



**PROJEKTRAPPORT:**

PR-20006-DA

(MD-20026-DA)

**REKVIRENT:**

Emineral A/S

**DATO:**

Juni 2020

# Indhold

<b>1</b>	<b>GENERELT</b> .....	<b>3</b>
1.1	REKVIRENT.....	3
1.2	LCA UDVIKLER .....	3
1.3	DATO .....	3
<b>2</b>	<b>FORMÅL</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>AFGRÆNSNING</b> .....	<b>4</b>
3.1	DEKLARERET ENHED .....	4
3.2	SYSTEMGRÆNSE .....	5
3.3	CUT-OFF KRITERIER .....	7
<b>4</b>	<b>LIVSCYKLUSKORTLÆGNING (LCI)</b> .....	<b>7</b>
4.1	ENHEDSPROCESSER .....	8
4.2	KILDER TIL GENERISK DATA.....	12
4.3	DATAVALIDERING.....	12
4.4	ALLOKERINGSPRINCIPPER OG –PROCEDURER .....	12
<b>5</b>	<b>VURDERING AF POTENTIELLE MILJØPÅVIRKNINGER (LCIA)</b> .....	<b>12</b>
5.1	LCIA PROCEDURER OG BEREGNINGER .....	12
5.2	LCIA OG LCI RESULTATER.....	13
5.3	RELATION MELLEM LCIA OG LCI RESULTATER.....	17
5.4	KARAKTERISERINGSMODELLER OG – FAKTORER .....	18
<b>6</b>	<b>LIVSCYKLUSFORTOLKNING</b> .....	<b>18</b>
6.1	RESULTATER .....	18
6.2	FORMODNINGER OG BEGRÆNSNINGER .....	19
6.3	AFVIGELSER .....	19
6.4	VALG, RATIONALER OG EKSPERTVURDERINGER.....	19
<b>7</b>	<b>DOKUMENTATION FOR SUPPLERENDE INFORMATION</b> .....	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>YDERLIGERE INFORMATION</b> .....	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCER</b> .....	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>BILAG 1 KEMISK ANALYSE AF FLYVEASKE</b> .....	<b>22</b>
<b>11</b>	<b>BILAG 2 LCI DATA</b> .....	<b>23</b>

# 1 Generelt

## 1.1 REKVIRENT

---

### *E*mineral a/s

**Emineral A/S**  
Klippehagevej 22  
7000 Fredericia  
Danmark

Kontaktpersoner: Birgitte Primdal Dam og Thomas Baumgarten.

[www.emineral.dk](http://www.emineral.dk)

## 1.2 LCA UDVIKLER

---



Morten Søes Kokborg  
Gregersensvej  
2630 Taastrup

## 1.3 DATO

---

LCA studiet dokumenteret i denne rapport er gennemført medio 2020 og er udført i henhold til kravene i EN15804:2012+A2:2019. Desuden udføres et ekstra sæt resultater ifølge EN15804:2012+A1:2013.

Data til LCA er baseret på gennemsnitsdata for produktionen af flyveaske hos Emineral for året 2019.

# 2 Formål

LCA studiet, som er dokumenteret i nærværende rapport, er gennemført med det formål, at udarbejde en Type III miljøvaredeklaration i henhold til kravene i den europæiske standard EN15804:2012+A2:2019, samt levere et yderligere sæt resultater ifølge den ældre standard EN15804:2012+A1:2013. Der er ikke anvendt en produktspecifik PCR.

Den tilsigtede anvendelse er at kommunikere videnskabeligt baserede miljøinformationer for produktet fra/til professionelle aktører med det formål, at kunne vurdere miljøpåvirkningerne for bygninger.

## 3 Afgrænsning

### 3.1 DEKLARERET ENHED

#### 3.1.1 Definition

Flyveaske er i dag et biprodukt (tidligere affaldsprodukt) fra kraft- og kraftvarmeværker, hvor asken udskilles fra røggassen i elektrofiltre inden røgen ledes til skorsten. Asken ledes til silo, hvor den står indtil den afhentes af lastbil eller skib.

Denne LCA er et gennemsnit for produktionen af fire aske-typer: EmiFlyveAske, Biokulflyveaske, EmiFiller og AsfaltFiller. Asken leveres fra 6 danske kraftvarmeværker (se Tabel 3), og adskiller sig udelukkende ved det anvendte mix af brændsler på kraftværket.

Flyveaske anvendes som tilsætning ved produktion af cement og asfalt, jf. Tabel 2.

**Tabel 1 – Deklareret enhed**

Navn	Værdi	Enhed
Deklareret enhed	1	ton
Massefylde	2,3E02	kg/m <sup>3</sup>
Omregningsfaktor til 1 kg.	0,001	-

Der er ikke defineret en funktionel enhed, da der er tale om en vugge-til-port LCA (A1-A3).

#### 3.1.2 Tekniske specifikationer

De fire typer flyveaske er klassificeret som fire forskellige produkttyper, hver med en tilhørende standard jf. Tabel 2.

**Tabel 2 – Asketyper med tilhørende standarder**

Produkt	Emiflyveaske	Biokulflyveaske	Emifiller	Asfaltfiller
Klassificering	Flyveaske til beton	Type II tilsætning til beton	Tilslag til beton	Filler til bituminøse blandinger
Standard	DS/EN 450-1:2012	DS/EN 206 DK NA:2019, annek I	EN 12620:2002 +A1:2008	DS/EN 13043:2002 /AC:2004

Ydeevnedeklarationer for de enkelte flyveasker kan findes på Eminerals hjemmeside [www.emineral.dk](http://www.emineral.dk).

Flyveaske betragtes som biprodukt (co-produkt) fra produktionen af el og varme men er ikke allokeret emissioner fra kraftværket, da dets bidrag til den samlede nettoomsætning er under 1% (se afsnit 3.2.1.1). Herved indeholder modul A1 ingen materialer eller emissioner, og produktionen af brændsler og selve afbrændingen på kraftværkerne udeladt fra denne LCA. Der er derfor intet direkte materialeforbrug til at producere flyveaske.

En kemisk analyse af sammensætning af flyveaske er angivet i 'Bilag 1 Kemisk analyse af flyveaske' fra det akkrediterede analysefirma Belab AB. Analysen er udført på de to mest solgte produkter Emiflyveaske og Emifiller. De to dækker langt det meste af de solgte mængder flyveaske. De andre to typer følger samme produktion, kun med ændring i sammensætning af indfyret brændsel på kraftværk.

Flyveaske opbevares i siloer på kraftværkerne, transporteres i silo-lastbiler (samt i mindre grad på skib i bulk last), og opbevares hos beton- og asfaltproducenter i siloer. Overførslen sker ved lufttryk fra kompressor eller ved hjælp af snegl; begge udelukkende ved forbrug af elektricitet. Der er derfor ikke noget direkte forbrug af emballage til produktion og levering af flyveaske.

### 3.1.3 Beregningsregler for gennemsnitsdata

Elektricitetsforbrug ved Eminentals siloer regnes som gennemsnit af de inkluderede siloer. Gennemsnit udregnes ved at tage det total estimerede strømforbrug på de inkluderede siloer (i kWh) divideret med den total mængde solgte flyveaske (i ton), under antagelse af at udstyr og processer er ensartede. Se afsnit 4.1.3 for beregning.

For transport mellem kraftværk og Eminentals siloer regnes et vægtet gennemsnit for transportafstand, vægtet i forhold til transporteret masse af flyveaske, se afsnit 4.1.1. Det betragtes som intern transport og medregnes i modul A2. Den interne transport beregnes for den del af flyveasken, der køres/sejles til Eminentals lager og ikke til den del, der køres direkte til kunden jf systemgrænser i afsnit 3.2.

## 3.2 SYSTEMGRÆNSE

Dette studie er en vugge-til-port vurdering – der dækker livscyklusfaserne A1-A3. Argumentation for udelukkelse af moduler iht. EN 15804:2012+A2:2019 gennemgås nedenstående i afsnit 3.2.1.

Systemgrænser (X = inkluderet i LCA; MNR = "module not relevant". MND = "module not declared")																
Produkt			Bygge proces		Brug							Endt levetid				Udenfor system grænse
Råmaterialer	Transport	Fremstilling	Transport	Indbygning	Brug	Vedligehold	Reparation	Udskiftning	Renovering	Energiforbrug	Vandforbrug	Nedrivning	Transport	Affaldshåndtering	Bortskaffelse	Genbrug og - anvendelse
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

Figur 1 – Systemgrænse i henhold til EN 15804:2012+A2:2019

### 3.2.1 Udeladelse af livscyklusfaser, processer og data

#### 3.2.1.1 Modul A1

Aske bliver solgt fra kraftværkerne til brug i produktion af beton eller asfalt, og emissioner fra produktion af aske skal som udgangspunkt allokeres som co-product. Da allokering baseret på fysiske egenskaber ikke er mulig mellem flyveaske og varme/elektricitet anvendes økonomisk allokering. I Tabel 3 er angivet, hvor stor en procentdel salg af flyveaske udgør af den samlede omsætning inkl. salg af el og varme. Værdien af askeprodukter er meget lav (<1%). Asken kan derfor betragtes som "affaldsprodukt". Alle miljøpåvirkninger er derfor tilskrevet produktionen af el og varme, ifølge EN 15804:2012+A2:2019 kapitel 6.4.3.2, Note 1. Modul A1 indeholder derfor ingen processer for flyveaske.

**Tabel 3 – Aske, procent af omsætning, tal i mio. kr.**

Kraftværk		Total omsætning, mio kr	Flyveaske mv., mio kr.	Aske, % af omsætning
Nordjyllandsværket, Ålborg		985	4,2	0,4%
Fynsværket, Odense		396	1,1	0,3%
Ørsted	Amagerværket, København	(*)	(*)	(*)
	Avedøreværket, København	1.730	1,5	0,1%
	Esbjergværket, Esbjerg	524	2,3	0,4%
	Studstrupværket, Århus	1.209	2,2	0,2%
	Asnæsværket, Kalundborg	312	1,3	0,4%

(\*) Data for Amagerværket har ikke været tilgængelige, men det vurderes at askens andel af nettoomsætningen udgør under 1% baseret på data fra de andre kraftværker.

Der anvendes siloer til opsamling af asken. Driften af silo er uafhængig af, om asken køres til deponi eller anvendes som tilsætning til asfalt eller beton, og det vurderes derfor at driften af silo hører under drift af kraftværket (modul A1) og skal derfor ikke allokeres til flyveaske.

#### 3.2.1.2 Modul A2 og A3

Siloer og silo-lastbiler bruges til opbevaring og transport af meget store mængder flyveaske (og andre lignende materialer) gennem deres levetid, og miljøpåvirkning fra produktion og bortskaffelse af dette udstyr per ton flyveaske opbevaret og transporteret antages at være meget lille og udelades.

Når flyveaske håndteres til og fra siloer er der aktiv udsugning specifikt ved overførslen. Opsamlet aske i form af spild (støv) føres retur til siloen, og der forekommer derfor i praksis stort set intet spild i processen, og dette er udeladt fra LCA-beregningerne.

#### 3.2.1.3 Modul A4 og A5

Transport til kunden og installation er ikke medregnet. Flyveasken opfylder alle tre kriterier i EN 15804:2012+A2:2019, afsnit 5.2 (se afsnit 3.2.1.5), og kan udelades ifølge EN 15804:2012+A2:2019, Figure 1, note 2.

#### 3.2.1.4 Modul B1-B7

Flyveaske i sig selv har ingen påvirkning i brugsfasen, modul B1-B7. Hvor flyveaske anvendes i betonproduktion skal flyveaskens effekt på cements evne til at karbonatisere medtages i udregning af karbonatisering, men det er ikke en del af denne LCA.

#### 3.2.1.5 Modul C1-C4 og D

Modulerne C1-C4 og D er udeladt, da flyveaske opfylder alle tre kriterier i EN 15804:2012+A2:2019, afsnit 5.2

- flyveasken bliver fysisk integreret i beton eller asfalt og kan ikke fysisk adskilles efter endt levetid
- flyveasken kan ikke selvstændig identificeres efter den fysisk/kemiske transformationsproces i produktionen af beton eller asfalt
- flyveasken indeholder ikke biogent kulstof

Oplysninger om behandling af beton eller asfalt efter endt levetid kan findes i EPDer for beton eller asfalt som kan fremsøges her:

- [www.epddanmark.dk](http://www.epddanmark.dk). Der verificeres branche-EPDer for diverse betonprodukter med publicering sommeren 2020.
- [www.epd-online.com](http://www.epd-online.com). Her findes diverse EPDer for beton og betonprodukter
- [www.environdec.com](http://www.environdec.com). Her findes EPDer for bl.a. asfaltprodukter.

### 3.2.2 Kvantificering af energiforbrug og transport

Kvantificeringen af energi og materiale inputs og outputs i forgrundssystemet er baseret på specifikke data fra Eminent, dækkende leverance fra danske kraftværker og transport til interne silolagre, samt energiforbrug i forbindelse med af- og pålæsning.

Hos producenten fremstilles kun dette ene produkt, hvorfor det ikke har været nødvendigt at allokere data indsamlet på fabriksniveau.

## 3.3 CUT-OFF KRITERIER

### 3.3.1 Forudsætninger og anvendelse

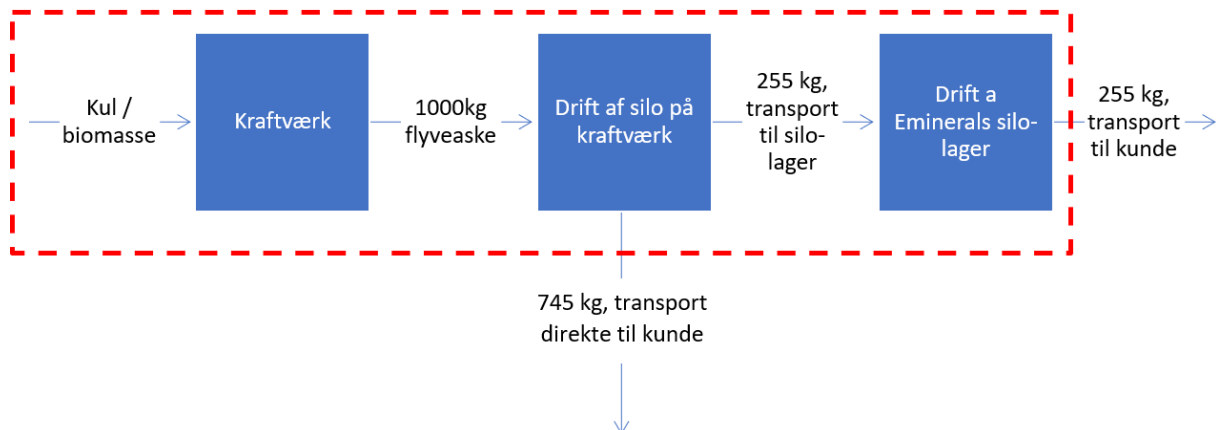
De generelle regler for udeladelse af inputs og outputs i LCA'en følger bestemmelserne i EN15804, 6.3.5, hvor den totale udeladelse af input flow pr. modul højst må være 5 % af energiforbrug og masse og højst 1 % for enhedsprocesser.

### 3.3.2 Ekskluderede processer

Se afsnit 3.2.1 for ekskluderede processer.

## 4 Livscykluskortlægning (LCI)

Nedenstående Figur 2 viser systemafgrænsning af flyveaske. Flyveaske genereres ved afbrænding af kul og biomasse på kraftvarmeværker, opfanges i filtre efter forbrænding, og opsamles i siloer på kraftvarmeværkerne. En del af flyveasken transporteres direkte til kunde fra kraftværkerne, og en anden del transporteres til opbevaring på Eminentals silo-lager, før transport til kunde.



**Figur 2 – Produktsystem – rød stiplede linje angiver systemgrænse**

Fremstilling af kul og biomasse samt direkte emissioner på kraftværkerne er allokert til produktion af el og varme, og miljøeffekterne forbundet hermed er derfor ekskludert fra denne LCA, da flyveasken udgør en meget lille værdi, sammenlignet med salg af el og varme, se afsnit 3.2.1.1.

Salg via Eminentals silo-lager foretages for 26% af salget i 2019 jf. Tabel 4. De resterende 74% sælges direkte til kunden og transporten hertil er ikke inkluderet, da modul A4 ikke indgår.

**Tabel 4 – Års-salg og procentdel direkte til kunde og via lager**

Salgsmetode	Mængde (1000 ton)	(%)	kg per ton
Mængde solgt fra silolager	49,5	26%	255
Mængde til direkte salg	144,3	74%	745
Total salg	193,8	100%	1.000

Der transporteres en anden mængde mellem kraftværk og Eminerals silolager, end den solgte mængde rapporteret i ovenstående Tabel 4 (se Tabel 6), hvilket fører til en ændring i lagerbeholdning. Denne forskel er ikke taget i betragtning, men det er modelleret som et 1:1 forhold mellem den transporterede og solgte mængde, dvs. som om der ikke er ændring i lagermængde.

#### 4.1 ENHEDSPROCESSER

Det samlede input og output til produktionen af 1 ton flyveaske ses i Tabel 5. Tallene kan ses i GaBi modellen i Figur 5

**Tabel 5 – samlet input og output for produktion af 1 ton flyveaske**

Parameter	Værdi	Enhed
Direkte transport til kunder	745	kg/ton
Transporteret og opbevaret mængde på Eminerals silo-lager	255	kg/ton
<b>Lastbiltransport (*)</b>		
- transport afstand, lastbil	123	km
- nyttelast på lastbil	40	ton
- utilization rate for lastbil	0,98	-
- dieselforbrug til aflæsning	0,17	kg diesel/ton
<b>Skibstransport (*)</b>		
- del af silo-transport med ekstra-transport via skib	14	%
- transport afstand, skib	25	km
- dieselforbrug til aflæsning	0,17	kg diesel/ton
<b>Silolager (*)</b>		
- elforbrug ved silolager	4,0	kWh/ton

(\*) relateret til den mængde aske (255kg/ton), der transporteres og opbevares i silo-lager hos Eminent

Repræsentativiteten af alle anvendte enhedsprocesser er vurderet ud fra følgende skala i EN 15804:2012+A2:2019, Tabel E1: meget god, god, middel, dårlig, meget dårlig. Resultaterne heraf fremgår af Tabel 8.

##### 4.1.1 Transporterede mængder og afstand på silo-lastbil

I Tabel 6 ses de transporterede mængder fra silo på kraftværkerne, til Eminerals silo-lagre. Data er udelukkende anvendt til at fastslå vægtede gennemsnit for transportafstand og faktisk lastevægt. Den samlede transporterede mængde, stemmer ikke overens med Tabel 4, da lagret mængde flyveaske i siloerne ændrer sig, og tilført mængde derfor ikke stemmer overens med fraført mængde på Eminerals silolagre.

Afstanden fra kraftværk til de enkelte silo-lagre kan omregnes til en vægtet gennemsnit for transportafstand, vægtet efter transporteret mængde, med et resultat på 123 km, hvilket er anvendt som input til LCA-modellen. Den totalt transporterede mængde divideret med totalt antal kørte ture omregnes til en gennemsnitlig lastvægt på:

- 34 854 ton / 890 læs = 39,2 ton/læs



Tabel 6 – transporterede mængder og afstande, lastbil

Lagerdepoter	Mængde (ton)	Vægtning (%)	Afstand fra kraftværk (km)	Antal ture
<b>til ELÅ - Eminent Lager Århus</b>				
fra Nordjyllandsværket	3.298	9,5%	137	87
fra Studstrupværket	994	2,9%	24	26
fra Fynsværket	3.285	9,4%	147	84
fra Esbjergværket	2.444	7,0%	166	61
<b>til ELK - Eminent Lager Korsør</b>				
fra Amagerværket	1.942	5,6%	116	49
fra Fynsværket	118	0,34%	60	3
<b>til ENV - Eminent Lager Ensted</b>				
fra Esbjergværket	8.513	24%	135	221
<b>til ASV – Asnæsværket</b>				
fra Avedøreværket	9.594	28%	97	241
fra Studstrupværket	472	1,4%	162	12
<b>til STV – Stignæsværket</b>				
fra Avedøreværket	3.535	10%	112	89
fra Studstrupværket	580	1,7%	244	15
fra Esbjergværket	79	0,23%	220	2
<b>Sum / vægtet gennemsnit</b>	<b>34.854</b>	<b>100%</b>	<b>123</b>	<b>890</b>

#### 4.1.2 Silo-lastbiler

Eminent anvender Demstrup Autotransport<sup>1</sup> til transport fra kraftværker til silolager. 99% af bilerne er lastbiler med 40 tons nyttelast. Den resterende 1% er med 34 ton nyttelast og anvendes kun i sjældne tilfælde som reserve. Al transport modelleres derfor med lastbiler med 40 tons nyttelast.

Den gennemsnitlige lastvægt på 39,2 ton kan omregnes til en utilization rate på 0,98 ud af en total nyttelast på 40 ton, hvilket anvendes som input til transport-datasæt i GaBi softwaret.

Kraftværkernes siloer kan opbevare i omegnen af 2 ugers produktion af flyveaske. Eksempelvis kan Nordjyllandsværket i Ålborg opbevare ca. 2000 tons og producerer ca. 133 ton per døgn, dvs.  $2000/133 = 15$  døgn opbevaringskapacitet. Der kan derfor altid forventes at være aske til stede til en fuld lastbil med 40 ton nyttelast.

Transport fra kraftværk til Eminent siloer planlægges af transportøren selv, og tilpasses så tom returtransport undgås i videst muligt omfang. Transporten modelleres derfor kun som envejs-transport med ovenstående utilization rate.

95% af lastbilerne lever op til Euro 6 emissionskrav og 5% lever op til Euro 5 emissionskrav. Da datasæt for Euro 5 ikke er umiddelbart tilgængelig for lastbil med 40 ton nyttelast, modelleres transport udelukkende baseret på Euro 6 lastbiler. Det forventes at transportøren ved nyindkøb udelukkende anskaffer Euro 6 lastbiler, og dette vurderes at være tilstrækkelig præcist for den angivne transport.

Til aflæsning til silo anvendes ifølge transportfirmaet<sup>1</sup> ca 8 liter diesel til en aflæsning af 40 ton fra en 40 ton lastbil. Heraf:

- 8 liter diesel x 0,832 kg/liter / 40 ton last = 0,166 kg diesel / ton

<sup>1</sup> <https://demstrup.dk/>

Aflæsning modelleres som forbrænding af diesel i en gravemaskine.

Alle transportscenarier er baseret på generiske data fra GaBi 9.2. For hhv. transport i lastbil og produktion af diesel anvendes nedenstående datasæt:

- GLO: Truck-trailer, Euro 6, 50 - 60t gross weight / 40.6t payload capacity. <http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/508b2272-4e31-4bd1-a04d-a73e5c77c2da.xml>. Referenceår: 2019
- EU28: Diesel mix at filling station. <http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/99248ee9-3a59-47e4-b1f1-bb79067249ba.xml>. Referenceår: 2016.
- GLO: Excavator, 100 kW, construction. <http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/9e6d3b0e-cb47-4df3-969b-f23a75a0ae42.xml>. Referenceår: 2019

For datasæt for lastbil justeres værdi for distance, nyttelast, og utilization rate. For andre parametre (sulfur indhold i diesel, kørselsmønstre mv.) er default værdier fastholdt i datasættet.

#### 4.1.3 Skibstransport

Der transporteres en mindre mængde flyveaske med skib. Da siloen i Stignæs ikke kan udlevere til lastbil (kun skib), og forretningsmodellen for Emineral er mere gunstig via salg på lastbil end skib, valgte man at sejle mængden fra Stignæs til Korsør. Udlevering til skib fra Ensted og Asnæsværket er ikke anvendt i 2019.

I Tabel 7 er angivet at 6.719 ton er sejlet til fra Stignæs til Korsør (en distance på 25km) svarende til

- 6719 ton / 49474 ton= 14% af den solgte mængde fra silo-lagre

Følgende datasæt er anvendt:

- Skib: GLO: Bulk commodity carrier, 1,500 to 20,000 dwt payload capacity, coastal. <http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/579b25df-31b4-4361-87bef67689ce6704.xml>. Referenceår: 2019
- Light fuel oil: EU28: Light fuel oil at refinery. <http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/909c9a65-3b16-4923-9c91-fe585ca9d194.xml>. Referenceår: 2016.

Alle standardværdier er fastholdt som default til datasættet på nær distance. Yderligere information er ikke indhentet, da påvirkningen fra denne transport er lille.

Aflæsning til silo er modelleret parallelt til aflæsning af lastbil. Det vurderes at være repræsentativt.

#### 4.1.4 Elforbrug til opbevaring i silo-lager

Flyveaske opbevares i silo. Der påføres lufttryk fra kompressor, når asken skal læsses til lastbil. Ikke for reelt at pumpe, men lufttrykket gør asken "flydende", hvorved den kan løbe ned fra silo til lastbil vha. tyngdekraften. Ved lastning af skib anvendes lufttrykket fra kompressor til at gøre asken "flydende" samt at flytte materialet.

Der skelnes mellem siloer, der kan udlevere til lastbil og til skib.

- Ved lastbil-silo er der mindre kompressorer, der udelukkende skal sikre fluiditet af asken. Selve læsning til lastbil sker udelukkende ved tyngdekraft uden ekstra energiforbrug.
- Ved havne-silo skal lufttrykket opretholde fluiditet af asken, men skal kunne skrues op, når lufttrykket skal anvendes til læsning til skib. Det samlede energiforbrug til den større kompressor er højere end for en lastbil-silo.

Der anvendes de 5 lagre i Tabel 7. Data for forbrug af elektricitet specifikt til ovennævnte kompressorer kendes kun for to af lagrene.

- Korsør lager kan udlevere til lastbil. Specifikt elforbrug per ton materiale (1,39kWh/ton) anvendes som estimat for Århus lager.
- Ensted lager kan udlevere til skib og lastbil. Specifikt elforbrug per ton materiale (6,99kWh/ton) anvendes som estimat for Asnæsværket og Stignæsværket lager.

Det totale elforbrug er udregnet for alle 5 lagre i Tabel 7 til 199.634 kWh. Aske fra Stignæsværket er sejlet til Korsør lager og indgår i solgte mængder herfra. Den totale solgte mængde er derfor 49.474 ton, hvilket giver et gennemsnitligt elforbrug, på:

- 199.634 kWh / 49.474 ton = 4,0 kWh/ton solgt flyveaske.

Det specifikke elforbrug anvendes i LCA model for den del af asken, der opbevares i Eminentals silolager jf Tabel 4.

**Tabel 7 – Elforbrug på silo-lagre**

Lagerdepot	Mulig udlevering til	Fraført lager, ton	Specifikt elforbrug, kWh/ton	Totalt elforbrug, kWh	Solgt mængde, ton
ELÅ - Eminental Lager Århus (1)	Lastbil	14.191	1,39	19.724	14.191
ELK - Eminental Lager Korsør (4)	Lastbil	20.286	1,39	28.197	20.286
ENV - Eminental Lager Ensted	Skib + lastbil	9.422	6,99	65.827	9.422
ASV - Asnæsværket (2)	Skib + lastbil	5.575	6,99	38.945	5.575
STV - Stignæsværket (2)(3)	Skib	6.719	6,99	46.940	
Sum - fra Eminentals silolager		56.193		199.634	49.474

(1) Anvendt elforbrug i kWh per ton fra Korsør Lager

(2) Anvendt elforbrug i kWh per ton fra Ensted Lager

(3) Sejlet til Korsør lager, hvor det er indregnet i solgte mængder.

(4) Totalt energiforbrug for Korsør lager dækker over et helt kalenderår fra 1/11-2018 – 31/10-2019.

Opbevaring i silo på kraftværkerne vurderes at høre under driften i modul A1 og er derfor ikke medregnet jf. afsnit 3.2.1.1.

Elforbruget er baseret på strøm fra det danske net repræsenteret ved GaBi 9.2 processen;

- DK: *Electricity grid mix ts* (<http://gabi-documentation-2020.gabi-software.com/xml-data/processes/c51b3a74-4a67-483b-be83-b6d6b8d21061.xml>). Referenceåret er 2016.

#### 4.1.5 Forbrug af vand og varme

Der anvendes kun vand til sanitet og afskyling i mindre grad. Dette vurderes at være minimalt per ton produkt, og er ikke medregnet.

Der foregår ikke opvarmning af siloer til opbevaring af flyveaske, og der er ikke tilknyttet yderligere bygninger, som kræver opvarmning.

#### 4.1.6 Emballage og affald

Der anvendes udelukkende opbevaring i silo og transport i silo-lastbiler. Der forekommer derfor ikke yderligere emballage. Transport og bortskaffelse af dette materiel vurderes at være ubetydeligt per ton solgt aske og udelades.

Flyveaske pumpes i lukkede systemer, og der forventes ikke produkt-spild i systemet. Der er aktiv sugning tændt under håndtering, og den opfangede mængde støv returneres til silo. Lækager og spild ved af- og pålæsning (i form af pumpning) vurderes at være ubetydelige og er udeladt.

Der er affald i resultattabellerne under "Affaldskategorier og output flows" i Tabel 12, hvor bidraget udelukkende stammer fra anvendte baggrundsdata fra GaBi databasen. Det er ikke analyseret yderligere.

#### 4.1.7 Vurdering af repræsentativitet for de anvendte GaBi processer

Nedenstående Tabel 8 angiver repræsentativitet vurderet ud fra Tabel E.1 i EN15804:2012+A2:2019. Alle processer er vurderet til kvalitet Meget God, God eller Middel.

**Tabel 8 – Repræsentativitet for de anvendte GaBi processer**

Proces	Geografisk	Tidsmæssig	Teknisk
GLO: Truck-trailer, Euro 6, 50 - 60t gross weight / 40.6t payload capacity. Referenceår: 2019	G	MG	MG/G (*)
EU28: Diesel mix at filling station. Referenceår: 2016	G	G	MG
GLO: Bulk commodity carrier, 1,500 to 20,000 dwt payload capacity, coastal. Referenceår: 2019	G	MG	MG
EU28: Light fuel oil at refinery. Referenceår: 2016	G	G	MG
GLO: Excavator, 100 kW, construction. Referenceår: 2019	G	MG	M
DK: Electricity grid mix. Referenceår: 2016	MG	G	MG

MG = Meget god; G = God; M = Middel. (\*) MG/G for hhv Euro 6/5 lastbil (Euro 6 er anvendt som proxy for Euro 5)

#### 4.1.8 Massebalance

Der sker ikke nogen transformation af produktet, fra det afhentes af Emineral til det leveres til deres kunder. Der kan derfor ikke opstilles en egentlig massebalance, men der henvises til Tabel 4, hvor årets produktion og levering er angivet.

## 4.2 KILDER TIL GENERISK DATA

Generiske data er baseret på GaBi 9.2 inkl. databaser, samt kilderne i Afsnit 9.

## 4.3 DATAVALIDERING

### 4.3.1 Vurdering af datakvalitet

Datakvaliteten vurderes som værende god. Der er benyttet specifikke data for transport og opbevaring i silolager, og dansk el-mix for elproduktion til drift af silolager, se Tabel 8.

### 4.3.2 Håndtering af manglende data

Der forekommer ikke manglende data i systemet.

## 4.4 ALLOKERINGSPRINCIPPER OG –PROCEDURER

### 4.4.1 Dokumentation og berettigelse

Flyveaske er vurderet som co-produkt fra produktion af energi og varme, men er vurderet til at udgøre under 1% af den samlede nettoomsætning og er derfor ikke allokeret inputs og outputs herfra, se afsnit 3.2.1.1.

### 4.4.2 Ensartet brug af allokeringsprocedurer

Ikke relevant.

# 5 Vurdering af potentielle miljøpåvirkninger (LCIA)

## 5.1 LCIA PROCEDURER OG BEREGNINGER

Til beregning af LCIA-resultater er karakteriseringsmodellen angivet ifølge EN 15804:2012+A2:2019.

Følgende miljøpåvirkningskategorier beregnes som "Core environmental impact indicators":

- Global warming total (GWP-tot)

- Global warming fossil (GWP-fos)
- Global warming biogenic (GWP-bio)
- Global warming land use and land use change (GWP-luluc)
- Ozone depletion (ODP)
- Acidification for soil and fresh water (AP)
- Eutrophication aquatic fresh water (EP-fw)
- Eutrophication aquatic marine (EP-mar)
- Eutrophication terrestrial (EP-ter)
- Photochemical ozone creation (POCP)
- Depletion of abiotic resources-minerals and metals (ADP-mm) (\*2)
- Depletion of abiotic resources-fossil fuels (ADP-fos) (\*2)
- Water use (WDP) (2)

Derudover beregnes følgende "Additional environmental impact indicators"

- Particulate Matter emissions (PM)
- Ionizing radiation, human health (IRP) (\*1)
- Eco-toxicity (freshwater) (ETP-fw) (\*2)
- Human toxicity, cancer effects (HTP-c) (\*2)
- Human toxicity, non-cancer effects (HTP-nc) (\*2)
- Land use related impacts/ Soil quality (SQP) (\*2)

Følgende disclaimerer/noter er angivet i EN 15804 til udvalgte miljøpåvirkninger, anført som (\*1) og (\*2) i ovenstående:

Disclaimer (\*1): Denne påvirkningskategori omhandler hovedsageligt den eventuelle påvirkning af lavdosis ioniserende stråling på menneskers sundhed fra kernekraft som energikilde. Den omfatter ikke effekter på grund af mulige nukleare ulykker, erhvervs-mæssig eksponering eller på grund af bortskaffelse af radioaktivt affald i underjordiske anlæg. Potentielt ioniserende stråling fra jorden, fra radon og fra nogle byggematerialer måles heller ikke ved denne indikator.

Disclaimer (\*2) - Resultaterne af denne miljøpåvirkningsindikator skal bruges med forsigtighed, da usikkerheden omkring disse resultater er høj, eller da der er begrænset erfaring med indikatoren.

Desuden udføres et ekstra sæt resultater ifølge EN 15804:2012+A1:2013, via CML 2001 anvendt sammen med GaBi 9.2.

## 5.2 LCIA OG LCI RESULTATER

---

I Tabel 9 – Tabel 12 i afsnit 5.2.1 angives LCIA og LCI resultaterne samlet for modulerne A1-A3 for 1 ton flyveaske ifølge standarden EN15804:2012+A2:2019. Et yderligere sæt resultater efter EN15804:2012+A1:2013 er angivet i afsnit 5.2.2.

## 5.2.1 Resultater for flyveaske ifølge EN15804:2012+A2:2019

**Tabel 9 – Potentielle miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A2:2019 (core environmental indicators) (LCIA)**

Miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A2:2019					
Parameter	Enhed	Miljøpåvirkninger per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
GWP-tot	[kg CO <sub>2</sub> ækv.]	1,85E+00	0,00E+00	1,52E+00	3,27E-01
GWP-fos	[kg CO <sub>2</sub> ækv.]	1,83E+00	0,00E+00	1,50E+00	3,30E-01
GWP-bio	[kg CO <sub>2</sub> ækv.]	2,88E-03	0,00E+00	6,38E-03	-3,50E-03 (*)
GWP-luluc	[kg CO <sub>2</sub> ækv.]	1,29E-02	0,00E+00	1,22E-02	6,50E-04
ODP	[kg CFC11 ækv.]	8,69E-15	0,00E+00	2,78E-16	8,42E-15
AP	[mol H <sup>+</sup> ækv.]	2,99E-03	0,00E+00	2,50E-03	4,82E-04
EP-fw	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ækv.]	6,03E-06	0,00E+00	4,59E-06	1,43E-06
EP-mar	[kg N ækv.]	1,08E-03	0,00E+00	9,22E-04	1,58E-04
EP-ter	[mol N ækv.]	1,21E-02	0,00E+00	1,06E-02	1,58E-03
POCP	[kg NMVOC ækv.]	2,97E-03	0,00E+00	2,58E-03	3,90E-04
ADP-mm <sup>2</sup>	[kg Sb ækv.]	2,59E-07	0,00E+00	1,22E-07	1,36E-07
ADP-fos <sup>2</sup>	[MJ]	2,39E+01	0,00E+00	2,03E+01	3,65E+00
WDP <sup>2</sup>	[m <sup>3</sup> global ækv]	3,60E-02	0,00E+00	1,47E-02	2,13E-02
Caption	GWP = Global opvarmning (tot=total, fos=fossil, bio=biogenic, luluc= land use and land use change); ODP = Nedbrydning af ozonlaget; AP = Forsuring af jord og vand; EP = Eutrofiering (fw=ferskvand, mar=marin, ter=terrestriel); POCP = Fotokemisk ozondannelse; ADP-mm = Udtynding abiotiske ikke-fossile mineraler og metaller; ADP-fos = Udtynding af abiotiske fossile ressourcer; WDP = Udtynding af vandressourcer				

(\*) Der forekommer et netto-optag af biogen CO<sub>2</sub> i modul A3, som kan relateres til elproduktion direkte fra datasæt i GaBi. Dette tal burde i realiteten være lig nul, da det forventes at al CO<sub>2</sub> optag i bio-brændsel frigives igen ved forbrænding på kraftværk. Resultatet er dog lille, og har ikke indflydelse på det totale CO<sub>2</sub> aftryk.

**Tabel 10 – Potentielle miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A2:2019 (additional environmental indicators) (LCIA)**

Yderligere miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A2:2019					
Parameter	Enhed	Miljøpåvirkninger per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
PM	[antal sygdomstilfælde]	2,78E-08	0,00E+00	2,33E-08	4,51E-09
IRP <sup>3</sup>	[kBq U235 ækv.]	2,68E-02	0,00E+00	5,51E-03	2,13E-02
ETP-fw <sup>2</sup>	[CTUe]	1,63E+01	0,00E+00	1,52E+01	1,14E+00
HTP-c <sup>2</sup>	[CTUh]	4,22E-10	0,00E+00	3,13E-10	1,09E-10
HTP-nc <sup>2</sup>	[CTUh]	1,85E-08	0,00E+00	1,62E-08	2,31E-09
SQP <sup>2</sup>	[uden enhed]	1,11E+01	0,00E+00	7,06E+00	4,03E+00
Caption	PM = Partikelforurening; IRP = Ioniserende stråling; ETP-fw = Økotoxicitet i ferskvand; HTP-c = Human toksicitet, cancer; HTP-nc = Human toksicitet, non-cancer; SQP = Jordkvalitets-index				

I Tabel 11 er *Non renewable primary energy resources used as raw materials (PENRM)* og den tilsvarende PER; beregnet ud fra brændværdien =0 for flyveaske.

<sup>2</sup> Resultater skal bruges med omhu, da usikkerheden er høj, eller der er begrænset erfaring med indikatoren

<sup>3</sup> Hovedsageligt ioniserende stråling fra kernekraft. Omfatter ikke ulykker, erhvervs mæssig eksponering eller eksponering via underjordisk radioaktivt affald. Ekskluderer stråling fra jorden, fra radon, og fra byggematerialer

Tabel 11 – Ressourceforbrug, EN15804:2012+A2:2019 (LCI)

Ressourceforbrug, EN15804:2012+A2:2019					
Parameter	Enhed	Ressourceforbrug per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
PERE	[MJ]	6,76E+00	0,00E+00	1,16E+00	5,59E+00
PERM	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PERT	[MJ]	6,76E+00	0,00E+00	1,16E+00	5,59E+00
PENRE	[MJ]	2,40E+01	0,00E+00	2,03E+01	3,65E+00
PENRM	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PENRT	[MJ]	2,40E+01	0,00E+00	2,03E+01	3,65E+00
SM	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FW	[m <sup>3</sup> ]	3,86E-03	0,00E+00	1,36E-03	2,50E-03
Caption	PERE = Forbrug af vedvarende primær energi ekskl. anvendt som råmaterialer; PERM = Forbrug af vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer; PERT = Samlet forbrug af vedvarende primære energiresourcer; PENRE = Forbrug af ikke-vedvarende primær energi ekskl. anvendt som råmaterialer; PENRM = Forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer; PENRT = Samlet forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer; SM = Forbrug af sekundært materiale; RSF = Forbrug af vedvarende sekundært brændsel; NRSF = Forbrug af ikke-vedvarende sekundært brændsel; FW = Nettoforbrug af ferskvand				

Der er cifre på generet affald i Tabel 12, hvor bidraget udelukkende stammer fra anvendte baggrundsdata fra GaBi databasen, og ikke fra rapporterede mængder affald i forgrundsdata.

Tabel 12 – End of life, EN15804:2012+A2:2019 (LCI)

Affaldskategorier og output flows, EN15804:2012+A2:2019					
Parameter	Enhed	Affaldskategorier og output flows per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
HWD	[kg]	9,40E-07	0,00E+00	9,34E-07	5,73E-09
NHWD	[kg]	1,52E-02	0,00E+00	3,22E-03	1,20E-02
RWD	[kg]	2,38E-04	0,00E+00	3,74E-05	2,01E-04
CRU	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MFR	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EET	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Caption	HWD = Bortskaffet farligt affald; NHWD = Bortskaffet ikke-farligt affald; RWD = Bortskaffet radioaktivt affald; CRU = Komponenter til genbrug; MFR = Materiale til genanvendelse; MER = Materiale til energigenvinding; EEE = Eksporteret elektrisk energi; EET = Eksporteret termisk energi				

## 5.2.2 Resultater for flyveaske ifølge EN15804:2012+A1:2013

**Tabel 13 – Potentielle miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A1:2013 (LCIA)**

Miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A1:2013					
Parameter	Enhed	Miljøpåvirkninger per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
GWP	[kg CO <sub>2</sub> ækv.]	1,80E+00	0,00E+00	1,49E+00	3,18E-01
ODP	[kg CFC11 ækv.]	1,16E-14	0,00E+00	3,70E-16	1,12E-14
AP	[kg SO <sub>2</sub> ækv.]	2,18E-03	0,00E+00	1,82E-03	3,67E-04
EP	[kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ækv.]	4,43E-04	0,00E+00	3,69E-04	7,31E-05
POCP	[kg Ethen ækv.]	1,25E-04	0,00E+00	8,87E-05	3,59E-05
ADPE	[kg Sb ækv.]	2,60E-07	0,00E+00	1,22E-07	1,38E-07
ADPF	[MJ]	2,34E+01	0,00E+00	2,03E+01	3,16E+00
Caption	GWP = Global opvarmning; ODP = Nedbrydning af ozonlaget; AP = Forsuring af jord og vand; EP = Eutrofiering; POCP = Fotokemisk ozondannelse; ADPE = Udtynding af abiotiske ikke-fossile ressourcer; ADPF = Udtynding af abiotiske fossile ressourcer				

**Tabel 14 – Ressourceforbrug, EN15804:2012+A1:2013 (LCI)**

Ressourceforbrug, EN15804:2012+A1:2013					
Parameter	Enhed	Ressourceforbrug per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
PERE	[MJ]	6,76E+00	0,00E+00	1,16E+00	5,59E+00
PERM	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PERT	[MJ]	6,76E+00	0,00E+00	1,16E+00	5,59E+00
PENRE	[MJ]	2,40E+01	0,00E+00	2,03E+01	3,65E+00
PENRM	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PENRT	[MJ]	2,40E+01	0,00E+00	2,03E+01	3,65E+00
SM	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FW	[m <sup>3</sup> ]	3,86E-03	0,00E+00	1,36E-03	2,50E-03
Caption	PERE = Forbrug af vedvarende primær energi ekskl. anvendt som råmaterialer; PERM = Forbrug af vedvarende primær energiressourcer anvendt som råmaterialer; PERT = Samlet forbrug af vedvarende primære energiressourcer; PENRE = Forbrug af ikke-vedvarende primær energi ekskl. anvendt som råmaterialer; PENRM = Forbrug af ikke-vedvarende primære energiressourcer anvendt som råmaterialer; PENRT = Samlet forbrug af ikke-vedvarende primære energiressourcer; SM = Forbrug af sekundært materiale; RSF = Forbrug af vedvarende sekundært brændsel; NRSF = Forbrug af ikke-vedvarende sekundært brændsel; FW = Nettoforbrug af ferskvand				



Tabel 15 – End of life, EN15804:2012+A1:2013 (LCI)

Affaldskategorier og output flows, EN15804:2012+A1:2013					
Parameter	Enhed	Affaldskategorier og output flows per ton flyveaske			
		A1-A3	A1	A2	A3
HWD	[kg]	9,40E-07	0,00E+00	9,34E-07	5,73E-09
NHWD	[kg]	1,52E-02	0,00E+00	3,22E-03	1,20E-02
RWD	[kg]	2,38E-04	0,00E+00	3,74E-05	2,01E-04
CRU	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MFR	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MER	[kg]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EET	[MJ]	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Caption	HWD = Bortskaffet farligt affald; NHWD = Bortskaffet ikke-farligt affald; RWD = Bortskaffet radioaktivt affald; CRU = Komponenter til genbrug; MFR = Materiale til genanvendelse; MER = Materiale til energigenvinding; EEE = Eksporteret elektrisk energi; EET = Eksporteret termisk energi				

### 5.3 RELATION MELLEM LCIA OG LCI RESULTATER

LCIA er relative udtryk og forudsiger ikke indvirkninger på kategori endpoints, overskridelse af grænseværdier, sikkerhedsmarginer eller risici.

Tabel 16 angiver de processer som bidrager mest til de enkelte miljøpåvirkningskategorier. Procesnavne svarer til navne på Figur 5.

Tabel 16 – Maksimale bidrag til påvirkningskategorier

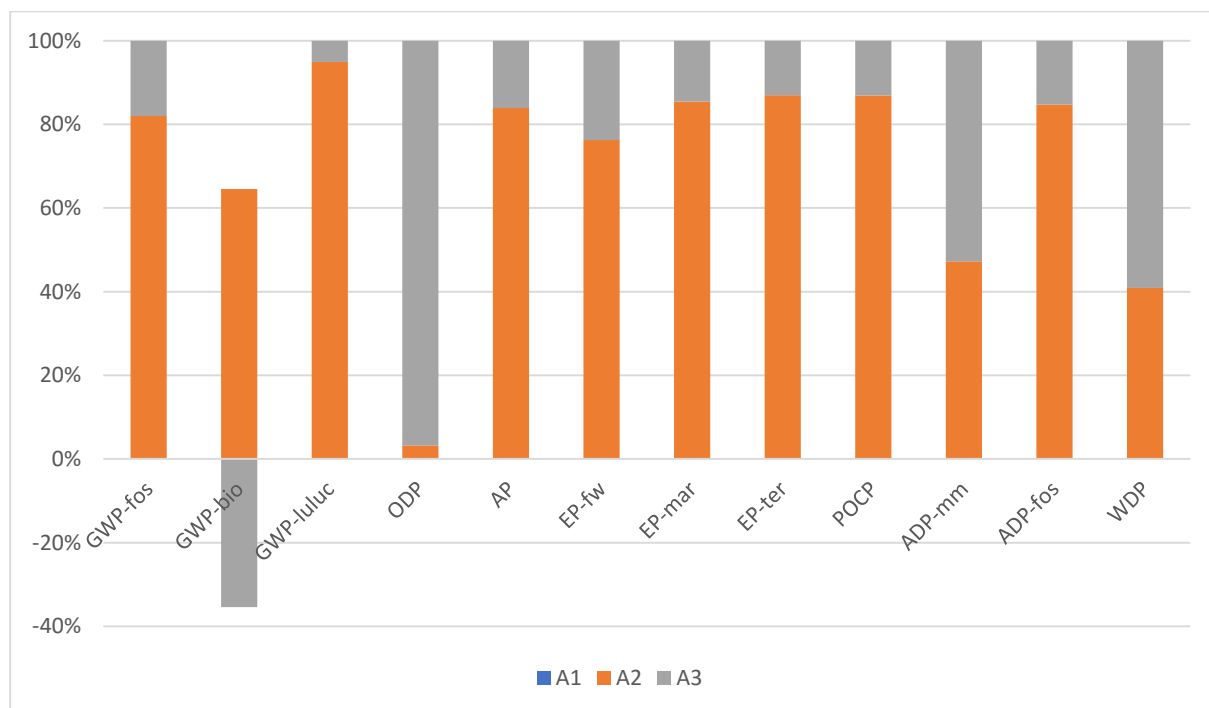
Miljøpåvirkninger, EN15804:2012+A2:2019				
Impact Category	Unit	Maks bidrag i kategori	Proces	Udgør % af kategori
Climate Change	kg CO2 eq.	1,19E+00	Lastbil - transport	64%
Climate Change (fossil)	kg CO2 eq.	1,11E+00	Lastbil - transport	61%
Climate Change (biogenic)	kg CO2 eq.	7,53E-02	Lastbil - transport	2620%
Climate Change (land use change)	kg CO2 eq.	1,08E-02	Lastbil - diesel	84%
Ozone depletion	kg CFC-11 eq.	8,42E-15	Drift af silo - Electricity grid mix	97%
Acidification terrestrial and freshwater	Mole of H+ eq.	1,04E-03	Lastbil - diesel	35%
Eutrophication freshwater	kg P eq.	4,06E-06	Lastbil - diesel	67%
Eutrophication marine	kg N eq.	3,36E-04	Aflæsning til silo - kompressor på lastbil	31%
Eutrophication terrestrial	Mole of N eq.	3,68E-03	Aflæsning til silo - kompressor på lastbil	30%
Photochemical ozone formation - human health	kg NMVOC eq.	9,25E-04	Aflæsning til silo - kompressor på lastbil	31%
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq.	1,36E-07	Drift af silo - Electricity grid mix	53%
Resource use, energy carriers	MJ	1,78E+01	Lastbil - diesel	74%
Water scarcity	m <sup>3</sup> world equiv.	2,13E-02	Drift af silo - Electricity grid mix	59%

Se 5.1.

## 6 Livscyklusfortolkning

### 6.1 RESULTATER

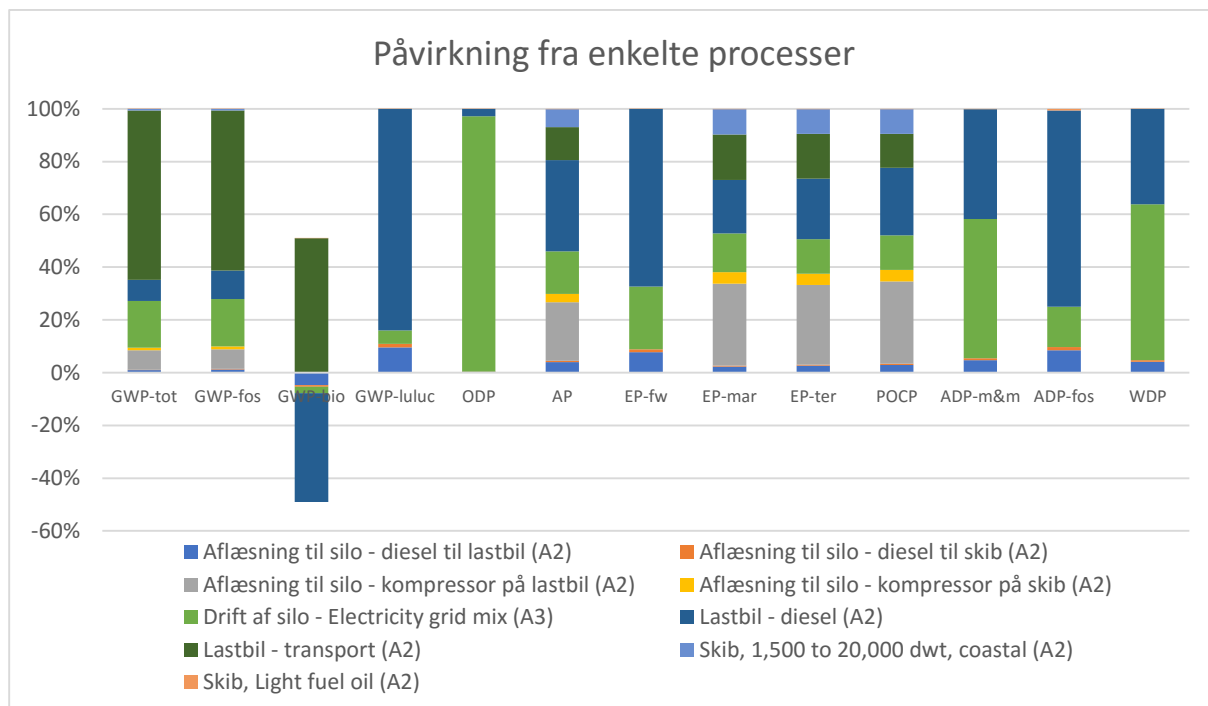
Det største bidrag til miljøpåvirkningskategorier er fordelt mellem modul A2 og A3 som angivet i Figur 3. Det skal ses i lyset af, at flyveaske anses som et co-produkt, som ikke er allokeret emissioner fra fremstillingsprocessen på kraftværkerne (modul A1) (jf. afsnit 3.2.1.1).



Figur 3 – Relativt bidrag til miljøpåvirkningskategorier fordelt på moduler (A1, A2 og A3).

Der forekommer et optag af biogen CO<sub>2</sub> i modul A3 i Figur 3 og Figur 4, som kan relateres til elproduktion direkte fra datasæt i GaBi. Dette tal burde i realiteten være lig nul, da det forventes at al CO<sub>2</sub> optag i bio-brændsel frigives igen ved forbrænding på kraftværk. Resultatet er dog lille, og har ikke indflydelse på det totale CO<sub>2</sub> aftryk.

Nedenstående i Figur 4 ses miljøpåvirkning fra enkelte processer i A2 og A3 moduler. Navne på processer svarer til GaBi-modellen afbildet i Figur 5.



**Figur 4 – Relativt bidrag til miljøpåvirkningskategorier i fra enkelte processer.**

Bemærk at kategorien "Drift af silo - Electricity grid mix (A3)" dækker over elektricitet til kompressor, som anvendes når flyveaske skal læsses fra lager-silo over til lastbil til levering til kunder.

## 6.2 FORMODNINGER OG BEGRÆNSNINGER

Ikke relevant.

## 6.3 AFVIGELSER

Ikke relevant.

## 6.4 VALG, RATIONALER OG EKSPERTVURDERINGER

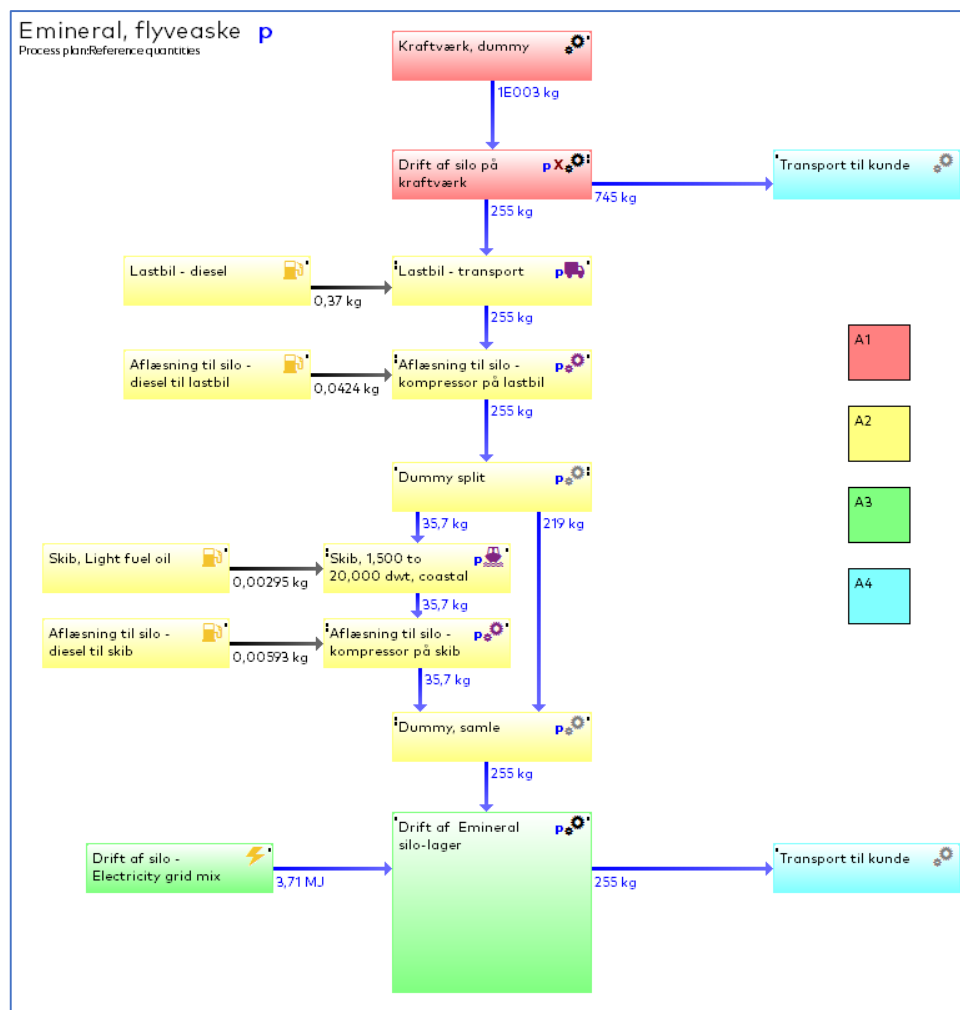
Ikke relevant

## 7 Dokumentation for supplerende information

I Bilag 1 er angivet den kemiske sammensætning af flyveaske ifølge analyse udført for Eminent i 2017. Bly og Cadmium optræder på REACH Kandidatlisten, "Candidate List of Substances of Very High Concern for authorisation" (<http://echa.europa.eu/candidate-list-table>), men er ikke til stede i flyveaske i mængder, der overskrider 0,1 vægt %. De er således ikke deklareret på EPDen.

## 8 Yderligere information

Figur 5 viser produktsystemet, som det er modelleret i GaBi 9.2, med angivelse af hvilke LCA moduler (A1-A3) de enkelte enhedsprocesser er deklareret under. Bemærk at modulerne A1 og A4 optræder for at give et overblik, selvom de er hhv. uden allokerede miljøeffekter eller uden for systemgrænserne. Bemærk at de fire processer længst til venstre med ikon som brændstof-stander dækker produktion af brændstof, mens processerne i midten dækker afbrænding i hhv. lastbil og skib. Kategorien "Drift af silo - Electricity grid mix (A3)" dækker over elektricitet til kompressor, som anvendes når flyveaske skal læsses fra lager-silo over til lastbil til levering til kunder.



Figur 5 – GaBi model med angivelse af LCA moduler (A1-A4).

## 9 Referencer

- GaBi 2020 Professional Database <http://www.gabi-software.com/nw-eu-danish/databases/gabi-databases/professional/>
- GaBi 2020 Extension DB II, Energy <http://www.gabi-software.com/nw-eu-danish/databases/gabi-databases/energy/>
- GaBi 2020 Extension DB XIV, Construction materials <http://www.gabi-software.com/nw-eu-danish/databases/gabi-databases/construction-materials/>
- Ørsted (<https://orsted.dk/Erhverv/EI/EI/Vores-groenne-vision>)
- Energistyrelsen 2019 ([https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CO2/standardfaktorer\\_for\\_2018.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CO2/standardfaktorer_for_2018.pdf))
- EN 15804, 15804 + A1:2013  
DS/EN 15804 + A1:2013 - "Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer - Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer"
- EN 15804, 15804 + A2:2019  
DS/EN 15804 + A2:2019 - "Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer - Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer"
- EN 15942  
DS/EN 15942:2011 – "Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer (EPD) - Kommunikationsformat: business-to-business (B2B)"
- ISO 14025  
DS/EN ISO 14025:2010 – "Miljømærker og -deklarationer - Type III-miljøvaredeklarationer - Principper og procedurer
- ISO 14040  
DS/EN ISO 14040:2008 – "Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Principper og struktur"
- ISO 14044  
DS/EN ISO 14044:2008 – "Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Krav og vejledning"

# 10 Bilag 1 Kemisk analyse af flyveaske

Nedenstående er analyse af den kemiske sammensætning af flyveaske. Analysen er udført på de to mest solgte produkter Emiflyveaske og Emifiller. De to dækker langt det meste af de solgte mængder flyveaske. De andre to typer følger samme produktion, kun med ændring i sammensætning af indfyret brændsel på kraftværk.

**Tabel 17. Kemisk sammensætning af flyveaske**

Stof	Emiflyveaske Sample 172131	Emifiller Sample 172130	Enhed
Si	247000	222.000	mg/kg
Al	102000	111.000	mg/kg
Ca	36900	72.100	mg/kg
Fe	45300	31.400	mg/kg
K	13400	28.900	mg/kg
Mg	12800	14.800	mg/kg
Mn	591	1.710	mg/kg
Na	7150	4.940	mg/kg
P	2810	5.140	mg/kg
Ti	5550	5.860	mg/kg
As	37,1	30	mg/kg
Ba	2320	1.780	mg/kg
Be	4,95	7	mg/kg
Pb	60,2	73	mg/kg
B	501	334	mg/kg
Cd	1,13	3	mg/kg
Co	38,9	36	mg/kg
Cu	94,4	117	mg/kg
Cr	95,4	141	mg/kg
Hg	0,505	0	mg/kg
Mo	15,5	16	mg/kg
Ni	109	101	mg/kg
V	144	185	mg/kg
Zn	173	435	mg/kg
Se	13,7	9	mg/kg
Respirable Quartz	66	56	mg/kg
Sum	477.176	501.174	mg/kg

Reference:

Belab AB, Analysis report,

Sample 172130 and Sample 172131

Report date: 2017-11-03

Arrival date: 2017-10-09

## 11 Bilag 2 LCI data

Separat Excel fil indeholder komplet eksport af LCI resultat fra GaBi software. Filen er vedhæftet nedenstående.



Microsoft Excel  
97-2003 Worksheet