

JUSTERING AF NORMER FOR MAGNESIUM TIL GRISE

Per Tybirk

SEGES Gris

STØTTET AF

Svineafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Magnesiumindholdet i foderet skal sikre, at grise skal kunne aflejre 0,3-0,4 gram magnesium pr. kg tilvækst, og at somælk kan indeholde 0,13 gram magnesium pr. liter.

Sammendrag

Magnesium er et nødvendigt mineral for energiomsætninger samt for normale nerveimpulser og aflejres desuden i kød og knogler. Magnesiummangel kan både give nervøse grise og dårlig knogleudvikling, og ved alvorlig mangel kan der ses krampeanfald og dødsfald. For meget magnesium giver diarré og moderat overforsyning kan give forringet foderudnyttelse.

Den hidtidige norm på 0,4 gram magnesium pr. foderenhed til alle dyregrupper har været betydeligt under behovet for især smågrise og diegivende søer. Men det har i de fleste tilfælde været uden betydning, da foderets indhold oftest er over 1 gram pr. foderenhed.

Behovet for magnesium til grise er ret usikkert bestemt, da forsøgsgrundlaget er beskedent, som følge af at der normalt er magnesium nok i foderet uden tilsætning af magnesium. Men behovet kan estimeres, ud fra at der normalt aflejres 0,3-0,4 gram magnesium pr. kg tilvækst, og at somælk typisk indeholder 0,13 gram magnesium pr. liter.

Magnesium i fodermidlerne er delvist bundet i fytat og fordøjeligheden falder ved højt indhold af calcium og især fosfor, da magnesium bundfældes i tungt opløseligt calcium-magnesium-fosfat og magnesiumfosfat. Fordøjeligheden stiger moderat ved tilsætning af fytase. Ved fastsættelse af de nye normer er det antaget, at fordøjeligheden af magnesium fra fodermidlerne i typiske foderblandinger vil være mindst 30 %, når der er et højt indhold af fytase i foderet (150 % dosis eller mere).

Fordøjeligheden af magnesium i mineralske kilder afhænger af foderets indhold af calcium og fosfor og kan være op til 60 % ved lavt indhold af calcium og fosfor. I typisk grisefoder er magnesiumfordøjeligheden sandsynligvis kun 30-40 %, fordi også magnesium fra letopløselige

magnesiumkilder bindes i calcium-magnesium-fosfater i tarmen ved normale niveauer af calcium og fosfor i foderet.

Ud fra behovet pr. kg tilvækst, foderforbruget pr. kg tilvækst og en fordøjelighed på 30 % kan behovet for totalt magnesium til smågrise estimeres til 0,9 gram totalt magnesium pr. FEsv og behovet falder gradvist med stigende vægt. Diegivende søer bør have cirka 1,0 gram magnesium pr. FEso, mens drægtige søer kan nøjes med cirka 0,5 gram pr. FEso. Uden tilsætning af fytase til foderet skal behovene opjusteres med cirka 0,2 gram mere magnesium pr. foderenhed til alle dyregrupper.

I langt de fleste foderblandinger til grise over 15 kg er magnesiumbehovet opfyldt uden tilsætning af magnesium. Men i lavproteinfoder til grise under 15 kg kan der opstå et underindhold af magnesium, når der er lavt indhold af sojaproteinprodukter. Det opvejes muligvis af en højere fordøjelighed af magnesium, fordi calciumnormerne er lave i fravænningsfoder.

Højt indhold af calcium og fosfor reducerer ofte fordøjeligheden af magnesium, og da calcium og magnesium har fælles hormonel regulering, kan overskud af calcium øge tabet af magnesium i urinen, fordi nyrerne har svært ved at udskille et stort calciumoverskud og samtidig undgå tab af magnesium. Ved symptomer på magnesiummangel kan løsningen være at reducere tildelingen af calcium og fosfor fremfor at øge magnesiumtilskuddet.

Forslaget til nye normer sidst i denne publikation er implementeret i "Normer for Næringsstoffer".

Baggrund for justering

Magnesiums funktion

Magnesium (Mg) absorberes hovedsagelig fra bagerste del af tyndtarmen og indgår i mere end 300 enzymesystemer, som regulerer en række biokemiske funktioner i kroppen og er især vigtig for energistofskiftet, mineralbalance i blod og væv, protein og DNA-syntese samt ved overførslen af nerveimpulser. Magnesium er desuden en vigtig bestanddel i knogler [1]. Cirka 50-60 % af kroppens indhold af magnesium er indlejret i knoglerne, hvorfra magnesium også frigives efter behov, omend frigivelsen er langsom [1, 2]. I en dansk undersøgelse fra 1986 var magnesium i kroppen ved grise omkring 90 kg's vægt fordelt med 53 % i knogler, 40 % i kød, 5 % i blod og indvolde og kun knap 2 % i spæk og svær [3]. Indholdet i knoglerne vil variere med forsyningen af magnesium og calcium, da der tilsyneladende i et vist omfang kan indgå magnesium i stedet for calcium.

Der er betydelig fokus på magnesium i føde til mennesker, hvor magnesium betragtes som det "afslappende" mineral, som modvirker muskelkramper, hjertetilfælde, forhøjet blodtryk, søvnløshed, migræne, forstoppelse, angst, stress og depression – ligesom magnesiummangel kan være involveret i sukkersyge [1]. Der er dog langt mindre magnesium i typisk menneskeføde i forhold til magnesiumindhold i foder til grise.

Det er også udbredt at anvende magnesiumtilskud til at berolige stressede eller urolige heste og grise - se senere afsnit om tilskud.

Mangelsymptomer

Symptomer på magnesiummangel er svage koder og haser, bøjede forben på grund af svage koder, haltende gang, trippende gang ("stepping syndrome"), hyperirritabilitet, muskelrystelser, krum ryg, modvilje mod at stå op, samt reduceret ædelyst, tilvækst og forringet foderudnyttelse. Ved alvorlig mangel ses desuden lammelser, kramper og dødsfald

[4, 5]. Klare mangelsymptomer ses sjældent hos grise, fordi der normalt er magnesium nok i foderet [2].

I tilfælde af magnesiummangel vil en øgning af dosis medføre en hurtig restitution (fire timer for nervøse symptomer og allerede efter fire dage kan opnås normal benfunktion) [4].

Magnesiumindhold i fodermidler og foderblandinger – uden tilskud

Grunden, til at magnesium er dårligt undersøgt, er givetvis, at normalt foder indeholder rigeligt magnesium til at dække grisenes behov til normal vækst - uden tilskud af mineralsk magnesium. Det naturlige indhold i foder er typisk fra 1,0-1,9 gram pr. FESv afhængig af råvarevalg. Magnesiumindholdet i de vigtigste råvarer:

- Korn: cirka 0,8-0,9 gram pr. kg
- Sojaskrå: cirka 3 gram pr. kg
- Rapskage/skrå: 4,5-5 gram pr. kg
- Solsikkeskrå: cirka 6 gram pr. kg
- Kartoffelprotein og blodplasma, som bruges til smågrise, indeholder kun lidt magnesium, nemlig 0,1-0,2 gram pr. kg, hvorfor fravænningsfoder med både lavt proteinindhold og indhold af blodplasma og / eller kartoffelprotein kan komme ned under 1 gram magnesium pr. FESv.

Fordøjelighed af magnesium i relation til calcium, fosfor og fytatindhold

Magnesium reagerer med fytat og fosfater næsten på samme måde som calcium og deler desuden mange transportveje med calcium, og magnesiumomsætningen påvirkes af de samme hormoner som calcium. Det kan således betyde, at et stort overskud af calcium, som udskilles gennem nyrerne blandt andet ved at nedregulere PTH-hormonet, kan have den uheldige konsekvens, at der ved calciumoverskud måske også tabes magnesium fra nyrerne, selv om der faktisk er magnesiummangel [6].

Der er således nogle fællestræk for calcium og magnesium, men både niveauet i foderet og fordøjelighederne er højest for calcium.

I human litteratur er det angivet, at magnesium optages over hele tarmen, men især i den bagerste del af tyndtarmen, idet det estimeres, at der absorberes 11, 22, 56 og 11 % i duodenum, jejunum, ileum og colon [7].

En hollandsk forskergruppe har undersøgt magnesiumfordøjelighedens afhængighed af calcium- og fosforniveauet i rotteforsøg og påvist, at in vitro-opløseligheder i det store hele kan forklare magnesiumfordøjelighederne [8]. Forsøgene er udført med foder uden fytat - bestående af stivelse, sukker og casein tilsat vitaminer og mineraler, og hvor magnesiumkilden var magnesiumsulfat og hvor calcium og fosfor kom fra kridt og mononatriumfosfat. Der er således brugt meget letopløselige kilder til calcium, fosfor og magnesium, det vil sige letopløselige indtil de bliver blandet i tyndtarmen ved pH cirka 7.

Forsøgene viste, at magnesium havde en fordøjelighed på knap 60 % ved det laveste fosforniveau (1,8 gram kg foder), og at fordøjeligheden faldt til cirka 28 %, hvis der var cirka 5 gram fosfor og 7 gram calcium pr. kg foder, svarende til typisk grisefoder. Og her kom al magnesium fra vandopløseligt magnesiumsulfat. Da rotters fordøjelse ofte bruges som model for grise, må det formodes, at fordøjeligheden af magnesium også for grise primært styres af calcium- og fosforniveauet.

Det blev ligeledes påvist, at øget calcium (fra 1-7 gram pr. kg) reducerede magnesiumfordøjeligheden, hvis der var cirka 3,3 gram fosfor pr. kg – men ikke ved kun 1,8 gram fosfor pr. kg foder, da der her ikke var fosfor nok til at danne komplekser (ikke undersøgt forskellige calciumniveauer ved 5 gram fosfor pr. kg, kun at fordøjeligheden var lav ved både højt calcium og fosfor). Forklaringen synes at være, at der dannes vanskeligt opløselige magnesium-fosfater og måske især calcium-magnesium-fosfater, som kan binde en stor del af

foderets magnesiumindhold i bundfald. I disse forsøg var der kun 0,4 gram (letopløseligt) magnesium pr. kg foder.

Denne kompleksdannelse viser, at måling af magnesiumfordøjeligheder i enkeltfodermidler eller i magnesiumtilskud ikke giver ret megen mening, hvis det ikke sker i foder med normale niveauer af calcium og fosfor – og at fordøjeligheden af letopløseligt magnesium ikke er ret høj, hvis det blandes i foder med overskud af calcium og fosfor. Det er således ikke muligt at beregne indholdet af fordøjeligt magnesium ud fra målinger på fodermidler hver for sig.

Det normale, det vil sige ret høje niveau af calcium og fosfor i grisefoder, er sandsynligvis forklaringen på, at magnesiumfordøjeligheder i de fleste tilfælde er lave i normalt grisefoder og alt andet lige vil overskud af calcium og fosfor i forhold til behovet sænke udnyttelsen af magnesium.

Problemstillingen er tilsyneladende, at der ved højt indhold af calcium og fosfor vil dannes en betydelig mængde bundfald af calcium-magnesium-fosfater og at dette binder en større procentdel af magnesium end for calcium og fosfor, som der er mere af i foderet. Højt fosfor alene kan også danne bundfald af magnesiumfosfat ($MgHPO_4$), uden at der nødvendigvis er calcium i forbindelserne.

Ovennævnte rotteforsøg viser betydningen af kompleksdannelse i foder, hvor der slet ikke var fyttat til stede – i praksis er hovedparten af magnesium bundet i fyttat i de fleste fodermidler.

Hovedparten af magnesium i de fleste fodermidler er således bundet i fyttat i komplekse fyttatforbindelser, som indeholder både magnesium, calcium, kalium, natrium og mikromineraler. Når foderet kommer ned i maven, vil fyttat blive opløst mere eller mindre ved det lave pH. Er der fyttase til stede, nedbrydes en del af den opløste fyttinsyre. Ikke-nedbrudt fyttinsyre vil igen danne uopløselige fyttater med især de divalente mineraler, når pH stiger i tyndtarmen. De gendannede fyttater indeholder en større andel calcium, fordi der er tilsat meget calcium til foder, og fordi calcium let bindes i fyttat. På den måde skubber calcium andre positive ioner ud af fyttaterne.

I et forsøg med sogrise, der fik en blanding med 40 % rapsskrå og knap 60 % majsstivelse, blev der således fundet en fordøjelighed på 22 % for magnesium, når der hverken blev tilsat fyttase, calcium eller foderfosfat, mens magnesiumfordøjeligheden steg til 28 og 42 % ved tildeling af foderkridt til calciumniveauer på 7,2 henholdsvis 11,2 gram calcium pr. kg tørstof [9]. Der blev ikke tilsat foderfosfat sammen med kridt. Her er forklaringen, at calcium overtog magnesiums plads i fyttat, og at der derved var mere opløseligt magnesium i tarmen. Selv om der var overskud af calcium i tarmen, blev der næppe dannet calcium-magnesium-fosfat, fordi der var meget lidt ufordøjet fosfat, når eneste fosforkilde var fosfor fra rapsskrå, hvor hovedparten af fosforet var bundet i fyttat.

I forsøg med fyttase vil nedbrydningen af fyttat frigøre mere opløseligt magnesium fra fyttaten – ulempen for magnesiumfordøjeligheden er, at der også frigøres mere frit fosfat – som derefter kan danne calcium-magnesium-fosfat. Det kan være årsagen til, at fyttase ikke virker helt så godt på magnesiumfordøjelighed som på calciumfordøjelighed.

Kemisk kan man sige, at dannelsen af calcium-magnesium-fosfat betyder meget mere for magnesium end for calcium og fosfor, fordi der er mindre magnesium. Hvis 10 %, fx 0,7 gram af foderets calcium, bindes i Ca-Mg-fosfat, vil der samtidig skulle bindes samme antal ioner magnesium, det vil sige 0,4 gram (molvægt 40 henholdsvis 24) eller cirka 30 % af foderets magnesium. Også bundfald af $MgHPO_4$ er et større problem for magnesiums end for fosfors fordøjelighed, når det måles i procent af foderets indhold af mineralet.

Fordøjelighed af magnesium i griseforsøg uden fytasetilsætning

Litteraturen tyder på, at fordøjeligheden af magnesium udelukkende fra planter kun er 20-30 % i majsbaseret foder uden fytase, hvor fordøjeligheden af Heugthen et al. [2] er angivet til 20-25 %, mens andre hollandske undersøgelser har fundet et gennemsnit på 28 % i en række forsøg med både majs og byg-hvede baseret foder [10]. I en dansk undersøgelse uden fytase [11] og uden fosfortilskud var fordøjelighederne af magnesium i byg, hvede, havre og rug uden tilskud af kridt 20-35 %, mens fordøjeligheden med tilskud af 3,5 gram calcium pr. kg foder blev forøget til 35-42 %. Herved steg calciumindholdet fra cirka 0,5 til cirka 4 gram pr. kg foder.

Denne danske undersøgelse [11] viser ligesom undersøgelsen med rapsskrå, at calciumtilskud kan øge magnesiumfordøjeligheden i foder uden tilskud af foderfosfat og uden fytasetilsætning. Årsagen er igen, at calcium overtager magnesiums plads i fytat i tyndtarmen, og at der ikke er tilstrækkeligt med frie fosfatgrupper i tyndtarmen til at danne calcium-magnesium-fosfat. Men sådanne forsøg kan ikke forudsige magnesiumfordøjeligheden i praktisk foder med højere tilskud af calcium og fosfor.

Et norsk forsøg, hvor foderet var havre og sojaskrå, fandt en magnesiumfordøjelighed på 38-41 %, som ikke blev ændret signifikant af en lav dosis fytase [12].

I en fransk undersøgelse var fordøjeligheden af magnesium i foder uden fytasetilsætning 28 % ved normal D-vitaminforsyning (500 IE), men steg ved højere tildeling af D-vitamin [13].

Effekt af fytase i forsøg med grise

I et majs-sojaskråbaseret foder var fordøjeligheden 26-29 % uden fytase og steg til 34 % ved 1.000 FTU phyzyme og 37 % ved 20.000 FTU [14].

Et norsk forsøg fra 2021[15] fandt ingen forskel i magnesiumfordøjelighed med og uden 500 FYT Hiphos fytase i en foderblanding med højt magnesiumindhold (2,2 gram pr. kg) - stammende blandt andet fra 20 % hvedeklid og 8 % rapsskrå – til smågrise fra 20 kg. Her var magnesiumfordøjeligheden 31-33 % ved cirka 5 gram calcium og 5 gram fosfor pr. kg foder, hvor al fosfor stammede fra fodermidlerne, mens der var et lille calciumtilskud. Fytase øgede fosfor- og calciumfordøjelighederne markant, men den manglende effekt på magnesium kan skyldes, at den større frigivelse af magnesium fra fytat opvejes af en større bundfald dannelse i calcium-magnesium-fosfater, når calcium og fosfor frigøres fra fytat.

En hollandsk undersøgelse med fytasetilsætning til et foder med 86 % majs og 12 % sojaskrå fandt en fordøjelighed på kun 22 % uden fytase, som steg til 28 % med 900 FTU Natuphos fytase [16]. Den lave fordøjelighed i dette forsøg kan skyldes den høje andel af majs, hvor magnesium er bundet til fytat, mens fordøjeligheden har været højere i forsøg ved større andel af magnesium fra sojaskrå, hvor en større andel af mineralerne ikke er bundet i fytat.

En undersøgelse fra University of Illinois fra 2019 med smågrise, der fik en majsblending med 33 % sojaskrå, fandtes højere fordøjeligheder end i andre forsøg, nemlig 46 % uden fytase, stigende til 56 % og 62 % ved 1.500 og 2.500 fytaseenheder [17]. I dette forsøg var fordøjelighederne af fosfor på 58 % uden fytase og kom helt op på 86 % ved højeste fytasedosis, hvilket giver mistanke om en systematisk overvurdering af fordøjelighederne i dette forsøg. Dog kan de høje magnesiumfordøjeligheder til dels skyldes, at der kun var 5 gram calcium og 3,7 gram fosfor pr. kg foder. Da det meste calcium og fosfor blev fordøjet ved de høje fytasedoser, var der ikke ret meget tilbage til at danne calcium-magnesium-fosfater. Forsøget kan bruges til at vise, at fytase kan øge magnesiumfordøjeligheden betydeligt, hvis der er et lavt niveau af calcium og ingen fosfortilskud.

Der er således nogenlunde enighed om, at fytase øger fordøjeligheden af magnesium, mens der er betydelig usikkerhed omkring, hvor høj fordøjeligheden bliver. Det synes at afhænge en del af niveauet af calcium og

fosfor i foderet. Det vurderes dog, at det er sikkert at regne med en fordøjelighed på 30 % af det naturlige magnesiumindhold fra råvarene, hvis der er høj fytasedosis, det vil sige 150 % eller højere dosering, og hvis calcium og fosfor følger normerne. Uden fytase er magnesiumfordøjeligheden formentlig cirka 5 % lavere.

Det kan være forvirrende, at tilskud af calcium kan øge fordøjeligheden af magnesium i forsøg med råvarer, hvor der ikke tildeles hverken fytase eller foderfosfat, mens det er omvendt i typiske foderblandinger. Det skyldes, at der ikke er frit fosfat til at danne calcium-magnesium-fosfat i råvareforsøgene, og at calcium "skubber" magnesium ud af fytat, så der er mere opløst magnesium i tyndtarmen. Ved praktisk fodring med tilskud af calcium og foderfosfat er situationen anderledes. Ved høj dosis fytase er det ikke binding i fytat, som giver problemer. Den lave magnesiumfordøjelighed skyldes i stedet, at overskud af calcium- og fosfationer danner calcium-magnesium-fosfat, når pH kommer op omkring 7 i tyndtarmen. Her medfører ekstra calcium og fosfor derfor lavere magnesiumfordøjelighed.

Den laveste fordøjelighed af magnesium opnås i foder uden fytase med overskud af både calcium og fosfor, da magnesium i tyndtarmen både kan være bundet i fytat og i calcium-magnesium-fosfat.

Da overskydende calcium i forhold til grisenes behov medfører udskillelse af både calcium og magnesium med urinen på grund af fælles hormonel regulering [6], vil overskud af calcium både sænke fordøjeligheden af magnesium og øge tabet med urinen, hvilket måske kan forårsage magnesiummangel, selv om foderets magnesiumniveau er normalt.

Fordøjelighed af magnesiumtilskud

Fordøjeligheden af mineralske magnesiumkilder vil være afhængig af foderets sammensætning, det vil sige foderets indhold af fytat, calcium og fosfor. Som vist i det hollandske rotteforsøg [8], halveres fordøjeligheden af magnesium fra vandopløseligt magnesiumsulfat (fra knap 60 til knap 30 % - aflæst på figur i den aktuelle doktorafhandling [8]), når der er 7 gram calcium og 5 gram fosfor i foderet i forhold til foder uden tilskud af calcium og fosfor. I forsøg til bestemmelse af magnesiumbehov hos smågrise med "syntetiske" foderblandinger uden fytat, hvor magnesium kom fra både vandopløseligt magnesiumcarbonat og magnesiumsulfat, blev fordøjeligheden af magnesium estimeret til 60 %, men der var også her lavere indhold af calcium og fosfor end i typisk smågrisefoder i dag [10].

Der er fundet en fordøjelighed af magnesium på 39 % fra magnesiumoxid og cirka 36 % fra calcium-magnesium-fosfat, når disse er tilsat til foderblandinger med minimalt indhold af fytat og lavt indhold af naturligt magnesium (majsstivelse, roepiller, kartoffelprotein mm) [18]. Disse fordøjeligheder blev opnået i foder, som kun indeholdt cirka 1,8 gram fosfor og 5,0 gram calcium pr. kg foder, hvilket sandsynligvis betyder, at fordøjeligheden i dette forsøg er højere, end den vil være i typisk foder med mere calcium og fosfor. Både magnesiumoxid og calcium-magnesium-fosfat er tungtopløselige magnesiumkilder.

Sammenfattende er den maksimalt fundne magnesiumfordøjelighed cirka 60 % i foder med meget lavere indhold af calcium og fosfor end typisk foder. I typisk foder med fytase og med 6-8 gram calcium og 4-5,5 gram fosfor tyder det på, at fordøjeligheden ikke afhænger ret meget af magnesiumkilden, da fordøjeligheden styres af graden af bundfaldsdannelse med calcium og fosfor. Det er usikkert, om tilsat magnesium ren faktisk har højere fordøjelighed end de cirka 30 %, som er fundet for magnesium fra fodermidlerne i foder med fytase, men det er dog sandsynligt, at magnesium fra letopløselige kilder som magnesiumsulfat og magnesiumkarbonat har en lidt højere fordøjelighed end magnesium fra fodermidlerne.

Det har ikke været muligt at finde forsøg vedrørende den marginale fordøjelighed af mineralisk magnesium tilsat til typisk fytatrigt basisfoder med normale calcium- og fosforniveauer.

Sammenfattende konkluderes det, at fordøjeligheden af magnesiumtilskud afhænger lidt af magnesiumtilskuddets opløselighed, men især af foderets indhold af calcium og fosfor. Det er sandsynligt, at

fordøjeligheden af magnesium fra de tungtopløselige magnesiumkilder magnesiumoxid og calciummagnesium-fosfat (dolomit) er omkring 30 % ligesom fodermidlernes magnesium, mens fordøjeligheden af vandopløselige kilder som magnesiumsulfat og magnesiumcarbonat måske ligger omkring 40 %. Men det må pointeres, at det er et fagligt skøn, da der mangler forsøg i typisk foder. Den vigtigste faktor synes at være mængden af calcium og fosfor i den bagerste del af tyndtarmen, hvor magnesium især optages [8].

Behov for fordøjeligt magnesium pr. kg tilvækst

Normen for magnesium i foder har været 0,4 gram pr. foderenhed til alle dyregrupper i mere end 25 år. Grundlaget for denne norm er usikkert. Måske stammer normen fra smågriseforsøg af ældre dato (1959-1965) [4, 5], som viste, at et "syntetisk" foder tilsat magnesiumcarbonat gav normal vækst ved 0,3 gram magnesium pr. kg foder, og at mangelsymptomer forsvandt ved 0,4-0,5 gram magnesium pr. kg foder [4, 5]. Jongbloed har i en rapport for CVB [10] beregnet, hvad dette niveau af totalt magnesium svarer til i fordøjeligt magnesium, da fordøjeligheden i tilsvarende "semisyntetisk" foder næsten uden fytat har været cirka 60 %, når magnesiumkilden var magnesiumkarbonat. Deraf kan beregnes, at de 0,45 gram totalt magnesium svarer til $0,45 \times 0,6 = 0,27$ gram fordøjeligt magnesium pr. kg foder. Dette kan ved cirka 2 kg foder pr. kg tilvækst omregnes til cirka 0,54 gram fordøjeligt magnesium pr. kg tilvækst baseret på et forsøg fra 1959 af Mayo et al. [4].

I CVB's redegørelse [10] for magnesiumbehov er der også set på et smågriseforsøg fra 1965 [5], hvor der blev fundet en aflejring på 0,22 gram magnesium pr. kg foder, når der var nok magnesium til at sikre tilvækst og undgå mangelsymptomer. I dette forsøg var foderforbruget kun 1,4 kg foder pr. kg tilvækst, svarende til en aflejring på 0,31 gram magnesium pr. kg tilvækst. I forsøget blev 85-90 % af det fordøjede magnesium aflejret ved et niveau, hvor behovet for magnesium blev vurderet til at være dækket, det vil sige ved en magnesiumtilførsel på cirka 0,31 aflejret / 0,88 aflejret af fordøjret = 0,35 gram fordøjeligt magnesium pr. kg tilvækst.

I hollandske analyser af indhold af mineraler pr. kg tilvækst er der i CVB-rapporten [10] angivet en aflejring på 0,29 gram pr. kg tilvækst for smågrise og 0,26 gram pr. kg tilvækst for grise mellem 20 og 80 kg. Denne aflejring er ikke koblet med forskellig magnesiumforsyning, men anvendes af forfatterne som "den normale aflejring" til at beregne behov i foderet.

I det danske forsøg fra 1986 indeholdt grise ved 90 kg cirka 0,35 gram magnesium pr. kg gris ved fodring med en normal korn-sojaskråblanding – og derfor jo nok samme niveau pr. kg tilvækst op til 90 kg [3]. En fransk undersøgelse med grise fra 15-60 kg med varierende magnesiumkilder og niveauer angiver en betydelig variation i både fordøjeligheder og aflejring (detaljer mangler, da der kun er fundet et abstract). Aflejringen i knogler var i gennemsnit 4 gram pr. kg tørstof, men varierede fra 3-7 gram pr. kg tørstof (ikke oplyst pr. kg tilvækst) [9] – hvilket er højere end i den danske undersøgelse [3], hvor indholdet i knogler var 2,4 gram pr. kg tørstof. Det må derfor formodes, at grisene i det franske forsøg aflejrede mere end de 0,35 gram magnesium pr. kg tilvækst, som blev fundet i den danske undersøgelse.

Det tyder på, at højere magnesiumforsyning medfører større indlejring i knogler, men at denne merindlejring ikke er nødvendig for normal knoglevækst eller for grisenes vækst. Selv om magnesium er nødvendig for knoglevækst, udgør magnesiumindlejringen i knogler kun 2-3 % af calciumindlejringen, idet der typisk indlejres 8-8,5 gram calcium pr. kg tilvækst, hvoraf 98-99 % aflejres i knogler, mens det er 50-60 % af 0,3-0,4 gram magnesium pr. kg tilvækst, som normalt aflejres i knogler (typisk procentdel magnesium af calcium i knogler kan beregnes således: $(0,35 \times 0,55) / (8,25 \times 0,98) \times 100 \% = 2,4 \%$).

Der findes tilsyneladende ingen forsøg, som kan afklare behovet for magnesium ved den aktuelle produktivitet ved danske smågrise, søer samt slagtegrise og ved de fordøjeligheder af magnesium, som opnås i det foder, der anvendes i dag.

Indholdet af fordøjeligt magnesium pr. foderenhed bør sikre, at magnesiumforsyningen er opretholdt i hele den periode, hvor grisene får den aktuelle blanding. Ved anvendelse af enhedsfoder (30-115 kg) til slagtegrise betyder det, at behovet for magnesium skal beregnes ud fra foderudnyttelsen ved 30-40 kg. Det skyldes, at grisene i forsøg reagerer hurtigt på magnesiummangel.

På basis af den tilgængelige litteratur tyder det på, at grisenes behov er dækket ved en forsyning svarende til cirka 0,4 gram fordøjeligt magnesium pr. kg tilvækst. Ved denne tildeling vil grisene sandsynligvis aflejre 80-90 % af det tildelte magnesium, mens resten udskilles med urinen. Højere tildeling kan medføre både højere aflejring, men især større udskillelse med urinen. Denne højere aflejring synes at være unødvendigt for grisenes vækst og knogleudvikling.

Behovet for fordøjeligt magnesium pr. FEsv for grise i vækst kan på denne måde beregnes som vist i tabel 1, hvor dette behov desuden er omregnet til totalt indhold i gram pr. foderenhed. Der er desværre ikke viden nok om fodermidlernes fordøjelighed til at bruge fordøjeligt magnesium som normgrundlag. Der er dels manglende data og dels det problem, at målinger på enkeltfodermidler ved lavere niveau af calcium og fosfor end i praktisk foder er misvisende for fordøjeligheden ved normale niveauer af calcium og fosfor i grisefoder.

Tabel 1. Modelberegnet behov for fordøjeligt magnesium og totalt magnesium i gram pr. FEsv ved en fordøjelighed på 30 %

Vægtinterval, kg	6-15	15-30	30-60	30-115	60-115	115-160
Ford. magnesium, g pr. kg tilvækst	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
FEsv pr. kg tilvækst*	1,5	1,6	2,0	2,1	2,4	3,0
Ford. magnesium, g pr. FEsv	0,27	0,25	0,2	0,19	0,17	0,13
Totalt magnesium, g pr. FEsv	0,9	0,9	0,7	0,7	0,6	0,5

*Begningsgrundlag for starten af den aktuelle periode

I praktiske foderblandinger vil ovenstående behov for magnesium stort set altid være overholdt, dog kan man komme under 0,9 gram totalt magnesium i fravænningsblandinger med lavt indhold af sojaprodukter, da kartoffelprotein og blodprodukter har lavt indhold af magnesium. Det er dog sandsynligt, at magnesiumfordøjeligheden kan være højere end 30 % i fravænningsfoder, fordi den lave calciumtildeling i normer til fravænningsfoder begrænser dannelsen af calcium-magnesium-fosfat. Det er derfor usikkert, om grisene oplever magnesiummangel, selv om indholdet er lidt under 0,9 gram totalt magnesium pr. FEsv i fravænningsfoder.

Magnesium til søer

Der er fundet tre angivelser for indhold af magnesium pr. kg somælk. I den hollandske rapport af CVB [10] er det angivet, at somælk indeholder cirka 0,13 gram magnesium pr. kg som gennemsnit af 58 analyser. En slovakisk undersøgelse fra 2016 fandt et indhold på 0,10-0,12 gram magnesium pr. kg somælk [20], mens en kinesisk undersøgelse fra 2014 [21] fandt 0,11-0,13 gram magnesium pr. kg somælk. En ældre amerikansk undersøgelse [22] fandt også 0,13 gram magnesium pr. kg somælk. Da der er ret god overensstemmelse mellem undersøgelser og flest analyser i undersøgelsen omtalt i den hollandske rapport [10], kan det konkluderes, at der skal være tilstrækkeligt magnesium i sofoderet til at sikre et indhold på cirka 0,13 gram magnesium pr. kg somælk.

Hvis det antages, at en diegivende so fodret med 7 FEso pr. dag i toplaktationen skal kunne yde 14 kg mælk uden at tære på kroppens magnesiumreserver, skal soen kunne levere $14 \text{ l} \times 0,13 \text{ gram magnesium pr. liter} = 1,8 \text{ gram magnesium i mælken pr. dag}$. Antages fordøjeligt magnesium at kunne indlejres i mælk med en effektivitet på 90 %, er behovet for fordøjeligt magnesium til mælkeproduktion cirka $1,8 / 0,9 = \text{cirka } 2 \text{ gram pr. dag}$ eller ved 7 FEso $= 2 / 7 = 0,29 \text{ gram fordøjeligt magnesium pr. FEso}$. Det er dog usikkert, om fordøjet magnesium kan indlejres i mælk med 90 % effektivitet – det er skønnet ud fra calciums og fosfors indlejringseffektivitet.

Ved en fordøjelighed på 30 % vil 0,29 gram fordøjeligt magnesium pr. FEso svare til 1 gram totalt magnesium.

Som en sidebemærkning kan det konstateres, at pattegrise ved cirka 4 liter somælk pr. kg tilvækst får $4 \cdot 0,13 = 0,52$ gram magnesium pr. kg tilvækst, og at smågrise fra 5-20 kg i nævnte hollandske rapport [10] er angivet til at aflejre 0,29 gram magnesium pr. kg tilvækst. Det vil kræve, at pattegrise indlejrer cirka 56 % af mælkens magnesiumindhold. Det er sandsynligt, at magnesiums fordøjelighed er mindst 56 % i somælk, da somælk næppe giver betydende bundfald af magnesiumsalte i tarmen. De 0,13 gram magnesium pr. kg mælk er derfor sandsynligvis rigeligt til at dække pattegrisenes behov.

For drægtige søer er det sandsynligt, at fordøjeligheden af magnesium er endnu lavere end de 30 %, da drægtige søer har en betydelig andel ufordøjet calcium og fosfor i tyndtarmen, fordi de tilsyneladende nedregulerer absorptionen af calcium og fosfor, hvis der er overskud i forhold til deres behov. Dette kan derfor gå ud over fordøjeligheden af magnesium. Antages det, at drægtige søer også aflejrer 0,3-0,4 gram magnesium pr. kg tilvækst, og at de bruger mindst 4 foderenheder pr. kg tilvækst, er behovet for fordøjeligt magnesium kun 0,1 gram pr. FEso. Hvis magnesiumfordøjeligheden kun er 20 %, betyder det et behov på 0,5 gram totalt magnesium pr. FEso.

Det er usikkert, om stor overforsyning med calcium, som ofte bruges i praksis, kan give risiko for betydelige tab af magnesium med urinen på grund af den nævnte fælles regulering af calcium- og fosforudskillelse med urinen – men der vil normalt være rigeligt med magnesium, hvis man nøjes med normindhold af calcium.

Magnesiumtilskud til stressfølsomme grise og mod forstoppelse

Det har været udbredt at tilsætte magnesium til foderet, selv om det basale behov til at undgå mangelsymptomer har været opfyldt for at opnå enten:

1. Reduceret stressniveau, herunder halebid og også transportstress til slagteriet for halotan-følsomme grise
2. Mindre risiko for forstoppelse hos søer i farestalden.

Der er gennemført en række forsøg med tilsætning af magnesium som magnesiumoxid eller magnesiumsulfat for at forhindre dødsfald på grund af transportstress på vej til slagteriet og for at teste effekten på kødkvalitet [2]. Det var relevant for en del år siden, hvor der var mange stress(halotan)-følsomme grise, især i udlandet (halotan-følsomhed er selekteret væk i danske gener). I sådanne forsøg er der fx testet tildeling af 0,5 % vandfri magnesiumsulfat (1-1,2 gram magnesium pr. kg foder) i de sidste fem dage før slagting [23]. Der er rapporteret moderat positive effekter eller ingen effekt på kødkvalitet, og uændret tilvækst på grisene ved denne dosering i disse korttidsforsøg. Der er i et af forsøgene målt et fald i grisenes udskillelse af stresshormoner [2], men i en del forsøg er ekstra magnesium uden effekt på adfærden [24]. Kontrolfoderet har i alle tilfælde været uden fytase.

Disse problemstillinger er også gennemgået i en nyere reviewartikel, som i 16 publicerede forsøg fandt en reduktion af mindst en stressindikator i 10 forsøg, men også den modsatte effekt i to forsøg. Generelt har disse forsøg alene set på effekt af tilskud uden at forholde sig til det naturlige indhold i foderet, og de positive effekter har været moderate og er især opnået omkring stressende begivenheder, fx ved transport, flytning og sammenblanding af grise [26].

Ifølge amerikanske anbefalinger [2] kan magnesium således tildeles til stressdæmpning ved sammenblanding af grise – også ved transport til slagteriet – og til at modvirke uheldig adfærd som fx halebid. I Danmark har det også i mange år været udbredt praksis at tilsætte 0,1-0,2 % magnesiumoxid eller 0,1-0,2 % magnesiumsulfat i "halebidsblandinger" for at dæmpe grisenes aktivitet og risikoen for halebid – ofte i kombination med 0,1-0,2 % ekstra salt og eventuelt lidt forhøjet fosforindhold. Om det virker, er meget usikkert, da det ikke er testet i kontrollerede forsøg med to niveauer af magnesium i samme periode.

De amerikanske anbefalinger omfatter også brug af 0,5-1 % magnesiumsulfat i foder til søer omkring faring for at modvirke forstoppelse [2]. Et kinesisk forsøg [21] har vist, at man med en dosis i foder på 0,26 % magnesiumsulfat (med 17 % magnesium) kunne sænke andelen af søer med forstoppelse fra 57 % på kontrollfoder til 21 % på forsøgsfoder, hvor effekten af lavere dosis var midt imellem. De 0,26 % magnesiumsulfat tilførte 0,45 gram magnesium pr. kg foder og effekten opstod, selv om der var cirka 2 gram magnesium pr. kg i basisfoderet. Der er ikke tilstrækkelig dokumentation for, at det generelt anbefales at øge doseringen af magnesium i dansk sofoder, hvor vi i stedet modvirker forstoppelse med fiberrigt foder og grovere formaling.

Forsøgene med søer viser, at tilskud af magnesium giver en mere lind gødning. En erfaring som også er kendt fra praksis ved tildeling af 0,2 % magnesiumoxid eller magnesiumsulfat til slagtegrise. Magnesiumsulfat i betydeligt højere dosis bruges også som afføringsmiddel til mennesker før tarmundersøgelser. Der er dog ikke noget der tyder på, at et niveau på 0,2 % (oxid eller sulfat) er direkte skadeligt for grisene, men tyndere gødning med kortere opholdstid i tarmen kan tilsyneladende forringe foderudnyttelsen.

Der er således fundet en negativ effekt af ekstra magnesium på foderforbruget pr. kg tilvækst i to forsøg, nemlig i et amerikansk forsøg med tildeling af 0,2 % magnesiumoxid til grise fra 20-45 kg (1,1 gram mere magnesium pr. kg foder) [24] og i et svensk forsøg [25], hvor magnesiumindholdet blev øget fra 1,6 gram pr. kg til 2,6 gram pr. kg ved tildeling af magnesiumfosfat. 0,5 gram ekstra magnesium pr. kg foder gav ingen effekt, men med 1 gram ekstra magnesium pr. kg foder blev den daglige tilvækst reduceret 17 gram og foderudnyttelsen blev forringet med 0,07 kg foder pr. kg tilvækst – forskelle som er angivet som statistisk sikre på 5 procentniveau.

Den moderate negative effekt på foderudnyttelsen er opnået ved tilskud svarende til 0,2 % magnesiumoxid. Dosis svarende til 0,1 % magnesiumoxid (0,5-0,6 gram ekstra magnesium) var uden negative effekter på vækst og foderudnyttelse i den svenske undersøgelse [25].

I praksis kan man vælge at tilsætte magnesium som magnesiumoxid eller magnesiumsulfat. Magnesiumoxid i handelsvarekvalitet indeholder 55-60 % magnesium, mens magnesiumsulfat findes i en vandfri udgave med 17-19,5 % magnesium eller i en vandholdig udgave som magnesiumsulfat, 7H₂O (Epson salt) med kun 9,8 % magnesium. Der er således 3-6 gange så meget magnesium i magnesiumoxid, således at en dosis på 0,1 % tilfører 0,55-0,6 gram magnesium pr. kg foder fra magnesiumoxid, men kun 0,1-0,2 gram pr. kg foder, hvis det er magnesiumsulfat - afhængigt af, om det er vandholdigt eller vandfrit magnesiumsulfat. Hvis fordøjeligheden af magnesium i praktisk foder er cirka 30 % for magnesiumoxid henholdsvis cirka 40 % for magnesiumsulfat som foreslået i sidste afsnit, så tilfører 0,1 % magnesiumoxid væsentligt mere fordøjeligt magnesium end 0,1 % magnesiumsulfat.

Generelt anbefales ikke magnesiumtilskud, men er der mistanke om symptomer på magnesiummangel, eller hvis det naturlige indhold kommer under normen (sjældent), vil det mest relevante være et tilskud på 0,05-0,1 % magnesiumoxid, da det giver et passende magnesiumtilskud uden risiko for forringet foderudnyttelse på grund af tynd afføring.

Alternativet til magnesiumtilskud kan også være at reducere et eventuelt overindhold af calcium og fosfor i forhold til normerne, da dette vil øge magnesiumfordøjeligheden, og reduktion af calciumoverskud vil desuden mindske risikoen for tab af magnesium med urinen.

Forgiftning

Forgiftning med magnesium viser sig ved diarré og kan i svære tilfælde give lammelser. Grænsen for magnesiumforgiftning kendes ikke præcist, men en amerikansk kilde [2] foreslår en maksimumgrænse på 3 gram totalt magnesium pr. kg foder, som fx kan opnås ved tilsætning af cirka 0,3 % magnesiumoxid (3 kg pr. ton) eller 0,8 % magnesiumsulfat til foder med et naturligt indhold på cirka 1,5 gram magnesium pr. kg.

I relation til forgiftning er det ud fra litteraturen ikke muligt at afklare, om anvendelse af magnesiumoxid giver større eller mindre risiko for forgiftning end magnesiumsulfat. Men det må forventes, at samme dosering i procent af foderet giver størst risiko, hvis det er magnesiumoxid, da det tilfører væsentlige mere magnesium. Omvendt vil samme tilskud af magnesium give størst risiko, hvis det er som magnesiumsulfat, fordi det tilfører lidt mere fordøjeligt magnesium, men også fordi sulfat i sig selv kan give osmotisk diarré.

Det må formodes, at grænsen for forgiftning i form af lammelser er afhængig af foderets fordøjelige indhold. Omvendt kan risikoen for diarré være mere afhængig af indholdet af ufordøjelige magnesiumforbindelser, da disse giver osmotisk diarré.

I Danmark har tilsætning af magnesium til foderet givet symptomer på forgiftning i ét tilfælde, hvor der ved en fejl var tilsat 2 % magnesiumoxid mod planlagt 0,2 %. Det gav akut diarré og stor dødelighed.

I praksis er der sjældent tale om egentlig forgiftning, men om nonpatogen induceret osmotisk diarré (tynd afføring uden kendte sygdomsfremkaldende mikroorganismer), hvor stigende dosis af magnesium gradvis gør gødningen tyndere og ved høj dosis giver egentlig diarré, fordi ufordøjelige magnesiumforbindelser trækker vand ind i tarmen. Risikoen vil afhænge af foderets øvrige sammensætning og grisenes alder. Det er muligt, at risikoen øges ved højt indhold af lysinsulfat, da magnesium og sulfat begge ved høj dosis øger risikoen for osmotisk diarré, og da kombinationen magnesiumsulfat jo faktisk bruges som afføringsmiddel før operationer af mennesker.

Ud fra den tilgængelige information synes tilskud af 0,1 % magnesiumoxid eller magnesiumsulfat at være uden risiko for andet end højere foderpris, mens den dobbelte dosis i mange tilfælde formentlig vil forringe foderudnyttelsen, sandsynligvis på grund af hurtigere passagehastighed gennem tarmen. Det er fortsat uklart, om tilskud af 0,1 % magnesiumoxid eller magnesiumsulfat vil reducere risikoen for adfærdsmæssige ulemper som urolige grise, halebid og øresutning.

Forslag til normer for magnesium

I tabel 2 er forslag til normer til grise i vækst og søer samlet i én tabel. Normerne forudsætter minimum 150 % fytase i foderet og bør hæves cirka 0,2 gram pr. foderenhed til alle dyregrupper ved ingen eller lavere fytasedosis.

Tabel 2. Forslag til normer for magnesium

Vægtinterval (kg)	6-15	15-30	20-45	30-60	30-115	60-115	110-150	Drægtig so	Diegivende so
Ford. magnesium, g pr. kg tilvækst	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
FEsv pr. kg tilvækst*	1,5	1,6	1,7	2,0	2,1	2,4	3,0	4	
Ford. magnesium, g pr. FEsv	0,27	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,13	0,1	0,29
Totalt magnesium, g pr. FEsv*	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	1,0

* i foder med under 150 % fytase øges normen med 0,2 gram pr. FEsv

Ved disse forslag til normer er de afgørende faktorer kravet om 0,4 gram fordøjeligt magnesium pr. kg tilvækst og 0,13 gram magnesium pr. liter somælk - og en fordøjelighed på 30 % i typisk foder, dog som nævnt i afsnit om magnesium til søer kun 20 % for drægtige søer. Det er muligt, at grise kan nøjes med 0,3-0,35 gram fordøjeligt magnesium pr. kg tilvækst uden mangelsymptomer, så der er lidt sikkerhed lagt ind i dette krav. Det er heller ikke sikkert, at pattegrise behøver at få 0,13 gram magnesium pr. liter somælk – det er bare det, som er opnået i forsøgene, hvor det er målt.

Fordøjeligheden på 30 % for dyr i vækst og diegivende søer og 20 % for drægtige søer er et bedste bud, men denne kan måske variere fra 20-40 % i praksis (drægtige 10-30 %) afhængig af fodersammensætning og dyregruppe, hvor især overforsyning med calcium og fosfor i forhold til behovet kan give lave magnesiumfordøjeligheder, mens fordøjelighederne måske kan være lidt højere i fravænningsfoder, fordi calcium her holdes på et minimum.

Det er sandsynligt, at overskud af calcium medfører tab af magnesium med urinen på grund af fælles regulering af tilbageholdelse af calcium og magnesium i nyrerne. Risikoen, for at grise taber magnesium med urinen på grund af calciumoverskud, er ved de gældende normer størst ved store smågrise, unggrise og drægtige søer, men der findes ikke forsøg, som kan belyse denne problematik nærmere.

Konklusion

Gennemgang af tilgængelig litteratur har vist, at den gamle norm på 0,4 gram totalt magnesium pr. foderenhed til alle dyregrupper har været for lav.

Det foreslås at hæve normen til alle kategorier af grise, hvor smågrise og diegivende søer har det største behov.

Den alt for lave norm gennem mange år har sandsynligvis sjældent givet anledning til mangel på magnesium, fordi foderet har indeholdt nok magnesium og typisk 3-4 gange den gamle norm og dermed lidt mere end forslaget til de nye normer.

I praksis er der størst risiko for mangel på magnesium i lavproteinfoder til grise lige efter fravæning, hvis der bruges proteinkilder som kartoffelprotein og blodplasma, der indeholder meget lidt magnesium. Her kan det være nødvendigt med et lille magnesiumtilskud på 0,2-0,4 gram pr. FESv for at overholde normen. Det er dog usikkert, om det er nødvendigt, fordi magnesiumfordøjeligheden måske er højere i fravænningsfoder, fordi calciumnormerne er på et minimum.

Valg af magnesiumkilde har sandsynligvis mindre betydning, men ud fra overvejelserne i dette notat foreslås, at tilsætning af cirka 0,06 % magnesiumoxid vil være det bedste valg til at opnå cirka 0,3 gram ekstra magnesium pr. FESv. I fravænningsblandinger skal man være forsigtig med højere doseringer, da det øger risikoen for tynd afføring. I andre situationer med mistanke om mangel, eller for at opnå en beroligende effekt kan der forsøges med 0,1 % magnesiumoxid, da større grise sagtens kan tåle denne dosering uden risiko for diarré. Det er dog usikkert, om det reelt påvirker grisenes adfærd i positiv retning.

Magnesiums fordøjelighed falder ved højt indhold af calcium og fosfor i foderet, hvilket betyder, at man måske kan forårsage magnesiummangel ved at give væsentligt mere calcium og / eller fosfor end normerne. Er der desuden overskud af calcium, som udskilles med urinen, kan det medføre tab af magnesium med urinen, fordi tilbageholdelse af calcium og magnesium i nyrerne har fælles regulering.

Referencer

- [1] National institute of health, Office of dietary supplements. Magnesium.
- [2] Heugten, E.V. (2009): Magnesium in Pig Nutrition
- [3] Jørgensen, H., R. Fernández og A. Just (1995): Aflejring og indhold af mineraler hos slagtesvin. Meddelelse nr. 621, Statens Husdyrbrugsforsøg.
- [4] Mayo, R.H., M.P. Plumlee & W-M. Beeson (1959): Magnesium Requirement of the Pig. *J. Anim. Sci.* 18: 264-274.
- [5] Miller, E.R., D.E. Ullerey, C.L. Zulaut, B.V. Baltzer, D.A. Smith, J.A. Hofer & R.W. Luecke. (1965): Magnesium requirement of the baby pig. *J. of Nutrition*, 85, 1, pp 13-20.
- [6] Blaine, J., M. Chonchol & M. Levi (2015): Renal control of calcium, phosphate and magnesium homeostasis. *Cli. J. Am. Nephrol.* 10 (7), 1257-1272.
- [7] Workinger, L.J, R.P. Doyle & J. Bortz (2018): Review. Challenges in the diagnosis of magnesium status. *Nutrients*, 10, 23 pp.
- [8] Brink. J.E, A. C. Beynen, P.R. Dekker, E. C.H. van Beresteijn & R. Van der Meer (1992): Interaction of calcium and phosphate decreases ileal magnesium solubility and apparent magnesium absorption in rats. Kapitel 6 i doktorafhandling af E. J. Brink: Nutrition and magnesium absorption, Wageningen.
- [9] Larsen, T. (1992): Biotilgængelighed af mineraler i rapsskrå. Meddelelse nr. 829, Statens Husdyrbrugsforsøg.
- [10] Jongbloed, A.W. (2015): Behoeftte aan Mg, Na, Cl, K, Fe, J, Mn en Se door varkens een literatuurstudie voor het CVB. Rapport nr. 58, CVB-Documentatie.
- [11] Oksbjerg, N, H. Jørgensen & A. Just (1985): Mineralernes fordøjelighed og udnyttelse fra kornarterne byg, havre, hvede og rug. Meddelelse nr. 597, Statens Husdyrbrugsforsøg.
- [12] Bruse, J.A.M. & F. Sundstøl (1994): The effect of microbial phytase in diets for pigs on apparent ileal and faecal digestibility, pH, and flow of digesta measurements in growing pigs fed a high fibre diet. *Can. J. Anim. Sci.* 12-127.
- [13] Pointillarts, A, I. Denis & C. Colin (1995): Effects of dietary vitamin D on magnesium absorption and bone mineral contents in pigs on normal magnesium intakes. *Magnes res.*, 1: 19-26.
- [14] Zeng, Z.K, D. Wang, X.S. Piao, P.F.Li, H.Y Zhang, C.X. Shi & S.K. Yu (2014): Effects of adding super dose phytase to the phosphorus-deficient diets of young pigs on growth performance, bone quality, minerals and amino acid digestibilities. *Asien Australas. J. Anim. Sci.* 27, 2: 237-246.
- [15] Kristoffersen, S., T. Gjefsen, B. Svihus & N.P. Kjos (2021): The effect of reduced feed pH, phytase addition and their interaction on mineral utilization in pigs. *Livestock science* 248, 6 pp.
- [16] Kemme, P.A., A-W. Jongbloed, Z. Mroz, J. Kogut & A.C. Beynen (1999): Digestibility of nutrients in growing-finishing pigs is affected by *Aspergillus Niger* phytase, phytate and lactic acid levels. 2. Apparent total tract digestibility of phosphorus, calcium and magnesium and ileal degradation of phytic acid. *Livestock prod. Sci.* 58, 119-127.
- [17] Arredondo, M. A., G. A. Casas & H. H. Stein (2019): Increasing levels of microbial phytase increases the digestibility of energy and minerals in diets fed to pigs. *Anim. Feed. Sci. & tech.* 246, 27-36.
- [18] Berk, A. og S. Zwart (2006): The determination of digestibility of phosphorus in various feed phosphates for pigs. *Landbauforschung Völkenrode*, 1-2:5-10.
- [19] Pointillart, A., M. Establier & N. Fontaine (1983): Magnesium metabolism in growing pigs. *Journess de la recherche porcine en France.*
- [20] Novotny, J., P. Reichel, B. Kosa & D. Sipos (2016): Excretion of calcium, phosphorus, magnesium and sodium in lactation sows. *Folia Veterinaria*, 60, pp 61-65.

- [21] Zang, J., J. Chen, J. Tian, A., Wang, H. Liu, S., Hu, X., Che, Y., Ma, J., Wang, C. Wang, G., Du & X., Ma (2014): Effects of magnesium on the performance of sows and their piglets. *J. Anim. Sci. and biotechnology*, 5: 39.
- [22] Harmon, B.G & C.T. Lie (1976): Dietary Magnesium Levels for Sows during Gestation and Lactation, *Journal of Animal Science*, 42, 860-65.
- [23] Hamilton, D.N, M. Ellis, F.K. Mc Keith & J.M. Eggert (2003): Effect of level, source and time of feeding prior to slaughter of supplementary magnesium on pork quality. *Meat sci.* 65, 853-57.
- [24] Krider, J.L., J.L. Albright, M.P. Plumlee, J.H. Conrad, C.L. Sinclair, L. Underwood, R.G. Jones og R.B. Harrington (1975): Magnesium Supplementation, Space and Docking Effects on Swine performance and behavior. *J. Anim. Sci.* 40:1027-1033.
- [25] Hermanson, L. (1988): Inverkan av olika nivåer av kalcium, fosfor och magnesium I fodret på slagtesvinens produktions- och slaktkroppsegenskaper, stresskänslighet och benmineralisering. Rapport 176, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- [26] Bushby, E.V., L. Dye & L.M. Collins (2021): Is magnesium supplementation an effective nutritional method to reduce stress in domestic pigs. A systematic review. *Frontiers in veterinary science*, 7, pp 1-8.

NAV nr.: 1137

//KABL//

Dyregruppe: Søer, smågrise, slagtegrise

Fagområde: Ernæring



Tlf.: 33 39 45 00

svineproduktion@seges.dk

Ophavsretten tilhører SEGES. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.