. & Wamberg, S. 1999. A proposed model for studies on regulation of food intake in a seasonal breeder, the mink (*Mustela vison*). In: Regulation of feed intake (eds: van der Heide, D., Huisman, E.A., Kanis, E., Osse, J.W.M. & Versteegen, M.W.A.) CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 109-114.
- Tauson, A-H, Chwalibog, A. & Ahlstrøm, Ø. 2004. Metabolic features of male blue foxes during feeding, starvation and realimentation. Proceedings 8th Meeting of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition, Budapest Hungary, September 2004, 103 – 104.
- Trayhurn, P., Bing, C & Wood, I.S. 2006. Adipose tissue and adipokines – energy regulation from the human perspective. *Journal of Nutrition* **136**, 1935S – 193S.
- Valtonen, M., Vakkuri, O. & Blomstedt, L. 1995. Autumnal timing of photoperiodic manipulation critical via melatonin to winter pelage development in mink. *Animal Science* **61**, 589-596.
- Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L. & Friedman, J.M. 1994. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature* **372**, 425 – 432.
- Verkest KR, Rand JS, Fleeman LM, Morton JM. 2012. Spontaneously obese dogs exhibit greater postprandial glucose, triglyceride, and insulin concentrations than lean dogs. *Dom Anim Endocrin* 42:103-112.