

To: Regionale Forskningsfond Trøndelag
Attn.: Linda M. Bye
Copy to: SUSI partners
Date: 2020-12-08
Revision 0
no./Rev.date:
Document no.: 20200055-02-TN
Project: Sustainable Soil Improvement (SUSI)
Project manager: Priscilla Paniagua
Prepared by: Ingvild Størdal and Marianne Kvennås, NGI
Jan Lyng and Håkon Rueslåtten, JLE Grunnforsterkning AS
Reviewed by: Ingvild Størdal, Marianne Kvennås and Priscilla Paniagua, NGI

Work package 2: Sustainability and cost-benefit evaluation

Contents

1	Introduction	2
2	Description of WP2	3
3	Installation of lime-cement piles	4
4	Calculations of CO₂ emissions for the different binders	5
	4.1 Description of the method used	5
	4.2 Assumptions for calculations	5
	4.3 CO ₂ - evaluations for the different binders	6
5	Calculations of costs for installation of piles	8
6	Cost-benefit and environmental-benefit evaluation	10
7	Acknowledgments	11
8	References	12

Appendix

Appendix A EPDs for lime (Stabila B40, B60, B80, B100) and cement

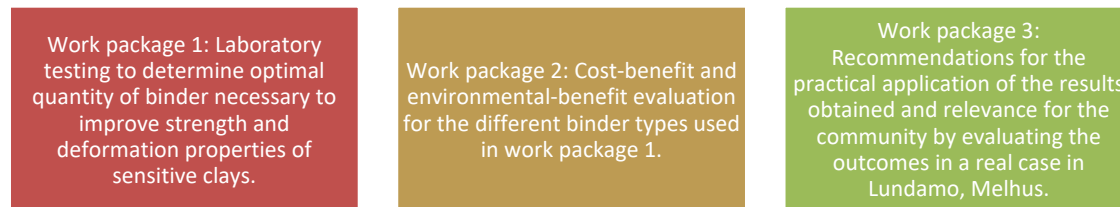
Review and reference page

1 Introduction

Research at NGI has shown that it is possible to reduce the amount of binder necessary to improve soil strength and deformation properties of sensitive clays. However, recent results indicate that there is a lower limit to the quantity of binder that is required to stabilize sensitive clays. Further laboratory testing has been carried out to possible define this lower limit (NGI, 2020). There are also different types of binders available, with different properties, and it is also necessary to quantify the environmental impact of the use of these binders, at this limit values for binder amount. Together, detailed information of the lower quantity of binder that is required to stabilize sensitive clays and the environmental impact of the different binders will provide a foundation for deciding which design alternative is more sustainable. Additionally, the practical evaluation of binder reduction needs to be assessed in a real application case (see work package 3 on the figure below).

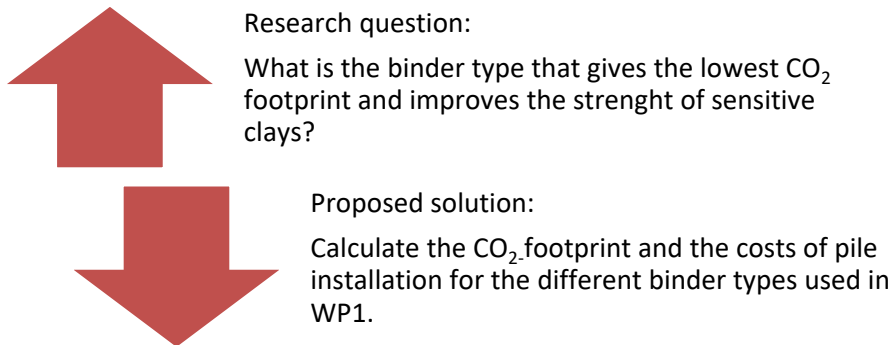
The project SUsustainable Soil Improvement (SUSI) aim is to determine how the different binders perform in terms of improving strength and deformation properties of sensitive clays, and the environmental and economic impact of the different binders. SUSI is a research collaboration project between Melhus municipality (project owner), NGI (project leader), Franzefoss Minerals and JLE Grunnforsterkning; financed by RFF Trøndelag through the grant 310057.

The project is divided in three work packages:



The present technical note summarizes the work done in the work package 2 (WP2).

2 Description of WP2



The clay needed for laboratory tests was taken from the quick clay Norwegian GeoTest Site (NGTS) at Tiller-Flotten, Trondheim. Tiller-Flotten is one of the five geotest sites established in 2016 with support from The Research Council of Norway (RCN) and collaborating partners. The test field functions as field laboratory for development, testing and verification of new innovative methods for site investigation and testing procedures. Tiller-Flotten quick clay has been used before for testing different binders in other projects.

The scenario for WP2 is that a mixture of lime-cement (binder) in a 50/50 ratio is planned to be used to stabilize sensitive clay. Five different types of lime and cement (Standardsement FA, CEM II/B-M iht. NS-EN 197-1, Kjøpsvik) are included in the calculations of environmental and economic impact to see if there is a difference between the binders. The five different types of lime and cement are shown in Table 1.

Table 1 Types of lime and cement included in the calculations of environmental and economic impact

Binder	Stabila B40/cement	Stabila B60/cement	Stabila B80/cement	Stabila B100/cement	Stabila B100(100)/cement
Amount binder (kg/m ³)	60	30	30	30	100
Amount lime (kg/m ³)	30	15	15	15	50
Amount cement (kg/m ³)	30	15	15	15	50

The difference between the four lime types is the proportion of burnt lime (see NGI, 2020 for a further description of the binder types):

- Stabila B40 consists of 100% lime kiln dust
- Stabila B60 cross between B40 and B100, mostly B40
- Stabila B80 cross between B40 and B100, mostly B100
- Stabila B100 pure burnt lime

Stabila B80 and Stabila B100 are products that are certified according to NS-EN 495, while Stabila B40 and Stabila B60 are products developed internally at Franzefoss Minerals. Stabila B40 and Stabila B60 contain lime kiln dust which is a by-product powder collected from the downstream process of quick lime production. Lime (quick lime or burnt lime, all calcium oxide, CaO) is produced by heating calcium carbonate (CaCO₃) to over 1000 °C. This process takes place in an oven called a kiln. The production of quick lime releases one molecule of carbon dioxide (CO₂) per molecule of calcium oxide (CaO) produced.

3 Installation of lime-cement piles

Lime-cement stabilized columns are commonly installed in areas with sensitive clays by using a drilling rig with a “whisk” mounted at the end of the drill string.

The whisk is a steel tube with "wings" of steel welded onto the tube. The lengths of the wings are selected to obtain the desired diameter of the cemented clay column. This whisk is drilled down to the desired depth, where the cementitious materials is blown into the stirred sediment by propellant air through a nozzle located under the upper "wing" of the whisk. The injected cementitious materials are mixed into the clay by fast rotation of the whisk during the upwards movement of the drill string.

Commonly used cementing materials are mixtures of cement and quicklime (CaO). When mixed with the clay the calcium oxide reacts with the porewater in a strong exothermic reaction to form calcium hydroxide (Ca(OH)₂). At sufficiently high pH (above 11), the calcium hydroxide precipitates as solid cement (‘portlandite’) in the pore space of the clay.

The effects of these reactions are several:

- ↗ Reduced amounts of pore water (due to the hydroxylation processes);
- ↗ Establish cementing bonds between clay particles and portlandite;
- ↗ Reduced porosity;
- ↗ Cationic exchange on the clay particles, where Na⁺ is exchanged with Ca²⁺, this reduces the electrostatic repulsive forces between the clay particles.

All these processes contribute to an increase in the shear strength and stiffness of a treated clay column.

The continuous injection of calcium oxide (CaO) and cement from the desired depth and almost to the soil surface forms a column with high shear strength, depending on the amount of cementitious materials injected per cubic meter clay. Usually the column is ended at approximately one meter below the surface to leave enough pressure to avoid air pollution of cement dust at the workplace.

4 Calculations of CO₂ emissions for the different binders

4.1 Description of the method used

Calculations of emission of CO₂ (Table 3) are based on amounts of binder and transport distance, and emission factors for lime and cement from Environmental Production Declarations (EPDs) and emission factors for transport from VegLCA (Asplan Viak, 2020).

The EPDs for the four different lime types and the cement are seen in Appendix A.

The calculations consider transportation of equipment and binder, and drilling. The calculations do not consider for instance wear on machinery, the return trip for the truck that transports binder, use of storage facilities, housing for workers, travel for workers, among other aspects.

The assumptions for the calculations are presented in Section 4.2.

4.2 Assumptions for calculations

The following assumptions for the calculation of emission of CO₂ are used:

- Mobilisation and demobilisation of equipment for stabilization:
 - Transport from Levanger to Melhus, and back: 220 km
 - Emission factor transportation: 0,165 kg CO₂ pr. ton pr. km
 - Weight rig: 65 tons

- Transportation of lime and cement:
 - Transport truck lime from Inderøy to Melhus, one way: 115 km
 - Transport cement from Kjølpsvik to Trondheim, by boat: 650 km
 - Transport cement from Trondheim to Melhus, one way, by truck: 27 km
 - Emission factor transport truck: 0,165 kg CO₂ pr. ton pr.km
 - Emission factor transport boat: 0,054 kg CO₂ pr. ton pr. km
 - Weight of lime, per pile:
 - Stabila B40: 0,38 ton
 - Stabila B60, B80, B100: 0,19 ton
 - Stabila B100(100): 0,63 ton
 - Weight of cement, per pile:

- CEM II (with Stabila B40): 0,38 ton
 - CEM II (with Stabila B60, B80, B100): 0,19 ton
 - CEM II (with Stabila B100(100)): 0,63 ton
- Production of lime and cement:
 - Stabila B40: 356 kg CO₂ pr. ton
 - Stabila B60: 768 kg CO₂ pr. ton
 - Stabila B80: 898 kg CO₂ pr. ton
 - Stabila B100: 1027 kg CO₂ pr. ton
 - CEM II, standardcement FA (CEM II/B-M): 625 kg/ton
 - Installation of piles (lime and cement):
 - Energy consumption drilling: 30 L diesel pr. hour
 - Energy consumption compressor: 5 L diesel pr. hour
 - Time drilling per pile, down and up: 0,17 hours
 - Compressor time per pile: 0,17 hours
 - Length of pile: 25 m
 - Diameter of pile: 0,800 m

4.3 CO₂- evaluations for the different binders

The CO₂-emission from transportation of equipment, lime and cement, and for the drilling operation, including the production of the lime and cement is presented in Table 1.

The calculated emissions show that the transportation of the rig constitutes a significant contribution to the total operation emissions of CO₂ when the emissions are presented per meter drilled pile. The transportation of the rig and equipment will be equal for all the types of binder, irrespective of the quantity of binder used.

There will however, be differences in drilling operation, transportation of lime and cement, and in emissions from the production for the different limes. When using 100 kg of Stabila B100 and cement, the feeding capacity of the pump is met, and the time for drilling the pile will increase compared to the other binders (60 and 30 kg/m³). Both the time going down and up will increase with 20%, from 3 to 4 minutes going down, and 7 go 8 minutes going up.

Another difference in emissions between the different binders is from the transportation. The emissions of using Stabila B40 with the cement and Stabila B100(100) with the cement are higher since the emissions from transportation are directly dependent on the weight of the material transported. Therefore, with Stabila B40 and cement, which is assumed 60 kg/m³ clay, the emission will be twice as high, while for Stabila B100(100) and cement it will be slightly over three times as high.

To produce the lime, the emissions from the Stabila B60, B80 and B100 are approx. 2, 2,5 and 3 times higher than the emissions from the production of the Stabila B40. If it is possible to reduce the quantity of Stabila B40 and cement used per cubic meter of clay, the total emissions from use of Stabila B40 will be lower than the emissions from use of Stabila B60/cement. The Stabila B100(100)/cement gives the highest emissions, since this option both includes a higher amount of lime and cement, and also this lime has the highest production emissions.

As is shown in Table 2, Stabila B60/cement gives the lowest CO₂-emissions per meter drilled pile when transportation, production and installation is included. Compared to using Stabila B60/cement, the CO₂-emissions from installation pr. meter drilled pile are 40% higher for B40/cement, 9% higher for B80/cement, 18% higher for B100/cement and 289% higher for B100(100)/cement.

Table 2 Calculated CO₂-emissions for mobilisation/demobilisation of equipment and installation of lime-cement columns (kg CO₂)

Lime-cement	Stabila B40/cement	Stabila B60/cement	Stabila B80/cement	Stabila B100/cement	Stabila B100(100)/cement
Amount of binder (kg/m³)	60	30	30	30	100
Mobilisation and demobilisation					
-Transport equipment back and forth, kg CO ₂	2360	2360	2360	2360	2360
-Transportation of lime (quantity of lime pr. meter of pile drilled), kg CO ₂	0,29	0,14	0,14	0,14	0,48
- Transportation of cement (quantity of CEM II pr. meter of pile drilled), kg CO ₂	0,60	0,30	0,30	0,30	0,99
SUM mobilisation/demobilisation per pile, kg CO₂	2382	2371	2371	2371	2396
Production and installation of binder					
-Drill and compressor pr. m, kg CO ₂	0,23	0,23	0,23	0,23	0,27
-Production of lime pr. m, kg CO ₂	5,4	5,8	6,8	7,7	25,8
- Production of cement pr. m, kg CO ₂	9,4	4,7	4,7	4,7	15,7
SUM installation pr. m, kg CO₂	15,0	10,7	11,7	12,7	41,8
SUM installation pr pile, kg CO₂	375	268	293	317	1045

5 Calculations of costs for installation of piles

Calculations of costs of installing the lime-cement piles, including transportation and man-hours are based on JLE Grunnforsterkning AS practical experiences. The costs for transportation of equipment and personnel, and cost for installation of piles are shown in Table 3.

The following assumptions for the calculation of cost are used:

- Mobilisation and demobilisation of equipment and personnel
 - Transport from Inderøy to Melhus
 - Setting up equipment at site: 2 persons, 4 hours
 - Taking down equipment at site: 2 persons, 4 hours

- Drilling
 - Cost for drilling inkl. personell: NOK 50/m drilled
 - Energy consumption drilling: 30 l diesel pr. hour
 - Energy consumption compressor: 5 l diesel pr. hour
 - Efficiency B40, B60, B80, B100: 150 m drilled pr. hour
 - Efficiency B100(100): 120 m pr. hour
 - Cost diesel: NOK 14/l
 - Cost of lime (indicative prices from Franzefoss):
 - B40 NOK 840/ton (not a commodity)
 - B60 NOK 1050/ton
 - B80 NOK 1150/ton
 - B100 NOK 1250/ton
 - Transport of lime from Verdal to Melhus: NOK 120/ton
 - Cost of cement: NOK 1050/ton (from Norcem, included transport)
 - Length of pile: 25 m

Table 3 Calculated costs for mobilisation/demobilisation and installation of binder (NOK)

Lime-cement	Stabila B40/cement	Stabila B60/cement	Stabila B80/cement	Stabila B100/cement	Stabila B100(100)/cement
Amount of binder (kg/m ³)	60	30	30	30	100
Mobilisation and demobilisation					
-Transport the equipment back and forth, NOK	40000	40000	40000	40000	40000
-Setting up the equipment, NOK	6400	6400	6400	6400	6400
-Taking down the equipment, NOK	6400	6400	6400	6400	6400
SUM mobilisation/demobilisation, NOK	52800	52800	52800	52800	52800
Production and installation of binder					
-Drilling pr m, NOK	50	50	50	50	50
-Diesel pr m drilled, NOK	3,3	3,3	3,3	3,3	4,1
-Production of binder pr m drilled, NOK	32,0	17,6	18,3	19,1	63,5
SUM installation pr m, NOK	85,2	70,8	71,6	72,3	117,6
SUM installation pr pile, NOK	2130	1770	1789	1808	2940

Per 25 meters pile, the use of Stabila B100(100)/cement gives the most expensive costs for drilling due to larger amount of binder. Also, Stabila B40/cement is more expensive due to larger amount of binder compared to B60, B80 and B100. Stabila B60/cement gives the lowest costs. The difference in cost between B60/cement, B80/cement and B100/cement is due to different prices of different lime types. The total costs of using the Stabila B60/cement are 17% lower than the total costs of using Stabila B40/cement and 2% lower than the total costs of using Stabila B100/cement.

The results show that the cost of mobilization and demobilization is independent of the type of lime used, while the cost per pile is influenced by the quantity of binder. Factors varying from project to project, such as transportation distance, the necessary quantity needed to stabilize the sensitive clay and the number of piles planned, will determine which binder alternative that is more environmental and economical sustainable.

6 Cost-benefit and environmental-benefit evaluation

Based on the calculations of CO₂-emissions for the different binders and the costs for installation of piles, an overall cost-benefit and environmental-benefit analysis is done for the optimum binder values calculated in Work Package 1 (NGI, 2020). This is done using the achieved shear strength at 28 days of curing in the stabilized clay for the optimum corresponding amount of binder. The CO₂-emissions and the costs for installation are the ones corresponding to the installation of a 25 m pile and the values are given then pr. pile. The values used for calculating cost-benefit and environmental-benefit of the five binders and the results are shown in Table 4. The results are presented graphically in Figure 1.

Table 4 Values used and calculated for cost-benefit and environmental-benefit evaluation

Binder	Binder amount (kg/m ³)	CO ₂ emissions* (kg CO ₂)	Costs* (NOK)	Shear strength from UC tests @ 28 days (kPa)	kg CO ₂ /kPa	NOK/kPa
B40/cement	60	375	2130	300	1,25	7,10
B60/cement	30	268	1770	300	0,89	5,90
B80/cement	30	293	1789	300	0,98	5,96
B100/cement	30	317	1808	300	1,06	6,03
B100(100)/cement	100	1045	2940	500	2,09	5,88

*installation of 25 m pile, pr. pile

The calculations (pr. pile) are given as kg of CO₂ emissions pr. kPa of strength in the stabilize clay and as NOK (Norwegian kroner) pr. kPa of strength in the stabilize clay. The results are presented in Table 4 and Figure 1. The calculation does not include the kg CO₂ emissions and costs for mobilisation/demobilisation since these are constant values for all the binder types and amounts considered.

The results of the cost-benefit and environmental-benefit evaluation indicate that the combination of 30 kg/m³ and Stabila B60/cement is the binder amount and type that gives the lowest CO₂ footprint pr. kPa of strength in the stabilized clay. The costs for installation show a slight variation between the different binder types, however, they also reach a minimum value for Stabila B60/cement.

These calculations demonstrate that there is a benefit on using a binder with a low proportion of burnt lime (CaO) and at the same time reduce the amount of binder down to 30 kg/m³. In other words, to reduce the CO₂ footprint of lime-cement stabilization, a binder with low reactivity and a low amount of binder should be used.

These results indicate that it may be possible to have a more environmentally friendly procedure for stabilization of quick clay and still achieve an effect in the strength and stiffness of stabilized material. It is important that the reached strength and stiffness are verified with laboratory and field trials, both on the type of clay to be stabilized and in a construction situation.



Figure 1 kg CO₂ and NOK per unit shear strength (kPa) for five binders (B40, B60, B80, B100) and cement.

7 Acknowledgments

To RFF Trøndelag (Regionale Forskningsfond Trøndelag) for their generous grant 310057 to perform the project Sustainable Soil Improvement (SUSI).

To the partners in SUSI: Martin Mengede (Franzefoss Minerals), Håkon Rueslåtten (JLE Grunnforsterkning AS) and Caroline Mevik (Melhus municipality) for valuable comments in the present technical note.

To the project Norwegian GeoTest Sites infrastructure (NGTS), grant No. 245650/F50 from the Research Council of Norway, for facilitating the clay materials and the data that describes it.

8 References

- Asplan Viak. (2020). *Statens Vegvesen. Brukerveiledning VegLCA v4.01. Dato: 2020-01-23.*
- NGI. (2020). *Sustainable Soil Improvement (SUSI). Work package 1 - Laboratory testing results. Document no: 2020055-01-TN.*

Appendix A

EPDS FOR LIME (STABILA B40, B60, B80, B100)
AND CEMENT



Klimaregnskapsrapport

(KRR-FMI-19-0001)



Mål: Fra råvareuttak til ferdig levert produkt Stabila B40 Internt, Egen silo (2017)
Kunde: Internt
Leveranse til: Egen silo
Leverandør: Franzefoss Minerals AS
Råvare: Kalkstein VK
Råvareuttak: VER, avd. Tr
Produkt: Stabila B40
Produkt fra: NFK
Transport: Bulk

Franzefoss Minerals AS
 Postboks 53
 NO-1309 Rud
 Telefon: +47 05255

Analyserapport nr: 19-0001
Oppdragsgiver : FMI
Dato : 13.08.19
Forfatter : jary

Pos.	Parameter	Resultat	Enhet	Kommentar
1.	Råvareproduksjon Verdalskalk avdeling Tromsdalen (CO ₂ -utslipp per tonn kalkstein produsert) i)	1,19	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
2	Internttransport fra Tromsdalen til NFK ii)	1,26	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
3.	Produksjon NFK. Inkluderer brenning kalkstein med kildestrømmer samt forbruk elektrisitet iii)	353,34	kgCO ₂ / tonn produsert produkt	
Σ	Totalt utslipp av CO ₂ per tonn levert til egen silo	355,79	kgCO₂/ tonn produkt	Se LCA-perspektivet

Forklaring

1.	i) Kilder benyttet er forbruk for uttak av kalkstein og transport til primærknuse og forbruk av strøm knuse- og utlasterlinje og forbruk opplasting til vogntog. Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's- kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowatttime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017
2.	ii) kilder benyttet er forbruk (aktivitetdata) av internttransport Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's- kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet
3.	iii) kilder benyttet for beregning av produksjon Stabila B80 Bedriftsspesifikke utslippsfaktorer og omregningsfaktorer i henhold til EU-ETS kvotetdirektivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowatttime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017

LCA-perspektivet	Kildestrømmer CO ₂ -utslipp for brentkalk er fordelt slik (kilde: CO ₂ -regnskap 2017, NFK):			
	LCA-perspektivet			
	Prosesutslipp kalkstein (CO ₂)	74,14 %	8,48 % (korrigeret for CaO-aktivitet og grad rekarbonering)	323,39 kgCO₂/tonn Stabila B40 produsert
	Utslipp spillolje (CO ₂)	25,86 %	(vil ikke være regenererbart)	
	Filterstøv	100 %		
CaO-aktivitet		26,9 % (kilde: Baze gjennomsnitt 2017)		
Rekarboneringspotensiale til CaCO ₃ i jordstabilisering		42,5 % (kilde: TU Clausthal, 2008. AUTOGENOUS CO ₂ SEQUESTRATION FROM EUROPEAN LIME PRODUCTION owing to recarbonation of lime containing materials during lifetime)		
	CO ₂ -utslipp i et livsløyperspektiv (hensyntatt regenerert kalsiumkarbonat, (T=∞) som følge av prosessutslipp kalkstein)			
	323,39 kgCO₂/tonn Stabila B40 produsert			

13.08.19
Dato

Jan Olav Ryan
Godkjent

Miljøresultatene gjelder kun denne klimaregnskapsrapporten og er bare gyldig ved godkjenning. Kopiering av analysen må godkjennes.

Klimaregnskapsrapport

(KRR-FMI-19-0006)



Mål: Fra råvareuttak til ferdig levert produkt Stabila B60 Internt, Egen silo (2017)
Kunde: Internt
Leveranse til: Egen silo
Leverandør: Franzefoss Minerals AS
Råvare: Kalkstein VK
Råvareuttak: VER, avd. Tr
Produkt: Stabila B60
Produkt fra: Hylla
Transport: Bulk

Franzefoss Minerals AS
 Postboks 53
 NO-1309 Rud
 Telefon: +47 05 255

Analyserapport nr: 19-0006
Oppdragsgiver : FMI
Dato : 13.08.19
Forfatter : jary

Pos.	Parameter	Resultat	Enhet	Kommentar
1.	Råvareproduksjon Verdalskalk avdeling Tromsdalen (CO ₂ -utslipp per tonn kalkstein produsert) i)	1,19	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
2	Internttransport fra Tromsdalen til Hylla ii)	1,26	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
3.	Produksjon Hylla. Inkluderer brenning kalkstein med kilestrømmer samt forbruk elektrisitet iii)	765,41	kgCO ₂ / tonn produsert produkt	
Σ	Totalt utslipp av CO ₂ per tonn levert til egen silo	767,86	kgCO₂/ tonn produkt	Se LCA-perspektivet

Forklaring

1.	i) Kilder benyttet er forbruk for uttak av kalkstein og transport til primærknuse samt forbruk av strøm knuse- og utlasterlinje og forbruk opplasting til vogntog. Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's- kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowattime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017
2.	ii) kilder benyttet er forbruk (aktivitetdata) av internttransport Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's- kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet
3.	iii) kilder benyttet for beregning av produksjon Stabila B80 Bedriftsspesifikke utslippsfaktorer og omregningsfaktorer i henhold til EU-ETS kvotetdirektivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowattime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017

LCA-perspektivet	Kildestrømmer CO ₂ -utslipp for brentkalk er fordelt slik (kilde: CO ₂ -regnskap 2017, Hylla):				
	LCA-perspektivet				
	Prosessutslipp kalkstein (CO ₂)	73,26 %	21,81 % (korrigert for CaO-aktiv og grad rekarbonering)	(vil være regenererbart)	598,45 kgCO₂/tonn Stabila B60 produsert
	Utslipp spillolje (CO ₂)	26,74 %		(vil ikke være regenererbart)	
		100 %			
	CaO-aktiv (brentkalk)		93,7 %	(kilde: Baze gjennomsnitt 2017)	
	CaO-aktiv (filterstøv)		34,6 %	(kilde: Baze gjennomsnitt 2017)	
	Rekarboneringspotensiale til CaCO ₃ i jordstabilisering		42,5 %	(kilde: TU Clausthal, 2008. AUTOGENOUS CO ₂ SEQUESTRATION FROM EUROPEAN LIME PRODUCTION owing to recarbonation of lime containing materials during lifetime)	
	CO ₂ -utslipp i et livsløypaperspektiv (hensyntatt regenerert kalsiumkarbonat, (T=∞) som følge av prosessutslipp kalkstein)				
	598,45 kgCO₂/tonn Stabila B60 produsert				

13.08.19
Dato

Jan Olav Ryan
Godkjent

Miljøresultatene gjelder kun denne klimaregnskapsrapporten og er bare gyldig ved godkjenning. Kopiering av analysen må godkjennes.

Klimaregnskapsrapport

(KRR-FMI-19-0002)



Mål: Fra råvareuttak til ferdig levert produkt Stabila B80 Internt, Egen silo (2017)
Kunde: Internt
Leveranse til: Egen silo
Leverandør: Franzefoss Minerals AS
Råvare: Kalkstein VK
Råvareuttak: VER, avd. Tr
Produkt: Stabila B80
Produkt fra: Hylla
Transport: Bulk

Franzefoss Minerals AS
 Postboks 53
 NO-1309 Rud
 Telefon: +47 05 255

Analyserapport nr: 19-0002
Oppdragsgiver : FMI
Dato : 13.08.19
Forfatter : jary

Pos.	Parameter	Resultat	Enhet	Kommentar
1.	Råvareproduksjon Verdalskalk avdeling Tromsdalen (CO ₂ -utslipp per tonn kalkstein produsert) i)	1,19	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
2	Internttransport fra Tromsdalen til Hylla ii)	1,26	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
3.	Produksjon Hylla. Inkluderer brenning kalkstein med kilestrømmer samt forbruk elektrisitet iii)	895,46	kgCO ₂ / tonn produsert produkt	
Σ	Totalt utslipp av CO ₂ per tonn levert til egen silo	897,91	kgCO₂/ tonn produkt	Se LCA-perspektivet

Forklaring

1.	i) Kilder benyttet er forbruk for uttak av kalkstein og transport til primærknuse samt forbruk av strøm knuse- og utlasterlinje og forbruk opplasting til vogntog. Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's- kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowattime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017
2.	ii) kilder benyttet er forbruk (aktivitetdata) av internttransport Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's- kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet
3.	iii) kilder benyttet for beregning av produksjon Stabila B80 Bedriftsspesifikke utslippsfaktorer og omregningsfaktorer i henhold til EU-ETS kvotetdirektivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowattime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017

LCA-perspektivet	Kiledestømmer CO ₂ -utslipp for brentkalk er fordelt slik (kilde: CO ₂ -regnskap 2017, Hylla):			
	LCA-perspektivet			
	Prosessutslipp kalkstein (CO ₂)	73,26 %	26,41 % (korrigert for CaO-aktiv og grad rekarbonering)	(vil være regenererbart)
	Utslipp spillolje (CO ₂)	26,74 %		(vil ikke være regenererbart)
		100 %		
	CaO-aktiv (brentkalk)	93,7 %	(kilde: Baze gjennomsnitt 2017)	
	CaO-aktiv (filterstøv)	34,6 %	(kilde: Baze gjennomsnitt 2017)	
	Rekarboneringspotensiale til CaCO ₃ i jordstabilisering	42,5 %	(kilde: TU Clausthal, 2008. AUTOGENOUS CO ₂ SEQUESTRATION FROM EUROPEAN LIME PRODUCTION owing to recarbonation of lime containing materials during lifetime)	
	CO ₂ -utslipp i et livsløppersperspektiv (hensyntatt regenerert kalsiumkarbonat, (T=∞) som følge av prosessutslipp kalkstein)			
	658,94 kgCO ₂ /tonn Stabila B80 produsert			658,94 kgCO ₂ /tonn Stabila B80 produsert

13.08.19
Dato

Jan Olav Ryan
Godkjent

Miljøresultatene gjelder kun denne klimaregnskapsrapporten og er bare gyldig ved godkjenning. Kopiering av analysen må godkjennes.

Klimaregnskapsrapport

(KRR-FMI-19-0003)



Mål: Fra råvareuttak til ferdig levert produkt Stabila B100 Internt, Egen silo (2017)
Kunde: Internt
Leveranse til: Egen silo
Leverandør: Franzefoss Minerals AS
Råvare: Kalkstein VK
Råvareuttak: VER, avd. Tr
Produkt: Stabila B100
Produkt fra: Hylla
Transport: Bulk

Franzefoss Minerals AS
 Postboks 53
 NO-1309 Rud
 Telefon: +47 05255

Analyserapport nr: 19-0003
Oppdragsgiver : FMI
Dato : 25.01.17
Forfatter : jary

Pos.	Parameter	Resultat	Enhet	Kommentar
1.	Råvareproduksjon Verdalskalk avdeling Tromsdalen (CO ₂ -utslipp per tonn kalkstein produsert) i)	1,19	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
2	Internttransport fra Tromsdalen til Hylla ii)	1,26	kgCO ₂ / tonn kalkstein	
3.	Produksjon Hylla. Inkluderer brenning kalkstein med kilestrømmer samt forbruk elektrisitet iii)	1025,00	kgCO ₂ / tonn produsert produkt	
Σ	Totalt utslipp av CO ₂ per tonn levert til egen silo	1027,45	kgCO₂/ tonn produkt	Se LCA-perspektivet

Forklaring

1.	i) Kilder benyttet er forbruk for uttak av kalkstein og transport til primærknuse samt forbruk av strøm knuse- og utlasterlinje og forbruk opplasting til vogntog. Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowattime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017
2.	ii) kilder benyttet er forbruk (aktivitetdata) av internttransport Nedre brennverdi 1) Utslippsfaktor 2) Oksidasjonsfaktor 3) Kilde: EnergiLink - TU.no Kilde: 1-3) Eu's kvotetdirektivet (standard utslippsfaktorer). Bilag VI i EU-ETS direktivet
3.	iii) kilder benyttet for beregning av produksjon Stabila B80 Bedriftsspesifikke utslippsfaktorer og omregningsfaktorer i henhold til EU-ETS kvotetdirektivet Utslippsfaktorer ved Norsk miks, lavspenning per kilowattime Norsk miks 2017: 16,4 gram CO ₂ -ekvivalenter Kilde: NVE Varedeklarasjon 2017

LCA-perspektivet	Kiledestømmer CO ₂ -utslipp for brentkalk er fordelt slik (kilde: CO ₂ -regnskap 2017, Hylla):			
	LCA-perspektivet			
	Prosessutslipp kalkstein (CO ₂)	73,26 %	29,17 % (korrigeret for CaO-aktiv (vil være regenererbart)	725,97 kgCO ₂ /tonn Stabila B100 produsert
	Utslipp spillolje (CO ₂)	26,74 %	og grad rekarbonering) (vil ikke være regenererbart)	
		100 %		
	CaO-aktiv (brentkalk)	93,7 %	(kilde: Baze gjennomsnitt 2017)	
	Rekarboneringspotensiale til CaCO ₃ i jordstabilisering	42,5 %	(kilde: TU Clausthal, 2008. AUTOGENOUS CO ₂ SEQUESTRATION FROM EUROPEAN LIME PRODUCTION owing to recarbonation of lime containing materials during lifetime)	
	CO ₂ -utslipp i et livsløppsperspektiv (hensyntatt regenerert kalsiumkarbonat, (T=∞) som følge av prosessutslipp kalkstein)			
	725,97	kgCO ₂ /tonn Stabila B100 produsert		

23.01.19
Dato

Jan Olav Ryan
Godkjent

Miljøresultatene gjelder kun denne klimaregnskapsrapporten og er bare gyldig ved godkjenning. Kopiering av analysen må godkjennes.

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

in accordance with ISO 14025, ISO 21930 and EN 15804

Eier av deklarasjonen:
Program operatør:
Utgiver:
Deklarasjon nummer:

Norcem AS Kjøpsvik
Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
ÞÓÚÖÆFFJÍ ÆÍ Í ÆU

Godkjent dato:
Gyldig til:

FI ÈFFÈFÍ
FI ÈFFÈCF

CEM II, Standardsement FA (CEM II/B-M)

Norcem AS Kjøpsvik

www.epd-norge.no

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group



Generell informasjon

Produkt:

CEM II, Standardsement FA (CEM II/B-M)

Programoperatør:

Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner
Postboks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo
Tlf: +47 23 08 82 92
e-post: post@epd-norge.no

Deklarasjonsnummer:

POUØFFJÍ ÆÍ Í ÆU

ECO Platform registreringsnummer:

È

Deklarasjonen er basert på PCR:

CEN Standard EN 15804 fungerer som kjerne-PCR

Ansvarserklæring:

Eieren av deklarasjonen skal være ansvarlig for den underliggende informasjon og bevis. EPD Norge skal ikke være ansvarlig med hensyn til produsent informasjon, livsløpsvurdering data og bevis.

Deklarert enhet:

1 tonn sement i bulk fra råvareuttak til fabrikkport (A1-A4)

Deklarert enhet med opsjon:

Funksjonell enhet:

Verifikasjon:

Uavhengig verifikasjon av deklarasjonen og data, i henhold til ISO 14025:2010

internt

eksternt

Tredjeparts verifikator:



Cecilia Askham, Seniorforsker
(Uavhengig verifikator godkjent av EPD Norge)

Eier av deklarasjonen:

Norcem AS Kjøpsvik
Kontaktperson: Anne Sigrid Solheim
Tlf: +47 75 78 50 90 / +47 906 22 877
E-post: asolh@norcem.no

Produsent:

Norcem AS Kjøpsvik
Behrens vei 15,
8590 Kjøpsvik

Produksjonssted:

Norcem AS Kjøpsvik

Kvalitets-/miljøsystem:

ISO 14001-serfifisert (S-007)
ISO 9001-serfifisert (S-006)

Org. no.:

NO-934949145

Godkjent dato:

FI ÈFFÈCFI

Gyldig til:

FI ÈFFÈCGF

Årstall for studien:

2016

Sammenlignbarhet:

EPD av byggevarer er nødvendigvis ikke sammenlignbare hvis de ikke samsvarer med NS-EN 15804 og ses i en bygningskontekst.

Miljødeklarasjonen er utarbeidet av:

Mie Vold



 Østfoldforskning
SUSTAINABLE INNOVATION

Godkjent


Håkon Hauan
Daglig leder av EPD-Norge

Produkt

Produktbeskrivelse:

Portland - blandingssement (Standardsement FA)

Tekniske data:

Standardsement FA (EN 197-1, CEM II/B-M 42,5 R)

Ytterligere informasjon finnes på:

<http://norcem.no/no>

Markedsområde:

Norge

Levetid:

Avhenger av bruksområde

Produktspesifikasjon:

Materialer	kg	%
Std klinker	720	72
Kalkmel	40	4
Flyveaske	184,6	18,4
Gips	52	5,2
Jernsulfat	2,4	0,24
Malehjelpemiddel	1	0,1

LCA: Beregningsregler

Deklarert enhet:

1 tonn sement fra råvareuttak til port (A1-A3)

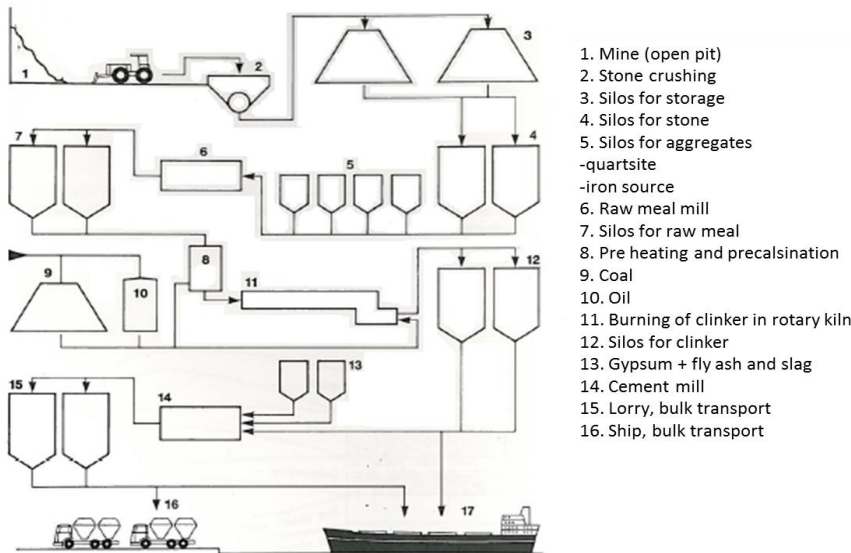
Systemgrenser:

Fra råvareuttak til fabrikkport. I tillegg er det lagt inn en transport til tenkt lager 50 km.

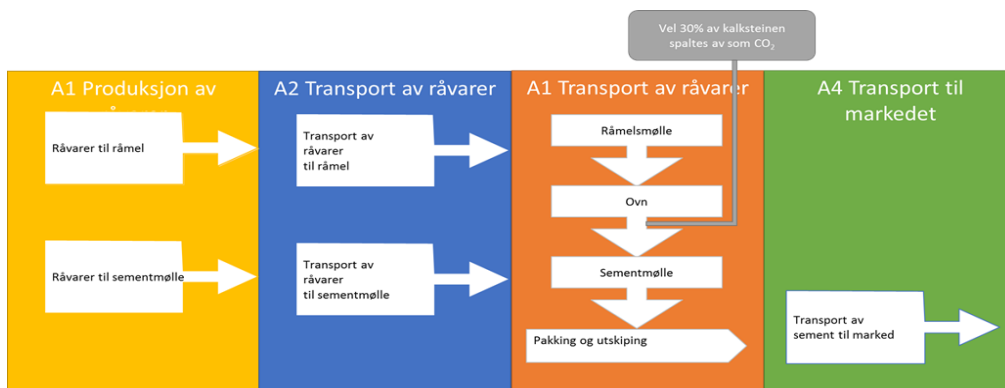
Produksjonsfasen for produktet

- Hovedprosessene ved Norcem Kjøpssvik er uttak av kalkstein fra eget dagbrudd i nærheten av bedriften.
- Kalksteinen tilsettes korreksjonsmaterialer, som kvarts og jernkilde, og males og brennes ved høye temperaturer (1450°C) til klinker.
- Klinkeren finmales til sement. I maleprosessen tilsettes flyveaske og mindre mengder gips, kalkstein og jernsulfat.

Figur 1 viser prosessene som inngår i produksjonen hos Norcem. Figur 2 viser alle prosesser som inngår i EPDen, fordelt på moduler



Figur 1: Skisse over produksjonsprosessen hos Norcem



Figur 2: Flytskjema for prosesser fordelt på moduler i EPDen

Datakvalitet

Råvaregruppe	Datakvalitet	Kilde	Alder for data
Klinker	Spesifikke data. Utslippstall fra ovnen (inkl. CO2) er målte og beregnede myndighetsrapporterte tall	Norcems egne tall	2015
Flygeaske	EPD	eMinerals AS	2013
Kalkmel	Spesifikke data	Norcems egne tall	2011
Gips	Databasedata	EcoInvent 3.2	Fremskrevne fra 2000 i 2014
Annet	Under cut-off		
Transport	Databasedata	EcoInvent 3.2	Fremskrevne fra 2000 i 2014

Allokering

Allokering følger regler gitt i EN 15804. For produksjonen hos Norcem er totalt forbruk registrert og fordelt på produserte produkter på vektbasis.

I de tilfeller det benyttes et avfallsprodukt fra annen produksjon, allokeres forhold knyttet til framstilling til den opprinnelige produksjonen.

Cut off-kriterier

Alle viktige råmaterialer og all viktig energibruk er inkludert. Produksjonsprosessen for råmaterialene og energistrømmer som inngår med veldig små mengder (<1%) er ikke inkludert.

Andre antagelser/forutsetninger som er viktige for resultatene i EPDen

Det er store variasjoner i data for energi som går med til å utvinne kull i forskjellige deler av verden. I analysen er det Norcems faktiske mottak av kull fra ulike steder som er brukt.

LCA: Scenarier og annen teknisk informasjon

Deklarasjonene er basert på en "vugge til port"-analyse. Det er utviklet et scenario for transport til et fiktivt sentrallager i Norge.

Transport fra produksjonssted til bruker

Type	Kapasitetsutnyttelse, inkl retur [%]	Kjøretøygruppe	Distanse km*	Brennstoff/ energiforbruk	Verdi [l/t]
Bil				l/tkm	
Jernbane				kWh/tkm	
Båt	Full en vei > 50%	Norcems egen båt	50	0,74 l/tkm	37

* 50 km iht. retningslinjer fra EPD-Norge

LCA: Resultater

I modul A1 inngår produksjon av råvarer fra uttak av ressurser. A2 inkluderer transport av råvarer til produksjonen hos Norcem, A3 inkluderer produksjonsprosessen hos Norcem. I tillegg er transport til et representativt marked i en avstand 50 km inkludert for å synliggjøre det bidraget transport fra fabrikk har.

Systemgrenser (X = inkludert, MID = modul ikke deklartert, MIR = modul ikke relevant)

Produktfase				Konstruksjons-/installasjons-fase	Bruksfase							Sluttfase				Etter endt levetid
Råmaterialer	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons-/installasjonsfase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk-gjenvinning-resirkulering-potensiale
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
x	x	x	x	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID	MID

Miljøpåvirkning

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A1- A3	A4			
GWP	kg CO ₂ -ekv	5,5	1,7	618	625	2,7			
ODP	kg CFC11-ekv	8,6E-07	3,1E-07	2,2E-06	3,4E-06	3,5E-07			
POCP	kg C ₂ H ₄ -ekv	1,5E-03	1,3E-03	7,6E-02	7,9E-02	8,2E-04			
AP	kg SO ₂ -ekv	0,04	0,04	1,4	1,4	0,02			
EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekv	3,9E-03	3,6E-03	3,5E-01	3,6E-01	1,3E-03			
ADPM	kg Sb-ekv	3,2E-07	4,0E-09	5,9E-05	6,0E-05	4,0E-09			
ADPE	MJ	113	26	2646	2785	40			

GWP Globalt oppvarmingspotensial; ODP Potensial for nedbryting av stratosfærisk ozon; POCP Potensial for fotokjemisk oksidantdannning; AP Forsurningspotensial for kilder på land og vann; EP Overgjødslingspotensial; ADPM Abiotisk uttømmingspotensial for ikke-fossile ressurser; ADPE Abiotisk uttømmingspotensial for fossile ressurser

Leseeksempel: $9,0 \text{ E-}03 = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

Ressursbruk

Parameter	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4			
RPEE	MJ	22	0,1	641	663	0,1			
RPEM	MJ	-	-	-	-	-			
TPE	MJ	21,9	0,1	641	663	0,08			
NRPE	MJ	120	24	2680	2824	37			
NRPM	MJ	5,13E-07	-	-	5,13E-07	-			
TRPE	MJ	120	24	2680	2824	37			
SM	kg	189	-	-	189	-			
RSF	MJ	-	-	80	80	-			
NRSF	MJ	8,13E-04	-	682	682	-			
W	m ³	0,06	1,82E-03	0,2	0,3	0,003			

RPEE Fornybar primærenergi brukt som energibærer; RPEM Fornybar primærenergi brukt som råmateriale; TPE Total bruk av fornybar primærenergi; NRPE Ikke fornybar primærenergi brukt som energibærer; NRPM Ikke fornybar primærenergi brukt som råmateriale; TRPE Total bruk av ikke fornybar primærenergi; SM Bruk av sekundære materialer; RSF Bruk av fornybart sekundære brensel; NRSF Bruk av ikke fornybart sekundære brensel; W Netto bruk av ferskvann

Leseeksempel: $9,0 \text{ E-}03 = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

Livsløpets slutt - Avfall

Parameter	Unit	A1-A3
HW	kg	2,26E-04
NHW	kg	90
RW	kg	IIV

HW Avhendet farlig avfall; NHW Avhendet ikke-farlig avfall; RW Avhendet radioaktivt avfall, IIV Indikator ikke vurdert

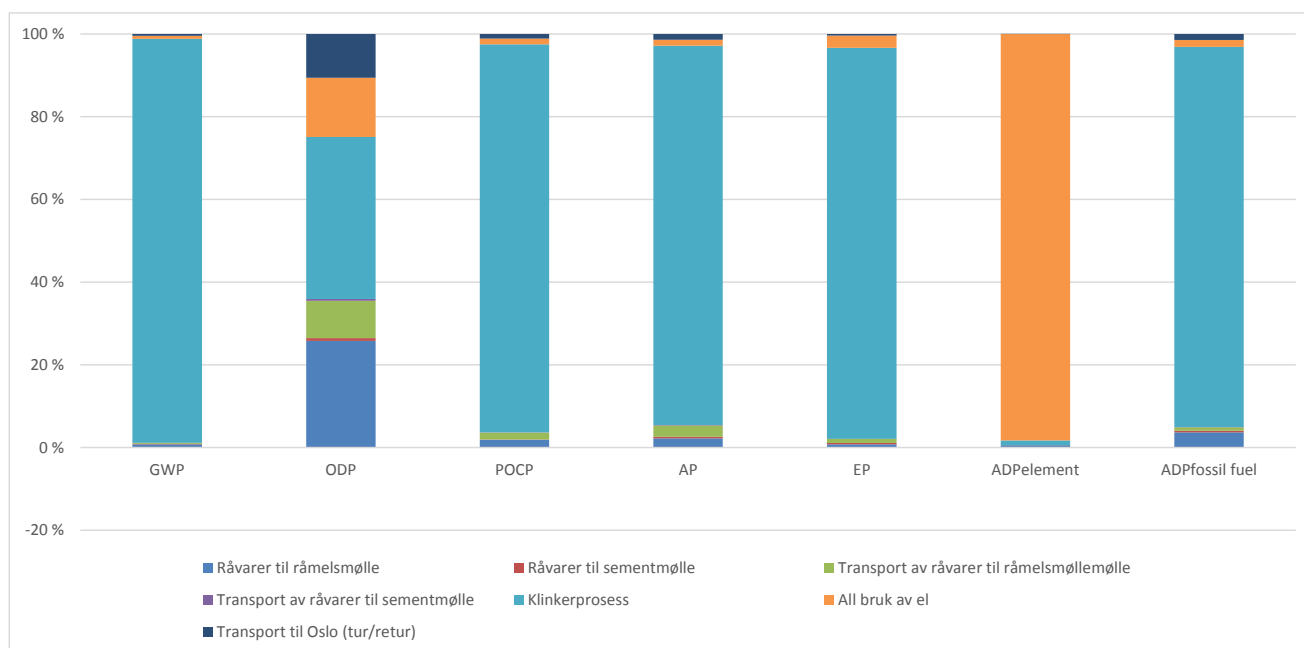
Leseeksempel: $9,0 \text{ E-}03 = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

Livsløpets slutt - Utgangsfaktorer

Parameter	Unit
CR	kg
MR	kg
MER	kg
EEE	MJ
ETE	MJ

Disse parametrene er ikke deklarerert siden EPDen ikke deklarerer "end of life" for sementbaserte produkter

CR-komponenter for gjenbruk, MR Materialer for resirkulering, MER Materialer for energigjenvinning, EEE Eksportert elektrisk energi; ETE Eksportert termisk energi



Figur 3 Utslipp av klimagasser fordelt på kilder for framstilling av Standard FA-sement fra Norcem Kjøpsvik

Figur 3 viser hvordan klimagassutslippene fordeler seg på ulike livsløpsfaser. En ser av figuren at det er utslipp fra klinkerproduksjonen som har størst påvirkning på de fleste miljøkategoriene. Det er særlig klinkerovnen som bidrar (98 % for GWP). Der spaltes CO₂ fra kalksteinen. I tillegg brukes mye fossilt brensel for å oppnå rett temperatur i ovnen. Produksjon av elektrisitet er viktigst i ADPM. Hovedsakelig er dette knyttet til uttak av uran til el importert fra Sverige. Transport gir også et visst bidrag til ODP.

Norske tilleggskrav

Klimagassutslipp fra bruk av elektrisitet i produksjonsfasen

Nasjonal produksjonsmiks inkl import, lavspenning (produksjon av overføringslinjer, i tillegg til direkte tap i nettet) av anvendt elektrisitet for produksjonprosessen (A3).

Datakilde	Mengde	Enhet
Ecoinvent v3.2 (2016)	36	g CO ₂ -ekv/kWh

Farlige stoffer

- Produktet inneholder ingen stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten
- Produktet inneholder stoffer som er under 0,1 vekt% på REACH Kandidatliste
- Produktet inneholder stoffer fra REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten, se tabell under Spesifikke norske krav.
- Produktet inneholder ingen stoffer på REACH Kandidatliste eller den norske prioritetslisten. Produktet kan karakteriseres som farlig avfall (etter Avfallsforsikten, Vedlegg III), se tabell under Spesifikke norske krav.

Navn	CAS no.	Mengde

Transport

Transport fra produksjonssted til et fiktivt sentrallager i Norge: 50 km

Type	Kapasitetsutnyttelse inkl. retur (%)	Kjøretøytype	Distanse km	Brennstoff/ Energiforbruk	Verdi (l/t)
Bil					
Jernbane					
Båt	Full en vei > 50%	Norcems egen båt	50	0,74 l/tkm	37,00
<Annen transport>					

Inneklima

Det er ikke gjennomført tester på produktet med henblikk på inneklima - Ikke relevant

Klimadeklarasjon

Det er ikke utarbeidet klimadeklarasjon for produktet.

Bibliografi

NS-EN ISO 14025:2010	<i>Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer.</i>
NS-EN ISO 14044:2006	<i>Miljøstyring - Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer</i>
NS-EN 15804:2012+A1:2013	<i>Bærekraftig byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer</i>
ISO 21930:2007	<i>Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products</i>
Vold Mie, 2016	<i>Oppdatert EPD for Standard FA-sement fra Norcem Kjøpsvik, Bakgrunnsrapport for verifisering, OR 11.16, Østfoldforskning, Fredrikstad, august 2016</i>

<p>epd-norge.no The Norwegian EPD Foundation</p>	Program operatør og utgiver Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner Postboks 5250 Majorstuen, 0303 Oslo Norge	Tlf: +47 23 08 82 92 e-post: post@epd-norge.no web: www.epd-norge.no
		Eier av deklarasjonen Norcem AS Kjøpsvik Miljødeklarasjonen er utarbeidet av: Mie Vold
<p>Østfoldforskning SUSTAINABLE INNOVATION</p>	Forfatter av livsløpsrapporten Mie Vold Ostfoldforskning AS Stadion 4, 1671 Kråkerøy	Tlf: +47 414 69 800 Fax +47 69 34 24 94 e-post: mie@ostfoldforskning.no web: www.ostfoldforskning.no

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Work package 2 – Sustainability and cost-benefit evaluation		Dokumentnr./Document no. 20200055-02-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Regionale Forskningsfond Trøndelag	Dato/Date 2020-12-08
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0
Distribusjon/Distribution FRI: Kan distribueres av Dokumentsenteret ved henvendelser / FREE: Can be distributed by the Document Centre on request		
Emneord/Keywords quick clay, lime, cement, sustainability, cost-benefit analysis		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norway, Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Melhus & Trondheim	Felt navn/Field name
Sted/Location Lundamo & Tiller-Flotten	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Zone: East: North:	Koordinater/Coordinates Projection, datum: East: North:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Interdisciplinary review by:
0	Original document	2020-10-19 Ingvild Fladvad Størdal	2020-10-19 Marianne Kvennås 2020-12-08 Priscilla Paniagua		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 8 December 2020	Prosjektleder/Project Manager Priscilla Paniagua
--	-------------------------------------	--

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

