

# Miljöpåverkan vid framställning av berikningsämnen för livsmedel

– Livscykelanalys av berikningsämnen i  
Oatlys havredryck

*Cornelia Jarlbo*

---

Examensarbete 2016  
Miljö- och Energisystem  
Institutionen för Teknik och samhälle  
Lunds Tekniska Högskola





LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

# Miljöpåverkan vid framställning av berikningsämnen för livsmedel

Livscykelanalys av berikningsämnen i Oatlys havredryck

Cornelia Jarlbo

Examensarbete

Maj 2016



Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från  LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn
	Examensarbete
	Utgivningsdatum
	2016-05-23
	Författare
	Cornelia Jarlbo

---

Dokumenttitel och undertitel

Miljöpåverkan vid framställning av berikningsämnen för livsmedel  
- Livscykelanalys av berikningsämnen i Oatlys havredryck

---

Sammanfattning

För att begränsa den globala uppvärmningen krävs en omställning mot en klimatmässigt hållbar livsmedelsförsörjning. Konsumtionen av kött och mejeriprodukter, som idag står för en stor andel av matens klimatpåverkan, behöver minska till förmån för mer resurseffektiva vegetabiliska livsmedel. För att kunna komplettera eller ersätta animaliska näringskällor berikas många växtbaserade produkter med industriellt framställda vitaminer och mineraler. I dagsläget saknas kunskap kring miljöpåverkan vid framställning av dessa ämnen, vilket gör det svårt att bedöma de totala miljöeffekterna av näringsberikade livsmedel.

I den här studien används den standardiserade metoden livscykelanalys (LCA) för att undersöka miljöpåverkan av berikningsämnen i Oatlys havredryck; riboflavin, vitamin B12, vitamin D2 och kalcium. För att ge en uppfattning om hur liknande berikningsämnen brukar hanteras inom LCA har också 19 tidigare utförda LCA:er av mjölk granskats och sammanställts. Syftet med examensarbetet är att öka kunskapen om miljöpåverkan av berikningsämnen, identifiera kunskapsluckor samt ge underlag för att bedöma berikningens betydelse för den totala miljöpåverkan av Oatlys havredryck.

Resultatet pekar på att kunskap kring miljöpåverkan av berikningsämnen saknas i stor utsträckning, i synnerhet då det gäller vitaminframställning. Långa avstånd till trots verkar frakten ha relativt liten betydelse för den totala miljöpåverkan av samtliga studerade ämnen. Åtgärder för minskade utsläpp bör därmed ge störst effekt i tillverkningsfaserna. Miljöpåverkan av berikningsprodukter kan minskas genom energibesparande åtgärder och val av förnybara energikällor i produktionen, samt en ökad kontroll av dammspridning vid brytning av kalciumkarbonat.

Vitamin- och mineralberikning av Oatlys havredryck verkar enligt denna studie ha en marginell betydelse för produktens totala miljöpåverkan. Utan mer tillförlitliga produktionsdata går det dock inte att dra några säkra slutsatser av resultatet.

Sammanfattningsvis behövs ytterligare studier av hur industriell produktion av berikningsämnen påverkar miljön. För att möjliggöra detaljerade studier och framtagande av LCA-data krävs en ökad transparens hos producenter och leverantörer avseende produktionens utformning.

---

Nyckelord

Livscykelanalys, LCA, Oatly, havredryck, livsmedelsberikning, riboflavin, vitamin B12, vitamin D2, kalciumkarbonat

---

Sidomfång	Språk	ISRN
80	Svenska	ISRN LUTFD2/TFEM--16/5111--SE + (1-80)

---

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44	Type of document
	Master thesis Date of issue 2016-05-23
	Author Cornelia Jarlbo

Title and subtitle

Environmental impact of micronutrients for food fortification  
 - Life cycle assessment of added nutrients in Oatly oat drink

Abstract

In order to mitigate the global warming, a transition towards a sustainable diet is required. Such a transition includes reduced consumption of meat and dairy products, by substituting these with more resource efficient vegetable-based products. In order to meet the nutrient content of animal foods, vegan products are often supplemented with artificial vitamins and minerals. Few studies have investigated the environmental effects caused by the production of artificial micronutrients. This complicates the evaluation of the total environmental impact of fortified food products.

In this study the standardized method Life Cycle Assessment (LCA) is used to assess the environmental impact of added micronutrients in Oatly oat drink; riboflavin, vitamin B12, vitamin D2 and calcium carbonate. Further, 19 LCA-studies of milk production has been reviewed, in order to evaluate how fortification products are generally treated in environmental impact assessments. This study aims to increase the knowledge of the environmental effects of micronutrient production, to identify current knowledge gaps and to facilitate the evaluation of how fortification influences the total environmental impact of Oatly oat drink.

The result of this study shows that there is a substantial lack of knowledge regarding the environmental impact of artificial vitamins and minerals. This conclusion especially applies when it comes to vitamin production. The impact of transportations seems to be comparatively small, despite great shipping distances. Interventions for reduced emissions would thus be most efficient if focused on the production phases. The environmental impact of fortification products can be reduced by energy conserving measures and increased usage of renewable energy sources. Improved control of dust spread from limestone mining can reduce the local impact of calcium carbonate production.

According to the LCA results, fortification of Oatly oat drink with vitamins and minerals appears to have a minor influence on the total environmental impact of the product. Without accurate production data, especially regarding vitamin production, it is however not possible to draw any certain conclusions.

To summarize, further investigation of the environmental impact of artificial micronutrients is required. Increased transparency among producers and suppliers regarding production processes is imperative in order to enable detailed investigations and collection of accurate life cycle inventory data.

Keywords

Life Cycle Assessment, LCA, Oatly, oat drink, food fortification, riboflavin, vitamin B12, vitamin D2, calcium carbonate

Number of pages	Language	ISRN
80	Swedish	ISRN LUTFD2/TFEM--16/5111--SE + (1-80)



# Förord

---

Detta examensarbete har utförts vid Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för Miljö och Energisystem, som den avslutande delen av civilingenjörsprogrammet i Ekosystemteknik. Arbetet omfattar 30 hp och har genomförts i samarbete med Oatly AB.

Jag vill tacka alla er som på olika sätt har hjälpt mig under arbetets gång. Ett särskilt varmt tack vill jag rikta till mina handledare, Pål Börjesson och Elinor Hallström, som varit ett stort stöd i skrivandet och bidragit med många värdefulla kommentarer.

Ett stort och varmt tack även till Carina Tollmar på Oatly för handledning och hjälp med datainsamling, och till alla på kontoret för ert vänliga och välkomnande bemötande.

Jag vill också tacka Elin Rööös på SLU, Johan Andersson på Termidor AB och Martin Carlsson, överläkare och docent i klinisk kemi på länsjukhuset i Kalmar, för att ni delat med er av er tid och kunskap.

Sist men inte minst ett stort tack till Andreas Svenning, Marianne Svenning, Eva Jarlbo och Leif Söderberg för värdefull hjälp med korrekturläsning.

Lund, Maj 2016

*Cornelia Jarlbo*





# Sammanfattning

---

För att begränsa den globala uppvärmningen krävs en omställning mot en klimatmässigt hållbar livsmedelsförsörjning. Konsumtionen av kött och mejeriprodukter behöver minska till förmån för mer resurseffektiva vegetabiliska livsmedel. För att kunna komplettera eller ersätta animaliska näringskällor berikas många växtbaserade produkter med industriellt framställda vitaminer och mineraler. I dagsläget saknas kunskap kring miljöpåverkan av dessa ämnen, vilket gör det svårt att bedöma de totala miljöeffekterna av berikade livsmedel.

I denna studie används metoden livscykelanalys (LCA) för att undersöka miljöpåverkan av tillsatta berikningsämnen i Oatlys havredryck; riboflavin, vitamin B12, vitamin D2 och kalciumkarbonat. Analyserna har utförts enligt LCA-standarden ISO14040. För att ge en uppfattning om hur berikningsämnen vanligtvis hanteras inom LCA idag har också 19 miljöpåverkansstudier av mjölk granskats och sammanställts.

Syftet med studien är att öka kunskapen om miljöpåverkan av berikningsämnen, identifiera kunskapsluckor samt ge underlag för att bedöma berikningens betydelse för den totala miljöpåverkan av Oatlys havredryck.

Framställningen av de aktuella berikningsämnena studeras från ”vagga till grind”, vilket omfattar råvaruutvinning, framställning, mellanlagring och transport fram till fabriksgrind (Oatlys produktionsanläggning för havredryck i Landskrona).

Följande funktionella enheter används i studien:

- 1 kg vitaminpremix (innehållande riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2)
- 1 kg finkornigt kalciumkarbonat för livsmedelsbruk

Studiens resultat ger en ungefärlig uppfattning om de aktuella berikningsprodukternas miljöpåverkan och kan användas som underlag för framtida studier. För att kunna utföra fullständiga livscykelanalyser krävs ett mer omfattande dataunderlag från de specifika producenterna, i synnerhet vad gäller vitaminpremixen.

De miljöpåverkansstudier av mjölk som granskats i denna studie bekräftar kunskapsbristen kring framställning av berikningsämnen. Indirekt vitamin- och/eller mineralberikning genom fodertillsatser ingår i drygt hälften av de 19 studierna, men ingen av dem inkluderar direkt berikning av de färdiga produkterna. Bristen på kunskap tycks vara allra störst då det gäller vitaminframställning, vilket även den LCA som utförts i denna studie visar.

## **Slutsatser**

Studiens resultat visar att kunskap kring miljöpåverkan av berikningsämnen saknas i stor utsträckning. Kunskapsbristen verkar vara störst då det gäller framställning av vitaminer, men även mineraltillsatser exkluderas ofta i livscykelanalyser av berikade livsmedel.

Transporter ser ut att ha relativt liten betydelse för miljöpåverkan av samtliga studerade vitaminer och mineraler, trots långa transportsträckor. Åtgärder för minskade utsläpp bör därmed ge störst effekt i produktionsfaserna.

Miljöpåverkan av berikningsprodukter kan minskas genom energibesparande åtgärder och val av förnybara energikällor i produktionen. Lokal påverkan vid brytning av kalciumkarbonat kan minskas genom bevattning för ökad kontroll av dammspridning. För mer detaljerade åtgärdsförslag krävs en större insyn i tillverkningsprocesserna.

Vitamin- och mineralberikning av Oatlys havredryck verkar enligt denna studie ha marginell betydelse för produktens totala miljöpåverkan. Utan mer tillförlitliga data går det dock inte att dra några säkra slutsatser av resultatet.

Sammanfattningsvis behövs ytterligare studier av hur industriell produktion av berikningsämnen påverkar miljön. För att möjliggöra detaljerade analyser och framtagandet av LCA-data krävs en ökad transparens hos producenter och leverantörer.

Det är önskvärt att tillverkande företag kontinuerligt tar fram livscykelanalyser av sina produkter, för att kunna tillhandahålla aktuell information för konsumenter och andra intressenter.



# Innehållsförteckning

---

## KAPITEL 1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND .....	5
1.2 SYFTE .....	6
1.3 RAPPORTENS UPPLÄGG.....	6

## KAPITEL 2. BERIKNINGSÄMNEN OCH LCA-METODIK

2.1 VITAMINER.....	7
2.2 MINERALER .....	8
2.3 BERIKNINGSÄMNEN I OATLYS HAVREDRYCK.....	9
2.3.1 RIBOFLAVIN .....	9
2.3.2 VITAMIN B12 .....	9
2.3.3 VITAMIN D.....	10
2.3.4 KALCIUM .....	10
2.4 LIVSCYKELANALYS .....	11
2.4.1 METODIK FÖR LCA .....	11
2.4.1.1 Definition av mål och omfattning .....	12
2.4.1.2 Inventeringsanalys .....	12
2.4.1.3 Miljöpåverkansbedömning.....	12
2.4.1.4 Tolkning av resultat .....	12
2.4.2 AVGRÄNSNING AV DET STUDERADE SYSTEMET .....	12

## KAPITEL 3. NÄRINGSBERIKNING I LCA-STUDIER

3.1 SAMMANSTÄLLNING AV GRANSKADE STUDIER .....	13
3.2 ANALYS: HANTERING AV BERIKNINGSÄMNEN .....	14

## KAPITEL 4. LIVSCYKELANALYS AV BERIKNINGSÄMNEN

4.1 DEFINITION AV MÅL OCH OMFATTNING.....	16
4.1.1 MÅL OCH SYFTE.....	16
4.1.2 OMFATTNING .....	16
4.1.2.1 Funktionell enhet (FE).....	16
4.1.2.2 Systemgränser .....	17
4.1.2.2.1 Cut-off .....	17
4.1.2.2.2 Allokering och systemutvidgning.....	17
4.1.2.3 Datakällor och datakvalitetskrav.....	17
4.2 INVENTERINGSANALYS: VITAMINPREMIX .....	18
4.2.1 PREMIXENS SAMMANSÄTTNING .....	19
4.2.2 GENERELLA ANTAGANDEN.....	19
4.2.2.1 Elproduktion .....	19
4.2.2.2 Fermentering.....	19
4.2.2.3 Kemikalier och tillsatsämnen.....	20
4.2.2.4 Transporter .....	20
4.2.3 RIBOFLAVIN: BESKRIVNING OCH INVENTERING .....	20
4.2.3.1 Fermentering.....	21
4.2.3.2 Pastörisering.....	22
4.2.3.3 Centrifugering.....	22
4.2.3.4 Torkning.....	22

4.2.3.5	Transport till Europa .....	22
4.2.3.6	Sammanfattning .....	23
4.2.4	VITAMIN B12: BESKRIVNING OCH INVENTERING .....	23
4.2.4.1	Fermentering.....	24
4.2.4.2	Centrifugering.....	25
4.2.4.3	Extraktion.....	25
4.2.4.4	Omvandling till cyanoform .....	25
4.2.4.5	Upprening .....	26
4.2.4.6	Kristallisering .....	26
4.2.4.7	Transport till Europa .....	26
4.2.4.8	Sammanfattning .....	27
4.2.5	VITAMIN D2: BESKRIVNING OCH INVENTERING .....	28
4.2.5.1	Fermentering.....	29
4.2.5.2	Saponifiering.....	30
4.2.5.3	Extraktion.....	30
4.2.5.4	UV-bestrålning.....	30
4.2.5.5	Transport.....	30
4.2.5.6	Sammanfattning .....	31
4.2.6	TRANSPORT TILL OATLYS PRODUKTIONSANLÄGGNING.....	32
4.2.7	VITAMINPREMIX: SAMMANSTÄLLNING AV INVENTERING .....	33
<b>4.3</b>	<b>INVENTERINGSANALYS: KALCIUMKARBONAT .....</b>	<b>34</b>
4.3.1	PROCESSBESKRIVNING .....	34
4.3.1.1	Råvaruutvinning.....	35
4.3.1.2	Krossning .....	36
4.3.1.3	Separation .....	36
4.3.1.4	Malning .....	36
4.3.1.5	Torkning.....	36
4.3.1.6	Förpackning och transport .....	36
4.3.2	INVENTERINGSDATA .....	37
4.3.2.1	Europeisk produktion av finkornigt kalciumkarbonat .....	37
4.3.2.2	Transport till Oatlys produktionsanläggning .....	38
4.3.3	SAMMANSTÄLLNING AV INVENTERING .....	38
<b>4.4</b>	<b>MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING.....</b>	<b>39</b>
4.4.1	KLASSIFICERING .....	39
4.4.1.1	Växthuseffekt (GWP).....	39
4.4.1.2	Försurning (AP).....	40
4.4.1.3	Övergödning (EP).....	40
4.4.1.4	Energianvändning.....	40
4.4.2	KARAKTERISERING .....	40
4.4.3	RESULTAT: VITAMINPREMIX .....	41
4.4.3.1	Växthuseffekt (GWP).....	42
4.4.3.2	Försurning (AP).....	43
4.4.3.3	Övergödning (EP).....	44
4.4.3.4	Energianvändning.....	45
4.4.4	RESULTAT: KALCIUMKARBONAT .....	46
<b>4.5</b>	<b>TOLKNING AV RESULTAT .....</b>	<b>47</b>
4.5.1	TOLKNING AV RESULTAT: VITAMINPREMIX.....	47
4.5.1.1	Växthuseffekt (GWP).....	47
4.5.1.2	Försurning (AP).....	48
4.5.1.3	Övergödning (EP).....	48
4.5.1.4	Energianvändning.....	49
4.5.2	TOLKNING AV RESULTAT: KALCIUMKARBONAT .....	49

4.5.3 DATAKVALITETSANALYS .....	49
4.5.3.1 Behov av säkrare indata .....	52
4.5.4 METODBEGRÄNSNINGAR .....	52
4.5.5 BERIKNINGENS BETYDELSE FÖR DRYCKENS MILJÖPÅVERKAN .....	53
4.5.5.1 Klimatpåverkan (GWP) .....	53
4.5.5.2 Försurning (AP) .....	53
4.5.5.3 Övergödning .....	54
4.5.5.4 Energianvändning .....	54
<b><u>KAPITEL 5. DISKUSSION</u></b>	
<b>5.1 BRIST PÅ LIVSCYKELDATA FÖR BERIKNINGSSÄMNER .....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 POTENTIAL TILL MINSKAD MILJÖPÅVERKAN .....</b>	<b>55</b>
<b>5.3 BEHOV AV TRANSPARENS KRING TILLVERKNINGEN .....</b>	<b>56</b>
<b>5.4 BERIKNINGENS BETYDELSE FÖR MILJÖPÅVERKAN .....</b>	<b>57</b>
<b><u>KAPITEL 6. SLUTSATSER</u></b>	
<b><u>APPENDIX</u></b>	
<b>A.1 BERÄKNINGAR: VITAMINPREMIX .....</b>	<b>64</b>
A.1.1 RIBOFLAVIN .....	64
A.1.1.1 Fermentering .....	64
A.1.1.2 Centrifugering .....	65
A.1.1.3 Torkning .....	65
A.1.1.4 Transport till Europa .....	65
A.1.2 VITAMIN B12 .....	67
A.1.2.1 Fermentering .....	67
A.1.2.2 Centrifugering .....	67
A.1.2.3 Extraktion .....	68
A.1.2.4 Transport till Europa .....	68
A.1.3 VITAMIN D .....	69
A.1.3.1 Fermentering .....	69
A.1.3.2 Saponifiering .....	69
A.1.3.3 Transport till Europa .....	69
A.1.4 TRANSPORT AV PREMIX FRÅN POLEN TILL LANDSKRONA .....	71
A.1.5 VITAMINPREMIX, SAMMANSTÄLLNING .....	72
A.1.6 UTSLÄPP PER GRAM VITAMIN .....	73
A.1.6.1 Växthuseffekt (GWP) .....	73
A.1.6.2 Försurning (AP) .....	73
A.1.6.3 Övergödning (EP) .....	73
A.1.6.4 Energianvändning .....	73
<b>A.2 BERÄKNINGAR: KALCIUMKARBONAT .....</b>	<b>74</b>
A.2.1 TRANSPORT, FRANKRIKE TILL HELSINGBORG .....	74
A.2.2 TRANSPORT, HELSINGBORG TILL LANDSKRONA .....	75
A.2.3 KALCIUMKARBONAT, SAMMANSTÄLLNING .....	76
<b>A.3 BERIKNINGENS BETYDELSE FÖR DRYCKENS MILJÖPÅVERKAN .....</b>	<b>77</b>
A.3.1 GWP .....	77
A.3.1.1 Vitaminpremix .....	77
A.3.1.2 Kalciumkarbonat .....	77
A.3.1.3 GWP totalt från berikning .....	77
A.3.1.4 Berikningens andel av total GWP för havredrycken .....	77
A.3.2 AP .....	78
A.3.2.1 Vitaminpremix .....	78

<i>A.3.2.2 Kalciumkarbonat</i> .....	78
<i>A.3.2.3 AP totalt från berikning</i> .....	78
<i>A.3.2.4 Berikningens andel av total AP för havredrycken</i> .....	78
<b>A.3.3 EP</b> .....	78
<i>A.3.3.1 Vitaminpremix</i> .....	78
<i>A.3.3.2 Kalciumkarbonat</i> .....	79
<i>A.3.3.3 EP totalt från berikning</i> .....	79
<i>A.3.3.4 Berikningens andel av total EP för havredrycken</i> .....	79
<b>A.3.4 ENERGIANVÄNDNING</b> .....	79
<i>A.3.4.1 Vitaminpremix</i> .....	79
<i>A.3.4.2 Kalciumkarbonat</i> .....	79
<i>A.3.4.3 Total energianvändning för berikning</i> .....	80
<i>A.3.4.4 Berikningens andel av total energianvändning</i> .....	80



# 1. Inledning

---

Förändrade kostvanor är en viktig del i arbetet för att begränsa den globala uppvärmningen. Dagens livsmedelsindustri ger upphov till stora mängder växthusgaser, av vilka kött och mejeriprodukter står för en betydande andel. En minskad konsumtion av dessa produkter, till förmån för mer resurseffektiva vegetabiliska livsmedel, är ett sätt att begränsa kostens klimatpåverkan (Naturvårdsverket, 2015a).

För att kunna komplettera eller ersätta animaliska näringskällor berikas många vegetabiliska produkter med vitaminer och mineraler. Näringsberikning av vissa livsmedel kan därmed vara en nödvändig del av en hållbar livsmedelsförsörjning. I dagsläget råder dock kunskapsbrist kring miljöpåverkan av artificiella berikningsprodukter, vilket gör det svårt att bedöma de totala miljöeffekterna av berikade livsmedel (Smedman et al. 2010).

I denna studie används metoden livscykelanalys för att undersöka miljöpåverkan vid framställning av de berikningsämnen som tillsätts i Oatlys havredryck; riboflavin, vitamin B12, vitamin D och kalciumkarbonat.

## 1.1 Bakgrund

Livsmedelsberikning används bland annat för att öka näringsvärdet i en produkt då detta kan ha minskat vid hantering och lagring (Livsmedelsverket, 2014a). Exempelvis berikas mellan- och lättmjölk enligt Livsmedelsverkets föreskrifter med de fettlösliga vitaminerna A och D, eftersom koncentrationen av dessa minskar då fetthalten reduceras (SLVFS 1983:2). Berikning gör det också möjligt att producera näringsmässigt likvärdiga alternativ för allergiker och andra som undviker vissa livsmedel.

Oatly AB är ett svenskt företag, med huvudkontor i Malmö, som tillverkar havredryck och andra havrebaserade produkter. En del av produkterna berikas med riboflavin, vitamin B12, vitamin D2 och kalcium (dikalciumfosfat, trikalciumfosfat, kalciumkarbonat) för att kunna komplettera eller ersätta komjölk som källa till dessa näringsämnen.

Då man vill undersöka miljöpåverkan av en vara eller tjänst kan olika metoder användas. Livscykelanalys (LCA) är en standardiserad metod för att bedöma den totala miljöpåverkan av en produkt under dess livslängd (ISO14040:2006). Berikningsämnen, liksom många andra livsmedelstillsatser som används i små doser, exkluderas ofta i livscykelanalyser. Som orsak till detta anges ofta kunskapsbrist eller att de små mängder som tillsätts inte bedöms påverka slutresultatet mer än marginellt.

I en LCA av Oatlys havredryck från 2013, utförd av Institutet för livsmedel och bioteknik (SIK), anges att inventeringsdata saknas för tillsatta vitaminer och mineraler. Då vitaminerna utgör en mycket liten del av ingredienserna har man antagit att de kan exkluderas utan större inverkan på slutresultatet. Data för di- och trikalciumfosfat samt kalciumkarbonat har ersatts med uppgifter för monokalciumfosfat respektive kalksten från LCA-databasen Ecoinvent (Florén et al., 2013).

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att öka kunskapen om miljöpåverkan av berikningsämnen, identifiera kunskapsluckor samt ge underlag för att bedöma berikningens betydelse för den totala miljöpåverkan av Oatlys havredryck.

## 1.3 Rapportens upplägg

Följande kapitel ingår i rapporten:

- Inledning (Kapitel 1)
- Berikningsämnen och LCA-metodik (Kapitel 2)
- Näringsberikning i tidigare LCA-studier (Kapitel 3)
- Livscykelanalys av berikningsämnen (Kapitel 4)
- Diskussion (Kapitel 5)
- Slutsatser (Kapitel 6)

## 2. Berikningsämnen och LCA-metodik

I följande avsnitt ges en introduktion till begreppen vitaminer och mineraler, en beskrivning av tillsatta berikningsämnen i Oatlys havredryck och en genomgång av metodiken för LCA.

- Vitaminer (avsnitt 2.1)
- Mineraler (avsnitt 2.2)
- Berikningsämnen i Oatlys havredryck (avsnitt 2.3)
- LCA-metodik (avsnitt 2.4)

### 2.1 Vitaminer

Begreppet vitaminer omfattar ett antal organiska föreningar som måste tillföras kroppen för att den ska fungera normalt. Till skillnad från många andra essentiella, eller livsnödvändiga, näringsämnen behövs vitaminerna endast i mycket små doser. Detta gäller förvisso även mineraler och spårämnen, men eftersom dessa är oorganiska ämnen skiljer de sig ändå tydligt åt från de organiska vitaminerna (Bender, 2003).

En översikt över de essentiella vitaminerna, med exempel på funktion i kroppen, bristsymptom, kostkällor och rekommenderat dagligt intag (RDI), visas i tabell 1.

**Tabell 1.** De essentiella vitaminerna: Exempel på funktion i kroppen, bristsymptom, kostkällor och RDI (Bender, 2003; Carlsson, 2013; Gibney et al., 2009; Livsmedelsverket, 2013a)

	<b>Funktion i kroppen</b>	<b>Bristssymptom</b>	<b>Kostkällor</b>	<b>RDI<sup>1</sup> (mg) Kvinnor/män</b>
<b>Vattenlösliga</b>				
B1 (Tiamin)	Omsättning av protein, kolhydrater	Allvarlig brist kan ge nervsjukdomen beriberi	Spannmål, fläsk, baljväxter	1,1/1,4
B2 (Riboflavin)	Ämnesomsättning, skydd mot fria radikaler	Skador på hud, slemhinnor	Kött, mjölk, inälvor, fisk, ägg, baljväxter	1,3/1,5
B3 (Niacin)	Ämnesomsättning	Allvarlig brist kan ge hudsjukdomen pellagra	Kyckling, kött, fisk, spannmål, jordnötter	15/19
B5 (Pantotensyra)	Omsättning av fett, kolhydrater	Inga bristsymptom har rapporterats	Kött, baljväxter, fullkornsprodukter	5
B6 (Pyridoxin)	Proteinomsättning, neurologisk funktion	Hudförändringar kring mun, näsa och ögon. I allvarligare fall kramper, blodbrist	Kött, ägg, mjölk, bär, spannmål, potatis	1,2/1,6
Biotin	Omsättning av fett	Försämrad ämnesomsättning	Lever, äggula, havre, bildas av tarmbakterier	0,03

<sup>1</sup> Rekommenderat dagligt intag enligt Livsmedelsverket (2013a).

<sup>2</sup> Folat och folsyra är olika former av samma vitamin. Folat finns naturligt i mat, medan folsyra är en konstgjord form som är

Folat/Folsyra <sup>2</sup>	Ämnesomsättning, blodbildning.	Blodbrist	Lever, baljväxter, kål, mörka bladgrönsaker, frukt, bär	0,3 <sup>3</sup>
B12 (Kobalamin)	Ämnesomsättning, neurologisk funktion, blodbildning	Trötthet, huvudvärk. Allvarligare brist kan orsaka pernicios anemi (blodbrist) och ge neurologiska symptom	Lever, fisk, mjölk, ägg	0,002
C (Ascorbinsyra)	Antioxidant, behövs för kollagenbildning, ökar järnupptaget	Trötthet, svaghet. Allvarligare brist kan orsaka skörbjugg	Apelsin, kål, paprika	75
<b>Fettlösliga</b>				
A (Retinol)	Syn, hud och slemhinnor	Nattblindhet, nedsatt motståndskraft mot infektioner	Inälvor, mjölk, ägg. Många grönsaker och rotfrukter innehåller karotenoider, ett förstadie till vitamin A	0,7/0,9
D (D2 och D3)	Reglering av kalciumbalansen	Trötthet, nedstämdhet. Allvarlig brist kan ge Engelska sjukan – rakit (hos barn), osteomalaci.	D2: Vissa grönsaker och svamp D3: Fisk, mjölk, ägg, bildas även i huden vid UV-strålning	0,01
E (Tokoferol)	Antioxidant	Neurologiska symptom (sällsynt)	Vegetabiliska fetter, fullkornsprodukter, bladgrönsaker, ägg	8/10
K (K1 och K2)	Behövs för blodets koagulationsförmåga, påverkar bentätheten	Försämrad koagulationsförmåga	K1: Kål, bladgrönsaker K2: Kött, lever, äggula	0,09/0,12

## 2.2 Mineraler

Mineraler är naturligt förekommande oorganiska ämnen, varav ett antal räknas som essentiella näringsämnen (Bender, 2003). Bland dessa finns kalium, kalcium och magnesium (Livsmedelsverket, 2015).

De essentiella mineralerna behövs, liksom vitaminerna, i små mängder för att kroppen ska fungera och måste tillföras via kosten. Ett för litet intag kan ge upphov till bristsymptom och sjukdomar. Också ett alltför stort mineralintag, exempelvis vid överdriven användning av kosttillskott, kan ge negativa hälsoeffekter (Ibid).

<sup>2</sup> Folat och folsyra är olika former av samma vitamin. Folat finns naturligt i mat, medan folsyra är en konstgjord form som är lättare för kroppen att ta upp och som används för livsmedelsberikning och i kosttillskott (Livsmedelsverket, 2013a).

<sup>3</sup> Ökat behov före och under graviditet för att skydda mot missbildningar hos fostret

## 2.3 Berikningsämnen i Oatlys havredryck

I följande avsnitt beskrivs uppbyggnad och funktion av de vitaminer och mineraler som tillsätts i Oatlys havredryck:

- Riboflavin (avsnitt 2.3.1)
- Vitamin B12 (avsnitt 2.3.2)
- Vitamin D (avsnitt 2.3.3)
- Kalcium (avsnitt 2.3.4)

### 2.3.1 Riboflavin

Vitamin B2, eller riboflavin, är ett vattenlösligt vitamin som bland annat har betydelse för kroppens energiomsättning och skydd mot fria radikaler (Bender, 2003). Riboflavinbrist förekommer ofta i kombination med brist på andra B-vitaminer och kan orsaka skador på bland annat hud och slemhinnor (WHO, 2004).

Det rekommenderade dagliga intaget är omkring 1,3 mg för kvinnor och 1,6 mg för män. Behovet varierar med ålder och ökar vid graviditet och amning (Livsmedelsverket, 2013b).

### 2.3.2 Vitamin B12

Begreppet vitamin B12 omfattar fyra så kallade kobalaminer, som behövs för blodbildning, cellernas ämnesomsättning och nervsystemets funktion (Bender, 2003). Kobalaminerna är vattenlösliga och bildas i naturen av mikroorganismer genom fermentering. Den huvudsakliga kostkällan är animaliska livsmedel och en helt vegansk kost behöver vanligtvis kompletteras med tillskott av vitamin B12 (Gibney et al., 2009).

Livsmedelsverket rekommenderar ett dagligt intag på 2,0 µg för vuxna och något högre för ammande kvinnor. Bristtillstånd kan ge trötthet och i allvarligare fall orsaka pernicios anemi (blodbrist) och neurologiska symtom (Livsmedelsverket, 2013c).

Den kemiska strukturen kobalamin består förenklat av en central kobolt-atom med två funktionella grupper, varav den ena alltid utgörs av dimetylbenzimidazol. Beroende på hur den andra gruppen ser ut finns fyra olika typer av kobalaminer, vilka framgår av tabell 2.

**Tabell 2.** Kobalaminer (vitamin B12) med funktionella grupper (Bender, 2003).

Namn	Funktionell grupp
Cyanokobalamin	CN <sup>-</sup> (Cyanidgrupp)
Hydroxokobalamin	OH <sup>-</sup> (Hydroxylgrupp)
Metylkobalamin	CH <sub>3</sub> (Metylgrupp)
Adenosylkobalamin	5'-deoxyadenosylgrupp

Den största andelen kobalamin i blodet (60-80 procent), utgörs av metylformen. Adenosylformen utgör omkring 20 procent och resten består främst av hydroxokobalamin. I vävnader är däremot adenosylformen vanligast. Till skillnad från i blodet utgörs endast ett fåtal procent i vävnader av metylformen (Bender, 2003).

Cyanokobalamin existerar naturligt endast i mycket små mängder, eller inte alls, i människokroppen. Eftersom den är relativt stabil jämfört med övriga former används den däremot ofta i läkemedel, kosttillskott och vid livsmedelsberikning. Undantaget är vid injektion, där hydroxokobalamin är den form av vitaminet som ger det mest effektiva upptaget i kroppen (Ibid.).

### **2.3.3 Vitamin D**

Vitamin D är ett samlingsnamn för en grupp fettlösliga, steroidliknande ämnen som bland annat hjälper till att reglera kalciumbalansen i kroppen. Den vanligaste formen av vitaminet är kolekalciferol (vitamin D3), som finns i fet fisk, mjölk, ägg och andra animaliska livsmedel. En del grönsaker och vissa svampsorter innehåller den vegetabiliska varianten ergokalciferol (vitamin D2). De två formerna har en liknande uppbyggnad och genomgår en likartad metabolism i kroppen (Carlsson, 2013).

Under inverkan av ultraviolett strålning bildas vitamin D3 i huden hos människor. D-vitamin uppfyller därmed inte strikt kriterierna för ett klassiskt vitamin, då ett sådant alltid måste tillföras via födan. Ämnet benämns istället ofta som ett pro-hormon, ett förstadie till ett aktivt hormon (Ibid.).

Det rekommenderade dagliga intaget av D-vitamin är omkring 10 µg (Livsmedelsverket, 2013d). Ett optimalt intag är dock svårt att ange exakt, då syntesen i huden varierar med bland annat årstid och mängd solljus, ålder och hudfärg (Gibney et al., 2009).

Brist på D-vitamin kan bland annat orsaka muskelsmärk och i allvarliga fall ett försämrat kalciumupptag. Exempel på sjukdomar associerade med D-vitaminbrist är rakit (engelska sjukan) som förekommer hos barn och unga, och osteomalaci (demineralisering av skelettet) (Carlsson, 2013). Man har även funnit samband mellan D-vitaminbrist och sjukdomar som diabetes, depression, hjärt- och kärlsjukdomar samt vissa cancerformer (Ibid.).

### **2.3.4 Kalcium**

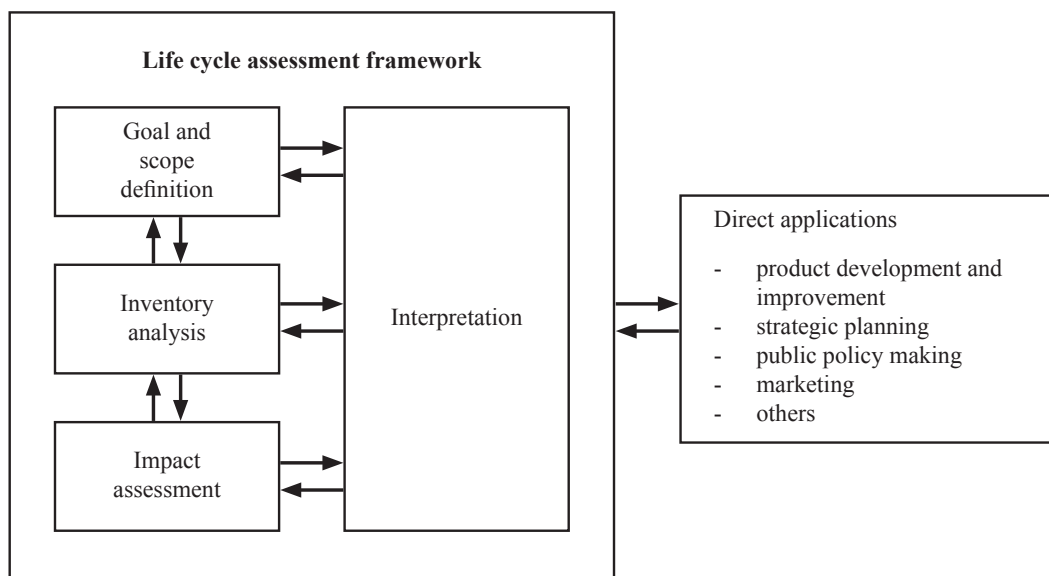
Mineralet kalcium behövs för att en mängd olika processer i kroppen ska fungera, bland annat benbildning, blodkoagulation och den neuromuskulära funktionen. Kalcium finns i de flesta livsmedel, men särskilt kalciumrika är exempelvis mjölk och fet fisk. Det rekommenderade kalciumintaget för vuxna är omkring 800 mg per dag (Livsmedelsverket, 2012).

Kalciumbrist hos barn kan hämma tillväxten och långvarig brist kan ge upphov till osteoporos (benskörhet) (Ibid.). Exakt hur detta samband ser ut är dock inte klarlagt, då kalciumintag i olika länder inte tycks vara korrelerat med förekomsten av osteoporos (WHO, 2004).

## 2.4 Livscykelanalys

Livscykelanalys (LCA) är en standardiserad metod för att bedöma den totala miljöpåverkan av en produkt under dess livslängd (ISO14040:2006 och ISO14044:2006). Det innebär att resursförbrukning, energianvändning och utsläpp till mark, vatten och luft kartläggs och kvantifieras då produkten följs från ”vagga till grind” (råvaruutvinning till fabriksgrind) eller ”vagga till grav” (råvaruutvinning till avfallshantering).

Syftet är att öka kunskapen om miljöpåverkan av den studerade produkten och identifiera eventuella produktionssteg med särskilt stor påverkan. Resultatet gör det möjligt att optimera miljöarbetet och att kunna sätta in åtgärder i rätt del av produktionen. LCA-processen är iterativ, vilket innebär att innehåll och omfattning kan förändras under arbetets gång. Arbetsgång och exempel på tillämpningar för LCA framgår av figur 1.



Figur 1. Arbetsgång och tillämpningar för LCA enligt ISO14040:2006.

### 2.4.1 Metodik för LCA

Som framgår av figur 1 ska fyra delar enligt standarden ingå i en LCA. Dessa beskrivs närmare i följande avsnitt (innehåll hämtat ur ISO14040:2006 och ISO14044:2006):

- Del 1. Definition av mål och omfattning
- Del 2. Inventeringsanalys
- Del 3. Miljöpåverkansbedömning
- Del 4. Tolkning av resultat

### **2.4.1.1 Definition av mål och omfattning**

Under denna rubrik beskrivs studiens målsättning, syfte och avgränsningar. Här definieras även den funktionella enheten (FE), en jämförelsebas som beskriver produktens funktion och som studiens resultat kan relateras till.

### **2.4.1.2 Inventeringsanalys**

I denna del sker insamling och bearbetning av data. Samtliga inkommande och utgående energi- och materialflöden inom de avgränsningar som gjorts för studien kartläggs och kvantifieras.

### **2.4.1.3 Miljöpåverkansbedömning**

Här analyseras miljöeffekter av alla de energi- och materialflöden som identifierats. Bedömningen omfattar två steg; klassificering och karaktärisering, och i vissa fall görs även en viktning av resultatet. Standarden för LCA rekommenderar dock att viktning undviks.

*Klassificering* innebär att utsläpp och resursanvändning sorteras in i miljöeffektkategorier baserat på potentiell miljöpåverkan, till exempel klimatförändring.

*Karaktärisering* innebär att alla utsläpp inom respektive kategori räknas om till en gemensam enhet, till exempel koldioxidekvivalenter, för att bli adderbara.

### **2.4.1.4 Tolkning av resultat**

Studiens resultat tolkas utifrån de mål och avgränsningar som satts upp i den första delen. Datakvaliteten analyseras och vid behov görs en känslighetsanalys, för att identifiera eventuella nyckelparametrar med stor inverkan på slutresultatet.

## **2.4.2 Avgränsning av det studerade systemet**

Eftersom de flesta produkters livscyklar innehåller en mycket stor mängd energi- och materialflöden behöver det studerade systemet vanligen avgränsas för att bli praktiskt hanterbart. De så kallade systemgränserna avgör vilka flöden som ska ingå och utelämnar processer som bedöms ha mindre betydelse. Tillverkning och underhåll av utrustning och lokaler, personalresor, teknikförändringar och avvikelser från normal drift är exempel på flöden som ofta exkluderas (Lindahl et al., 2002).

I många fall anges ett så kallat cut-off-värde (en procentsats av exempelvis materialvikt) som gräns för vilka flöden som ska ingå i en LCA. En del ämnen, såsom tungmetaller och stabila organiska föreningar, kan ge upphov till betydande miljöeffekter även då de används i mycket små mängder. Därför är det viktigt att inte bara vikt och volym utan även ekologiska egenskaper vägs in i bedömningen av vilka avgränsningar som bör göras (Ibid.).



## 3. Näringsberikning i LCA-studier

I dagsläget råder osäkerhet kring hur framställning av berikningsämnen för livsmedel påverkar miljön. Det gör att dessa tillsatser kan vara svåra att inkludera i livscykelanalyser av näringsberikade livsmedel (Smedman et al. 2010). För att undersöka hur vitamin- och mineralberikning brukar hanteras inom LCA har ett antal livscykelanalyser och liknande miljöpåverkanstudier av mjölk och mejeriprodukter granskats och sammanställts.

Studier av mjölk har valts eftersom det nuvarande LCA-utbudet av havredryck och andra vegetabiliska alternativ är mycket begränsat. De granskade studierna presenteras närmare i följande avsnitt, och för de fullständiga rapporterna hänvisas till källförteckningen.

### 3.1 Sammanställning av granskade studier

De granskade studierna är utgivna under perioden 1998 till 2014 och presenteras i tabell 3 med tidigaste utgivningsår först. Totalt ingår 19 studier i granskningen; 17 livscykelanalyser eller liknande analyser av miljöpåverkan, en jämförande studie av befintliga livscykelanalyser (Yan et al., 2010) samt en LCA-databas för konventionella fodermedel (Flysjö et al., 2008). Den sistnämnda har inkluderats eftersom berikning av mjölk kan ske både direkt i den färdiga produkten och indirekt genom fodertillsatser till mjölkkor.

**Tabell 3.** Sammanställning: Hantering av vitamin- och mineralberikning i 19 granskade miljöpåverkanstudier av mjölk, utgivna under perioden 1998 till 2014 (tidigaste utgivningsår först).

Författare (år)	Land	FE	Vitaminer	Mineraler
Cederberg (1998)	Sverige	1000 kg ECM <sup>4</sup>	Saknas	Fosfor i foder inkluderat
Hogaas Eide (2002)	Norge	1000 liter mjölk, drickfärdig	Saknas	Saknas
Cederberg & Flysjö (2004)	Sverige	1 kg ECM	Ingår i foder, har inte inkluderats i inventering (liten mängd)	Kalciumfosfat i mineralfoder inkluderat (LCA-data för kalk och fosforsyra från litteratur)
Cederberg et al. (2007)	Sverige	1 kg ECM	Ingår i foder, har inte inkluderats i inventering (liten mängd)	Kalk i mineralfoder inkluderat (LCA-data från Cederberg & Flysjö, 2004)
Flysjö et al. (2008)	Sverige	1 kg foder	Saknas	Kalciumfosfat i mineralfoder inkluderat
Thomassen et al. (2008)	Holland	1 kg FPCM <sup>5</sup>	Saknas	Saknas

<sup>4</sup> ECM: Energy Corrected Milk

<sup>5</sup> FPCM: Fat and Protein Corrected Milk

Cederberg et al. (2009)	Sverige	1 kg ECM	Ingår i foder, har inte inkluderats i inventering	Kalk (kalciumfosfat och kalciumkarbonat) i mineralfoder inkluderat (LCA-data från litteratur, bl.a. Flysjö et al., 2008)
Castanheira et al. (2010)	Portugal	1000 kg råmjölk	Saknas	Saknas
Gerber et al. (2010)	Globalt	1 kg FPCM	Saknas	Saknas
Leip et al. (2010)	EU	1 kg mjölk (fetthalt 4 %)	Nämns som mindre foderingrediens, har inte inkluderats i inventering	Nämns som mindre foderingrediens, har inte inkluderats i inventering
Yan et al. (2010)	Europa	Jämförande LCA-studie	Saknas	Saknas
Fantin et al. (2011)	Italien	1 liter mjölk i förpackning	Saknas	Kalciumkarbonat som fodertillskott inkluderat
Flysjö et al. (2011)	Sverige, Nya Zeeland	1 kg ECM	Saknas	Saknas
Flysjö (2012)	Sverige, Nya Zeeland	-	Saknas	Saknas
Gonzalez Garcia et al. (2013)	Portugal	1 kg ECM i förpackning	Saknas	Saknas
Wallman et al. (2013)	Sverige, Danmark, Irland	-	Saknas	Saknas
Dalgaard et al. (2014)	Sverige, Danmark	1 kg ECM	Saknas	Saknas
Daneshi et al. (2014)	Iran	1 liter mjölk i plastförpackning	Ingår i foder, har inte inkluderats i inventering (databrist, bedöms ha försumbar inverkan)	Saknas
De Léis et al. (2014)	Brasilien	1 kg ECM	Cut-off	Mineralpremix i foder inkluderat

### 3.2 Analys: Hantering av berikningsämnen

Direkt vitamin- och mineralberikning av den färdiga produkten omnämns inte i någon av de 19 granskade studierna. Att det rör sig om relativt små tillsatser sett till vikt och volym, och därmed faller under cut-off-kriterier, är troligen den huvudsakliga anledningen. Brist på kunskap kring framställning av berikningsämnen kan vara en annan bidragande orsak.

Indirekt berikning av mjölk genom vitamin- och/eller mineraltillsatser i mjölkornas foder berörs i nio, alltså omkring hälften, av de granskade studierna. Vitamintillsatser nämns i sex av dessa, men ingen av studierna inkluderar fodervitaminer i inventeringen. Detta motiveras med att den tillsatta mängden anses vara försumbar, cut-off-regler eller brist på data.

Mineraltillsatser i foder, vanligen kalcium och/eller fosfor, nämns i åtta studier, varav sju inkluderar dessa mineraler i inventeringen. I den åttonde har fodermineralerna exkluderats med motiveringen att de utgör en liten andel av ingredienserna totalt sett.

Sammanfattningsvis tycks fodermineraler inkluderas i större utsträckning än vitaminer. En tänkbar anledning är att tillsatsvolymerna är större, i kombination med större kunskap kring mineralernas miljöpåverkan och bättre tillgång till livscykeldata.

De 19 studier som ingår i sammanställningen har utförts i flera olika länder under en tidsperiod om totalt 15 år. Huruvida berikningsprodukter inkluderats eller inte verkar inte ha något tydligt samband med var eller när studien är utförd. Det går därmed inte att utifrån denna granskning dra några slutsatser om geografiska eller tidsmässiga trender vad gäller hantering av berikningsprodukter inom LCA.

I framtiden kommer det troligen krävas att framställningen av berikningsämnen kartläggs i betydligt större omfattning. För att kunna jämföra berikade och oberikade livsmedel ur ett kombinerat närings- och miljöperspektiv fordras större kunskap om berikningsämnen och dess miljöpåverkan. Tydlig och lättillgänglig information om framställningen behövs också för att kunna bedöma kvalitet och hälsoeffekter, jämföra olika berikningsprodukter och möjliggöra medvetna konsumentval.

## 4. Livscykelanalys av berikningsämnen

---

Metodikerna för livscykelanalys (se avsnitt 2.4) används för att undersöka miljöpåverkan vid framställning av de berikningsämnen som tillsätts i Oatlys havredryck; en specialtillverkad vitaminpremix innehållande riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2 samt kalcium i form av kalciumkarbonat.

Framställningen studeras från ”vagga till grind” enligt standarden ISO14040. För att underlätta för läsaren är inventeringen uppdelad i två avsnitt; vitaminpremix (avsnitt 4.2) respektive kalciumkarbonat (avsnitt 4.3).

Följande rubriker ingår i analysen:

- Definition av mål och omfattning (avsnitt 4.1)
- Inventeringsanalys (avsnitt 4.2 och 4.3)
- Miljöpåverkansbedömning (avsnitt 4.4)
- Tolkning av resultat (avsnitt 4.5)

### 4.1 Definition av mål och omfattning

I detta avsnitt beskrivs målsättning, syfte och avgränsningar. Här definieras även de funktionella enheter som används i studien.

#### 4.1.1 Mål och syfte

Målet med studien är att utföra livscykelanalyser av tillsatta berikningsämnen i Oatlys havredryck. Syftet är att öka kunskapen om miljöpåverkan av dessa ämnen, identifiera kunskapsluckor samt ge underlag för att bedöma berikningens betydelse för den totala miljöpåverkan av Oatlys havredryck.

#### 4.1.2 Omfattning

I följande avsnitt beskrivs funktionella enheter (avsnitt 4.1.2.1), systemgränser (avsnitt 4.1.2.2) samt datakällor och krav på datakvalitet (avsnitt 4.1.2.3).

##### 4.1.2.1 Funktionell enhet (FE)

En funktionell enhet (FE) ska på ett mätbart sätt uttrycka den studerade produktens funktion och kunna användas vid jämförelser med liknande produkter (ISO14040:2006).

Följande funktionella enheter används i denna studie:

- 1 kg specialtillverkad vitaminpremix (innehållande riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2)
- 1 kg finkornigt kalciumkarbonat (<63 µm i diameter) för livsmedelsbruk

#### 4.1.2.2 Systemgränser

De studerade produkterna följs från ”vagga till grind”, vilket inkluderar råvaruutvinning, framställning, mellanlagring och transporter fram till fabriksgrind. Med fabriksgrind menas i detta fall Oatlys produktionsanläggning för havredryck i Landskrona.

Startkulturer för framställning av vitaminer genom fermentering ligger utanför det studerade systemet, liksom tillverkning och underhåll av produktionsanläggningar och annan utrustning. Tillsatta bulkmedel samt tillverkning och transport av förpackningsmaterial har exkluderats för att göra resultatet generaliserbart till andra berikningsprodukter.

Beräkningar av transportutsläpp innefattar produktion, distribution och förbränning av bränslen. Utsläpp vid tillverkning och underhåll av exempelvis fordon och infrastruktur ingår alltså inte i dessa beräkningar.

##### 4.1.2.2.1 Cut-off

Det så kallade cut-off-värdet anger en gräns för när fördjupad insamling av livscykeldata ska göras. Om cut-off sätts till X procent av materialvikten innebär det alltså att endast de flöden som utgör en större andel än X viktprocent av det totala produktionsmaterialet inkluderas i analysen (Lindahl et al., 2002).

I analysen av vitaminpremix bedöms en specifik procentsats för cut-off inte vara relevant att använda, då inventeringen till stor del utgörs av antaganden och osäkra data. Då det gäller tillverkningsdata för kalciumkarbonat (IMA, 2008) framgår inte vilka regler för cut-off som använts vid insamlingen.

##### 4.1.2.2.2 Allokering och systemutvidgning

Många tillverkningsprocesser genererar fler än en produkt, vilket innebär att inflöden och emissioner behöver fördelas, eller *allokeras*, mellan dessa. Allokering av miljöpåverkan kan baseras på olika typer av fysikaliska eller ekonomiska samband beroende på vad som anses lämpligt i det specifika fallet (Lindahl et al., 2002).

Om det är möjligt rekommenderar dock standarden att undvika allokering och istället använda så kallad *systemutvidgning* för hantering av biprodukter. Metoden innebär att den förväntade miljöpåverkan av en likvärdig produkt (vars framställning ”undviks” genom att den aktuella biprodukten används istället) subtraheras från det studerade systemet (ISO14040:2006).

Till följd av otillräckligt dataunderlag och sekretess hos tillverkare saknas information om eventuella biprodukter vid framställning av de studerade vitaminerna. Allokering och systemutvidgning ingår alltså inte i analysen. Även för kalciumkarbonat saknas information om biprodukter och hur eventuella sådana hanterats vid insamling av data (IMA, 2008).

#### 4.1.2.3 Datakällor och datakvalitetskrav

En tillförlitlig LCA ska enligt standarden baseras på tidsmässigt, geografiskt och tekniskt relevanta datakällor (ISO14040:2006). Av hänsyn till teknikutveckling bör insamlade data vara så aktuella som möjligt, och de ska i möjligaste mån representera den specifika platsen och dess förutsättningar. Med teknisk relevans menas att inventeringsdata i första hand bör representera de processer och material som studeras. I andra hand används data från motsvarande eller jämförbara processer i andra verksamheter (Lindahl et al., 2002).

För att ge en bild av datakvaliteten i de olika delarna av tillverkningsprocessen används i denna studie ett kvalitetsindexsystem baserat på kraven i LCA-standarderna (se avsnitt 4.5.3).

Inventeringsdata för vitaminpremixen bedöms vara av mindre god kvalitet, främst till följd av sekretess och otillräcklig information från tillverkare. Uppgifter om tillverkningen har i första hand hämtats från produktfaktablad och direktkontakt med leverantörer, och i andra hand från databaser och litteratur utgiven under de senaste fem åren<sup>6</sup>. För delar av tillverkningen där data helt saknas baseras analysen på författarens egna antaganden.

Produktionsdata för kalciumkarbonat har hämtats ur en analys utförd av branchorganisationen Industrial Minerals Association (IMA) Europe år 2008. Då uppgifterna är branschspecifika och representerar europeiska förhållanden bedöms datakvaliteten vara god.

Utsläppsdata för transporter har hämtats från transportdatabasen Nätverket för Transporter och Miljön (NTM, 2014) och bedöms vara av god kvalitet.

## 4.2 Inventeringsanalys: Vitaminpremix

Oatlys havredryck berikas med vitaminer genom tillsats av en specialtillverkad premix, innehållande riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2. Premixen betecknas FT111344EU och levereras av DSM Nutritional Products (Fortitech Premixes).

I dessa avsnitt redovisas en uppskattning av miljöpåverkan vid framställning och transport av vitaminpremixen. Inventeringen inkluderar produktion och frakt av respektive vitamin till DSM:s produktionsanläggning i Polen, där premixen bereds och förpackas, samt transport av den färdiga premixen till Oatlys fabrik i Landskrona. Samtliga beräkningar redovisas i appendix (avsnitt A.1).

Följande rubriker ingår i analysen:

- Premixens sammansättning (avsnitt 4.2.1)
- Generella antaganden (avsnitt 4.2.2)
- Riboflavin: Beskrivning och inventering (avsnitt 4.2.3)
- Vitamin B12: Beskrivning och inventering (avsnitt 4.2.4)
- Vitamin D2: Beskrivning och inventering (avsnitt 4.2.5)
- Transport till Oatlys produktionsanläggning (avsnitt 4.2.6)
- Vitaminpremix: Sammanställning av inventering (avsnitt 4.2.7)

Eftersom DSM är mycket restriktiva med att lämna ut information om tillverkningen baseras inventeringen till stor del på litteraturdata och författarens egna antaganden. Den bör därmed inte tolkas som en exakt beskrivning av premixens miljöpåverkan.

---

<sup>6</sup> Undantaget Larsson, u.å. och Binod et al. 1999.

## 4.2.1 Premixens sammansättning

Vitaminpremixens innehåll, per dos respektive per FE, framgår av tabell 4. Notera att maltodextrin, som tillsätts som bulkmedel, inte ingår i det studerade systemet.

Doseringen av vitaminpremix är 1,8 mg per 100 gram havredryck (Fortitech, 2011a), vilket motsvarar ungefär 20 mg per liter. Den funktionella enheten (1 kg premix) räcker följaktligen till berikning av omkring 50 000 liter färdig havredryck<sup>7</sup>.

**Tabell 4.** Sammansättning av vitaminpremix, per dos respektive per FE (DSM, 2014; Fortitech, 2011a).

	Per dos (1,8 mg)	Per FE (1 kg)
Vitamin B2 (riboflavin)	0,21 mg	120 g
Vitamin B12 (cyanokobalamin, 0,1 % maltodextrin)	0,38 µg	210 mg
Vitamin D2 (ergokalciferol)	60 IU <sup>8</sup> = 1,5 µg	830 mg
Maltodextrin (bulkmedel)	Efter behov	

## 4.2.2 Generella antaganden

En mängd antaganden om framställning och transporter har gjorts i denna studie. Dessa baseras i första hand på litteraturuppgifter och uppgifter om motsvarande produkter och processer. I andra hand används här så kallade *worst-case scenarion* för att inte undervärdera den verkliga miljöpåverkan, enligt de rekommendationer som ges i standarden ISO 14044.

### 4.2.2.1 Elproduktion

Framställning av de studerade vitaminerna sker i Kina och Israel. En stor del av den kinesiska elproduktionen, omkring 80 procent, utgörs i dagsläget av kolkraft (Wang & Mu, 2014). I övrigt saknas uppgift om landets elmix, varför denna som ett worst case scenario antagits bestå av 100 procent kolkraft. Samma antagande om 100 procent kolkraft har gjorts för Israel, då information om landets elproduktion helt saknas.

### 4.2.2.2 Fermentering

Den huvudsakliga näringskällan vid fermentering har i samtliga fall antagits vara melass, en biprodukt vid sockerproduktion. Det är en relativt billig näringskälla som ofta används i industriella fermenteringsprocesser (Larsson, u.å.). Utsläppsdata för svensk melass (Flysjö et al., 2008), har i brist på mer geografiskt korrekta uppgifter antagits vara representativa även för kinesisk produktion. Övriga näringsämnen tillsätts i mycket små mängder och har därför uteslutits.

<sup>7</sup> Havredrycken antas ha samma densitet som vatten (1000 gram/liter).

<sup>8</sup> International Unit för vitamin D: 0,025 µg

### 4.2.2.3 Kemikalier och tillsatsämnen

Utsläppsdata för kemikalier och tillsatsämnen i tillverkningen har hämtats från LCA-databasen Ecoinvent (2013). Samtliga tillsatser har antagits vara tillverkade i det land vitaminproduktionen sker, med avseende på elanvändning vid framställningen.

I de fall mängduppgift saknas har tillsatt dos av respektive produkt antagits vara 1 g per FE. Detta för att ge ett worst case scenario, då verklig dos i de flesta fall sannolikt är betydligt lägre. Transporter av tillsatsämnen har uteslutits eftersom tillverkningsort i samtliga fall är okänd samt att det rör sig om mycket små fraktvolymer.

### 4.2.2.4 Transporter

Transporter av vitaminer från Kina respektive Israel till Europa, där premixen blandas, antas ske med lastfartyg tankat med olja<sup>9</sup> (Ecoinvent, 2013).

Transporter inom Europa antas ske med dieseldriven lastbil. Det förmodas att samtliga fordon används för godstransport även under retursträckan, vilket innebär att endast enkel resa ingår i beräkningar. Kortare sträckor, exempelvis mellan fabrik och hamn, har inte inkluderats.

Energi- och bränsleåtgång samt koldioxidutsläpp vid transporter har uppskattats med hjälp av NTM:s databas för transportutsläpp (2014). Övriga utsläpp vid produktion, distribution och förbränning av bränslen har beräknats med hjälp av data från Gode et al. (2011).

## 4.2.3 Riboflavin: Beskrivning och inventering

Industriell framställning av riboflavin kan ske antingen på kemisk väg eller genom fermentering av mikroorganismer (Moine et al., 2012). Industriell fermenteringsteknik utvecklades under 1940-talet då man började använda jäststammar med en naturligt hög produktion av riboflavin, exempelvis *Candida famata*, *Eremothecium ashbyii* och *Ashbya gossypii*. Senare lyckades man även isolera en muterad variant av *Bacillus subtilis* (*B. subtilis* RB50), med en kraftigt förhöjd riboflavinproduktion (Eggersdorfer et al., 2012).

Den globala riboflavinproduktionen är idag omkring 4000 ton per år, varav runt 70 procent används i djurindustrin för foderberikning. Resterande 30 procent används för medicinska ändamål, i kosttillskott och för livsmedelsberikning (Ibid.).

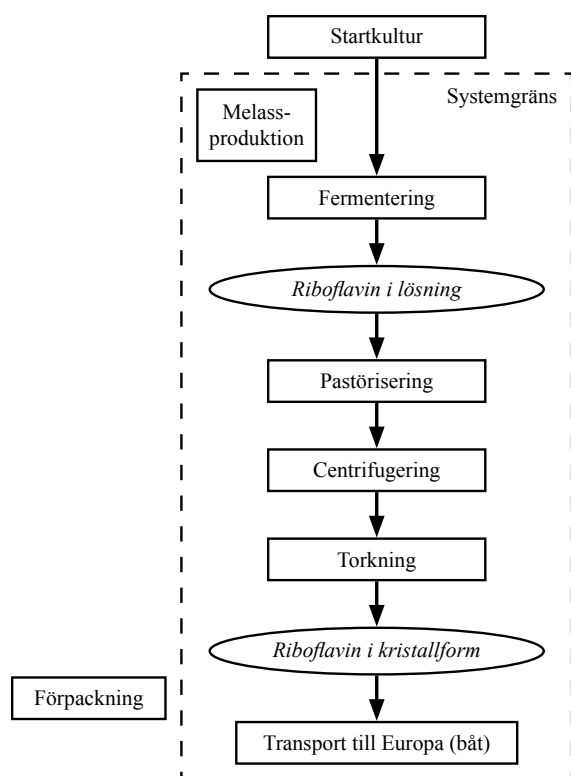
Framställning av riboflavin för DSM sker i Kina med hjälp av *B. subtilis* (DSM, 2014). Andra stora av producenter är kinesiska Hubei Guangji Pharmaceuticals (*B. Subtilis*) och tyska BASF, med produktion i Sydkorea (*Ashbya gossypii*) (Eggersdorfer et al., 2012).

Ett översiktligt processchema för framställning av riboflavin genom fermentering samt transport visas i figur 2 och de olika stegen förklaras i följande avsnitt.

---

<sup>9</sup> Residualolja (RO), svavelhalt 2,7 %





**Figur 2.** Översiktligt processchema för framställning och transport av riboflavin.

### 4.2.3.1 Fermentering

De fermenterande bakterierna, *B. subtilis*, odlas i en lösning av vatten och näringsämnen, där nålformade riboflavinkristaller ackumuleras under fermenteringsprocessen. *B. subtilis* är en aerob organism, vilket innebär att syre behöver tillföras för att processen ska fungera optimalt (Eggersdorfer et al., 2012).

Vid optimala förhållanden, då temperaturen hålls under 30 grader och tillräckligt med syre tillförs, är utbytet av riboflavin omkring 10 g per liter näringslösning (Moine et al., 2012). Det innebär att 12 liter behövs för att framställa 120 g riboflavin (1 FE), om inga förluster sker vid extraktion och rening. För att ge utrymme för sådana förluster antas 20 liter näringslösning åtgå per FE.

Eftersom fermenteringsprocessen kräver omrörning (för syretillförsel) antas den ske i en bioreaktor av typen ”stirred tank reactor” (STR). Vanligen används en tank av rostfritt stål och volymen kan variera från ett par hundra liter för läkemedelsframställning till över 200 m<sup>3</sup> för industriell jästproduktion. Effektbehovet för en industriell STR i mindre skala är omkring 2 kW per m<sup>3</sup> (Larsson, u.å.) vilket ger omkring 0,04 kW per FE (20 liter).

Fermenteringsprocessen antas pågå i två dygn, baserat på uppgift för framställning av vitamin B12 genom fermentering (se avsnitt 4.2.4.1). Det innebär att 7 MJ behöver tillföras per FE. Eftersom optimal temperatur ligger under 30 grader (Moine et al., 2012) antas ingen värme behöva tillföras i detta steg.

Bakteriernas näring antas huvudsakligen komma från melass. Baserat på uppgifter för framställning av vitamin B12 antas att 100 g tillsätts per liter näringslösning (se tabell 6, avsnitt 4.2.4.1). Det innebär att omkring 2 kg melass behöver tillsättas per FE.

Användning av färskvatten (omkring 20 liter per FE) ingår inte bland miljöeffektkategorierna i denna studie, men är värt att notera då det utgör en resursförbrukning.

#### 4.2.3.2 Pastörisering

För att bli av med skadliga mikroorganismer pastöriseras näringslösningen innan riboflavinkristallerna utvinns (Binod et al. 1999). Eftersom sjukdomsframkallande bakterier vanligen dör vid temperaturer över 72 grader (Livsmedelsverket, 2014b) antas att lösningen värms till 75 grader. Den värmeenergi som behöver tillföras för pastörisering av 20 liter lösning, vars starttemperatur antas vara 25 grader, uppskattas till 5 MJ<sup>10</sup> (Reistad, 2011).

#### 4.2.3.3 Centrifugering

Riboflavinkristallerna separeras från cellerna i näringslösningen genom centrifugering, vilket kräver tillförsel av energi (Binod et al. 1999). Med ett förmodat flöde på omkring 4 m<sup>3</sup> per timme och effekten 2 kW<sup>11</sup> (Alfa Laval, u.å.) uppskattas den mängd energi som behöver tillföras för centrifugering till omkring 0,04 MJ per FE (20 liter lösning).

#### 4.2.3.4 Torkning

Den centrifugerade riboflavinlösningen koncentreras genom avdunstning av vätska från kristallerna (Binod et al. 1999). Vid centrifugering minskar rimligtvis vattenhalten, men för att inte underskatta energibehovet för torkning antas här att mängden vatten hålls konstant. Det innebär att 20 liter vatten behöver avdunsta per FE. Av samma anledning antas lösningens temperatur vara omkring 25 grader, trots att den verkliga temperaturen efter centrifugering troligen är högre.

Den värmeenergi som behöver tillföras för att värma 20 liter vatten från 25 till 100 grader samt förångas samma volym uppskattas till 50 MJ (Reistad, 2011). Torkningen antas ske i naturgasdriven varmluftsugn, vars utsläpp har uppskattats med hjälp av data för naturgas i personbil ur Gode et al. (2011).

#### 4.2.3.5 Transport till Europa

Vitaminpremixen blandas och förpackas på DSM:s produktionsanläggning i Polen. Energi- och bränsleåtgång samt koldioxidutsläpp vid transport från Kina till Europa (en sträcka på omkring 7000 km) har beräknats med hjälp av NTM:s databas (2014). Övriga bränsleutsläpp har uppskattats baserat på uppgifter för tjockolja (1 % S) från Gode et al. (2011).

---

<sup>10</sup> Lösningen antas ha samma densitet och specifik värmekapacitet som vatten.

<sup>11</sup> Antagna värden för flöde och effekt baseras på centrifugmodellen Clara 20 från Alfa Laval, en modell som används i livsmedels- och fermenteringsindustri.

### 4.2.3.6 Sammanfattning

En sammanfattning av uppskattade in- och utflöden per FE vid framställning och transport av riboflavin visas i tabell 5.

**Tabell 5.** Uppskattade in- och utflöden per FE vid framställning och transport av riboflavin.

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Fermentering</b>	Vatten: 20 l Melass: 2 kg  Primärenergi: 3 MJ (melass) 7 MJ (omrörning) Totalt: 10 MJ	<b>Riboflavin (i lösning): 0,2 kg</b>  <u>Melass (2 kg)</u> GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 10 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 4 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv  <u>Energi (10 MJ)</u> GWP: 3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 6 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,5 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv  <u>Totalt</u> GWP: 3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 20 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 5 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Pastörisering</b>	Primärenergi: 5 MJ (uppvärmning)	GWP: 2 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 3 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,3 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Centrifugering</b>	Primärenergi: 40 kJ	GWP: 10 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 20 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Torkning</b>	Primärenergi: 50 MJ (Naturgas; produktion, distribution)	<b>Riboflavin (kristallform): 0,1 kg</b>  GWP: 3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 2 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Transport till Europa</b>	Bränsle (RO 2,7 % S): 4 g  Primärenergi: 0,2 MJ (Olja; produktion, distribution)	GWP: 10 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,3 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 40 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv

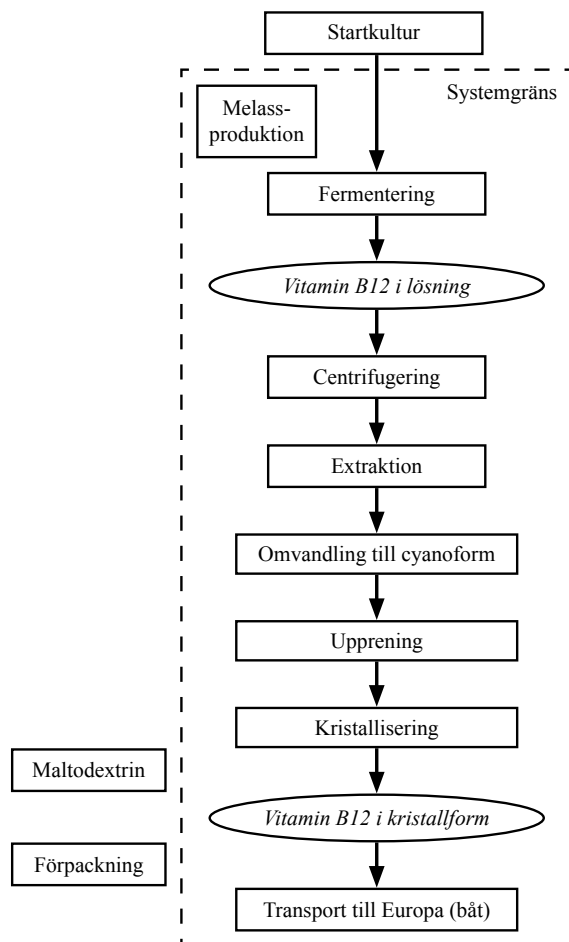
### 4.2.4 Vitamin B12: Beskrivning och inventering

I naturen bildas kobalaminer enbart genom fermentering av mikroorganismer, som *Escherichia coli*, *Propionibacterium shermanii*, *Pseudomonas denitrificans* och *Salmonella typhimurium*. Även den industriella kobalaminproduktionen sker vanligen genom fermentering, då storskalig kemisk syntes är komplicerad och i dagsläget inte anses ekonomiskt lönsam (Moine et al., 2012).

Vid industriell framställning av vitamin B12 används vanligen antingen *Pseudomonas denitrificans* eller *Propionibacterium shermanii*. De två processerna ger ett likvärdigt utbyte men skiljer sig åt i sin utformning. *Propionibacterium*-processen måste delas upp i två steg, eftersom bakteriernas tillväxt är anaerob medan vitaminsyntesen kräver syre. *Pseudomonas*-processen är däremot helt anaerob (Ibid.).

Framställning av vitamin B12 för DSM sker i Kina, genom den anaeroba *Pseudomonas*-processen<sup>12</sup> (DSM, 2014). Till den färdiga vitaminprodukten tillsätts för konsistensens skull en viss mängd bulkmedel i form av maltodextrin. För att göra resultatet av livscykelanalysen mer generaliserbart har denna tillsats inte inkluderats här.

Ett översiktligt processschema för framställning och transport av vitamin B12 visas i figur 3 och de olika stegen beskrivs i följande avsnitt.



**Figur 3.** Översiktligt processschema för framställning och transport av vitamin B12.

#### 4.2.4.1 Fermentering

Fermenteringsprocessen antas ske i en bioreaktor av typen STR, som beskrivits i avsnitt 4.2.3.1. De fermenterande bakterierna, *Pseudomonas denitrificans*, är aeroba och trivs bäst vid omkring 30 grader och neutralt pH (Moine et al., 2012). Odlingen sker i en lösning av vatten och näringsämnen, och ofta tillsätts även en liten mängd *dimetylbenzimidazol*<sup>13</sup> för att öka kobalaminproduktionen (Ibid.).

<sup>12</sup> Mia Andersson, Fortitech, kontakt via mail 2011-06-08

<sup>13</sup> Dimetylbenzimidazol utgör en funktionell grupp i samtliga kobalaminformer (se avsnitt 2.3.2).

Ett exempel på en lämplig näringslösning för *Pseudomonas*-processen framgår av tabell 6.

**Tabell 6.** Näringslösning för *Pseudomonas*-processen (exempel ur Moine et al., 2012).

Melass (från sockerbeta)	105 g
Sackaros (rörsocker)	15 g
Betain (aminosyra)	3 g
Ammoniumsulfat	2,5 g
Magnesiumsulfat	0,2 g
Zinksulfat	0,08 g
Dimetylbenzimidazol	0,025 g
Vatten	1 l

Efter 1-2 dygn kan man under goda förhållanden få ut 150 mg kobalamin per liter näringslösning (Moine et al., 2012). För att framställa 210 mg av vitaminet (1 FE) behövs alltså 1,4 liter, om inga förluster sker vid extraktion och rening. För att ge utrymme för sådana förluster antas här att 2 liter näringslösning åtgår per FE.

Effektbehovet för omrörning beräknas på samma sätt som för riboflavin (se avsnitt 4.2.3.1) till omkring 0,004 kW per FE (2 liter). Då fermenteringsprocessen antas pågå i två dygn uppskattas energibehovet till 0,7 MJ per FE. Den huvudsakliga näringskällan utgörs av melass, 105 g per liter näringslösning (se tabell 6) eller omkring 200 g per FE.

#### 4.2.4.2 Centrifugering

Under fermenteringsprocessen bildas kobalamin inuti bakteriernas celler. Cellerna separeras ur lösningen genom centrifugering (Moine et al., 2012), vilket kräver tillförsel av energi. På samma sätt som beskrivits i avsnitt 4.2.3.2, med ett förmodat flöde på 4 m<sup>3</sup> per timme och effekten 2 kW (Alfa Laval, u.å.), uppskattas den tillförda energin till omkring 4 kJ per FE.

#### 4.2.4.3 Extraktion

Kobalamin kan extraheras ur cellmassan exempelvis genom tillsats av alkohol under uppvärmning. Den separerade massan värms då upp till 100 grader under 10-30 minuter (Moine et al., 2012). Den tillförda mängden värmeenergi per FE för uppvärmning till 100 grader uppskattas till 0,7 MJ, då starttemperatur för cellmassan antas vara 25 grader<sup>14</sup> (Reistad, 2011).

Eftersom uppgift om alkohol saknas antas här att man använder metanol, 1 g per FE. Utsläppsdata för metanol har hämtats från Ecoinvent (2013).

#### 4.2.4.4 Omvandling till cyanoform

I fermenteringsprocessen bildas en blandning av olika kobalaminer; metyl-, hydroxo-, och adenosylkobalamin. Att isolera och rena dessa var för sig är komplicerat och tidskrävande, varför samtliga former konverteras till *cyanokobalamin*, den mest stabila formen, innan lösningen renas (Moine et al., 2012).

<sup>14</sup> Densitet och specifik värmekapacitet för cellmassan antas vara samma som för vatten.

Konvertering till cyanoform sker genom tillsats av kaliumcyanid och natriumnitrit till fermenteringslösningen (Ibid.). Då mängduppgift saknas antas att 1 g av vardera tillsätts per FE. Livscykeldata för natriumnitrit har hämtats från Ecoinvent (2013). Utsläppsdata för kaliumcyanid saknas och har därför substituerats med data för natriumcyanid, en annan alkalicyanid, från Ecoinvent (2013).

Kaliumcyanid, liksom andra alkalicyanider, är mycket toxiska vid både förtäring, hudkontakt och inandning. De är vattenlösliga och sprids därmed lätt i naturen, vilket kan få allvarliga konsekvenser för växt- och djurliv. Vattenlevande organismer är extra känsliga för cyanidexponering (Naturvårdsverket, 2009).

Miljö- och hälsoeffekter av cyanid i vitaminframställning bör eventuellt utredas vidare, då långvarig exponering kan skada nervsystemet hos människor och i allvarliga fall orsaka dödsfall (EPA, 2013).

#### **4.2.4.5 Upprening**

De konverterade kobalaminerna renas i ett första steg genom filtrering, kombinerat med tillsats av organiska lösningsmedel som kresol (metylfenol). Resultatet blir en fällning av cyanokobalamin med en renhetsgrad på omkring 80 procent. Detta är godkänt för användning i djurfoder, men för livsmedelsberikning och medicinska ändamål krävs en högre renhetsgrad.

Produkten behandlas därför med ytterligare tillsats av kresol, följt av butanol och vatten. Proceduren upprepas sedan med en ny dos lösningsmedel tills önskad renhet uppnås (Moine et al., 2012). Här antas att totalt 1 g vardera av kresol och butanol tillsätts per FE. Utsläppsdata för dessa ämnen har hämtats från Ecoinvent (2013).

#### **4.2.4.6 Kristallisering**

Vitaminprodukten kristalliseras genom tillsats av organiska lösningsmedel (Moine et al., 2012). Här antas att man använder butanol och att tillsatt mängd är 1g per FE. Utsläppsdata för butanol har hämtats från Ecoinvent (2013).

#### **4.2.4.7 Transport till Europa**

Energiåtgång, bränsleförbrukning och utsläpp vid transport från Kina till Europa har uppskattats på samma sätt som för riboflavin (se avsnitt 4.2.3.5).

#### 4.2.4.8 Sammanfattning

En sammanfattning av uppskattade in- och utflöden per FE vid framställning och transport av vitamin B12 visas i tabell 7.

**Tabell 7.** Uppskattade in- och utflöden per FE vid framställning och transport av vitamin B12.

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Fermentering</b>	Vatten: 2 l	<b>Vitamin B12 (i lösning): 0,3 g</b>
	Melass: 0,2 kg	
	Primärenergi: 0,3 MJ (melass) 0,7 MJ (omrörning) Totalt: 1 MJ	
		<u>Melass (0,2 kg)</u> GWP: 30 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 1 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,4 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Energi (1 MJ)</u> GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,6 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 60 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u> GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 2 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,5 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Centrifugering</b>	Primärenergi: 4 kJ	GWP: 1 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 2 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Extraktion</b>	Metanol: 1 g	<b>Metanol (1 g)</b> GWP: 20 mg CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,1 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,02 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
	Primärenergi: 7 kJ (metanol) 0,7 MJ (uppvärmning) Totalt: 0,7 MJ	
		<u>Energi (0,7 MJ)</u> GWP: 0,2 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,4 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 40 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u> GWP: 0,2 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,4 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 40 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Omvandling till cyanoform</b>	Natriumcyanid: 1 g	<b>Natriumcyanid (1 g)</b> GWP: 40 g CO <sub>2</sub> ekv
	Natriumnitrit: 1 g	
	Primärenergi: 3 kJ (natriumcyanid) 3 kJ (natriumnitrit) Totalt: 6 kJ	
		<u>Natriumnitrit (1 g)</u> AP: 0,8 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Energi (6 kJ)</u> GWP: 2 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 4 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,3 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u> GWP: 40 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,8 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv

<b>Upprening</b>	Kresol: 1 g	<u>Kresol (1 g)</u>
	Butanol: 1 g	GWP: 0,2 kg CO <sub>2</sub> ekv
	Primärenergi: 3 kJ (kresol)	<u>Butanol (1 g)</u>
	40 kJ (butanol)	GWP: 0,2 kg CO <sub>2</sub> ekv
	Totalt: 40 kJ	<u>Energi (40 kJ)</u>
		GWP: 10 g CO <sub>2</sub> ekv
		AP: 20 mg SO <sub>2</sub> ekv
		EP: 2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u>
		GWP: 0,4 kg CO <sub>2</sub> ekv
		AP: 20 mg SO <sub>2</sub> ekv
		EP: 2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Krystallisering</b>	Butanol: 1 g	<b>Vitamin B12 (kristallform): 0,2 g</b>
	Primärenergi: 40 kJ (butanol)	<u>Butanol (1 g)</u>
		GWP: 0,2 kg CO <sub>2</sub> ekv
		<u>Energi (40 kJ)</u>
		GWP: 0,1 kg CO <sub>2</sub> ekv
		AP: 20 mg SO <sub>2</sub> ekv
		EP: 2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u>
		GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv
		AP: 20 mg SO <sub>2</sub> ekv
		EP: 2 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Transport till Europa</b>	Bränsle (RO 2,7 % S): 7 mg	GWP: 20 mg CO <sub>2</sub> ekv
	Primärenergi: 0,3 kJ (Olja; produktion, distribution)	AP: 0,5 mg SO <sub>2</sub> ekv
		EP: 0,07 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv

#### 4.2.5 Vitamin D2: Beskrivning och inventering

Oatlys leverantör av vitaminpremix, Fortitech Premixes, köper in vitamin D2 från en producent i Israel<sup>15</sup> (DSM, 2014). Inför denna studie har man av sekretesskäl inte velat lämna ut någon mer information om detta, varken om producentnamn eller om tillverkningsmetoder. Därmed går det inte att göra någon rimlig uppskattning av vitaminets miljöpåverkan i det specifika fallet. I följande avsnitt ges i stället en allmän beskrivning av hur industriell produktion av D-vitamin kan se ut, baserat på litteratur och författarens antaganden.

Råvaran för framställning av vitamin D3 utgörs av kolesterol, som omvandlas till vitaminet genom UV-bestrålning. Vid syntetisering av den vegetabiliska varianten D2 används istället ergosterol, ett kolesterolliknande ämne som utvinns från fermenterande jästsvampar (Lippert Hirsch, 2011).

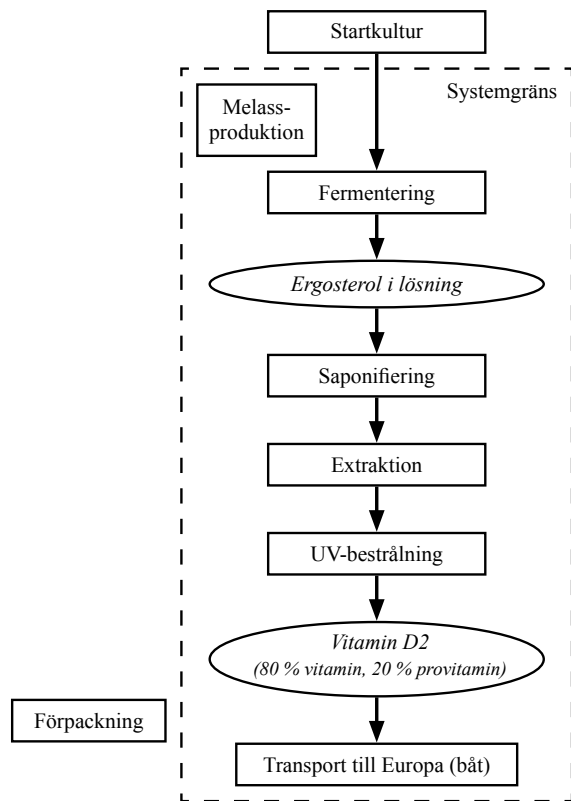
En stor del av den industriella vitamin D2-framställningen sker i södra Kina, där man har god tillgång till kassava- och sockerrörsmelass som näring för fermentationsprocessen. I norra Kina, där man producerar mycket antibiotika, används även penicillinhyfer (svampcelltrådar), som brukar innehålla omkring en procent ergosterol (Ibid.).

<sup>15</sup> Uppgiften gäller år 2014, förändringar kan ha skett efter detta år.



D-vitaminer är känsliga för bland annat luft och UV-strålning, vilket ställer krav på transport och lagringsmetoder. Då vitaminet ska användas livsmedel eller läkemedel transporteras det vanligen i kristallform. Även de så kallade provitaminerna (förstadium till vitaminet) är instabila och bör inte utsättas för värme och ljus. Utblandat med metanol är de dock mer stabila och lättare att transportera jämfört med de aktiva vitaminformerna (Ibid.).

Ett exempel på processchema för framställning av vitamin D2 framgår av figur 4, och de olika stegen beskrivs närmare i följande avsnitt.



**Figur 4.** Exempel på processchema för industriell framställning och transport av vitamin D2.

#### 4.2.5.1 Fermentering

Ergosterol, som utgör råvaran för framställning av vitamin D2, utvinns från fermenterande jästsvampar. Den huvudsakliga näringskällan är vanligen melass, och lösningen matas kontinuerligt för att hålla en optimal sockerhalt (Lippert Hirsch, 2011).

Då uppgift saknas antas att 10 liter näringslösning och 1 kg melass används per FE. Fermenteringen antas ske i en omrörd STR, som beskrivits i avsnitt 4.2.3.1. Effekt- och energibehov per FE uppskattas till 0,02 kW respektive 3,5 MJ per FE, då processen antas pågå i omkring två dygn<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Baserat på uppgift för framställning av vitamin B12 genom fermentering av *Pseudomonas denitrificans* (Moine et al., 2012), se avsnitt 4.2.4.1.

#### 4.2.5.2 Saponifiering

Under fermenteringsprocessen bildas många olika typer av steroler, bland annat det önskade ämnet ergosterol. Det första steget i utvinningen innebär att det totala fettinnehållet extraheras ur lösningen genom *saponifiering*, eller ”förtvålning”. Lösningen värms då upp till 130 grader, varpå ett varmt basiskt ämne tillsätts (Lippert Hirsch, 2011).

Den tillförda värmeenergin för upphettning beräknas till 5 MJ per FE, då lösningens starttemperatur antas vara 25 grader<sup>17</sup> (Reistad, 2011). Den basiska tillsatsen har inte inkluderats, då den antas kunna återanvändas i processen.

#### 4.2.5.3 Extraktion

Proteiner och nukleinsyror avlägsnas ur lösningen genom tillsats av metanol. Sterolerna separeras ur den kvarvarande lösningen genom kristallisering, exempelvis genom tillsats av etanol, och den kristalliserade produkten isoleras genom filtrering. Därefter görs en ny kristallisering för att ytterligare öka renhetsgraden (Lippert Hirsch, 2011).

Här antas att 1 g vardera av metanol och etanol åtgår per FE. Utsläppsdata för dessa ämnen har hämtats från Ecoinvent (2013).

#### 4.2.5.4 UV-bestrålning

Vitamin D2 syntetiseras genom UV-bestrålning av ergosterol. Då bildas så kallat provitamin, som vid tillförelse av värme ombildas till vitamin D2. Dessa ställer in sig i jämvikt beroende på temperatur och räknas båda som aktiva vitaminformer. Kommersiella D-vitaminprodukter innehåller vanligen runt 80 procent vitamin och 20 procent provitamin (Lippert Hirsch, 2011).

Miljöpåverkan av bestrålning med UV-ljus bedöms vara försumbar i sammanhanget och har därmed inte inkluderats i denna studie.

#### 4.2.5.5 Transport

Transport av vitamin D2 från Israel till DSM:s produktionsanläggning i Polen, en sträcka på omkring 3000 km, antas ske med lastfartyg. Energiåtgång, bränsleförbrukning och utsläpp har uppskattats på samma sätt som för riboflavin och vitamin B12 (se avsnitt 4.2.3.5).

---

<sup>17</sup> Densitet och specifik värmekapacitet för lösningen antas vara samma som för vatten.

## 4.2.5.6 Sammanfattning

En sammanfattning av uppskattade in- och utflöden per FE vid framställning och transport av vitamin D2 visas i tabell 8.

Tabell 8. Uppskattade in- och utflöden (per FE) vid framställning och transport av vitamin D2.

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Fermentering</b>	Vatten: 10 l	<b><i>Ergosterol (i lösning)</i></b>
	Melass: 1 kg	
	Primärenergi: 1,5 MJ (melass) 3,5 MJ (omrörning) Totalt: 5 MJ	
		<u>Melass (1 kg)</u> GWP: 0,1 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 6 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Energi (5 MJ)</u> GWP: 2 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 3 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,3 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u> GWP: 2 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 9 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Saponifiering</b>	Primärenergi: 5 MJ (uppvärmning)	GWP: 2 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 3 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,3 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Extraktion</b>	Metanol: 1 g	<u>Metanol (1 g)</u> GWP: 20 mg CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,1 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,02 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
	Etanol: 1 g	
	Primärenergi: 7 kJ (metanol) 20 kJ (etanol) Totalt: 30 kJ	
		<u>Etanol (1 g)</u> GWP: 2 g CO <sub>2</sub> ekv
		<u>Energi (0,03 MJ)</u> GWP: 6 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 10 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 1 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
		<u>Totalt</u> GWP: 8 g CO <sub>2</sub> ekv AP: 10 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 1 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>UV-bestrålning</b>	UV-ljus (inte inkluderat)	<b><i>Vitamin D2: 0,8 g</i></b> (80 % vitamin, 20 % provitamin)
<b>Transport till Europa</b>	Bränsle (RO 2,7 % S): 10 mg  Primärenergi: 0,6 kJ (Olja; produktion, distribution)	GWP: 40 mg CO <sub>2</sub> ekv AP: 0,8 mg SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,1 mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv

## 4.2.6 Transport till Oatlys produktionsanläggning

Beredning och förpackning av vitaminpremixen sker på DSM:s produktionsanläggning i Polen. För konsistensens skull tillsätts bulkmedlet maltodextrin (Fortitech, 2011a). Den färdiga produkten förpackas i polyetylsäckar om 25 kg, samt ett skyddande lager kartong (Fortitech, 2011b). Miljöpåverkan av bulkmedel och förpackningar ingår inte i denna studie (se avsnitt 4.1.2.2, Systemgränser).

Premixen transporteras till Oatlys fabrik i Landskrona via DSM:s logistikcenter i Holland.<sup>18</sup> Det totala avståndet är omkring 2000 km och transporten antas ske med dieseldriven lastbil. Bilarna antas ha en totalvikt om 50 ton, en lastkapacitet om 40 ton och fyllnadsgraden antas vara 50 procent. Då bilarna förmodas användas för godstransport även på returvägen har endast sträckan Polen-Landskrona inkluderas i beräkningar.

Energiåtgång, bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp vid transport har uppskattats med hjälp av NTM:s databas (2014). Övriga utsläpp vid produktion, distribution och förbränning av diesel har beräknats med hjälp av data från Gode et al. (2011).

Uppskattade in- och utflöden per FE vid transport till Oatlys produktionsanläggning i Landskrona redovisas i tabell 9.

**Tabell 9.** Uppskattade in- och utflöden (per FE) vid transport av vitaminpremix från Polen till Landskrona.

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Transport till Landskrona</b>	Diesel B5 EU: 0,05 l Primärenergi: 2 MJ (Diesel; produktion, distribution)	GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 1 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv

<sup>18</sup> Mattias Fredriksson, DSM, kontakt via mail 2014-10-28.

## 4.2.7 Vitaminpremix: Sammanställning av inventering

Tabell 10 visar en sammanställning av in- och utflöden per FE vid framställning och transport av ingående vitaminer (avsnitt 4.2.3 - 4.2.6) samt totalt för vitaminpremixen.

Tabell 10. Uppskattade in- och utflöden (per FE) vid framställning och transport av vitaminpremix.

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Riboflavin (120 g)</b>	Vatten: 20 l Melass: 2 kg Bränsle (RO 2,7 % S): 4 g  Primärenergi: 70 MJ	GWP: 8 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 20 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 5 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Vitamin B12 (210 mg)</b>	Vatten: 2 l Melass: 0,2 kg Metanol: 1 g Natriumcyanid: 1 g Natriumnitrit: 1 g Kresol: 1 g Butanol: 2 g Bränsle (RO 2,7 % S): 7 mg  Primärenergi: 2 MJ	GWP: 1 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 6 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 1 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Vitamin D2 (830 mg)</b>	Vatten: 10 l Melass: 1 kg Metanol: 1 g Etanol: 1 g UV-ljus Bränsle (RO 2,7 % S): 0,01 g  Primärenergi: 10 MJ	GWP: 4 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 12 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 3 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Transport till Oatly</b>	Diesel B5 EU: 0,1 l  Primärenergi: 4 MJ	GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 1 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 0,2 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv
<b>Premix totalt (1 kg)</b>	Vatten: 30 l Melass: 3 kg Metanol: 2 g Etanol: 1 g Natriumcyanid: 1 g Natriumnitrit: 1 g Kresol: 1 g Butanol: 2 g UV-ljus (Inte inkluderat) Bränsle (RO 2,7 % S): 4 g  Primärenergi: 90 MJ	GWP: 13 kg CO <sub>2</sub> ekv AP: 40 g SO <sub>2</sub> ekv EP: 9 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv

## 4.3 Inventeringsanalys: Kalciumkarbonat

Havredrycken berikas med kalcium i form av kalciumkarbonat, kalciumdifosfat och kalciumtrifosfat (total mängd är 1,2 gram kalcium per liter färdigdryck). Eftersom information saknas om hur kalciumfosfaterna produceras har dessa inte inkluderats i studien. Istället har hela den tillsatta mängden kalcium antagits bestå av kalciumkarbonat.

I följande avsnitt redovisas den uppskattade miljöpåverkan vid produktion och transport av kalciumkarbonat för användning i Oatlys havredryck:

- Processbeskrivning (avsnitt 4.3.1)
- Inventeringsdata (avsnitt 4.3.2)
- Sammanställning av inventering (avsnitt 4.3.3)

Den funktionella enhet som används i analysen är 1 kg kalciumkarbonat. Livscykeldata för produktionen har hämtats från en analys utförd av branschorganisationen Industrial Minerals Association (IMA) Europe 2008. Data för de olika processtegen presenteras därför inte separat i analysen. Transportberäkningar redovisas i appendix (avsnitt A.2).

### 4.3.1 Processbeskrivning

Kalciumkarbonat tillsätts i form av produkten Mikhart 5 från Termidor AB, tillverkat av det franska företaget Provençale S.a. Brytning av kalciumkarbonat samt bearbetning och framställning av berikningsprodukten sker i franska Espira De L'Agly, Cases de Pène i södra Pyrenéerna (se figur 5).<sup>19</sup>

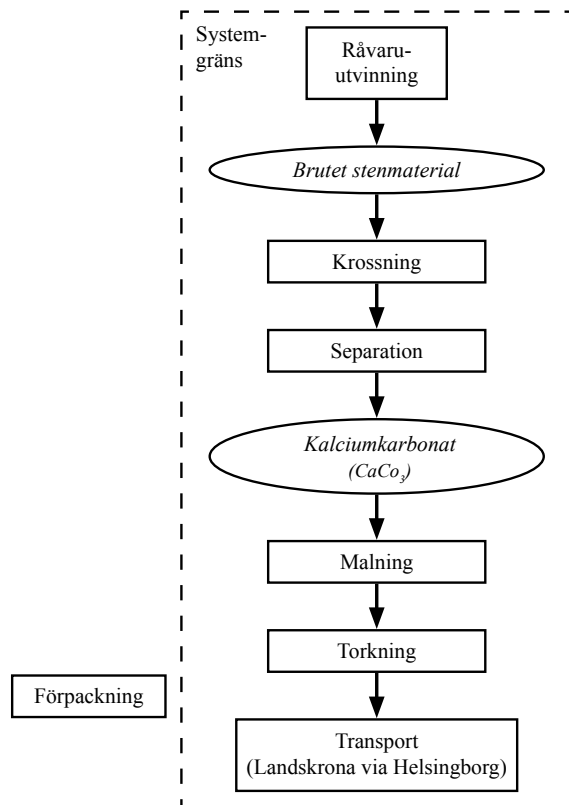


Figur 5. Brytning av kalksten i Espira De L'Agly, Frankrike.

<sup>19</sup> Johan Andersson, Termidor AB, kontakt via mail 2014-10-16.

Ett översiktligt schema för framställning och transport av kalciumkarbonat visas i figur 6, och de olika processtegen beskrivs i följande avsnitt.

Beskrivningen baseras huvudsakligen på den LCA som utförts av IMA (2008) samt uppgifter från produktens leverantör (Termidor AB). I andra hand används motsvarande information från tillverkare av liknande produkter.



Figur 6. Översiktligt processchema för framställning och transport av kalciumkarbonat.

#### 4.3.1.1 Råvaruutvinning

Den sedimentära bergarten kalksten består till största delen av kalciumkarbonat, med den kemiska formeln  $\text{CaCO}_3$  (Nordkalk, 2014a). Brytning kan ske antingen i underjordiska gruvor eller i dagbrott, av vilka det senare är den vanligaste metoden. Brytning i dagbrott innebär att det översta jordlagret skalas av, varpå brytningen sker stegvis nedåt genom borring och sprängning tills man når den i förväg planerade bottennivån (Nordkalk, 2014b).

Kalkbrytning är energikrävande och orsakar utsläpp av koldioxid, kväveoxider, svaveldioxid samt partiklar till luft och vatten. Verksamheten innebär dessutom långsiktiga förändringar av landskapet och kan orsaka störningar i form av vibrationer, buller och dammbildning. Överblivet stenmaterial och andra restprodukter behöver tas om hand och vatten som rinner ner i gruvorna kan påverka grundvattennivån (Nordkalk, 2010).

Den kalksten som används vid framställning av Mikhart 5 utvinns ur öppna, torra gruvor (dagbrott) i Espira De L'Agly i Frankrike (se figur 5). Energiberäkningar för framställningen baseras på europeisk elmix (IMA, 2008).

### **4.3.1.2 Krossning**

En första grovkrossning av det brutna stenmaterialet brukar göras i direkt anslutning till gruvan. Vanligen används eldriven utrustning för detta (Nordkalk, 2010). Det grovkrossade materialet transporteras därefter till en närliggande produktionsanläggning för ytterligare finfördelning (Nordkalk, 2014b).

### **4.3.1.3 Separation**

För att sortera ut oönskade bergarter ur krossmaterialet används en metod som kallas ”screening”, eller torrseparation. Det återstående materialet efter detta steg består till största delen av rent kalciumkarbonat, vilket är den önskade produkten (IMA, 2008).

### **4.3.1.4 Malning**

Det separerade stenmaterialet finfördelas genom malning till önskad kornstorlek, i detta fall max 63 µm i diameter (IMA, 2008). Malningen är en torrprocess och ger därmed upphov till stora mängder stendamm. Dammspridningen kan kontrolleras exempelvis genom filterrening av utgående luft och genom bevattning av vägar och lagrat stenmaterial (Nordkalk 2010).

### **4.3.1.5 Torkning**

Beroende på användningsområde och kundens önskemål torkas det finfördelade materialet inför lagring (IMA, 2008). Torkning antas ske i torkugn driven av naturgas.

### **4.3.1.6 Förpackning och transport**

Den färdiga kalciumprodukten förpackas i papperssäckar, som staplas på lastpallar och täcks med plastfilm (OMYA, 2004). Miljöpåverkan av förpackningsmaterial ligger utanför ramen för denna studie (se avsnitt 4.1.2.2, Systemgränser). Då produkten är förpackad och klar skickas den till Oatlys fabrik i Landskrona via Termidors mellanlager i Karlskrona<sup>20</sup>.

Transporten sker i fyra etapper:

- Lastbil från produktionsanläggning i Cases de Pène till järnvägsstation i Perpignan (16 km)
- Tåg från Perpignan till Helsingborg (2000 km)
- Lastbil från Helsingborg till Termidors mellanlager i Karlskrona (230 km)
- Lastbil från Karlskrona för leverans till Oatly i Landskrona (210 km)

Den första etappen, mellan Cases de Pène och Perpignan, utgör mindre än en procent av den totala transportsträckan och har därmed inte inkluderats i inventeringen.

---

<sup>20</sup> Johan Andersson, Termidor AB, kontakt via mail 2014-10-16.



### 4.3.2 Inventeringsdata

I följande avsnitt redovisas inventeringsdata för produktion av finkornigt kalciumkarbonat (Mikhart 5) samt transport till Oatlys produktionsanläggning i Landskrona:

- Produktion av finkornigt kalciumkarbonat (avsnitt 4.3.2.1)
- Transport till Oatlys produktionsanläggning (avsnitt 4.3.2.2)

Produktionsdata för kalciumkarbonat har hämtats från en LCA utförd av IMA Europe (2008). Data för de olika stegen i produktionsledet redovisas därför inte separat i denna studie.

#### 4.3.2.1 Europeisk produktion av finkornigt kalciumkarbonat

En sammanställning av betydande in- och utflöden vid produktion av 1 kg finkornigt kalciumkarbonat (<63 µm i diameter) visas i tabell 11 och tabell 12<sup>21</sup>. Sammanställningen baseras på medelvärden för europeiska anläggningar samt i viss mån globala medelvärden för uppströmsprocesser. Europeisk elmix har använts vid energiberäkningar (IMA, 2008).

Energi- och materialflöden mindre än 1 kJ respektive 100 mg har inte inkluderats i tabellerna. Utsläpp av små mängder radioaktiva ämnen har också uteslutits, eftersom radioaktivitet inte ingår bland miljöeffektkategorierna i denna studie.

**Tabell 11.** Resursförbrukning och energiåtgång vid framställning av 1 kg CaCO<sub>3</sub> (<63 µm) (IMA, 2008).

<b>Resursförbrukning, 1 kg CaCO<sub>3</sub></b>	
Sten, restmaterial	2 kg
Vatten	0,1 liter
Brunkol (9.9 MJ/kg)	0,1 MJ
Råolja (46 MJ/kg)	0,2 MJ
Stenkol (19 MJ/kg)	0,2 MJ
Naturgas (50 MJ/kg)	0,9 MJ
<b>Total energi</b>	<b>1,4 MJ</b>

**Tabell 12.** Utsläpp till luft, mark och vatten vid framställning av 1 kg CaCO<sub>3</sub> (<63 µm) (IMA, 2008).

<b>Till luft</b>	
Koldioxid (fossil)	80 g
Kolmonoxid	0,5 g
Metan	0,2 g
Kvävedioxid	0,2 g
Partiklar	4 g
Svaveloxider	0,2 g
Vattenånga	10 g
<b>Till vatten</b>	
Klorid	0,2 g
<b>Till mark</b>	
Gruvavfall	2 kg

<sup>21</sup> Hela analysen med samtliga in-och utflöden finns tillgänglig vid förfrågan.

### 4.3.2.2 Transport till Oatlys produktionsanläggning

Utsläpp vid transport med tåg (2000 km) och lastbil (totalt 440 km) har beräknats med hjälp av NTM:s databas (2014), med antaganden om att europeisk medelrespektive diesel används som bränsle. Utsläppsdata för europeisk medelrespektive diesel har hämtats från Lindahl et al. (2002). Utsläpp vid produktion, distribution och förbränning av diesel baseras på data från Gode et al. (2011).

En sammanställning av uppskattade in- och utflöden per FE (1 kg) vid transport av kalciumkarbonat från Frankrike till Landskrona redovisas i tabell 13.

**Tabell 13.** Uppskattade in- och utflöden (per FE), vid transport av kalciumkarbonat från Frankrike till Landskrona (Gode et al., 2011; Lindahl et al., 2002; NTM, 2014).

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Tågtransport, Frankrike - Helsingborg</b>	Elektricitet: 0,3 MJ Primärenergi: 1 MJ (Elproduktion)	GWP: 50 g CO <sub>2</sub> -ekv AP: 0,4 g SO <sub>2</sub> -ekv EP: 0,01 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv
<b>Lastbilstransport, Helsingborg - Landskrona</b>	Diesel B5 EU: 0,01 l Primärenergi: 0,5 MJ (Diesel; produktion, distribution)	GWP: 30 g CO <sub>2</sub> -ekv AP: 0,2 g SO <sub>2</sub> -ekv EP: 0,04 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv

### 4.3.3 Sammanställning av inventering

En sammanfattning av uppskattade in- och utflöden per FE (1 kg) vid framställning och transport av kalciumkarbonat visas i tabell 14.

**Tabell 14.** Uppskattade in- och utflöden (per FE) vid framställning och transport av kalciumkarbonat.

	In (per FE)	Ut (per FE)
<b>Produktion</b>	Sten, restmaterial: 2 kg Vatten: 0,1 l Primärenergi: 1,4 MJ	<b>CaCO<sub>3</sub> (&lt;63 μm): 1 kg</b> GWP: 0,2 kg CO <sub>2</sub> -ekv AP: 0,3 g SO <sub>2</sub> -ekv EP: 0,03 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv
<b>Transport</b>	Elektricitet: 0,3 MJ Diesel B5 EU: 0,01 l Primärenergi: 1,5 MJ	GWP: 80 g CO <sub>2</sub> -ekv AP: 0,6 g SO <sub>2</sub> -ekv EP: 0,05 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv
<b>Totalt</b>	Sten, restmaterial: 2 kg Vatten: 0,1 l Elektricitet: 0,3 MJ Diesel B5 EU: 0,01 l Primärenergi: 3 MJ	<b>CaCO<sub>3</sub> (&lt;63 μm): 1 kg</b> GWP: 0,3 kg CO <sub>2</sub> -ekv AP: 0,9 g SO <sub>2</sub> -ekv EP: 0,08 g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv

## 4.4 Miljöpåverkansbedömning

I denna del sammanställs och struktureras insamlade livscykeldata för att underlätta tolkning och kommunikation av resultatet. En miljöpåverkansbedömning omfattar klassificering och karakterisering av data, samt viktning i enstaka fall (Lindahl et al., 2002). Viktning har inte använts i denna studie. Den uppskattade miljöpåverkan vid framställning och transport av de studerade berikningsprodukterna redovisas enligt följande:

- Klassificering (avsnitt 4.4.1)
- Karakterisering (avsnitt 4.4.2)
- Resultat: Vitaminpremix (avsnitt 4.4.3)
- Resultat: Kalciumkarbonat (avsnitt 4.4.4)

### 4.4.1 Klassificering

Klassificering innebär att utsläppsdata sorteras in i kategorier baserat på utsläppens potentiella miljöeffekter (Lindahl et al., 2002). Utsläpp av ett och samma ämne kan i många fall bidra till flera olika miljöeffektkategorier.

Följande miljöeffektkategorier ingår i denna studie:

- Växthuseffekt – Global Warming Potential (GWP) (avsnitt 4.4.1.1)
- Försurning – Acidification Potential (AP) (avsnitt 4.4.1.2)
- Övergödning – Eutrophication Potential (EP) (avsnitt 4.4.1.3)
- Energianvändning (avsnitt 4.4.1.4)

#### 4.4.1.1 Växthuseffekt (GWP)

Växthusgaser i atmosfären, främst vattenånga och koldioxid, påverkar balansen mellan inkommande solstrålning och utgående värmestrålning. Den största delen av strålningen från solen passerar atmosfären och bidrar till att värma upp jordytan, som i sin tur sänder ut värmestrålning mot rymden (SMHI, 2014).

En viss mängd av den utgående strålningen hindras dock av växthusgaser och studsar tillbaka mot jordytan, vilket ger den en högre och jämnare temperatur än den skulle ha haft utan atmosfär. Detta fenomen är naturligt och nödvändigt för livet på jorden. Då växthuseffekten nämns i samband med klimatförändringar syftar man på en förstärkning av den naturliga växthuseffekten (Ibid.).

Växande utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser, främst metan och lustgas, är den viktigaste orsaken till jordens ökande medeltemperatur. De globala koldioxidutsläppen uppgår i dagsläget till omkring 35 miljarder ton per år och ökar stadigt. Utsläppsvolymererna av metan och lustgas är betydligt mindre, men eftersom dessa är mycket effektiva växthusgaser ger de ändå betydande bidrag till den globala uppvärmningen (Naturvårdsverket, 2015b).

#### 4.4.1.2 Försurning (AP)

Försurning av vatten och mark orsakas av bland annat svaveldioxid, kväveoxider och ammoniak från trafik, energianläggningar, jordbruk och industri. Försurande ämnen i nederbörd, luft, vatten och mark påverkar framförallt vattenlevande växter och djur och gör att känsliga material vittrar fortare. Också människors hälsa kan påverkas negativt av dricksvatten från försurade brunnar (Naturvårdsverket, 2014a).

#### 4.4.1.3 Övergödning (EP)

Övergödning orsakas av förhöjda kväve- och fosforhalter i mark och vatten, till följd av läckage från jordbruk, trafikutsläpp och utsläpp från industrier och reningsverk. Övergödning av mark förändrar växtligheten och kan tränga undan arter som är anpassade till mindre näringsrika förhållanden (Naturvårdsverket, 2014b).

I sjöar, hav och andra vattenmiljöer orsakar övergödning igenväxning och algblomning. I allvarigare fall kan syrefria bottnar uppstå, med stora negativa konsekvenser för växt- och djurliv. För Östersjön och många andra havsmiljöer anses övergödning vara ett av de mest akuta miljöhoten idag (Ibid.).

#### 4.4.1.4 Energianvändning

All energianvändning ger upphov till miljöpåverkan, av varierande slag beroende på vilken typ av energi som används. Förbränning av fossila bränslen, såsom kol, olja och naturgas, är en stor källa till utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2015c). Fossil förbränning bidrar även till försurning och hälsoproblem genom utsläpp av svaveldioxid och kväveoxider (Naturvårdsverket, 2014c).

Kärnkraftens största nackdel är risken för radioaktiv strålning och den miljöpåverkan som uppkommer vid utvinning och slutförvaring av bränsle. Havsmiljön kan påverkas genom att kylvattnet höjer vattentemperaturen. Förnybara bränslen som vatten- och vindkraft, solenergi och biomassa inverkar på miljön bland annat genom förändrad markanvändning (Ibid.).

### 4.4.2 Karakterisering

Karakterisering av utsläpp innebär att dessa multipliceras med en faktor specifik för varje data- och miljöeffektkategori. Utsläpp av växthusgaser brukar exempelvis uttryckas i koldioxidekvivalenter ( $\text{CO}_2\text{-ekv}$ )<sup>22</sup>. Syftet är att kunna relatera olika emissioner till varandra och underlätta bedömningen av vilka utsläpp som har störst betydelse (Lindahl et al., 2002). De karakteriseringsfaktorer som används i denna studie framgår av tabell 15.

---

<sup>22</sup> Mängd växthusgas X uttryckt som den mängd koldioxid som ger motsvarande växthuseffekt. Utsläpp av 1 kg  $\text{CO}_2\text{-ekv}$  motsvarar alltså utsläpp av 1 kg koldioxid med avseende på klimatpåverkan.

**Tabell 15.** Karakteriseringsfaktorer från IPCC (2007) (GWP) och Guinée et al. (2002) (AP och EP).

	GWP (CO <sub>2</sub> -ekv)	AP (SO <sub>2</sub> -ekv) <sup>23</sup>	EP (PO <sub>3</sub> <sup>4-</sup> -ekv) <sup>24</sup>
Koldioxid, CO <sub>2</sub>	1		
Metan, CH <sub>4</sub>	25		
Lustgas, N <sub>2</sub> O	298		
Svaveldioxid, SO <sub>2</sub>		1	
Ammoniak, NH <sub>3</sub>		1,88	0,35
Kväveoxider, NO <sub>x</sub>		0,7	0,13
Fosfor, P			3,06
Nitrat, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0,1
Kväve, N			0,42

### 4.4.3 Resultat: Vitaminpremix

I följande avsnitt redovisas de uppskattade bidragen till kategorierna växthuseffekt (GWP), försurning (AP), övergödning (EP) och energianvändning vid framställning och transport av Oatlys vitaminpremix:

- Växthuseffekt (GWP) (avsnitt 4.4.3.1)
- Försurning (AP) (avsnitt 4.4.3.2)
- Övergödning (EP) (avsnitt 4.4.3.3)
- Energianvändning (avsnitt 4.4.3.4)

Resultaten i de olika kategorierna redovisas dels separat för respektive vitaminprodukt, fördelat på processteg, och dels totalt för vitaminpremixen.

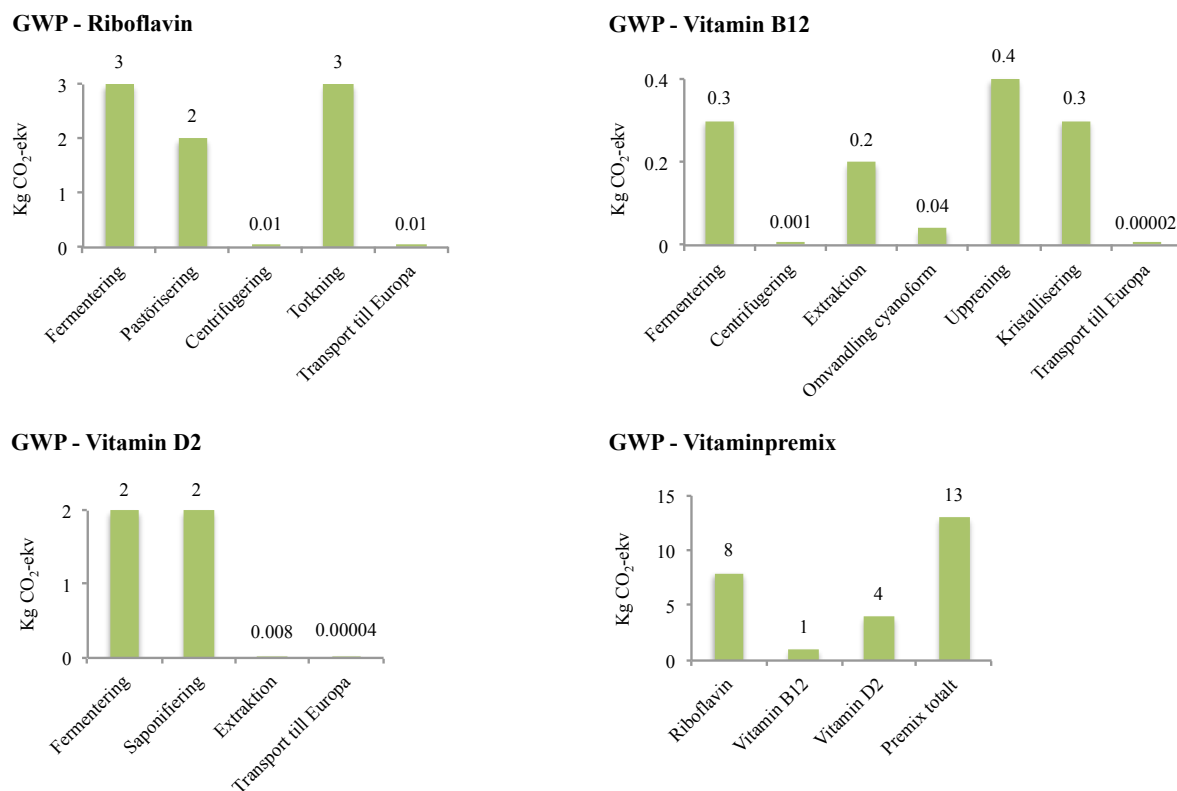
<sup>23</sup> Svaveldioxidequivaler: Mängd försurande ämne uttryckt som den mängd svaveldioxid som ger motsvarande försurande effekt. Utsläpp av 1 kg SO<sub>2</sub>-ekv motsvarar alltså utsläpp av 1 kg svaveldioxid.

<sup>24</sup> Fosfatekvivalenter: Mängd övergödande ämne uttryckt som den mängd fosfatjoner som ger motsvarande övergödande effekt. Utsläpp av 1 kg PO<sub>3</sub><sup>4-</sup>-ekv motsvarar alltså utsläpp av 1 kg fosfatjoner.

### 4.4.3.1 Växthuseffekt (GWP)

Figur 7 visar uppskattade växthusgasutsläpp vid framställning och transport av riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2 samt totalt för vitaminpremixen.

Som framgår av diagrammet nederst till höger uppskattas framställning och transport av premixen totalt ge upphov till 13 kg CO<sub>2</sub>-ekv per kg.

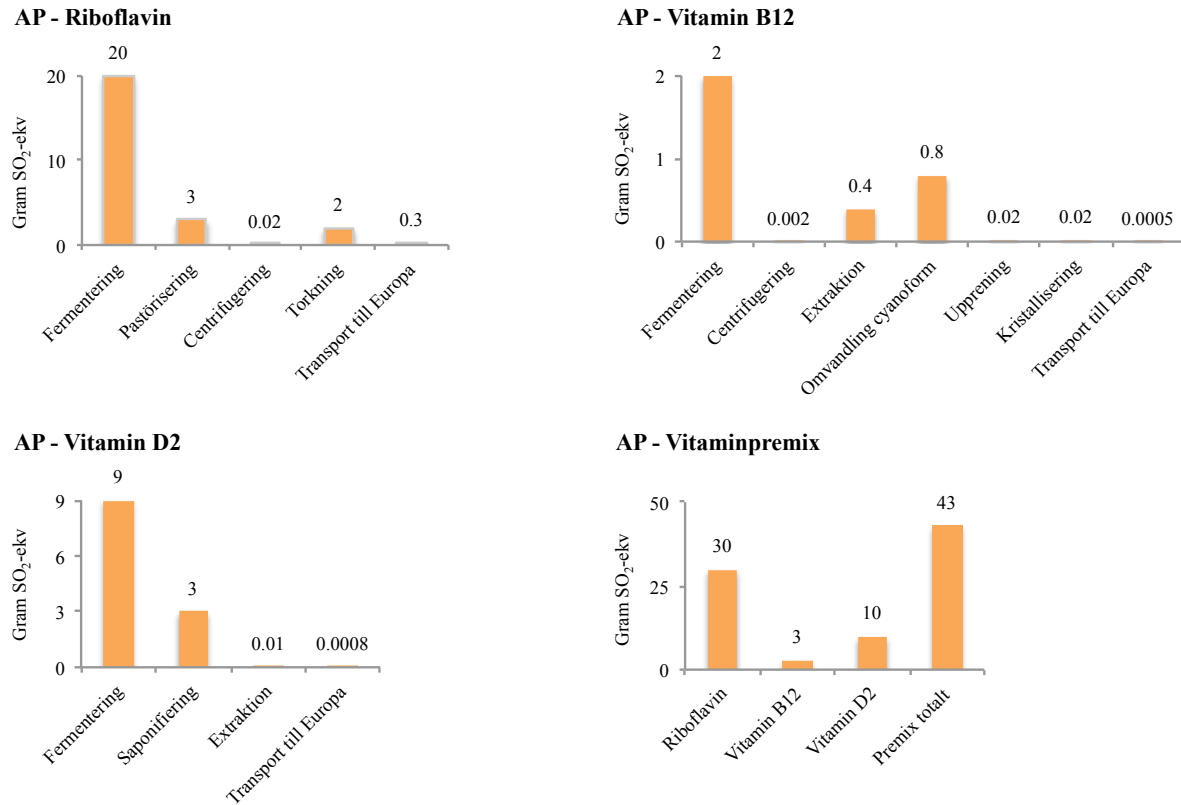


Figur 7. GWP per FE för riboflavin (120 g), vitamin B12 (210 mg), vitamin D2 (830 mg) samt premixen totalt (1 kg).

### 4.4.3.2 Försurning (AP)

Figur 8 visar uppskattade försurande utsläpp vid framställning och transport av riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2 samt totalt för vitaminpremixen.

Som framgår av diagrammet nederst till höger uppskattas framställning och transport av premixen totalt ge upphov till 43 g SO<sub>2</sub>-ekv per kg.

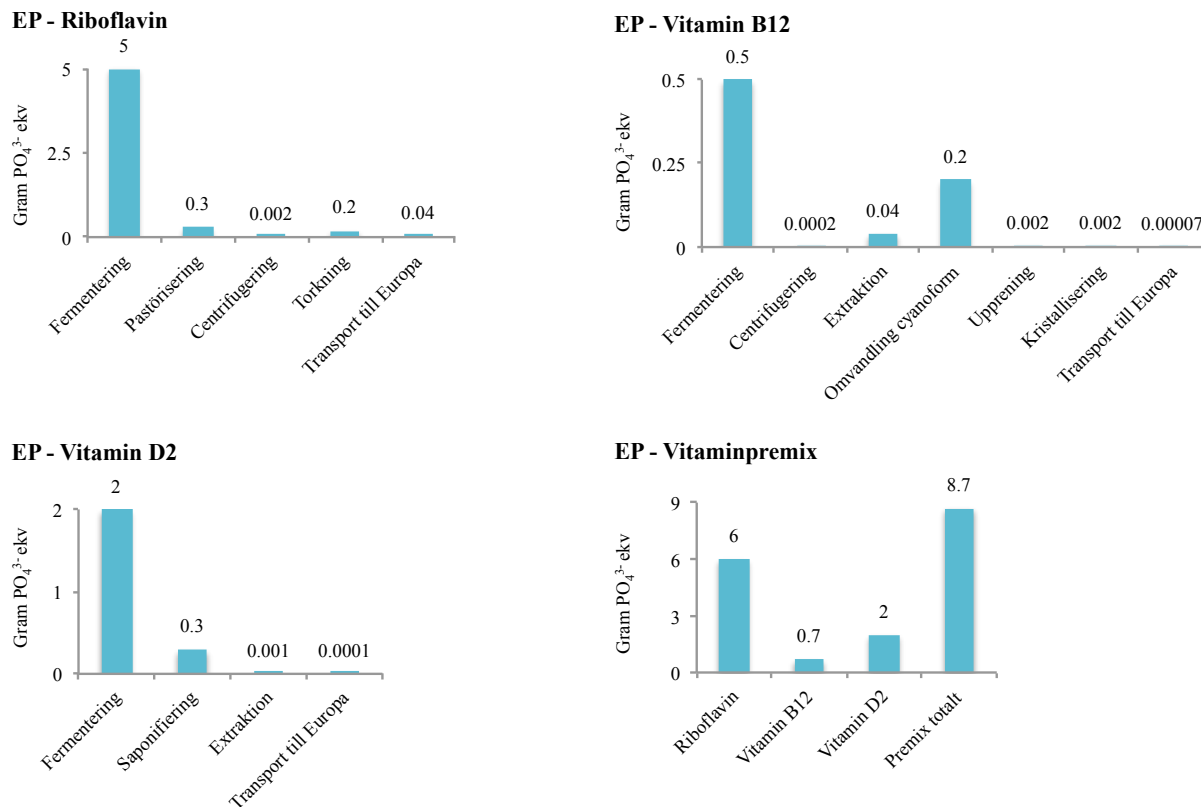


**Figur 8.** AP per FE för riboflavin (120 g), vitamin B12 (210 mg), vitamin D2 (830 mg) samt premixen totalt (1 kg).

### 4.4.3.3 Övergödning (EP)

Figur 9 visar uppskattade övergödande utsläpp vid framställning och transport av riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2 samt totalt för vitaminpremixen.

Som framgår av diagrammet nederst till höger uppskattas framställning och transport av premixen totalt ge upphov till 9 g  $\text{PO}_4^{3-}$  ekv per kg.



Figur 9. AP per FE för riboflavin (120 g), vitamin B12 (210 mg), vitamin D2 (830 mg) samt premixen totalt (1 kg).

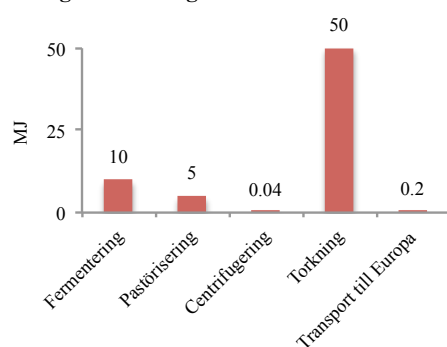


### 4.4.3.4 Energianvändning

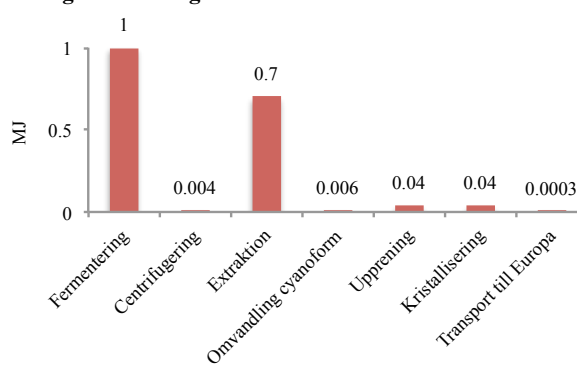
Figur 10 visar uppskattad energianvändning vid framställning och transport av riboflavin, vitamin B12 och vitamin D2 samt totalt för vitaminpremixen.

Som framgår av diagrammet nederst till höger uppskattas det totala energibehovet vid framställning och transport av premixen till 80 MJ per kg.

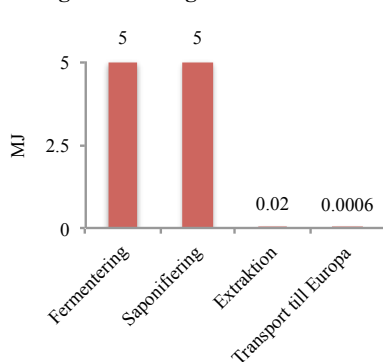
**Energianvändning - Riboflavin**



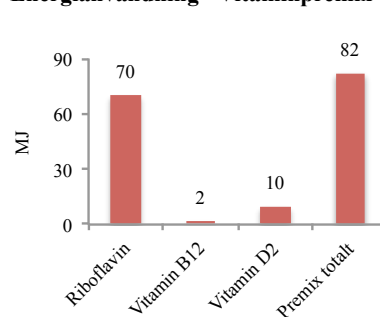
**Energianvändning - Vitamin B12**



**Energianvändning - Vitamin D2**



**Energianvändning - Vitaminpremix**



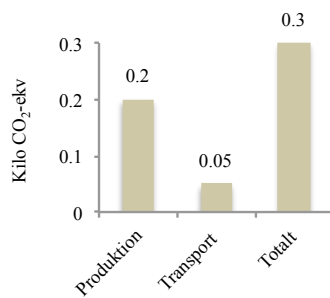
**Figur 10.** Energi per FE för riboflavin (120 g), vitamin B12 (210 mg), vitamin D2 (830 mg) samt premixen totalt (1 kg).

#### 4.4.4 Resultat: Kalciumkarbonat

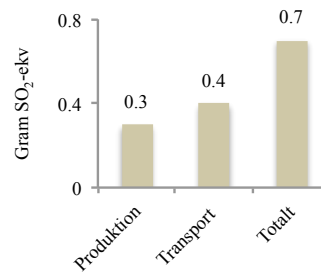
Figur 11 visar de uppskattade bidragen till kategorierna växthuseffekt (GWP), försurning (AP), övergödning (EP) och energianvändning vid produktion av kalciumkarbonat samt transport till Oatlys produktionsanläggning.

Som framgår av diagrammen uppskattas de totala utsläppen av växthusgaser (GWP) vid produktion och transport av 1 kg kalciumkarbonat (1 FE) till 0,3 kg CO<sub>2</sub>-ekv, AP och EP uppskattas till 0,7 g SO<sub>2</sub>-ekv respektive 0,04 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv och den totala mängden energi uppskattas till 3,5 MJ.

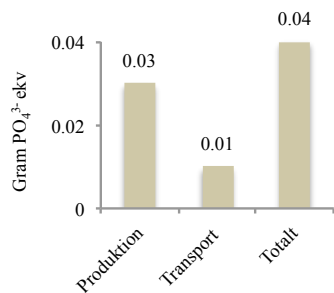
**GWP**



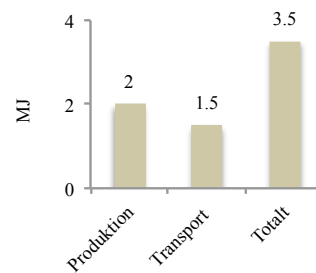
**AP**



**EP**



**Energianvändning**



## 4.5 Tolkning av resultat

Enligt standarden ISO14044 ska resultatet av en LCA tolkas utifrån de mål och avgränsningar som satts upp (se avsnitt 4.1). Datakvalitet och metodbegränsningar analyseras och vid behov görs en känslighetsanalys för att hitta eventuella nyckelparametrar som har extra stor inverkan på slutresultatet. Känslighetsanalys har inte inkluderats i denna studie, då datakvaliteten bedöms vara för låg för att en sådan ska vara användbar.

Tolkning av resultat och analys av datakvalitet redovisas enligt följande:

- Tolkning av resultat: Vitaminpremix (avsnitt 4.5.1)
- Tolkning av resultat: Kalciumkarbonat (avsnitt 4.5.2)
- Datakvalitetsanalys (avsnitt 4.5.3)
- Metodbegränsningar (avsnitt 4.5.4)
- Berikningens betydelse för dryckens totala miljöpåverkan (avsnitt 4.5.5)

### 4.5.1 Tolkning av resultat: Vitaminpremix

I följande avsnitt tolkas livscykelanalysens resultat vad gäller framställning och transport av vitaminpremix i miljöpåverkanskategorierna GWP, AP, EP och energianvändning. Det bör noteras att resultaten baseras på data av begränsad kvalitet och därmed är behäftade med relativt stora osäkerheter.

#### 4.5.1.1 Växthuseffekt (GWP)

Livscykelanalysens resultat antyder att riboflavin står för den största andelen (60 procent) av premixens totala GWP. Resultatet förklaras av att riboflavin också utgör den största del av vitamininnehållet i premixen (se tabell 4).

Räknat per gram vitamin ger framställningen av både vitamin B12 och D2 upphov till betydligt större växthusgasutsläpp. GWP för riboflavin är omkring 0,1 g CO<sub>2</sub>-ekv per gram, jämfört med 5 g CO<sub>2</sub>-ekv per gram (alltså 50 gånger större utsläpp), för vitamin B12 och D2 (se appendix, avsnitt A.1.6.1).

Vid framställning av riboflavin verkar fermentering och torkning (3 kg CO<sub>2</sub>-ekv/FE) följt av pastörisering (2 kg CO<sub>2</sub>-ekv/FE) vara de processteg som ger störst utsläpp av växthusgaser, medan centrifugering och transport (10 g CO<sub>2</sub>-ekv/FE) ser ut att ha en relativt liten inverkan. Utsläppens storlek i torkningssteget förklaras dock till stor del av att lösningens vattenhalt, och därmed energibehovet för torkning, troligen har överskattats (se avsnitt 4.2.3.4).

De mest betydande stegen vid framställning av vitamin B12 ser ut att vara upprensning (0,4 kg CO<sub>2</sub>-ekv/FE), fermentering, kristallisering (0,3 kg CO<sub>2</sub>-ekv/FE) och extraktion (0,2 kg CO<sub>2</sub>-ekv/FE). Omvandling till cyanoform (40 g CO<sub>2</sub>-ekv/FE) tycks ha mindre inverkan, liksom centrifugering (1 g CO<sub>2</sub>-ekv/FE) och transport (20 mg CO<sub>2</sub>-ekv/FE).

För vitamin D2 verkar fermentering och saponifiering (2 kg CO<sub>2</sub>-ekv/FE) ha störst betydelse, medan extraktion (8 g CO<sub>2</sub>-ekv/FE) och transport (40 mg CO<sub>2</sub>-ekv/FE) har mindre inverkan.

Sammanfattningsvis verkar fermentering (samtliga vitaminer), pastörisering och torkning (riboflavin), extraktion, upprening och kristallisering (vitamin B12) samt saponifiering (vitamin D2) vara de processteg som ger störst bidrag till vitaminpremixens GWP. Övriga processteg inklusive transporter tycks ha relativt liten inverkan.

#### 4.5.1.2 Försurning (AP)

I likhet med kategorin GWP står riboflavin för en stor andel (70 procent) av premixens totala AP, till följd av ingrediensernas sammansättning. Även här ger framställningen av vitamin B12 och D2 upphov till betydligt större utsläpp räknat per gram vitamin. AP per gram är för riboflavin 0,3 g SO<sub>2</sub>-ekv, jämfört med 15 g respektive 13 g SO<sub>2</sub>-ekv för vitamin B12 och D2 (se appendix, avsnitt A.1.6.2).

Vid framställning av riboflavin verkar fermentering (20 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE), följt av pastörisering (3 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) och torkning (2 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE), ge störst mängd försurande utsläpp. Även här bör noteras att energibehovet för torkning, och därmed också utsläppsmängden, troligtvis har överskattats. Transport (0,3 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) och centrifugering (20 mg SO<sub>2</sub>-ekv/FE) verkar ha mindre betydelse.

Då det gäller AP för vitamin B12 verkar fermentering (2 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) ha störst betydelse, följt av omvandling till cyanoform (0,8 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) och extraktion (0,4 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE). Övriga processteg tycks ha en mindre inverkan (20 mg SO<sub>2</sub>-ekv/FE eller lägre).

Vid produktion av vitamin D2 verkar fermentering (9 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) och saponifiering (3 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) ha störst inverkan, medan extraktion (10 mg SO<sub>2</sub>-ekv/FE) och transport (0,8 g SO<sub>2</sub>-ekv/FE) ser ut att ha mindre betydelse.

Sammantaget verkar fermenteringssteget ha störst betydelse för AP då det gäller samtliga vitaminer, följt av pastörisering och torkning (riboflavin), omvandling till cyanoform och extraktion (vitamin B12) samt saponifiering (vitamin D2). Övriga processteg inklusive transporter ser ut att ha mindre inverkan.

#### 4.5.1.3 Övergödning (EP)

Liksom i kategorierna GWP och AP står riboflavin för en stor andel (70 procent) av EP för premixen. Även här ger dock framställningen av vitamin B12 och vitamin D2 betydligt större utsläpp räknat per gram; 4 respektive 3 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv jämfört med 0,05 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv för riboflavin (se appendix, avsnitt A.1.6.3).

I likhet med övriga kategorier tycks fermentering (5 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE) vara den del av riboflavinfremställningen som ger störst mängd övergödande utsläpp, medan övriga steg har mindre inverkan (0,3 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE eller lägre).

Vad gäller produktion av vitamin B12 verkar fermentering (0,5 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE) ha störst betydelse, följt av omvandling till cyanoform (0,2 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE). Övriga processteg har mindre inverkan på utsläppsmängden (40 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE eller lägre).

Då det gäller vitamin D2 har fermentering (2 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE) och saponifiering (0,3 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE) störst inverkan. Extraktion (1 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE) och transport (0,1 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv/FE) tycks däremot ha en mindre betydelse.

Sammanfattningsvis, liksom i kategorierna GWP och AP, verkar fermentering ha störst inverkan på EP för samtliga vitaminer. Även omvandling till cyanoform (vitamin B12) och saponifiering (vitamin D2) ser ut att ha en relativt stor påverkan, medan övriga processteg samt transporter tycks ha en mindre betydelse.

#### **4.5.1.4 Energianvändning**

Riboflavin står, i likhet med övriga kategorier, för en betydande andel (85 procent) av energiåtgången för premixen. Liksom i övriga kategorier är framställningen av vitamin B12 och D2 mer energikrävande räknat per gram vitamin. För B12 och D2 åtgår 10 respektive 13 MJ per g vitamin, jämfört med 0,6 MJ för riboflavin (se appendix, avsnitt A.1.6.4).

Då det gäller riboflavin ser torkningssteget (50 MJ/FE) ut att vara mest energikrävande, följt av fermentering (10 MJ/FE) och pastörisering (5 MJ/FE). Energibehovet för torkning har dock troligen överskattats till följd av tidigare nämnda antagande om vattenhalt.

Vid framställning av vitamin B12 tycks fermentering (1 MJ/FE) och extraktion (0,7 MJ/FE) vara de mest energikrävande delarna, medan övriga processteg ser ut att ha mindre betydelse (40 kJ/FE eller lägre).

När det gäller vitamin D2 har fermentering och saponifiering (5 MJ/FE) störst betydelse, medan extraktion (20 kJ/FE) och transport (0,6 kJ/FE) tycks ha relativt liten inverkan.

Sammantaget verkar fermentering (samtliga vitaminer), pastörisering och torkning (riboflavin), extraktion (vitamin B12) samt saponifiering (vitamin D2) vara de mest energikrävande delarna av framställningen. Övriga processteg inklusive transporter ser däremot ut att ha mindre betydelse.

#### **4.5.2 Tolkning av resultat: Kalciumkarbonat**

De färdiga livscykeldata som i analysen använts för produktion av kalciumkarbonat (IMA, 2008) är inte uppdelade efter processteg. Det går därför inte att utifrån dessa data avgöra var i tillverkningen störst miljöpåverkan uppkommer.

Transport av kalciumkarbonat till Oatlys produktionsanläggning verkar enligt analysen ha en relativt liten inverkan vad gäller kategorierna GWP och EP. I dessa kategorier tycks alltså produktionsfasen ha störst betydelse. Resultatet förklaras troligen av att frakt av produkten till stor del sker med tåg, som beroende på elmix (i detta fall europeisk) ger jämförelsevis låga utsläpp av växthusgaser och försurande ämnen. Vad gäller AP och energianvändning verkar miljöpåverkan däremot vara relativt jämnt fördelad mellan produktionsfas och transport.

#### **4.5.3 Datakvalitetsanalys**

Enstaka parametrar kan i många fall ha stor inverkan på resultatet av en LCA. Sådana så kallade nyckelparametrar kan identifieras genom känslighetsanalys, där man undersöker hur resultatet förändras då en variabel i taget varieras samtidigt som övriga hålls konstanta (Lindahl et al., 2002).

I detta fall, då resultatet bygger på mycket osäkra data och antaganden, bedöms en sådan analys inte vara relevant att utföra. För att ge en bild av datakvaliteten i studiens används i stället ett kvalitetsindexsystem, baserat på de rekommendationer som ges i standarden. Indexsystemet är hämtat ur Lindahl et al. (2002) och de krav på datakvalitet som ställs för respektive index framgår av tabell 16.

**Tabell 16.** Kvalitetsindexsystem för inventeringsdata (Lindahl et al., 2002).

Kvalitetsindex	Kvalitetskrav
1 (Mycket god kvalitet)	Platsspecifika data, kontinuerlig drift, nyligen uppmätt. Till exempel data från egen råvaruleverantör. Årsmedelvärde och angivelse av standardavvikelse.
2 (God kvalitet)	Branchdata för specifik tillverkningsprocess. Angivelse av spridningstal och antal uppgifter som medelvärdet baseras på.
3 (Relativt god kvalitet)	Litteraturdata, databaser.
4 (Låg kvalitet)	Antaganden. Analogier med liknande material eller processer.

Kvalitetsindex för de olika processtegen redovisas i tabell 17. För varje processteg görs också ett utlåtande om behovet av säkrare indata, baserat på respektive stegs tilldelade index och dess uppskattade betydelse för slutresultatet.

**Tabell 17.** Datakvalitetsindex, betydelse för resultatet och behov av säkrare indata för respektive processteg.

	Processteg	Index	Betydelse för resultatet	Behov av säkrare data
<b>Riboflavin</b>	Fermentering	3	Stor för GWP, EP, energi Mycket stor för AP	<i>Visst behov av säkrare indata.</i> Steket tycks ha stor/mycket stor betydelse för slutresultatet, men då nuvarande datakvalitet är relativt god (3) kan det prioriteras lägre än steg med sämre datakvalitet.
	Pastörisering	4	Stor för GWP, AP, energi	<i>Stort behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av låg kvalitet (4) och steget har stor betydelse för slutresultatet.
	Centrifugering	4	Relativt liten i samtliga kategorier	<i>Visst behov av säkrare indata.</i> Nuvarande datakvalitet är låg (4), men steget har relativt liten betydelse för slutresultatet.
	Torkning	4	Stor för GWP, AP Mycket stor för energi <sup>25</sup>	<i>Stort behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av låg kvalitet (4) och steget tycks ha stor/mycket stor betydelse för slutresultatet.
	Transport	3	Relativt liten i samtliga kategorier	<i>Mindre behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av relativt god kvalitet (3) och steget har relativt liten betydelse för slutresultatet.

<sup>25</sup> Energi användningen i detta steg är troligen överskattad (se avsnitt 4.2.3.4).

<b>Vitamin B12</b>	Fermentering	3	Relativt stor för samtliga kategorier	<i>Visst behov av säkrare indata.</i> Steget har relativt stor betydelse för slutresultatet, men nuvarande data är av relativt god kvalitet (3).
	Centrifugering	4	Liten i samtliga kategorier	<i>Visst behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av låg kvalitet (4), men steget har liten betydelse för slutresultatet.
	Extraktion	4	Relativt stor för GWP, AP, energi	<i>Stort behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av låg kvalitet (4) och steget tycks ha relativt stor betydelse för slutresultatet.
	Omvandling till cyanoform	4	Relativt stor för AP, EP	<i>Stort behov av säkrare indata..</i>  <i>Miljö- och hälsoeffekter av cyanid i produktionen behöver utredas.</i>
	Upprening	4	Relativt stor för GWP	<i>Stort behov av säkrare indata.</i>
	Kristallisering	4	Relativt stor för GWP	<i>Stort behov av säkrare indata.</i>
	Transport	3	Liten i samtliga kategorier	<i>Mindre behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av relativt god kvalitet (3) och steget har liten betydelse för slutresultatet.
<b>Vitamin D2</b>	Fermentering	3	Stor för samtliga kategorier	<i>Visst behov av säkrare indata.</i> Detta steg tycks ha relativt stor betydelse för slutresultatet. Nuvarande datakvalitet är dock relativt god (3).
	Saponifiering	4	Stor för samtliga kategorier	<i>Stort behov av säkrare indata.</i>
	Extraktion	4	Liten i samtliga kategorier	<i>Visst behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av låg kvalitet (4) men steget har liten betydelse för slutresultatet.
	UV-bestrålning	-	-	<i>Data saknas</i>
	Transport	3	Liten i samtliga kategorier	<i>Mindre behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av relativt god kvalitet (3) och steget har liten betydelse för slutresultatet.
<b>Kalcium-karbonat</b>	Framställning (totalt)	2	Relativt stor för samtliga kategorier	<i>Mindre behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av god kvalitet (2)
	Transport	1/3 <sup>26</sup>	Relativt stor för samtliga kategorier	<i>Mindre behov av säkrare indata.</i> Nuvarande data är av mycket god (1) eller relativt god kvalitet (3).

<sup>26</sup> Specifika data för tillverkningsplats och transportsträckor (1). Uppgifter från databas för uppskattning av transportutsläpp (3).

### 4.5.3.1 Behov av säkrare indata

Det finns, som framgår av tabell 17, stora osäkerheter data för vitaminframställning. Inventeringsdata för fermentering och transport är för samtliga vitaminer av relativt god kvalitet (index 3), men för resterande processteg är datakvaliteten låg (index 4). Branschspecifika data, eller ännu hellre leverantörsuppgifter, skulle öka tillförlitligheten betydligt i samtliga delar av produktionen.

För de osäkra steg som samtidigt bedöms ha en betydande inverkan på slutresultatet är behovet av säkrare indata särskild stort. Följande delar av vitaminproduktionen verkar enligt denna studie ha stor eller relativt stor betydelse för premixens totala miljöpåverkan, inom en eller flera kategorier (datakvalitetsindex inom parentes):

<i>Riboflavin</i>	Fermentering (3) Pastörisering (4) Torkning (4)
<i>Vitamin B12</i>	Fermentering (3) Extraktion (4) Omvandling till cyanoform (4) Upprening (4) Kristallisering (4)
<i>Vitamin D2</i>	Fermentering (3) Saponifiering (4)

Vad gäller kalciumkarbonat är datakvaliteten över lag relativt god, då branschspecifika uppgifter (index 2) har använts för framställningen och transportutsläpp har beräknats utifrån databasuppgifter (index 3). Uppgifter om tillverkningsplats, transportmedel och avstånd är leverantörsspecifika (index 1), vilket innebär god tillförlitlighet.

### 4.5.4 Metodbegränsningar

Resultatet av en LCA påverkas i stor utsträckning av antaganden och subjektiva val, till exempel av funktionella enheter, systemgränser och miljöeffektkategorier (ISO14040:2006). Hur mål och syfte formuleras kan påverka metoden och därmed också inverka på resultatet. Tillgången till relevanta datakällor (tidsmässigt, geografiskt och tekniskt korrekta) är en annan begränsande faktor vad gäller analysens tillförlitlighet.

Otillräcklig datatillgång är den viktigaste begränsande faktorn i denna LCA, framförallt vad gäller vitaminframställningen. Utan omfattande information om tillverkningen går det inte att avgöra om korrekta indata har använts och om samtliga material och processteg har inkluderats i inventeringen.



Bristen på information om processerna gör också att kännedom om eventuella biprodukter saknas. Hantering av sådana, genom systemutvidgning och/eller allokering, har därmed inte inkluderats i analysen, vilket ytterligare begränsar tillförlitligheten.

Produktionsdata för kalciumkarbonat har sammanställts baserat på europeiska branchdata, vilket innebär att data för har samlats in från olika europeiska produktionsanläggningar. De är därmed inte specifika för just detta fall vilket utgör en mindre begränsning. Vidare saknas information om eventuella biprodukter i tillverkningen.

#### **4.5.5 Berikningens betydelse för dryckens miljöpåverkan**

I följande avsnitt görs en uppskattning av berikningens betydelse för havredryckens totala miljöpåverkan. Miljöpåverkan av de tillsatta berikningsämnen i kategorierna GWP, AP, EP och energianvändning jämförs med motsvarande värden för Oatlys oberikade havredryck.

Värden för oberikad havredryck är hämtade från Florén et al. (2013) och beräkningar redovisas i appendix (avsnitt A.3).

##### **4.5.5.1 Klimatpåverkan (GWP)**

Vitaminpremixens totala GWP uppskattas till 13 kg CO<sub>2</sub>-ekv per kilo, motsvarande 0,3 g CO<sub>2</sub>-ekv per liter havredryck med doseringen 20 mg premix per liter (se avsnitt 4.2.1). Framställning av kalciumkarbonat beräknas ge upphov till 0,3 kg CO<sub>2</sub>-ekv per kilo. Då 1,2 g kalcium tillsätts per liter (se avsnitt 4.3) ger det 0,4 g CO<sub>2</sub>-ekv per liter färdig dryck.

Klimatpåverkan av Oatlys oberikade havredryck har beräknats till 0,5 kg CO<sub>2</sub>-ekv per liter färsk dryck<sup>27</sup> (Florén et al., 2013). Uppskattad GWP för tillsatta berikningsämnen, totalt 0,7 g CO<sub>2</sub>-ekv per liter, motsvarar därmed 0,1 procent av den färska dryckens GWP<sup>28</sup>.

Det bör noteras att felmarginalen i denna uppskattning är stor till följd av osäkra indata. Om berikningsprodukternas verkliga GWP i ett worst case scenario antas vara tio gånger större än uppskattat, alltså 7 g CO<sub>2</sub>-ekv per liter, motsvarar det ändå bara en procent av den färska dryckens klimatpåverkan.

*Sammanlagd GWP för tillsatta berikningsämnen uppskattas till 0,7 g CO<sub>2</sub>-ekv per liter havredryck. Det motsvarar ungefär 0,1 procent av den färska havredryckens totala GWP.*

##### **4.5.5.2 Förurning (AP)**

AP för vitaminpremixen uppskattas till totalt 40 g SO<sub>2</sub>-ekv per kilo, vilket motsvarar ungefär 1 mg SO<sub>2</sub>-ekv per liter färdig havredryck. AP för kalciumkarbonat, som uppskattas till 0,7 g SO<sub>2</sub>-ekv per kilo, ger ytterligare 1 mg SO<sub>2</sub>-ekv per liter.

---

<sup>27</sup> 0,4 kg CO<sub>2</sub>-ekv per liter för aseptisk dryck.

<sup>28</sup> 0,2 procent för den aseptiska drycken.

AP för oberikad havredryck har beräknats till 0,002 molc H<sup>+</sup>-ekv (Florén et al., 2013), vilket motsvarar omkring 60 mg SO<sub>2</sub>-ekv<sup>29</sup>. Berikningsprodukterna bidrar med uppskattningsvis 2 mg SO<sub>2</sub>-ekv per liter dryck, vilket motsvarar 3 procent av AP för havredrycken. Det bör även här noteras en stor felmarginal i uppskattningen.

*Sammanlagd AP för tillsatta berikningsämnen uppskattas till 2 mg SO<sub>2</sub>-ekv per liter havredryck, Det motsvarar ungefär 3 procent av havredryckens totala AP.*

#### 4.5.5.3 Övergödning

EP för vitaminpremixen uppskattas till 10 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per kg, motsvarande 0,2 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per liter havredryck. Tillverkning och transport av kalciumkarbonat ger upphov till omkring 0,04 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per kilo, vilket ger 0,05 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per liter.

Övergödande utsläpp (avseende övergödning till marina vatten) vid produktion av Oatlys oberikade havredryck har beräknats till 2 g N-ekv (Florén et al., 2013), vilket motsvarar 0,8 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per liter<sup>30</sup>. EP för tillsatta berikningsämnen uppskattas till totalt 0,25 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per liter, vilket motsvarar 0,03 procent av total EP för havredrycken.

*Sammanlagd EP för tillsatta berikningsämnen uppskattas till 0,25 mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv per liter havredryck. Det motsvarar ungefär 0,03 procent av havredryckens totala EP (avseende övergödning till marina vatten).*

#### 4.5.5.4 Energianvändning

Energianvändning vid framställning och transport av vitaminpremix uppskattas till omkring 80 MJ per kilo, motsvarande 2 kJ per liter havredryck. Energianvändning för produktion och transport av kalciumkarbonat uppskattas till 3,5 MJ per kilo, eller 4 kJ per liter dryck.

Energianvändning vid framställning av oberikad havredryck har beräknats till 9 MJ per liter färsk dryck<sup>31</sup> (Florén et al., 2013). Mängden energi för framställning av berikningsämnen, totalt 6 kJ per liter havredryck, motsvarar 0,07 procent av den totala energianvändningen för färsk dryck (0,08 procent för den aseptiska drycken).

*Sammanlagd energianvändning för tillsatta berikningsämnen uppskattas till 6 kJ per liter havredryck, Det motsvarar 0,07 procent av havredryckens totala energianvändning.*

---

<sup>29</sup> 1 mol H<sup>+</sup> ekv motsvarar 32 g SO<sub>2</sub>-ekv, baserat på stökiometriskt förhållande (Erlandsson, 2000).

<sup>30</sup> 1 kg N motsvarar 4,43 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> och 1 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> motsvarar 10,45 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Erlandsson, 2000). 1 kg N-ekv motsvarar alltså ungefär 0,4 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv.

<sup>31</sup> 8 MJ per liter för aseptisk dryck.

## 5. Diskussion

---

Syftet med den här studien är att öka kunskapen om miljöpåverkan vid framställning av berikningsämnen, identifiera kunskapsluckor samt ge underlag för att bedöma berikningens betydelse för den totala miljöpåverkan av Oatlys havredryck.

Det är vanligt att tillsatta vitaminer och mineraler exkluderas i livscykelanalyser av berikade livsmedel. Anledningen är i många fall att det handlar om små kvantiteter, i kombination med att livscykeldata för framställningen saknas (se Kapitel 3).

### 5.1 Brist på livscykeldata för berikningsämnen

Resultatet av denna studie bekräftar den kunskapsbrist som råder kring miljöpåverkan av berikningsprodukter. Den granskning som gjorts av tidigare LCA-studier visar att bristen är störst då det gäller vitaminframställning, vilket även de livscykelanalyser som utförts i denna studie pekar på. Inom detta område är det svårt att få tillgång till relevanta livscykeldata, då mycket få studier har gjorts i ämnet. Producenter och leverantörer är därtill ofta restriktiva med att lämna ut information om framställningen.

Ingen av de 19 granskade LCA-studierna av mjölk (Kapitel 3) inkluderar vitaminberikning i inventeringen, varken genom direkta eller indirekta tillsatser. I den utförda livscykelanalysen av Oatlys vitaminpremix (Kapitel 4) finns stora dataluckor, då leverantören DSM inte velat lämna ut den information som efterfrågats. Enligt datakvalitetsanalysen (avsnitt 4.5.3) är inventeringsdata för vitaminframställningen genomgående av låg kvalitet. Analysen baseras till stor del på litteraturdata och författarens egna antaganden, vilket ger ett resultat med relativt stora osäkerheter. För en tillförlitlig LCA krävs tillgång till åtminstone branschspecifika, eller ännu hellre leverantörsspecifika, tillverkningsuppgifter.

Beträffande mineralframställning är utbudet av LCA-data något större. Flera av de granskade LCA-studierna av mjölk inkluderar indirekt mineralberikning genom fodertillsatser. Direkta mineraltillsatser i de färdiga produkterna ingår dock inte i någon av studierna. Den LCA av kalciumkarbonat som utförts i denna studie baseras huvudsakligen på branschspecifika uppgifter för europeisk produktion. Datakvaliteten bedöms vara relativt god och uppgifterna anses vara representativa för de specifika tillverkningsprocesserna. Leverantörsspecifika uppgifter skulle även här förbättra tillförlitligheten ytterligare.

### 5.2 Potential till minskad miljöpåverkan

Livscykelanalysen av Oatlys vitaminpremix tyder på att fermentering står för en stor del av miljöpåverkan vid framställning av de ingående vitaminerna, följt av olika reningsprocesser. Detta gäller för samtliga studerade vitaminer och i alla miljöeffektkategorier. Störst potential till minskad miljöpåverkan, i form av minskade utsläpp och minskad energianvändning, borde alltså finnas i dessa steg. Eftersom samtliga indata för vitaminframställningen är förknippade med stora osäkerheter går det dock inte att dra några säkra slutsatser av resultatet.

Undantaget är transportdata, där kvaliteten bedöms vara relativt god. Trots att vitaminerna fraktas långa sträckor verkar detta ha en förhållandevis liten betydelse för premixens totala miljöpåverkan. Detta förklaras till stor del av att det rör sig om mycket små transportvolymmer. En möjlig orsak är också att miljöpåverkan i produktionsfasen kan ha överskattats, vilket får transporternas miljöpåverkan att framstå som mindre relativt sett.

Tillverkningsdata för kalciumkarbonat är inte uppdelade på processteg, vilket gör det svårt att avgöra i vilka delar av produktionen de största utsläppen uppstår. Transport sker till stor del med tåg och verkar enligt analysen ha relativt liten betydelse i kategorierna växthuseffekt och övergödning. Potentialen för minskade utsläpp inom dessa områden bör därmed vara störst i tillverkningsfasen. I kategorierna försurning och energianvändning är fördelningen mellan produktion och transport däremot relativt jämn.

Miljöpåverkan vid framställning av de studerade berikningsprodukterna kan minskas genom energibesparande åtgärder och val av miljövänliga energikällor. Lokal påverkan vid brytning av kalciumkarbonat kan reduceras genom bevattningskontroll för en ökad kontroll av dammspridning. Utsläpp vid transporter kan minskas genom användning av bränslesnåla fordon, miljövänliga bränslen och en ökad fyllnadsgrad av lastfordon.

Åtgärder för minskad miljöpåverkan gör troligen störst nytta i produktionsfas, både vad gäller vitaminer och kalciumkarbonat, då transporter tycks ha relativt liten inverkan totalt sett. För mer specifika och detaljerade åtgärdsförslag krävs en större kunskap om tillverkningsprocessernas utformning.

## 5.3 Behov av transparens kring tillverkningen

Sekretesskrav uppges vara den huvudsakliga anledningen till att DSM inte vill lämna ut den information om vitaminpremixen som efterfrågats. Okunskap bland företagets anställda, om framställningen och om DSM:s underleverantörer, kan vara en annan bidragande orsak.

Ett visst mått av sekretess är av konkurrensskäl nödvändigt inom all industri. Samtidigt behövs transparens för att möjliggöra medvetna konsumentval och för att behålla kundernas förtroende. Öppenhet kring ingredienser och framställningsprocesser borde vara angeläget inte minst då det rör sig om livsmedelstillsatser. Även då produktionen är sekretessbelagd bör man kunna dela med sig av mindre känsliga uppgifter som tillverkningsort, transportslag, och energiförsörjning. Det borde i de allra flesta fall vara möjligt att lämna ut övergripande information om råvaror och metoder utan att ange den exakta processutformningen.

För att skydda känsliga tillverkningsuppgifter och samtidigt kunna vara transparent kan så kallade aggregerade data användas. Sammanlagda produktionsdata kan då anges utan att de enskilda processtegen behöver beskrivas i detalj. Ur sekretesssynpunkt är detta ungefär jämförbart med att livsmedel förses med en innehållsförteckning.

Då mindre aktörer som Oatly behöver få ta del av sekretessbelagda uppgifter från större företag skulle en möjlighet vara att ett särskilt sekretessavtal upprättas för ändamålet. Det skulle tillåta utförandet av en LCA, genom att utföraren får tillgång till de uppgifter som behövs men utan att dessa får redovisas separat i rapporten. I den offentliga upplagan redovisas då följaktligen endast det aggregerade slutresultatet.

Det är önskvärt att stora tillverkningsföretag som DSM kan bistå med livscykeldata för de varor man producerar, eller allra helst tillhandahålla egna livscykelanalyser för produkterna. Då det handlar om livsmedelstillsatser är öppenhet kring produktionen relevant både ur miljö- och hälsoperspektiv. Att alla aktörer inom livsmedelsindustrin tydligt och klart kan redovisa miljöpåverkan och hälsoeffekter av sina produkter bör vara ett rimligt lägsta krav att kunna ställa som konsument.

## **5.4 Berikningens betydelse för miljöpåverkan**

Resultatet av denna studie antyder att tillsatta berikningsämnen har en marginell betydelse för havredryckens totala miljöpåverkan (se avsnitt 4.5.5), men utan mer tillförlitliga data går det inte att dra några säkra slutsatser. För att kunna avgöra om industriellt framställda vitaminer och mineraler är hållbara ingredienser i framtidens livsmedelsindustri behövs ytterligare studier och en ökad insyn i produktionen.

En större kunskap om miljöpåverkan av berikningsprodukter skulle också göra det möjligt att jämföra animaliska livsmedel, såsom mjölk, med vitamin- och mineralberikade vegetabiliska alternativ ur ett kombinerat närings- och miljöperspektiv.

## 6. Slutsatser

---

Studiens resultat visar att kunskap kring miljöpåverkan av berikningsämnen saknas i stor utsträckning. Kunskapsbristen verkar vara störst då det gäller framställning av vitaminer, men även mineraltillsatser exkluderas ofta i livscykelanalyser av berikade livsmedel.

Transporter ser ut att ha relativt liten betydelse för miljöpåverkan av samtliga studerade vitaminer och mineraler, trots långa transportsträckor. Åtgärder för minskade utsläpp bör därmed ge störst effekt i produktionsfaserna.

Miljöpåverkan av berikningsprodukter kan minskas genom energibesparande åtgärder och val av förnybara energikällor i produktionen. Lokal påverkan vid brytning av kalciumkarbonat kan minskas genom bevattning för ökad kontroll av dammspridning. För mer detaljerade åtgärdsförslag krävs en större insyn i tillverkningsprocesserna.

Vitamin- och mineralberikning av Oatlys havredryck verkar enligt denna studie ha marginell betydelse för produktens totala miljöpåverkan. Utan mer tillförlitliga data går det dock inte att dra några säkra slutsatser av resultatet.

Sammanfattningsvis behövs ytterligare studier av hur industriell produktion av berikningsämnen påverkar miljön. För att möjliggöra detaljerade analyser och framtagandet av LCA-data krävs en ökad transparens hos producenter och leverantörer.

Det är önskvärt att tillverkande företag kontinuerligt tar fram livscykelanalyser av sina produkter, för att kunna tillhandahålla aktuell information för konsumenter och andra intressenter.

# Referensförteckning

---

- Alfa Laval (u.å.). Clara 20: Multi-Purpose Centrifuge Module for Food and Fermentation Industries. <http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/clara/Documents/PCHS00013EN%20Clara%2020%20leaflet.pdf> (2014-11-17)
- Bender, David A. (2003). *Nutritional Biochemistry of the Vitamins (Second Edition)*. UK, Cambridge: University Press.
- Binod, Parameswaran; Sindhu, Raveendran & Pandey, Ashok (1999). Production of Vitamins (Kapitel 31). Pandey, Ashok & Joshi, V. K. (Red.), *Biotechnology: Food Fermentation*. USA: Educational Publishers & Distributors, ss. 959-980.
- Carlsson, Martin (2013). *Vitamin D - En medicinsk överblick*. Lund: Studentlitteratur.
- Castanheira, E.G; Dias, A.C; Arroja, L & Amaro, R. (2010). The Environmental Performance of Milk Production on a Typical Portuguese Dairy farm. *Agricultural Systems*, vol. 103, ss. 498–507.
- Cederberg, Christel (1998). *Life Cycle Assessment of Milk Production - A Comparison of Conventional and Organic Farming* (SIK-rapport nr 643). SIK: Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Cederberg, Christel & Flysjö, Anna (2004). *Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden* (SIK-rapport nr 728). SIK: Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Cederberg, Christel; Flysjö, Anna & Ericson, Lars (2007). *Livscykelanalys (LCA) av norrländsk mjölkproduktion* (SIK-rapport nr 761). SIK: Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Cederberg, Christel; Sonesson, Ulf; Henriksson, Maria; Sund, Veronica & Davis, Jennifer (2009). *Greenhouse Gas Emissions From Swedish Production of Meat, Milk and Eggs 1990 and 2005* (SIK-rapport nr 793). SIK: Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Dalgaard, Randi; Schmidt, Jannick & Flysjö, Anna (2014). Generic Model for Calculating Carbon Footprint of Milk Using Four Different Life Cycle Assessment Modelling Approaches. *Journal of Cleaner Production*, vol. 73, ss. 146-153.
- Daneshi, Ali; Esmaili-Sari, Abbas; Daneshi, Mohammad & Baumann, Henrikke (2014). Greenhouse Gas Emissions of Packaged Fluid Milk Production in Tehran. *Journal of Cleaner Production*, vol. 80, ss. 150-158.
- De Léis, Christiane Maria; Cherubini, Edivan; Favarini Ruvorio, Clandio; Prudencio da Silva, Vamilson; do Nascimento Lampert, Vinicius; Spies, Airton & Roberto Soares, Sebastiao (2014). *Carbon Footprint of Milk Production in Brazil: a comparative case study*. Tyskland, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- DSM (2014). Country of Origin Statement, FT111344EU. Danmark, Gadstrup: DSM Nutritional Products (Fortitech Europe ApS).

- Ecoinvent Centre (2013). Ecoinvent data v3. <http://www.ecoinvent.org> (2014-11-07)
- Eggersdorfer, Manfred; Laudert, Dietmar; Letinois, Ulla; McClymont, Tom; Medlock, Jonathan; Netscher, Thomas & Bonrath, Werner (2012). *One Hundred Years of Vitamins - A Success Story of the Natural Sciences*. Tyskland, Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- EPA (2013). *Cyanide Compounds*. United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/cyanide.html> (2015-06-17)
- Erlandsson, Martin (2000). *Viktning av olika miljöpåverkanskategorier baserat på en vision om det framtida hållbara folkhemmet – de svenska miljö kvalitetsmålen* (IVL Rapport B 1385). Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Fantin, Valentina; Buttol, Patrizia; Pergreffì, Roberto & Masoni, Paolo (2011). *Life Cycle Assessment of Italian High Quality Milk Production. A Comparison with an EPD Study*. *Journal of Cleaner Production*, vol. 28, ss. 150-159.
- Florén, Britta; Nilsson, Katarina & Wallman, Magdalena (2013). *LCA på färsk och aseptisk havredryck* (opublicerad). SIK: Institutet för livsmedel och bioteknik, på uppdrag av Oatly AB.
- Flysjö, Anna; Cederberg, Christel & Strid, Ingrid (2008). *LCA-databas för konventionella fodermedel - miljöpåverkan i samband med produktion* (SIK-rapport nr 772, Version 1.1). SIK: Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Flysjö, Anna; Cederberg, Christel; Henriksson, Maria & Ledgard, Stewart (2011). *How does Co-product Handling Affect the Carbon Footprint of Milk? Case Study of Milk Production in New Zealand and Sweden*. Tyskland, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Flysjö, Anna (2012). *Greenhouse Gas Emissions in Milk and Dairy Product Chains. Improving the Carbon Footprint of Dairy Products*. PhD Thesis. Danmark, Aarhus: Aarhus University, Department of Agroecology, Science and Technology.
- Fortitech (2011a). *Product Data Sheet, Vitamin Premix for Drink Product (Vitamin Premix 2) for Oatly AB*. Danmark, Gadstrup: Fortitech Europe.
- Fortitech (2011b). *Customised Premix for Oatly AB*. Danmark, Gadstrup: Fortitech Europe.
- Gerber, Pierre et al. (2010). *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment*. USA: Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division.
- Gibney, Michael J; Lanham New, Susan A; Aedin, Cassidy; Vorster, Hester H. (Red.) (2009). *Introduction to Human Nutrition (Second Edition)*. UK: Blackwell Publishing.
- Gode, Jenny; Martinsson, Fredrik; Hagberg, Linus; Öman, Andreas; Höglund, Jonas & Palm, David (2011). *Miljöfaktaboken 2011 – Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter* (Rapport 1183). Stockholm: Värmeforsk.



- Gonzalez-Garcia, Sara; Castanheira, Erica G.; Dias, Ana Claudia & Arroja, Luis (2013). Using Life Cycle Assessment Methodology to Assess UHT Milk Production in Portugal. *Science of the Total Environment*, vol 442, ss. 225-234.
- Guinée, Jeroen B. (Red.) (2002). *Handbook on Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards*. Nederländerna, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hogaas Eide, Merete (2002). *Life Cycle Assessment (LCA) of Industrial Milk Production*. Norge, Oslo: TINE Norwegian Dairies, Centre for Research and Development.
- IMA Europe (2008). *LCA/LCI för "fine CaCO<sub>3</sub> (<63 µm)", 1 kg, Europeisk medelproduktion* (Data insamlade under 2007-2008). IMA: Industrial Minerals Association, Europe.
- ISO14040:2006. *International Standard: Environmental management, Life cycle assessment, Principles and Framework*. Schweiz, Genève: International Organization for Standardization.
- ISO14044:2006. *International Standard: Environmental management, Life cycle assessment, Requirements and Guidelines*. Schweiz, Genève: International Organization for Standardization.
- IPCC (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Schweiz, Genève: IPCC.
- Larsson, Gen (u.å). *Cultivation Technology*. Stockholm: KTH Biotechnology.
- Leip, Adrian et al. (2010). *Evaluation of the Livestock Sector's Contribution to the EU Greenhouse Gas Emissions (GGELS)*. European Commission, Joint Research Centre.
- Lindahl, Mattias; Rydh Carl Johan & Tingström, Johan (2002). *Livscykelanalys - en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*. Lund: Studentlitteratur.
- Lippert Hirsch, Arnold (2011). Industrial Aspects of Vitamin D (Kapitel 6). Feldman, David (Red.), *Vitamin D (Third Edition)*. USA: Elsevier Inc., Academic Press, ss. 73-93.
- Livsmedelsverket (2012). *Kalcium*. <http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Salt--mineraler/Kalcium-/> (2014-10-08)
- Livsmedelsverket (2013a). *Vitaminer och antioxidanter*. <http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/vitaminer-och-antioxidanter/> (2015-02-15)
- Livsmedelsverket (2013b). *Riboflavin*. <http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Vitaminer/Riboflavin/> (2014-09-29)
- Livsmedelsverket (2013c). *Vitamin B12*. <http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Vitaminer/Vitamin-B12-/> (2014-09-29)
- Livsmedelsverket (2013d). *Vitamin D*. <http://www.slv.se/sv/grupp1/Mat-och-naring/Vad-innehaller-maten/Vitaminer/Vitamin-D-/> (2014-09-29)

- Livsmedelsverket (2014a). *Berikning*. <http://www.slv.se/sv/grupp1/livsmedelsforetag/Aromer-tillsatser-enzymmer-och-berikning/Berikning/> (2015-02-04)
- Livsmedelsverket (2014b). *Pastörisering*. <http://www.slv.se/sv/Fragor--svar/Fragor-och-svar/Drycker/Varfor-pastoriseras-mjolken-och-vilka-metoder-finns-det/> (2014-11-14)
- Livsmedelsverket (2015). *Salt och mineraler*. [http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/salt-och-mineraler1/?\\_t\\_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3d%3d&\\_t\\_q=mineral&\\_t\\_tags=language%3asv%2csiteid%3a67f9c486-281d-4765-ba72-ba3914739e3b&\\_t\\_ip=193.138.74.51&\\_t\\_hit.id=Livs\\_Common\\_Model\\_PageTypes\\_AreaOverviewPage/\\_10786c56-9e85-4e34-81bc-b27da90c96ad\\_sv&\\_t\\_hit.pos=1](http://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/salt-och-mineraler1/?_t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCfg%3d%3d&_t_q=mineral&_t_tags=language%3asv%2csiteid%3a67f9c486-281d-4765-ba72-ba3914739e3b&_t_ip=193.138.74.51&_t_hit.id=Livs_Common_Model_PageTypes_AreaOverviewPage/_10786c56-9e85-4e34-81bc-b27da90c96ad_sv&_t_hit.pos=1) (2015-02-08)
- Moine, Gérard et al. (2012). B Vitamins. *Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Tyskland, Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Naturvårdsverket (2009). *Utsläpp i siffror - Cyanider*. <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Organiska-amnen/Cyanider/> (2015-06-17)
- Naturvårdsverket (2014a). *Försurning*. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Mark/Forsurning/> (2015-06-17)
- Naturvårdsverket (2014b). *Ingen övergådnig*. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Ingen-overgodning/> (2015-06-17)
- Naturvårdsverket (2014c). *Energins påverkan miljön*. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Energins-paverkar-miljon/> (2015-06-17)
- Naturvårdsverket (2015a). *Hållbara konsumtionsmönster - Analyser av maten, flyget och den totala konsumtionens klimatpåverkan idag och 2050. Underlag till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet* (Rapport 6653). Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket (2015b). *Därför blir det varmare*. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Darfor-blir-det-varmare/> (2015-06-17)
- Naturvårdsverket (2015c). *Fossila bränslen*. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/> (2015-06-17)
- Nordkalk (2010). *Nordkalks Miljörapport 2010*. Finland, Pargas: Nordkalk Oy AB.
- Nordkalk (2014a). *Mineraler och bergarter*. <http://www.nordkalk.se/brytning> (2014-11-07)
- Nordkalk (2014b). *Brytning*. <http://www.nordkalk.se/brytning> (2014-11-07)
- NTM (2014). *NTM Calc: Calculation of Environmental Impact*. Network for Transport Measures. <http://ntmcalc-fb.transportmeasures.org/Milan/milan.jsf> (2014-11-07)

- OMYA (2004). *Product information Calcipur 5-OG*. Malmö: OMYA Northern Europe.
- Reistad, Nina (2011). *Energi- och miljöfysik del I*. Lund: Fysiska Institutionen, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.
- SLVFS 1983:2. *Livsmedelsverkets föreskrifter om beräkning av vissa livsmedel*.
- Smedman, Annika; Lindmark-Månsson, Helena; Drewnowski, Adam & Modin Edman, Anna-Karin (2010). Nutrient Density of Beverages in Relation to Climate Impact. *Food and Nutrition Research*, vol. 54:5170.
- SMHI (2014). *Växthuseffekten*. <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/vaxthuseffekten-1.3844> (2015-06-17)
- Thomassen, M.A.; van Calcer, K.J.; Smits, M.C.J.; Iepema, G.L. & de Boer, I.J.M. (2008). Life Cycle Assessment of Conventional and Organic Milk Production in the Netherlands. *Science Direct, Agricultural Systems*, vol. 96, ss. 95-107.
- Wallman, Magdalena; Berglund, Maria & Cederberg, Christel (2013). *Miljöpåverkan från animalieprodukter - kött, mjölk och ägg* (Livsmedelsverkets rapportserie nr 17/2013). SIK: Institutet för Livsmedel och Bioteknik, på uppdrag av Livsmedelsverket.
- Wang, Chao & Mu, Dong (2014). *An LCA Study of an Electricity Coal Supply Chain*. China, Beijing: Beijing Jiaotong University, School of Economics and Management.
- WHO (2004). *Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition (Second Edition)*. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/9241546123.pdf> (2014-10-09)
- Yan, M.J.; Humphreys, J. & Holden, N.M. (2010). An Evaluation of Life Cycle Assessment of European Milk Production. *Journal of Environmental Management*, vol. 92, ss. 372-379.

# Appendix

---

## A.1 Beräkningar: Vitaminpremix

- Riboflavin (avsnitt A.1.1)
- Vitamin B12 (avsnitt A.1.2)
- Vitamin D2 (avsnitt A.1.3)
- Transport av premix från Polen till Landskrona (avsnitt A.1.4)
- Utsläpp per gram vitamin (avsnitt A.1.5)

### A.1.1 Riboflavin

- Fermentering (avsnitt A.1.1.1)
- Centrifugering (avsnitt A.1.1.2)
- Torkning (avsnitt A.1.1.3)
- Transport till Europa (avsnitt A.1.1.4)

#### A.1.1.1 Fermentering

##### *Antaganden*

- Effektbehov, STR: 2 kW/m<sup>3</sup> (Larsson, u.å.)
- 20 liter lösning åtgår per FE (120 g riboflavin)
- Fermenteringsprocessen antas pågå i 2 dygn

Effektbehov per FE:  $P = 2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \cdot 0,02 \text{ m}^3 = 0,04 \text{ kW}$

Energibehov per FE (2 dygn):  $E = P \cdot t = 0,04 \text{ kW} \cdot (3600 \cdot 48)\text{s} = 6912 \text{ kJ} \approx \mathbf{7 \text{ MJ}}$

Beräkning av värmeenergi (Q) för att värma 20 l vatten från 25 till 75 °C (Reistad, 2011):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$c = 4,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad (\text{Specifik värmekapacitet, vatten})$$

$$\Delta T = (75 - 25)\text{K} \quad (\text{Temperaturskillnad})$$

Tillförd värmeenergi enligt ekvation 1:

$$Q = 20 \text{ kg} \cdot 4,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (75 - 25)\text{K} = 4800 \text{ kJ} \approx \mathbf{5 \text{ MJ}}$$

### A.1.1.2 Centrifugering

*Antaganden*

- Centrifugerad volym per timme: 4000 l (Alfa Laval, u.å.)
- Effekt: 2 kW (Alfa Laval, u.å.)

Tillförd energi per timme (4000 l):  $E = 2 \text{ kW} \cdot 3600 \text{ s} = 7200 \text{ kJ}$

Tillförd energi per FE (20 liter):  $E = 20 \cdot \frac{7200 \text{ kJ}}{4000 \text{ l}} = 36 \text{ kJ} \approx \mathbf{0,04 \text{ MJ}}$

### A.1.1.3 Torkning

Beräkning av tillförd värmeenergi (Q) för att värma 20 l vatten från 25 till 100 °C och sedan förångas samma volym vatten vid 100 °C (Reistad, 2011):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T + m \cdot L_v \quad (2)$$

$$c = 4,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad (\text{Specifik värmekapacitet, vatten})$$

$$\Delta T = (100 - 25)\text{K} \quad (\text{Temperaturskillnad})$$

$$L_v = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{Ångbildningsvärme, vatten vid } 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

Tillförd värmeenergi enligt ekvation 2:

$$Q = 20 \text{ kg} \cdot \left( 4,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100 - 25)\text{K} + 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 52\,320 \text{ kJ} \approx \mathbf{50 \text{ MJ}}$$

### A.1.1.4 Transport till Europa

Utsläpp från transport med båt från produktionsanläggningen i Kina till Europa har beräknats med hjälp av NTM:s databas för transportutsläpp (2014).

Inmatade parametrar visas i tabell 18. Avståndet uppskattas till 7000 km och fartyget antas vara av typen ”general cargo”.

**Tabell 18.** Inmatade parametrar i NTM:s databas för transportutsläpp.

Calculation model	Shipment transport (weight)
Area or type of water	Regional
Ship size	10000 dwt
Shipment weight	1 tonne
Distance	7000 km
Cargo load factor (weight)	60 %weight
RO 2.7%S, fuel share	100 %weight
RO 1%S, fuel share	0.0 %weight
MD 0.1%S, fuel share	0.0 %weight
NOx emission limit	Tier I

Tabell 19 visar beräknade koldioxidutsläpp, energi- och bränsleåtgång per FE (120 g) vid båttransport från Kina till Europa.

**Tabell 19.** Beräknad energi- och bränsleåtgång samt CO<sub>2</sub>-utsläpp per FE (120 g) vid båttransport (NTM, 2014).

120 g (1 FE)	CO <sub>2</sub> equivalent [g]	Energy [MJ]	RO 2.7%S [g]
General cargo ship			
Vessel (tank to wheel)	11,88	0,156	3,72
Fuel (well to tank)	1,32	0,0168	
Total	13,2	0,168	3,72

Data för tjockolja (1 % S) från Gode et al. (2011) har används för att uppskatta utsläpp vid förbränning av residualolja (RO 2,7 % S). Tabell 20 visar utsläppsdata för produktion, distribution och förbränning av tjockolja (1 % S).

**Tabell 20.** Utsläppsdata för produktion, distribution och förbränning av tjockolja (1 w% S), per MJ och per FE (Gode et al., 2011).

	Total miljöpåverkan per MJ	Per FE (0,2 MJ)
<b>Primärenergi (MJ)</b>		
Totalt, exkl. förbränning <sup>32</sup>	1,1	0,22
<b>Utsläpp till luft (g)</b>		
NOx	1,6	0,32
SO <sub>2</sub>	0,5	0,1
CO	0,14	0,028
NMVOC	0,06	0,012
CO <sub>2</sub> <sup>33</sup>	6,7	1,34
N <sub>2</sub> O	0,004	0,0008
CH <sub>4</sub>	0,07	0,014
Partiklar	0,0008	0,00016
NH <sub>3</sub>	0,000424	0,0000848
<b>Utsläpp till vatten (g)</b>		
NO <sub>3</sub> -	0,00003	0,000006
NH <sub>3</sub>	0,03	0,006
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,00002	0,000004
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,0000003	0,00000006

<sup>32</sup> Produktion och distribution

<sup>33</sup> Endast produktion och distribution (förbränning inkluderat i NTM)

Tabell 21 visar de totala uppskattade bidragen till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport med lastfartyg från Kina till Europa, baserat på tabell 19 och tabell 20.

**Tabell 21.** Uppskattade bidrag till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport från Kina till Europa, baserat på tabellerna 19 och 20.

GWP (g CO2-ekv)	AP (g SO2-ekv)	EP (g PO43- ekv)	Primärenergi (MJ)
10	0,3	0,04	0,2

## A.1.2 Vitamin B12

- Fermentering (avsnitt A.1.2.1)
- Centrifugering (avsnitt A.1.2.2)
- Extraktion (avsnitt A.1.2.3)
- Transport till Europa (avsnitt A.1.2.4)

### A.1.2.1 Fermentering

#### *Antaganden*

- Effektbehov, STR: 2 kW/m<sup>3</sup> (Larsson, u.å.)
- 2 liter lösning åtgår per FE (210 mg vitamin B12)
- Fermenteringsprocessen antas pågå i 2 dygn

Effektbehov per FE:  $P = 2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \cdot 0,002 \text{ m}^3 = 0,004 \text{ kW}$

Energibehov per FE (2 dygn):  $E = P \cdot t = 0,004 \text{ kW} \cdot 3600 \cdot 48 \text{ s} = 691,2 \text{ kJ} \approx \mathbf{0,7 \text{ MJ}}$

### A.1.2.2 Centrifugering

#### *Antaganden*

- Centrifugerad volym per timme: 4000 l (Alfa Laval, u.å.)
- Effekt: 2 kW (Alfa Laval, u.å.)

Tillförd energi per timme (4000 l):  $E = 2 \text{ kW} \cdot 3600 \text{ s} = 7200 \text{ kJ}$

Tillförd energi per FE (20 liter):  $E = 2 \cdot \frac{7200 \text{ kJ}}{4000 \text{ l}} = 3,6 \text{ kJ} \approx \mathbf{4 \text{ kJ}}$

### A.1.2.3 Extraktion

Beräkning av tillförd värmeenergi (Q) för att värma 2 liter vatten från 25 till 100 °C enligt ekvation 1 (A.1.1.1):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 2 \text{ kg} \cdot 4,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (100 - 25)\text{K} = 720 \text{ kJ} \approx \mathbf{0,7 \text{ MJ}}$$

### A.1.2.4 Transport till Europa

Utsläpp från transport med båt från produktionsanläggningen i Kina till Europa har beräknats med hjälp av NTM (2014), på samma sätt som för riboflavin. Inmatade parametrar framgår av tabell 18 (avsnitt A.1.1.4).

Tabell 22 visar beräknade koldioxidutsläpp samt energi- och bränsleåtgång per FE (210 mg) vid transport från Kina till Europa.

**Tabell 22.** Beräknad energi- och bränsleåtgång samt utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE (210 mg) vid transport med båt (NTM, 2014).

210 mg (1 FE)	CO2 equivalent [g]	Energy [MJ]	RO 2.7%S [g]
General cargo ship			
Vessel (tank to wheel)	0,02079	0,000273	0,00651
Fuel (well to tank)	0,00231	0,0000294	
Total	0,0231	0,000294	0,00651

Tabell 23 visar utsläpp per FE vid produktion, distribution och förbränning av bränsle, baserat på uppgifter per MJ ur tabell 20.

**Tabell 23.** Utsläpp per FE vid produktion, distribution och förbränning av tjockolja (1 w% S), baserat på uppgifter per MJ bränsle ur tabell 20 (Gode et al., 2011).

	Per F (0,0003 MJ)
<b>Primärenergi (MJ)</b>	
Totalt, exkl. Förbränning	0,00033
<b>Utsläpp till luft (g)</b>	
Nox	0,00048
SO <sub>2</sub>	0,00015
CO	0,000042
NM VOC	0,000018
CO <sub>2</sub>	0,00201
N <sub>2</sub> O	0,0000012
CH <sub>4</sub>	0,000021
Partiklar	0,00000024
NH <sub>3</sub>	1,272E-07
<b>Utsläpp till vatten (g)</b>	
NO <sub>3</sub> -	0,000000009
NH <sub>3</sub>	0,000009
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,000000006
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	9E-11

Tabell 24 visar de totala uppskattade bidragen till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning per FE vid transport från Kina till Europa, baserat på tabellerna 22 och 23.



**Tabell 24.** Uppskattade bidrag till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport från Kina till Europa, baserat på tabellerna 22 och 23.

<b>GWP (g CO2-ekv)</b>	<b>AP (g SO2-ekv)</b>	<b>EP (g PO43- ekv)</b>	<b>Primärenergi (MJ)</b>
0,02	0,0005	0,00007	0,0003

## A.1.3 Vitamin D

- Fermentering (avsnitt A.1.3.1)
- Saponifiering (avsnitt A.1.3.2)
- Transport till Europa (avsnitt A.1.3.3)

### A.1.3.1 Fermentering

#### *Antaganden*

- Effektbehov, STR: 2 kW/m<sup>3</sup> (Larsson, u.å.)
- 10 liter lösning åtgår per FE (830 mg vitamin D2)
- Fermenteringsprocessen antas pågå i 2 dygn

Effektbehov per FE: 
$$P = 2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \cdot 0,01 \text{ m}^3 = 0,02 \text{ kW}$$

Energibehov per FE (2 dygn): 
$$E = P \cdot t = 0,02 \text{ kW} \cdot (3600 \cdot 48) \text{ s} = 3456 \text{ kJ} \approx \mathbf{3,5 \text{ MJ}}$$

### A.1.3.2 Saponifiering

Beräkning av tillförd värmeenergi (Q) för att värma 10 liter vatten från 25 till 130 °C enligt ekvation 1 (A.1.1.1):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 10 \text{ kg} \cdot 4,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (130 - 25)\text{K} = 5040 \text{ kJ} \approx \mathbf{5 \text{ MJ}}$$

### A.1.3.3 Transport till Europa

Utsläpp av transport har beräknats med hjälp av NTM (2014), på samma sätt som för riboflavin och vitamin B12 (A.1.1.4 och A.1.2.4). inmatade parametrar visas i tabell 25.

**Tabell 25.** Inmatade parametrar i NTM:s databas för transportutsläpp.

<b>Calculation model</b>	<b>Shipment transport (weight)</b>
Area or type of water	Regional
Ship size	10000 dwt
Shipment weight	1 tonne

Distance	3000 km
Cargo load factor (weight)	60 %weight
RO 2.7%S, fuel share	100 %weight
RO 1%S, fuel share	0.0 %weight
MD 0.1%S, fuel share	0.0 %weight
NOx emission limit	Tier I

Tabell 26 visar beräknade koldioxidutsläpp, energi- och bränsleåtgång per FE (830 mg) vid transport med båt från Israel till Europa.

**Tabell 26.** Beräknad energi- och bränsleåtgång samt utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE vid transport med båt (NTM, 2014).

<b>830 mg (1 FE)</b>	<b>CO2 equivalent [g]</b>	<b>Energy [MJ]</b>	<b>RO 2.7%S [g]</b>
General cargo ship			
Vessel (tank to wheel)	0,03569	0,0004565	0,01079
Fuel (well to tank)	0,003901	0,0000498	
<b>Total</b>	<b>0,03901</b>	<b>0,0005063</b>	<b>0,01079</b>

Tabell 27 visar utsläpp per FE vid produktion, distribution och förbränning av bränsle, baserat på uppgifter per MJ ur tabell 20.

**Tabell 27.** Utsläpp vid produktion, distribution och förbränning av tjockolja (1 w% S) per FE, baserat på uppgifter per MJ bränsle ur tabell 20 (Gode et al., 2011).

	<b>Per FE (0,0005 MJ)</b>
<b>Primärenergi (MJ)</b>	
Totalt, exkl. förbränning	0,00055
<b>Utsläpp till luft (g)</b>	
Nox	0,0008
SO2	0,00025
CO	0,00007
NMVOG	0,00003
CO2	0,00335
N2O	0,000002
CH4	0,000035
Partiklar	0,0000004
NH3	0,000000212
<b>Utsläpp till vatten (g)</b>	
NO3-	0,000000015
NH3	0,000015
NH4+	0,00000001
PO43-	1,5E-10

Tabell 28 visar de totala uppskattade bidragen till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning per FE vid transport från Israel till Europa, baserat på tabellerna 26 och 27.

**Tabell 28.** Uppskattade bidrag till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport från Israel till Europa, baserat på tabell 26 och 27.

<b>GWP (g CO2-ekv)</b>	<b>AP (g SO2-ekv)</b>	<b>EP (g PO43- ekv)</b>	<b>Primärenergi (MJ)</b>
0,04	0,0008	0,0001	0,0006

## A.1.4 Transport av premix från Polen till Landskrona

Utsläpp vid transport av den färdiga premixen från Polen, där premixen bereds, till Oatlys produktionsanläggning i Landskrona har beräknats med hjälp av NTM (2014). Avståndet uppskattas till 2000 km och transporten sker med dieseldriven lastbil. Inmatade parametrar visas i tabell 29.

**Tabell 29.** Inmatade parametrar i NTM:s databas för transportutsläpp.

### Truck with trailer 50-60 t

Parameters	
Calculation model	Shipment transport (weight)
Fuel	Diesel B5 - EU
Road type	Average Road
EuroClass	Euro 4
Road gradient	±2%
Shipment weight	1 tonne
Distance	2000 km
Cargo load factor (weight)	50 %weight
Cargo carrier capacity (weight)	40 tonne
Fuel consumption	0.498 l/km

Tabell 30 visar beräknad energiåtgång och utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE (1 kg) vid transport med lastbil från Polen till Landskrona.

**Tabell 30.** Energi- och bränsleåtgång samt utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE vid transport med lastbil (NTM, 2014).

1 kg (1 FE)	CO2 equivalent [g]	Energy [MJ]	Diesel B5 – EU [l]
Truck with trailer 50-60 t			
Vehicle (tank to wheel)	120	1,8	0,05
Fuel (well to tank)	17	0,32	
Total	140	2,1	0,05

Utsläppsdata för diesel (5 % RME) i tung lastbil från Gode et al. (2011), se tabell 31, har används för att uppskatta miljöpåverkan vid produktion, distribution och förbränning av bränsle.

**Tabell 31.** Utsläppsdata för produktion, distribution och förbränning av diesel (5 vol% RME) i tung lastbil, per MJ och per FE (Gode et al., 2011).

	Total miljöpåverkan per MJ	Totalt per FE (0,05 l diesel)
<b>Primärenergi (MJ)</b>		
Totalt, exkl. förbränning <sup>34</sup>	1,1	1,93644
<b>Utsläpp till luft (g)</b>		
NOx	0,7	1,23228
SO2	0,02	0,035208
CO	0,16	0,281664
NM VOC	0,06	0,105624
CO <sub>2</sub> <sup>35</sup>	6,3	11,09052
N <sub>2</sub> O	0,002	0,0035208
CH <sub>4</sub>	0,03	0,052812

<sup>34</sup> Produktion och distribution

<sup>35</sup> Endast produktion och distribution (förbränning inkluderat i NTM)

Partiklar	0,02	0,035208
NH3		
	0,0006	0,00105624
<b>Utsläpp till vatten (g)</b>		
NO3-	0,00003	0,000052812
NH3	0,03	0,052812
NH4+	0,00002	0,000035208
PO43-	0,0000003	5,2812E-07

Tabell 32 visar de totala uppskattade bidragen till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning per FE vid transport från Polen till Landskrona, baserat på tabell 30 och tabell 31.

**Tabell 32.** Uppskattade bidrag till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport från Polen till Landskrona, baserat på tabell 30 och 31.

GWP (g CO2-ekv)	AP (g SO2-ekv)	EP (g PO43- ekv)	Primärenergi (MJ)
130	1	0,2	2

## A.1.5 Vitaminpremix, sammanställning

Tabell 33 och tabell 34 visar en sammanfattning av den uppskattade miljöpåverkan av vitaminpremixen i respektive miljöeffektkategori. Tabell 33 visar miljöpåverkan av ingående vitaminer uppdelat på processteg, och tabell 34 visar miljöpåverkan av premixen totalt samt fördelat på ingående vitaminer.

**Tabell 33.** Uppskattad miljöpåverkan av vitaminpremixen i respektive miljöeffektkategori, uppdelat på ingående vitaminer och processteg.

Riboflavin	Fermentering	Pastörisering	Centrifugering	Torkning	Transport	Totalt
GWP (kg CO2-e)	3	2	0,01	3	0,01	8,0
AP (g SO2-e)	20	3	0,02	2	0,3	25
EP (g PO43-e)	5	0,3	0,002	0,2	0,04	5,5
Energi (MJ)	10	5	0,04	50	0,2	65

Vitamin B12	Fermentering	Centrifugering	Extraktion	Omvandling cyanoform	Upprening	Kristallisering	Transport	Totalt
GWP (kg CO2-e)	0,3	0,001	0,2	0,04	0,4	0,3	0,02	1,2
AP (g SO2-e)	2	0,002	0,4	0,8	0,02	0,02	0,05	3,2
EP (g PO43-e)	0,5	0,0002	0,04	0,2	0,002	0,002	0,007	0,7
Energi (MJ)	1	0,004	0,7	0,006	0,04	0,04	0,03	1,8

Vitamin D2	Fermentering	Saponifiering	Extraktion	Transport	Totalt
GWP (kg CO2-e)	2	2	0,008	0,00004	4,0
AP (g SO2-e)	9	3	0,01	0,0008	12
EP (g PO43-e)	2	0,3	0,001	0,0001	2,3
Energi (MJ)	5	5	0,03	0,0006	10

**Tabell 34.** Uppskattad miljöpåverkan av vitaminpremixen i respektive miljöeffektkategori, totalt samt fördelat på ingående vitaminer.

	<b>Riboflavin</b>	<b>Vitamin B12</b>	<b>Vitamin D2</b>	<b>Premix totalt</b>
<b>GWP (kg CO2-e)</b>	8	1	4	13
<b>AP (g SO2-e)</b>	30	3	10	43
<b>EP (g PO43-e)</b>	6	0,7	2	8,7
<b>Energi (MJ)</b>	70	2	10	82

## **A.1.6 Utsläpp per gram vitamin**

### **A.1.6.1 Växthuseffekt (GWP)**

**Riboflavin:** 8 g CO<sub>2</sub>-ekv per FE (120 g) ger utsläpp per gram (g CO<sub>2</sub>-ekv/g):  $\frac{8}{120} \approx 0,1$

**Vitamin B12:** 1 g CO<sub>2</sub>-ekv per FE (0,2 g) ger utsläpp per gram (g CO<sub>2</sub>-ekv/g):  $\frac{1}{0,2} = 5$

**Vitamin D2:** 4 g CO<sub>2</sub>-ekv per FE (0,8 g) ger utsläpp per gram (g CO<sub>2</sub>-ekv/g):  $\frac{4}{0,8} = 5$

### **A.1.6.2 Försurning (AP)**

**Riboflavin:** 30 g SO<sub>2</sub>-ekv per FE ger utsläpp per gram (g SO<sub>2</sub>-ekv/g):  $\frac{30}{120} \approx 0,3$

**Vitamin B12:** 3 g SO<sub>2</sub>-ekv per FE ger utsläpp per gram (g SO<sub>2</sub>-ekv/g):  $\frac{3}{0,2} = 15$

**Vitamin D2:** 10 g SO<sub>2</sub>-ekv per FE ger utsläpp per gram (g SO<sub>2</sub>-ekv/g):  $\frac{10}{0,8} \approx 13$

### **A.1.6.3 Övergödning (EP)**

**Riboflavin:** 6 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv per FE ger utsläpp per gram (g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv/g):  $\frac{6}{120} = 0,05$

**Vitamin B12:** 0,7 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv per FE ger utsläpp per gram (g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv/g):  $\frac{0,7}{0,2} \approx 4$

**Vitamin D2:** 2 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv per FE ger utsläpp per gram (g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv/g):  $\frac{2}{0,8} \approx 3$

### **A.1.6.4 Energianvändning**

**Riboflavin:** 70 MJ per FE (120 g) ger energianvändning per gram (MJ/g):  $\frac{70}{120} \approx 0,6$

**Vitamin B12:** 2 MJ per FE (0,2 g) ger energianvändning per gram (MJ/g):  $\frac{2}{0,2} = 10$

**Vitamin D2:** 10 MJ per FE (0,8 g) ger energianvändning per gram (MJ/g):  $\frac{10}{0,8} \approx 13$

## A.2 Beräkningar: Kalciumkarbonat

- Transport, Frankrike till Helsingborg (avsnitt A.2.1)
- Transport, Helsingborg till Landskrona (avsnitt A.2.2)

### A.2.1 Transport, Frankrike till Helsingborg

Utsläpp från transport med tåg från Frankrike till Helsingborg har beräknats med hjälp av NTM:s databas för transportutsläpp (2014). Avståndet uppskattas till 2000 km och inmatade parametrar visas i tabell 35.

**Tabell 35.** Inmatade parametrar i NTM:s databas för transportutsläpp.

#### Electric train

Parameters

Calculation model	Shipment transport (weight)
Cargo type	Average
Train size	Medium
Topography	Hilly
Electricity source	EU 27 mix
Shipment weight	1 tonne
Distance	2000 km
Cargo load factor (weight)	60 %weight
Empty positioning factor	0.50
Max payload: Gross weight ratio	73 %weight
Train weight	1000 tonne
Transmission losses	0.15
Brake regeneration	0.00

Tabell 36 visar beräknad energiåtgång och utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE (1 kg) vid transport med tåg från Frankrike till Helsingborg.

**Tabell 36.** Beräknad energiåtgång och utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE vid transport med tåg (NTM, 2014).

1 kg (1 FE)	CO2 equivalent [kg]	Energy [MJ]	Electricity [MJ]
Electric train			
Well to wheel	0,046	0,94	0,2988
Total	0,046	0,94	0,2988

Utsläppsdata för europeisk medellev från Lindahl et al. (2002) har används för att uppskatta elens miljöpåverkan. Dessa redovisas per MJ och per FE i tabell 37.

**Tabell 37.** Utsläppsdata för europeisk medel, per MJ och per FE (Lindahl et al., 2002)

	<b>Per MJ levererad el (g)</b>	<b>Per FE (0,3 MJ levererad el) (g)</b>
CO <sub>2</sub> <sup>36</sup>	132	39,6
CO	0,105	0,0315
NO <sub>x</sub>	0,373	0,1119
SO <sub>2</sub>	1,05	0,315
CH <sub>4</sub>	0,38	0,114

Tabell 38 visar de totala uppskattade bidragen till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning per FE vid transport från Frankrike till Helsingborg, baserat på tabellerna 36 och 37.

**Tabell 38.** Uppskattade bidrag till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport från Frankrike till Helsingborg, baserat på tabell 36 och 37.

<b>GWP (g CO<sub>2</sub>-ekv)</b>	<b>AP (g SO<sub>2</sub>-ekv)</b>	<b>EP (g PO<sub>4</sub>-ekv)</b>	<b>Energi (MJ)</b>
50	0,4	0,01	0,9

## **A.2.2 Transport, Helsingborg till Landskrona**

Utsläpp av transport med lastbil från Helsingborg till Landskrona har beräknats med hjälp av NTM:s (2014). Avståndet uppskattas till 440 km och inmatade parametrar visas i tabell 39.

**Tabell 39.** Inmatade parametrar i NTM:s databas för transportutsläpp.

### **Truck with trailer 50-60 t**

Parameters

Calculation model	Shipment transport (weight)
Fuel	Diesel B5 - EU
Road type	Average Road
EuroClass	Euro 4
Road gradient	±2%
Shipment weight	1 tonne
Distance	440 km
Cargo load factor (weight)	50 %weight
Cargo carrier capacity (weight)	40 tonne
Fuel consumption	0.498 l/km

Tabell 40 visar beräknad energiåtgång och utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE (1 kg) vid transport med lastbil från Helsingborg till Landskrona.

**Tabell 40.** Energi- och bränsleåtgång samt utsläpp av CO<sub>2</sub> per FE vid transport med lastbil (NTM, 2014).

<b>1 kg (1 FE)</b>	<b>CO<sub>2</sub> equivalent [g]</b>	<b>Energy [MJ]</b>	<b>Diesel B5 – EU [l]</b>
Truck with trailer 50-60 t			
Vehicle (tank to wheel)	27	0,39	0,011
Fuel (well to tank)	3,8	0,07	
Total	31	0,46	0,011

<sup>36</sup> Inkluderat i NTM:s databas.

Utsläpp vid produktion, distribution och förbränning av bränsle har uppskattats med hjälp av data för diesel (5 % RME) i tung lastbil från Gode et al. (2011) (se tabell 31). De uppskattade utsläppen visas i tabell 41.

**Tabell 41.** Utsläppsdata för produktion, distribution och förbränning av diesel (5 % RME) i tung lastbil per FE, baserat på uppgifter per MJ bränsle ur tabell 31 (Gode et al., 2011).

	<b>Totalt per FE (0,01 l)</b>
<b>Primärenergi (MJ)</b>	
Totalt, exkl. förbränning <sup>37</sup>	0,4260168
<b>Utsläpp till luft (g)</b>	
NOx	0,2711016
SO2	0,00774576
CO	0,06196608
NMVOG	0,02323728
CO2 <sup>38</sup>	2,4399144
N2O	0,000774576
CH4	0,01161864
Partiklar	0,00774576
NH3	0,000232373
<b>Utsläpp till vatten (g)</b>	
NO3-	1,16186E-05
NH3	0,01161864
NH4+	7,74576E-06
PO43-	1,16186E-07

Tabell 42 visar de totala bidragen till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning per FE vid transport från Helsingborg till Landskrona, baserat på tabellerna 39 och 40.

**Tabell 42.** Uppskattade bidrag till miljöeffektkategorierna GWP, AP, EP och energianvändning vid transport från Helsingborg till Landskrona, baserat på tabellerna 39 och 40.

<b>GWP (g CO2-ekv)</b>	<b>AP (g SO2-ekv)</b>	<b>EP (g PO43- ekv)</b>	<b>Primärenergi (MJ)</b>
30	0,2	0,04	0,5

### **A.2.3 Kalciumkarbonat, sammanställning**

Tabell 43 visar en sammanställning av den uppskattade miljöpåverkan av kalciumkarbonat, uppdelat på produktionsdel (totalt sett) och transport, samt totalt för produkten, i respektive miljöeffektkategori.

**Tabell 43.** Uppskattad miljöpåverkan av kalciumkarbonat i respektive miljöeffektkategori, uppdelat på produktion (totalt) och transport samt totalt för produkten.

<b>Kalciumkarbonat</b>	<b>Produktion</b>	<b>Transport</b>	<b>Totalt</b>
GWP (kg CO2-e)	0,2	0,05	0,3
AP (g SO2-e)	0,3	0,4	0,7
EP (g PO43-e)	0,03	0,01	0,04
Energi (MJ)	2	1,5	3,5

<sup>37</sup> Produktion och distribution.

<sup>38</sup> Endast produktion och distribution (förbränning inkluderat i NTM:s databas).



## A.3 Berikningens betydelse för dryckens miljöpåverkan

- GWP (avsnitt A.3.1)
- AP (avsnitt A.3.2)
- EP (avsnitt A.3.3)
- Energianvändning (avsnitt A.3.4)

### A.3.1 GWP

#### A.3.1.1 Vitaminpremix

Uppskattade växthusgasutsläpp per kg premix:	13 kg CO <sub>2</sub> -ekv
GWP per liter havredryck från premix (20 mg per liter):	$13 \frac{kg}{kg} \cdot 20 \text{ mg} \approx 0,3 \text{ g CO}_2\text{-ekv}$

#### A.3.1.2 Kalciumkarbonat

Uppskattade växthusgasutsläpp per kg kalciumkarbonat:	0,3 kg CO <sub>2</sub> -ekv
GWP per liter havredryck från kalciumkarbonat (1,2 g per liter) <sup>39</sup> :	$0,3 \frac{kg}{kg} \cdot 1,2 \text{ g} = 0,4 \text{ g CO}_2\text{-ekv}$

#### A.3.1.3 GWP totalt från berikning

GWP totalt från tillsatta vitaminer och kalcium per liter havredryck:	$(0,3 + 0,4)\text{g} = 0,7 \text{ g CO}_2\text{-ekv}$
---	---

#### A.3.1.4 Berikningens andel av total GWP för havredrycken

GWP per liter dryck, färsk (Florén et al., 2013):	0,5 kg CO <sub>2</sub> -ekv
GWP per liter dryck, aseptisk (Florén et al., 2013):	0,4 kg CO <sub>2</sub> -ekv
Uppskattad andel av total GWP från berikning (färsk dryck):	$\frac{0,7 \text{ g}}{0,5 \text{ kg}} \approx 0,001$
Uppskattad andel av total GWP från berikning (aseptisk dryck):	$\frac{0,7 \text{ g}}{0,4 \text{ kg}} \approx 0,002$

---

<sup>39</sup> Här antas att samtlig mängd tillsatt kalcium kommer från kalciumkarbonat eftersom utsläppsdata saknas för dikalciumfosfat och trikalцийfosfat.

## A.3.2 AP

### A.3.2.1 Vitaminpremix

Uppskattade försurande utsläpp per kg premix:

40 g SO<sub>2</sub>-ekv

AP per liter havredryck från premix (20 mg per liter):

$\frac{40 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \cdot 20 \text{ mg} \approx 1 \text{ mg SO}_2\text{-ekv}$

### A.3.2.2 Kalciumkarbonat

Uppskattade försurande utsläpp per kg kalciumkarbonat:

0,7 g SO<sub>2</sub>-ekv

AP per liter havredryck från kalciumkarbonat (1,2 g per liter)<sup>40</sup>:

$\frac{0,7 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,2 \text{ g} \approx 1 \text{ mg SO}_2\text{-ekv}$

### A.3.2.3 AP totalt från berikning

AP totalt från tillsatta vitaminer och kalcium per liter havredryck:

(1 + 1) mg = **2 mg SO<sub>2</sub>-ekv**

### A.3.2.4 Berikningens andel av total AP för havredrycken

AP per liter dryck, färsk/aseptisk (Florén et al., 2013):

0,002 molc H<sup>+</sup> ekv

AP per liter dryck, uttryckt i SO<sub>2</sub>-ekv<sup>41</sup>:

60 mg SO<sub>2</sub>-ekv

Uppskattad andel av total AP från berikning:

$\frac{2 \text{ mg}}{60 \text{ mg}} \approx \mathbf{0,03}$

## A.3.3 EP

### A.3.3.1 Vitaminpremix

Uppskattade övergödande utsläpp per kg vitaminpremix:

10 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv

EP per liter havredryck från premix (20 mg per liter):

$\frac{10 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \cdot 20 = 0,2 \text{ mg PO}_4^{3-} \text{ ekv}$

---

<sup>40</sup> Här antas att samtlig mängd tillsatt kalcium kommer från kalciumkarbonat eftersom utsläppsdata saknas för dikalciumfosfat och trikalciumfosfat.

<sup>41</sup> 1 mol H<sup>+</sup> ekv motsvarar 32 g SO<sub>2</sub>-ekv, baserat på stökiometriskt förhållande (Erlandsson, 2000).

### A.3.3.2 Kalciumkarbonat

Uppskattade övergödande utsläpp per kg kalciumkarbonat:

0,04 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv

EP per liter havredryck från kalciumkarbonat (1,2 g per liter)<sup>42</sup>:

$\frac{0,04 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,2 \approx 50 \text{ g PO}_4^{3-} \text{ ekv}$

### A.3.3.3 EP totalt från berikning

EP totalt från tillsatta vitaminer och kalcium per liter havredryck:

$(0,2 + 0,05) = 0,25 \text{ mg PO}_4^{3-} \text{ ekv}$

### A.3.3.4 Berikningens andel av total EP för havredrycken

EP per liter dryck, färsk/aseptisk (Florén et al., 2013):

0,002 kg N-ekv (marint)

EP per liter dryck, uttryckt i PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ekv<sup>43</sup>:

0,8 g PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv

Uppskattad andel av total EP från berikning (färsk dryck):

$\frac{0,25 \text{ mg}}{0,8 \text{ g}} \approx 0,0003$

## A.3.4 Energianvändning

### A.3.4.1 Vitaminpremix

Uppskattad energianvändning per kg vitaminpremix:

82 MJ

Energianvändning per liter havredryck av premix (20 mg per liter):

$\frac{82 \text{ MJ}}{1000 \text{ g}} \cdot 0,02 \text{ g} \approx 2 \text{ kJ}$

### A.3.4.2 Kalciumkarbonat

Uppskattad energianvändning per kg kalciumkarbonat:

3,5 MJ

Energianvändning per liter havredryck av kalciumkarbonat (1,2 per liter):

$\frac{3,5 \text{ MJ}}{1000 \text{ g}} \cdot 1,2 \text{ g} \approx 4 \text{ kJ}$

---

<sup>42</sup> Här antas att samtlig mängd tillsatt kalcium kommer från kalciumkarbonat eftersom utsläppsdata saknas för dikalciumfosfat och trikalciumfosfat.

<sup>43</sup> 1 kg N motsvarar 4,43 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, och 1 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> motsvarar 10,45 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Erlandsson, 2000). 1 kg N-ekv motsvarar alltså omkring 0,4 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ekv.

### A.3.4.3 Total energianvändning för berikning

Total energianvändning för tillsatta vitaminer och kalcium per liter havredryck:  $(2 + 4) \text{ kJ} = \mathbf{6 \text{ kJ}}$

### A.3.4.4 Berikningens andel av total energianvändning

Uppskattad energianvändning vid produktion av Oatlys havredryck (utan vitamin- och mineralberikning) motsvarar ca 9 MJ (9,2 MJ) per liter färsk dryck (8 MJ (7,7 MJ) per liter aseptisk dryck) (Florén et al., 2013).

Energianvändning per liter dryck (färsk): 9 MJ

Energianvändning per liter dryck (aseptisk): 8 MJ

Andel av total energianvändning från berikning (färsk dryck):  $\frac{6 \text{ kJ}}{9 \text{ MJ}} \approx \mathbf{0,0007}$

Andel av total energianvändning från berikning (aseptisk dryck):  $\frac{6 \text{ kJ}}{8 \text{ MJ}} \approx \mathbf{0,0008}$