

KORTREIST
STEIN

Rapport

Miljø og energibruk, Livsløpsvurdering (LCA)

State-of-the-art

Forfattere

Carl Godager Kaas (Multiconsult)

Stina Kiil (Multiconsult)

Rasmus Meyer Andersen (Multiconsult)

Gunn Pedersen Ødegaard (Multiconsult)

Ragnar Skagen (Veidekke)

Hjalmar Tenold (Aplan Viak)

Oddbjørn Dahlstrøm (Aplan Viak)

Dato	Versjon	Dokumentnummer
2019-08-12	2.0	017

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2017-07-08	State-of-the-art-rapport
1.1	2017-12-08	State-of-the-art-rapport - revidert
2.0	2019-08-12	Mindre revisjon ifm. Korrigert rapportmal



Innholdsfortegnelse

Forord.....	5
Ordforklaringer.....	6
Sammendrag på norsk.....	7
Summary in English	8
1 Innledning.....	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Formål.....	9
1.3 Avgrensninger.....	9
2 Livsløpsvurderinger (LCA).....	11
2.1 Bakgrunn	11
2.2 LCA -metodikk	11
2.3 Rammeverk og standarder	12
2.4 LCA i BREEAM og CEEQUAL	12
2.4.1 BREEAM.....	12
2.4.2 CEEQUAL.....	13
2.5 EPD og PCR	14
2.5.1 EPD	14
2.5.2 PCR.....	14
2.5.3 EPD og PCR i LCA-verktøy innen Kortreist stein	14
3 Relevante operasjoner for LCA-analyse for veg- og jernbaneprosjekter	15
3.1 Masseuttak og generell massehåndtering	15
3.2 Tungtransport og massedeponi	15
3.3 Bygging	15
3.3.1 Betong	15
3.3.2 Asfalt.....	16
3.3.3 Balastpukk og vegunderbygging.....	17
4 LCA-verktøy	18
4.1 Generelle verktøy for LCA	18
4.1.1 Simapro.....	18
4.1.2 GaBi	18
4.1.3 OpenLCA.....	18
4.1.4 One Click LCA-360 Optimi.....	18
4.2 Norske LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter.....	18
4.2.1 Bane NORs tidligfaseverktøy	18



4.2.2	LCA-verktøy for veg (VegLCA).....	19
4.2.3	Statens vegvesens EFFEKT.....	19
4.3	Utenlandske LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter.....	20
4.3.1	Carbon emissions calculation tool.....	20
4.3.2	Klimatkalkyl	20
4.3.3	LICCER Model.....	20
4.3.4	Rail Carbon Tool	20
4.3.5	Athena Pavement LCA.....	20
4.4	Oppsummering av LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter	21
5	Databaser	22
5.1	The European life cycle database (ELCD)	22
5.2	Ecoinvent.....	22
5.3	GaBi LCA-databaser	22
6	Avsluttende bemerkninger.....	23
	Referanser	24



Forord

Denne rapporten er skrevet i prosjektet Kortreist stein. Kortreist stein er et IPN-prosjekt i Forskningsrådets BIA-program (Brukerstyrt innovasjonsarena). Veidekke Entreprenør AS er prosjekteier.

Prosjektets overordnede idé er å utvikle nye teknologiske løsninger og verktøy, smarte forretningsmodeller og gode planprosesser for høyverdig og bærekraftig bruk av bergmasser fra infrastrukturprosjekter og eksisterende uttak. Med høyverdig bruk menes kortreist stein som kan anvendes i veg- og banekonstruksjonen i ubundet form og som kvalitetsråvare i asfalt og betong o.l.

Prosjektet vinkles mot energieffektiv materialproduksjon og optimal bruk av ikke-fornybare bergressurser. Det skal legges til rette for og etableres teknologier som gjør "Gull av gråstein". Innovasjonen i prosjektet er rettet mot rammebetingelsene som kan styre anvendelsen av kortreist stein, metoder for vurdering av anvendelse av steinmaterialer fra i hovedsak tunnelproduksjon og metoder for praktisk gjennomføring av prosjekter med bruk av kortreist stein.

Et konsortium bestående av partnere fra næringsliv, offentlig forvaltning og forskningsinstitusjoner arbeider for øyeblikket innen følgende fire fokusområder:

- Planprosesser og ressursforvaltning
- Kontrakter, forretningsmodeller og incentiver
- Produksjon og anvendelse
- Miljø og energibruk

Kortreist stein har et budsjett på 17 millioner kroner over tre år (fra 2016) og er finansiert gjennom Forskningsrådet (ca. 40 %) og industripartnerne (cirka 60 %).

Prosjektet Kortreist steins publikasjoner er utarbeidet av fagfolk hos partnerne i prosjektet. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunktet prosjektet ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

Prosjektet Kortreist stein, forfattere og prosjektledelsen har intet ansvar for feil eller mangler i publikasjoner og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes at publikasjonen benyttes av kompetente og fagkyndige personer med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

Eivind Heimdal

Prosjekteier

Torun Rise

Prosjektleder



Ordforklaringer

BREEAM: Building Research Establishment Environment Assessment Method - miljøsertifiseringsverktøy for bygg.

CEEQUAL: The Civil Engineering Quality Assessment & Awards Scheme - et internasjonalt, frivillig og markedsdrevet miljøsertifiseringssystem for infrastruktur- og anleggsprosjekter

EPD: Environmental product declaration (verifisert miljødokumentasjon for produkter)

LCA: Life cycle assessment – Livsløpsanalyse

LCC: Life Cycle Cost – Livssyklus kostnader

Vegoverbygning: Den del av vegkroppen som er over traubunn/planum. Overbygningen kan bestå av frostsikringslag, filterlag (ev. fiberduk), forsterkningslag, bærelag og dekke (bindlag og slitelag).

Vegunderbygning: En fellesbetegnelse for undergrunn, forbedret og fylling opp til planum.

Slitelag: Det øverste laget i et vegdekke beregnet på å kunne oppta trafikk- og klimapåkjenning



Sammendrag på norsk

Denne SOTA-rapporten utgjør første leveranse i arbeidspakke 4 (WP4) «Miljø og energibruk». Formålet med rapporten er å danne grunnlaget for utarbeidelsen av et LCA-verktøy til vurdering av miljøvirkninger fra steinhåndtering i samferdselsprosjekter.

Geografien i Norge gjør at vi er et av de landene i verden med størst tetthet av tunneler og vegskjæringer per km veg eller jernbane. I 2015 ble det tatt ut ca. 7 000 000 m³ fra norske fjell og bergrom. Dette setter Norge i en særstilling med tanke på potensiale og behov for god, miljøvennlig utnyttelse av steinmasser. Arbeidet med denne rapporten viser dog at det til tross for dette ikke finnes mange relevante analyser studier eller verktøy på området.

Relevante aktiviteter for planlegging og anlegging av veg- og jernbaneprosjekter presenteres. Det er i beskrivelsen av disse også valgt å referere til utvalgte studier for å gi et bilde av aktuelle miljøbelastninger fra de ulike operasjonene, i den grad relevante studier har vært tilgjengelig. Dette legger grunnlaget for valg av hovedprosesser for verktøyet som skal utvikles i det videre arbeidet med arbeidspakke 4.

Videre gjennomgås norske og utenlandske LCA-verktøy og -metoder som er relevante som grunnlag for utvikling av et LCA-verktøy for utnyttelse av kortreist stein. Det finnes tilgjengelige verktøy både for veg og jernbane, men ingen av verktøyene som er kartlagt gjennom arbeidet med denne rapporten har særlig fokus på utnyttelse av høyverdige bergmasser. Utvikling av et LCA-verktøy for kortreist stein er dermed, så vidt vi har kjennskap til, nybrottsarbeid. Verktøyet vil derfor i hovedsak måtte bygges opp fra bunnen av for å oppfylle ønskelige funksjoner. Programvare som for eksempel SimaPro kan benyttes som grunnlag.



Summary in English

This SOTA report is the first delivery in Work Package 4 (WP4). The purpose of the report is to form a basis for the preparation of an LCA tool that will assess the environmental impacts when managing excavated rock material in road and railway projects.

The topography of Norway makes it one of the countries with the highest density of tunnels and road cuts per km of road or rail. In 2015, about 7,000,000 m³ was removed from Norwegian mountains. Norway is therefore in a unique position for exploitation of rock material. But a consequence is that the field that does not have many relevant analyzed, studies or tools, something we have experienced through the work of this report.

Relevant operations for LCA for road and rail projects are presented in this study. Selected representative studies has been chosen to provide a picture of current environmental and climate impacts for the various operations, to the extent that relevant studies have been available. This provides the basis for choosing of main processes for a tool to be developed in the further work in this work package.

Further on, the study has examined Norwegian and foreign LCA tools and methods are considered relevant as the basis for developing an LCA tool for utilizing excavated rock material locally. There are available tools for road and rail, but none of the tools examined through the work of this report focus particular on the utilization of high-quality rock masses. Developing a LCA tool for these situations is thus, to the best of our knowledge, new work. The tool will therefore mainly need to be built from scratch to fulfill desirable features. Software such as SimaPro can be used as a basis.



1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Effektiv og miljømessig drift av norske veganlegg har fått større fokus de siste årene. Regjeringens hovedmål for klima og miljø i transportsektorene er å *reducere klimautslippene i tråd med en omstilling mot et lavutslippssamfunn og redusere andre negative miljøkonsekvenser* [1]. Her understrekes det at både transportaktiviteten og bygging, drift og vedlikehold av infrastrukturen medfører klima- og miljøutfordringer. Et tiltak for å redusere kostnader og miljøbelastningen i veg- og baneprosjekter kan være å utnytte en større andel av massene som utvinnes på stedet. I 2015 ble det tatt ut ca. 7 000 000 m³ fra norske fjell og bergrom [2]. Hvor stor andel av dette som ble unyttet «på plassen» er usikkert, men vi vet at lite av materialene ble utnyttet i «høyverdig» materialer. Arbeidspakke H3 har sett på ulike funksjonsområder for steinmassene.

Arbeidspakke 4 (WP4) har som mål å lage en systematisk basis for hvordan man kan vurdere et veg- eller baneprosjekts klima- og miljøbelastning, med fokus på utnyttelse av kortreist stein. Et slikt system bør kunne bidra til at man gjennom hele planleggingen og prosjekteringen til et prosjekt tar bedre miljø- og klimamessige valg når massebalanser utredes fra uttak og planlegges for hhv. direkte bruk, avsetning i markedet eller til deponi.

Denne State-of-the-Art-rapporten, heretter kalt SOTA-rapporten, utgjør første leveranse i arbeidspakke 4 (WP4).

1.2 Formål

I SOTA-rapporten gjennomgås eksisterende verktøy og metoder innen LCA for veg- og jernbaneutbygging. Formålet med rapporten er å danne grunnlaget for utarbeidelsen av et LCA-verktøy til vurdering av miljøvirkninger fra steinhåndtering i samferdselsprosjekter.

1.3 Avgrensninger

Prosjektets økonomiske rammer nødvendiggjør prioritering av temaer som vurderes. Det er gjort avgrensninger på 2 hovedområder:

1. **Type og omfang av livsløpsvurderinger:** Det finnes i hovedsak to ulike analysemetoder over livsløpet til et produkt eller prosjekt, livssyklusanalyser (LCA) og livssykluskostnader (LCC):
 - a. LCA er metodisk vurdering av miljøkonsekvenser fra produkter og/eller tjenester i et livsløpsperspektiv, der konsekvenser analyseres og vurderes helt fra ressursutvinning over produksjon og bruksfase til avhending etter endt levetid.
 - b. LCC er en økonomisk metode for å summere kostnader i prosjektets livsløp, inkludert investeringskostnader og totale FDV¹-kostnader.

Arbeidspakken skal ha fokus på miljø og energibruk. LCA-vurderingene er mest relevante til dette formålet, og vi har derfor valgt ikke å innlemme metoder for kostnadsvurderinger (herunder LCC) i det videre arbeidet.

2. **Systemgrenser:** Denne SOTA-rapporten er en del av en arbeidsprosess som skal ende i et modellverktøy for vurdering av miljøbelastningen fra veg- og jernbaneprosjekter, med fokus på utnyttelse av bergmasser. En rekke faktorer som har betydning for miljøbelastningen, er avgrenset fra denne studien. Noen momenter i denne sammenhengen er:
 - a. Steinmasser har ulike kvaliteter. Dette prosjektet har fokus på høyverdige bergmasser fra tunnel/fjellskjæringer og hvordan disse kan utnyttes på en mest

¹ FDV=Forvaltning, Drift, Vedlikehold



mulig ressursvennlig og bærekraftig måte. Kvalitet avgjøres her av både kjemiske og fysiske egenskaper:

- i. Kjemisk: I forbindelse med gjenbruk av slike bergmasser kan forurensing være et problem, f.eks. i forbindelse med utvasking av sprengstoff eller med syredannende bergarter. Temaet forurensede masser er ikke behandlet i denne rapporten. Det kan derfor være aktuelt å vurdere løsninger for å ta hensyn til dette i et senere modellverktøy, men litteraturgjennomgangen i denne rapporten inkluderer ikke dette.
 - ii. Fysisk: Steinmassers brukbarhet for ulike formål bestemmes av bergartenes hardhet og porøsitet, samt sammensetning av ulike mineraler. Dette er ikke diskutert i denne rapporten, men det tas sikte på å integrere denne parameteren i et senere modellverktøy.
- b. Valg av trasé i både horisontal- og vertikalplanet har stor betydning for total klima- og miljøbelastning i levetiden til vegen/jernbanen. Samtidig vil linjeføringen ha påvirkning på nødvendig skjæring, sprenging og fylling, og dermed massebalanse og transport i byggefasen. Dette perspektivet påtenkes ikke som del av verktøyet, og er ikke fokus i denne rapporten. Verktøyet vil ha fokus på energibesparende og miljøvennlig utnyttelse av høyverdige steinmasser som beskrevet over. Ved ønske om integrering av utslipp i bruksfasen som konsekvens av kurvatur etc. må egne vurderinger med godt datagrunnlag for fremtidens energibruk fra fremkomstmidler tas i bruk.



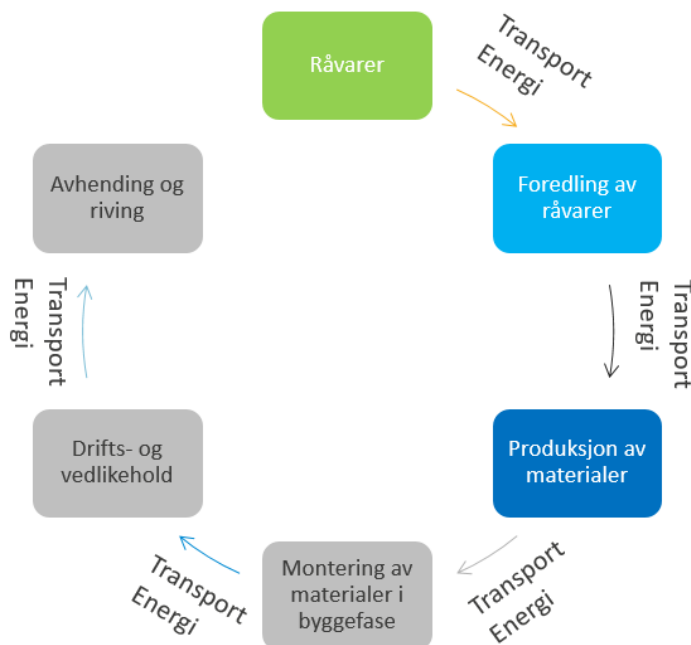
2 Livsløpsvurderinger (LCA)

2.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for utvikling av metodikk rundt livsløpsvurderinger var å kunne «måle» miljøkonsekvenser fra varer og tjenester. LCA-faget oppsto som en følge av problemer rundt ressursmangel, og ble i USA i 1960-årene en tilnærming for beregning av ressursbruk av materialer og energi. Kvantifisering av ressursbruk og utslipp til miljø ble siden kjent som *REPA*² eller *Ecobalance*, og rammeverk for metoder og antakelser ble forsøkt standardisert. I 80-årene ble avfall og utslipp et større fokus, men først rundt årtusenskiftet tok utviklingen av standardiserte rammeverk innen dette området fart gjennom ISO-standardisering.

2.2 LCA -metodikk

Det er siden utviklet en egen og bredt akseptert metodikk for beregninger som inkluderer mer enn direkte utslipp – livsløpsvurderinger (LCA). LCA er vurdering av produkter og/eller tjenester i et verdikjedeperspektiv, der konsekvenser analyseres og vurderes helt fra ressursutvinning over produksjon og bruksfase til avhending etter endt levetid, se figur 1.



Figur 1: LCA er vurdering av produkter og/eller tjenester i et verdikjedeperspektiv.

Beregnete utslipp omfatter ideelt sett alle aktiviteter i verdikjeden med all energi og alle materialer som må til for å kunne levere produktet/tjenesten. Beregningene resulterer dermed utslipp på mange lokaliteter, og utslipp omsettes som oftest til konsekvenser vha. metoder for beskrivelser av generisk miljøbelastning fra den samlede listen av utslipp og ressursbehov (life cycle inventory).

En LCA kan f.eks. resultere i beregninger av samlet utslipp av klimagasser og/eller andre miljøbelastende utslipp fra livsløpet til et produkt eller en tjeneste («vugge til port» eller «vugge til grav»). Livsløpsvurderinger kan omsettes til flere typer miljøbelastning – for eksempel global oppvarming (hvor mengden klimagassutslipp beregnes som CO₂-ekvivalenter), forsurening, nedbrytning

² Resource and environmental profil analysis



av ozonlaget eller toksisitet. Vurderinger av lokale miljøbelastninger innen naturmangfold, naturressurser, landskapsbilde etc. må tilnærmes gjennom metoder som kjent fra konsekvensutredninger (KU) eller liknende.

Det er utviklet egne programvarer og databaser for livsløpsberegninger som muliggjør målet om å integrere alle aktiviteter i verdikjeden med en rasjonell gjennomføring.

LCA er mye brukt for å finne den mest miljøvennlige materialbruken. Utfordringen er å definere systemgrensene – og at dette er definert likt for materialer og/eller produkter som skal sammenlignes.

2.3 Rammeverk og standarder

Det overordnede rammeverket for livsløpsvurderinger er gitt av følgende ISO-standarder:

- NS - ISO 14040:2006 – «Miljøstyring – Livsløpsvurderinger - Prinsipper og rammeverk»
- NS - ISO 14044:2006 – «Miljøstyring – Livsløpsvurderinger - Krav og retningslinjer»

ISO 14000 er en serie av standarder som er etablert for å hjelpe virksomheter med å minimere negativ påvirkning av miljøet med hensyn til forurensing til luft, vann eller på land.

Den økte bevisstheten om viktigheten av miljøvern og mulige virkninger knyttet til produktene, både produsert og konsumert, har økt interessen for utviklingen av metoder for å bedre forstå og takle disse effektene. En av teknikkene som utvikles for dette formålet er livsløpsvurdering (LCA). ISO 14040 fastsetter prinsipper og rammeverk for slike livsløpsvurderinger, mens ISO 14044 detaljerer kravene for gjennomføring av vurderingene. Det er i tillegg utviklet en ISO 14067 med fokus på LCA av klimagassutslipp. Også andre rammeverk som PAS2050 (Publicly Available Specification) og metoder utviklet av greenhouse gas protocol kan legges til grunn når det defineres mål og forutsetninger for LCA-studier.

Under følger en videre forklaring av noen relevante anvendelser av LCA i systemer for miljøledelse og varedeklarasjoner innen bygg og anlegg.

2.4 LCA i BREEAM og CEEQUAL

Dersom man ønsker å kunne dokumentere at man har gjennomført strategiske valg i forbindelse med prosjektering av en tilnærmet bærekraftig veg eller bygg, krever dette en helhetlig tilnærming for temaer innen økonomi, sosiale aspekter og miljø. LCA er en viktig metode som kan inkluderes. Det finnes i dag flere typer miljøklassifiseringssystemer, hvor en helhetlig bærekraftig tankegang ligger til grunn, og som benyttes for bygg og anleggs-, og infrastrukturprosjekter. I Norge er det miljøklassifiseringssystemene BREEAM og CEEQUAL som er aktuelle, disse er beskrevet under.

2.4.1 BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environment Assessment Method) er et miljøsertifiseringsverktøy. BREEAM ble utviklet av BRE (Building Research Establishment) i Storbritannia i 1988 og i 1990 ble den første frivillige standard for "new office buildings" utgitt. BREEAM-NOR er den norske tilpasningen av BREEAM og bransjens eget verktøy for å måle miljøprestasjon. Formålet er å motivere til bærekraftig design og bygging gjennom hele byggeprosjektet, fra tidlig fase til overlevert bygg, og videre i driftsfase (BREEAM in-Use). BREEAM premierer bygninger som strekker seg lenger enn dagens lover og forskrifter. BREEAM finnes også bl.a. for infrastruktur, arealplanlegging og in-use, men det er først og fremst BREEAM-NOR, som gjelder bygninger, som benyttes i Norge. BREEAM-NOR har blitt en bransjestandard for miljøsertifisering av bygg i Norge.



Formålet er å motivere til bærekraftig design og bygging gjennom hele byggeprosjektet, fra tidlig fase til overlevert bygg. Sertifiseringen er basert på dokumentert miljøprestasjon i en rekke kategorier. Innen hver kategori blir det stilt krav og kriterier til tiltak man kan gjennomføre for å øke bærekraften for et prosjekt. BREEAM-NOR har først og fremst oppmerksomhet på material- og energibruk i bygninger og har ingen temaer som omhandler massehåndtering (utover forurenset grunn) eller sprengt stein, med unntak av punkt *Wst 02 Resirkulerte tilslag*, hvor bl.a. resirkulerte tilslag i betong er et tema. BREEAM-Infrastructure er lansert som en pilot i England.

I BREEAM-Infrastructure gis det poeng for å gjennomføre LCA, enten ved en forenklet LCA eller for en full LCA-analyse. Analysene skal gjennomføres i henhold til ISO 14040:2006 og ISO 14044:2006. Det gis også poeng for reduksjon av klimagass og energi, samt for bærekraftige valg av materialer, herunder bl.a. underbygning og ballast. I BREEAM-NOR (for bygg) gis det også poeng for LCA-beregninger, dette gjelder kun byggematerialer og energibruk for å redusere klimagassutslipp fra byggingen.

BREEAM og CEEQUAL har i 2016 slått seg sammen, og planlegger å lansere en felles manual for infrastruktur i 2018 [3].

2.4.2 CEEQUAL

CEEQUAL (The Civil Engineering Quality Assessment & Awards Scheme) er et internasjonalt, frivillig og markedsdrevet miljøsertifiseringssystem for infrastruktur- og anleggsprosjekter. CEEQUAL ble utviklet i Storbritania på 90-tallet av Institution of Civil Engineers (ICE), med finansiell støtte fra den britiske regjering. Man ønsket å utvikle en bransjestandard for bærekraftig anleggsprosjekter, og å øke kvaliteten i anleggsprosjekter med hensyn til ytre miljø og omgivelser. CEEQUAL omfatter både det økonomiske, det sosiale og det miljømessige i et anleggsprosjekt.

Sertifiseringen er basert på dokumentert miljøprestasjon i en rekke kategorier. Innen hver kategori blir det stilt krav og kriterier til tiltak man kan gjennomføre for å øke bærekraften for et prosjekt. Temaene gir poeng som igjen gir en totalscore og en karakter.

I flere land har CEEQUAL blitt bransjestandard og de offentlige byggherren bruker der systemet til å dokumentere sine krav om å være bærekraftig. CEEQUAL er lite benyttet i Norge. Enkelte entreprenører har begynt å bruke CEEQUAL i utvalgte prosjekter. BREEAM, derimot, har blitt en bransjestandard i Norge, og grunnen til dette er at markedet er i større grad enn anlegg styrt av private aktører. For anleggsprosjekter er en stor del av byggherrene offentlige, og etterspørselen etter bærekraftige løsninger er kanskje heller ikke like sterk og tydelig som for et bygg.

Når det gjelder LCA, gis det poeng for å gjennomføre en LCA-analyse, da enten ved "carbon foot print", ved LCA-analyser av nøkkelmateriale eller en full LCA-analyse. Analysene skal gjennomføres i henhold til ISO 14040:2006 og ISO 14044:2006. CEEQUAL har også temaer som er relatert til transport, arealbruk samt et tema som gir poeng for gjenbruk av utgravde masser, men som ikke direkte er knyttet opp til håndtering av stein [4].



2.5 EPD og PCR

2.5.1 EPD

EPD er en forkortelse for Environmental Product Declaration. Forkortelsen EPD brukes både i norsk og internasjonal sammenheng. En miljødeklarasjon er et tredjeparts verifisert og registrert dokument med transparens som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte. Kravene til hvordan en EPD skal lages er spesifisert i ISO-standarden 14025 Environmental Labels and Declarations Type III. En EPD lages på grunnlag av en livsløpsanalyse (LCA) etter ISO 14040-14044 [5].

2.5.2 PCR

For å kunne utarbeide en miljødeklarasjon for et produkt må det i henhold til ISO-standardene foreligge et PCR-dokument (Product Category Rules / Produktkategoriregler) som gjelder for den aktuelle produktkategorien. Hensikten med PCR-dokumentet er å forsikre at miljødeklarasjoner utarbeides likt uavhengig av hvem som utfører jobben og å sikre sammenlignbarhet av miljødeklarasjoner innenfor en produktkategori [6].

2.5.3 EPD og PCR i LCA-verktøy innen Kortreist stein

For et LCA-verktøy innen Kortreist stein kan det være aktuelt å inkludere EPD`er for miljøbelastende materialer som benyttes i bygging av veg og jernbane. Spesielt for betong og asfalt er det utarbeidet en rekke EPD`er som bør vurderes implementert i LCA-verktøyet. En eventuell bruk av EPD`er vil være førende for verktøyets systemgrenser, hvilket må tas hensyn til når rammene for verktøyet skal defineres.

PCR-dokumentene som ligger til grunn for relevante EPD`er vil være førende for hvilke prosesser som skal medtas ved vurdering av alternative produksjonsmetoder, som for eksempel produksjon av betong eller asfalt lokalt på anleggsområdet. I tillegg har EPD-Norge samarbeidsavtale med Environdec i Sverige og Institut Bauen und Umwelt e.V (IBU) i Tyskland. I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å benytte PCR-dokumenter fra disse som sammenlikningsgrunnlag, eller som utgangspunkt for å definere relevante prosesser for materialer/produksjonsmetoder der EPD`er ikke er tilgjengelig.



3 Relevante operasjoner for LCA-analyse for veg- og jernbaneprosjekter

I dette kapittelet vil vi gå nærmere inn på de operasjonene, som i forbindelse med uttak av bergmasser, vil være relevante for utvikling av et LCA-verktøy for Kortreist stein. Det er blitt vanligere å utføre klima- og/eller miljøbudsjett for veg- og jernbaneprosjekter. Eksempelvis Follobanen [7], Ski stasjon [8] og E6 Kolomoen – Moelv [9].

3.1 Masseuttak og generell massehåndtering

Uttak av masser fra tunneller og vegskjæringer, og håndtering av disse massene, har en betydelig miljø- og klimapåvirkning. Volumer for masseuttak vil variere mye fra prosjekt til prosjekt, avhengig av omfanget av sprenging, tunneller, skjæringer, transportdistanser, lokale deponier, gjenbruk av stein osv. i et prosjekt. Disse prosessene vil derfor være en sentral del i et LCA-verktøy for Kortreist stein.

Det finnes mange metoder for uttak av bergmasser i veg- og jernbaneprosjekter, deriblant «drill and split» (uten sprengstoff), «drill and blast» (med sprengstoff), «cut and cover» og ved bruk av tunellboremaskin (TBM). Disse metodene er nærmere beskrevet i State-of-the-art-rapport for arbeidspakke H3 [10] og vil dermed ikke bli beskrevet nærmere i denne rapporten. Metodene har ulik direkte miljøbelastning, men de gir også ulike muligheter for utnyttelse av steinmassene i ettertid. Valg av metode for uttak av masser vil kunne ha en betydelig påvirkning på klima- og miljøfotavtrykket for et anleggsprosjekt.

3.2 Tungtransport og massedeponi

Transport av materialer og overskuddsmasser står for en stor andel av klimagassutslippene knyttet til infrastrukturprosjekter. Å redusere transportbehovet ved å utnytte steinmassene lokalt vil dermed være et viktig bidrag til å redusere klimagassutslippene.

I forbindelse med livsløpsanalyser av ulike materialvalg i et prosjektet Bussveien i Rogaland ble alle transportoperasjoner i forbindelse med *tilkjørsel* av materialer og masser (inkl. elementer av betong med lokale og regionale innslag av sand og steinmasser) estimert til å utgjøre 32% av det totale utslippet. Dertil kommer maskinoperasjoner som blant annet graving og fylling [11].

En LCA-analyse av miljøpåvirkninger for en standard norsk vegtunell viste at rundt 15 % av klimagassutslippene fra konstruksjonsfasen kom fra transport av materialer til og fra anlegget. Ytterligere 9 % kom fra energibruk på anleggsområdet [12].

Dette viser at transportrelaterte klimagassutslipp varierer betydelig fra prosjekt til prosjekt, og er naturlig nok avhengig av behovet for transport (mengder, avstander, energibehov).

Transportbehovet kan reduseres gjennom god planlegging og gode konseptvalg.

3.3 Bygging

Stein fra masseuttak har fire hovedbruksområder som har relevans for Kortreist stein; som tilslag i (1) betong og (2) asfalt, som (3) ballastpukk og til (4) vegunderbygging. Krav til kvaliteter på steinmassene, samt inngående tekniske beskrivelser for hvert enkelt bruksområde, er beskrevet nærmere i State-of-the-art-rapport for arbeidspakke H3 [10].

3.3.1 Betong

Betongproduksjon står i enkelte tilfeller for en betydelig del av klimagassutslippene knyttet til bygging av veg og jernbane. Huang et al fant at 42 % av GWP i konstruksjonsfasen for en standard norsk tunell var knyttet til produksjon og bruk av betong [12]. Tilsvarende høye andeler av total GWP for betong er vist i andre LCA-studier av tunellbygging; Schwartzentruber et al. viser til at materialer



står for et sted mellom 60-75 % av total GWP i konstruksjonsfasen, der betongproduksjon er den viktigste bidragsyteren [13].



Figur 2: Betong er en vesentlig innsatsfaktor i tunneller og står for en betydelig andel av klimagassutslippene i anleggsfasen.

Ettersom betong potensielt kan stå for en stor andel av GWP i veg- og jernbaneprosjekter er det viktig at et LCA-verktøy vurderer ulike betongproduksjonsprosesser. En viktig parameter i denne sammenheng er sammenlikning mellom utslipp knyttet til betongproduksjon lokalt på anleggsområdet og utslipp i betongfabrikk.

3.3.2 Asfalt

Produksjon og utlegging av asfalt er en betydelig utslippsskilde ved bygging av veger. Statens Vegvesen har gjennom sitt etatsprogram Lavere energiforbruk i Statens vegvesen (LEIV) estimert de norske utslippene fra asfaltproduksjon og -utlegging til 364 000 tonn årlig [14]. Bruk av lokale tilslag til asfalten trekkes fram som et potensielt tiltak for å redusere klimagassutslippene, men det understrekes at det er viktig å ta høyde for kvaliteten på asfalten da levetid og utslipp under bruk er en viktig faktor for totale utslipp i vegens levetid. Viktigheten av å ta høyde for asfaltens kvalitet og levetid ved vurdering av totale klimagassutslipp underbygges av flere LCA-studier [15], [16].

I prosjektet Bussveien³ i Rogaland ble det gjort analyser av utslipp i forbindelse med etablering av overbygning og periodevis utskifting av slitelag. Rapporten viste at slitelaget var det materialet som ga mest utslipp av materialene i kjørebanelen for veg og buss. Dette kommer hovedsakelig av at det er hyppig vedlikehold/utskifting av materialet i driftsfasen [11]. Resultatene er meget prosjektspesifikke, og utslippene avhenger i høy grad av leverandør av ulike steinmasser.

Det finnes flere tilgjengelige LCA-verktøy for utslipp knyttet til asfaltproduksjon og -utlegging, deriblant asPECT⁴ og ECORCE⁵. asPECT er utviklet som et resultat av Collaborative Research

³ Prosjektet Bussveien innebærer 50 km rene bussveier i Rogaland Fylkeskommune

⁴ Asphalt Pavement Embodied Carbon Tool

⁵ ECO-comparator applied to Road Construction and Maintenance

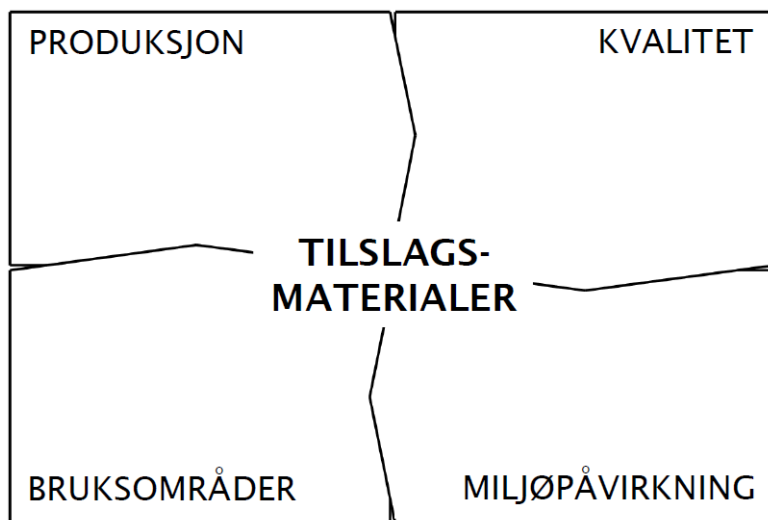


Programme⁶ som et åpent verktøy for å beregne karbonfotavtrykket for asfalt på motorveger. [17]. ECORCE er et fritt tilgjengelig LCA-verktøy utviklet i 2013 av Ifsttar⁷. LCA-verktøyet er beregnet for franske forhold, men det er også tilpasset for og testet i Quebec i Canada [18].

3.3.3 Balastpukk og vegunderbygging

Det er gjort få studier som vurderer miljø- og klimabelastning for balastpukk og vegunderbygging isolert sett. The Waste and Resources Action Programme (WRAP) gjennomførte i 2009 en LCA-studie med fokus på å utvikle et LCA-verktøy for tilslagsmaterialer (aggregates) i Storbritannia. Dette studiet inkluderer både bundne og ubundne tilslagsmaterialer, med fokus på muligheter for økt resirkulering [19].

Som en del av Kortreist stein-prosjektet skal det gjennomføres en PhD med fokus på «Optimal utnyttelse av ubundne knuste tilslagsmaterialer i vegbygging». Fokuset i avhandlingen skal blant annet være på sammenhenger mellom lokal produksjon og kvalitet på steinmassene, og hvordan man kan oppnå en mer bærekraftig bruk av lokale steinmaterialer [20]. Hovedfokusområdene i ovennevnte PhD er vist i figur 3.



Figur 3: Faktorer som skal undersøkes i PhD-avhandling innen Kortreist Stein.

⁶ Britisk forskningssamarbeid (2008-2011) mellom Highways Agency, Mineral Products Association, Refined Bitumen Association and TRL Limited

⁷ French Institute of Science and Technology for Transport, Spatial Planning, Development and Networks



4 LCA-verktøy

Det er de siste årene utarbeidet flere LCA-verktøy for infrastrukturprosjekter. I dette kapittelet vil eksisterende verktøy som er vurdert som relevante for utvikling av et LCA-verktøy for Kortreist stein, bli presentert. Det finnes også et utvalg LCA-verktøy spesifikt rettet mot bygg. Disse er ikke inkludert i rapporten da det ikke er direkte aktuelt for utvikling av LCA-verktøy for Kortreist stein.

4.1 Generelle verktøy for LCA

Flere av LCA verktøyene som finnes på markedet i dag er sektor-uavhengige, det vil si at de kan benyttes som grunnlag til å analysere miljøbelastningen til alle typer produkter, prosjekter, tjenester og prosesser. Et utvalg av disse blir her presentert.

4.1.1 Simapro

SimaPro er det mest brukte programmet for å gjennomføre livsløpsvurderinger (LCA). Programmet er sektor-uavhengig og kan brukes til å analysere miljøbelastningen til alle typer produkter, prosjekter, tjenester og prosesser. SimaPro er et dataverktøy for gjennomføring av livsløpsvurderinger, og støtter innsamling, behandling og tolkning av utslipp og innsatsfaktorer knyttet til livsløpet til produkter og tjenester. SimaPro inneholder flere databaser med livsløpsinventar (dvs. oversikt over innsatsfaktorer og utslipp for produkter og tjenester), samt mange ulike karakteriseringsmetoder for flere regioner i verden. SimaPro blir kontinuerlig oppdatert med hensyn på utvikling innenfor inventardatabaser og karakteriseringsmetoder. SimaPro er utviklet av Pre Consultants i Nederland, og er i dag en av de mest brukte verktøyene for livsløpsvurderinger [21].

4.1.2 GaBi

GaBi software er et LCA- verktøy utviklet av PE International i Tyskland. GaBi henter informasjon fra databaser med LCI-data for ulike materialer, tilsetningsstoffer, energibærere etc. Verktøyet er modulbasert, det vil si at analysene bygges opp trinnvis ved hjelp av moduler med tilhørende egenskaper og mengder [22].

4.1.3 OpenLCA

Open LCA er et gratis verktøy som er produsert av GreenDeltaTC og som støttes av flere ledende organisasjoner innenfor bæredyktighet. Open LCA er bygget på en open source prinsipp så det er mulig å få tilgang til all data og beregninger bag ens analyse [23]. Også i denne programvaren kan LCI-data og konsekvensmetoder brukes, som i Simapro og GaBi.

4.1.4 One Click LCA-360 Optimi

One Click LCA-360 Optimi er et LCA-verktøy utviklet av Bionova Ltd som kan brukes i bygg- og anleggsprosjekter [24].

4.2 Norske LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter

4.2.1 Bane NORs tidligfaseverktøy

Tidligfaseverktøyet er et excel-basert verktøy for utarbeidelse av klima-/miljøbudsjett for planlagte tiltak/traséer i tidlige utrednings- og planleggingsfaser. Verktøyet viser miljøpåvirkning fra utbygging og drift/vedlikehold over infrastrukturens livsløp, men inkluderer ikke miljøpåvirkning fra trafikken på infrastrukturen. Tidligfaseverktøyet er basert på standardprofiler av jernbaneinfrastruktur for dagsone, tunnel med ett eller to løp, bru, kulvert og plattform. På grunnlag av løpemeter standard jernbaneprofiler i de(n) planlagte trasé(er/en) vil beregninger med tidligfaseverktøyet gi en indikasjon på klimapåvirkning og andre utslipp fra ulike konsept og trasévalg.



Bruksområde

Resultatene fra verktøyet kan brukes til å analysere og dokumentere alternative konsept, identifisere deler av strekningen som representerer en stor andel av miljøpåvirkningene, anbefale konsept med lavest miljøpåvirkning gjennom livsløpet, samt gi grunnlag for klimabudsjett for planlagt jernbaneinfrastruktur iht. krav til dokumentasjon og rapportering fra NTP, Samferdselsdepartementet og Miljøverndepartementet.

Begrensninger

Tidligfaseverktøyet er bygget på generelle antakelser om mengder materialer/energi, og bruker generelle utslippsdata fra anerkjente databaser. Det vil si at verktøyet ikke reflekterer prosjektspesifikke detaljer. Det kan dermed ikke brukes til å ta prosjektspesifikke avgjørelser om materialvalg og særskilte byggemetoder. Verktøyet kan heller ikke brukes til å dokumentere klimagassutslipp fra et ferdig prosjekt (klimaregnskap) da kalkulatoren viser kun antatte utslipp i tidlig fase [25]. Spesielle tiltak, som geotekniske tiltak i grunnen, er ikke inkludert i beregningene.

4.2.2 LCA-verktøy for veg (VegLCA)

VegLCA er et excel-basert verktøy anskaffet av Statens Vegvesen, hvor man kan gjennomføre omfattende livsløpsvurderinger av alle slags veginfrastruktur-prosjekter. Tabellene for å legge inn data har samme hierarkiske oppbygning som kostnadsestimater i prosjekteringsgrunnlag, Prosesskode 1 og 2 (Statens Vegvesens håndbøker R761 og R762). Det forutsettes dermed at mengder av materialer og energi som skal medregnes i analysen foreligger på prosesskode-format ved utarbeidelse av miljøbudsjett for et vegprosjekt.

Bruksområde

VegLCA er tilpasset for bruk i senere planfaser av prosjekteringen av et vegprosjekt. For å få ønsket nytteverdi må et overslag på mengder for de ulike arbeidsprosessene foreligge. Dette gir et *miljøbudsjett* for prosjektet, det vil si en oversikt over hvilken miljøpåvirkning som vil forårsakes ved å benytte de mengdene av materialer og energi som er planlagt. Verktøyet er også ment for å kunne brukes i etterkant av bygging av et vegprosjekt, når en har regnskap på faktisk forbruk av materialer og energi. En slik analyse vil resultere i et *miljøregnskap* [26].

Begrensninger

Verktøyet er ikke egnet for tidligfaseberegninger. Dersom man har objekter som ikke kan beskrives via Vegvesenets standard prosesskoder, men må beskrives ved en spesiell beskrivelse, vil disse ikke inkluderes i livsløpsberegningene. Rundsum-prosesser i rigg og drift-kapittelet vil også falle utenfor livsløpsberegningene.

4.2.3 Statens vegvesens EFFEKT

Statens Vegvesen har klimabudsjett som del av sitt EFFEKT-verktøy for samfunnsøkonomisk lønnsomhet for vurdering i tidligfase. Dette gjøres samtidig som samfunnsøkonomiske beregninger.



4.3 Utenlandske LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter

4.3.1 Carbon emissions calculation tool

Highways England har utviklet et generelt LCA-verktøy for å beregne og kartlegge CO₂-utslipp knyttet til vegbygging, -vedlikehold og drift. Alle som jobber på oppdrag for Highways England er pliktig å benytte verktøyet for sine prosjekter. Verktøyet krever at mengder av alle benyttede materialer registreres, fordelt på 7 ulike material kategorier. I tillegg inkluderes utslippskilder knyttet til transport og avfall fordelt på 3 kategorier [27].

4.3.2 Klimatkalkyl

Klimatkalkyl er en modell utviklet av det svenske Trafikverket for å kunne beregne energiforbruk og klimabelastning fra transportinfrastrukturen ut fra et livssyklusperspektiv. Modellen kan benyttes for å gjennomføre klimaberegninger for hele eller deler av et investeringsobjekt, samt som verktøy for å jobbe effektivt og systematisk med klima- og energieffektivisering innen infrastrukturprosjekter. Trafikverkets styrende retningslinje TDOK 2015:0007 beskriver når og for hvilke operasjoner klimaberegninger skal gjennomføres. Modellen er basert på LCA-metodikk og benytter utslippsfaktorer sammen med ressursmaler og prosjektspesifikke inndata for å beregne energiforbruk og klimagassutslipp fra et objekt eller en operasjon [28].

Trafikverket bruker klimabudsjett aktivt for å nå målet om klimanøytralt Sverige innen 2050, der hensikten med Klimatkalkyl er delt i tre:

- Beslutningsunderlag, altså som grunnlag for klimatiltak i planprosessen.
- Grunnlag for målstyring, dokumentasjon og rapportering av klimaarbeidet.
- Operativt verktøy for effektiv og systematisk klimaeffektivisering.

Trafikverket har innført dette verktøyet for alle prosjekter over SEK 50 millioner [29].

4.3.3 LICCER Model

LICCER Model er et resultat av et flernasjonalt forskningsprosjekt kalt Life cycle considerations in EIA of road infrastructure (LICCER), initiert av ERA-NET ROAD II⁸. Modellen kan benyttes i alle faser av et prosjekt. Ved bruk som tidligfaseverktøy benyttes standardverdier tilpasset nasjonale forhold, mens det i senere faser er mulig å erstatte disse med prosjektspesifikke verdier. Målet med LICCER Model er å gi planleggere informasjon om årlig totalt energiforbruk og klimagassutslipp for ulike valg av/valgt vegtrasé, og tar hensyn til bygging, drift og vedlikehold i hele vegens levetid, inkludert bruk (trafikk) [30].

4.3.4 Rail Carbon Tool

Rail Carbon Tool er et web-basert verktøy utviklet av Rail Safety and Standards Board (RSSB) for organisasjoner og bedrifter tilknyttet britisk jernbaneindustri. Målet med verktøyet er å muliggjøre beregning av karbonfotavtrykket for britiske jernbaneprosjekter/-aktiviteter, identifisering av lavkarbonalternativer, samt valg av lavkarbonløsninger [31]. Rail Carbon Tool er et klimabudsjettverktøy for systematisk arbeid med klimabudsjett i store jernbaneprosjekt.

4.3.5 Athena Pavement LCA

Athena Pavement LCA er et fritt tilgjengelig LCA-basert web-verktøy for beregning av miljøpåvirkninger for kanadiske og amerikanske vegprosjekter.

⁸ ERA-NET ROAD II var et EU-finansiert flernasjonalt forskningsprosjekt som pågikk fra 2009-2011



Bakgrunnsdata for verktøyet er databaser for transport, materialer, energi og utstyr. Kildene til bakgrunnsdataene er blant annet Athena Institute og US LCI Database. Materialdata representerer nasjonale- eller industrigjennomsnitt knyttet til utvinning, prosessering og produksjon for hvert enkelt materiale. Verktøyet benytter regionale gjennomsnitt for energidata og transportavstander.

Verktøyet tar høyde for miljøbelastningen fra følgende deler av levetiden: materialproduksjon (inkludert ressursutvinning og resirkulerte materialer), konstruksjonsfase og bruksfase. Det tar ikke høyde for avhending.

Verktøyet presenterer resultater for ulike miljøbelastninger, samt drivstofforbruk og kostnadsrapport.

4.4 Oppsummering av LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter

Tabell 1 gir en grov oversikt over bruksområder og bruksfase for verktøyene som har blitt presentert tidligere i dette kapittelet.

Tabell 1: Oppsummering av relevante LCA-verktøy for veg- og jernbaneprosjekter.

LCA-verktøy (Eier av verktøyet i parentes)	Bruksområde	Fase		
		Tidligfase	Detaljfase	Byggefase
Bane NORs tidligfaseverktøy (Bane NOR)	Jernbane - klimabudsjett for planlagte tiltak/traséer	x		
VegLCA (Statens Vegvesen)	Veg – utarbeidelse av miljøbudsjett og miljøregnskap		x	x
EFFEKT (Statens Vegvesen)	Veg - klimabudsjett som del av vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet	x		
Carbon emissions calculation tool (Highways England)	Veg – beregne/kartlegge CO2- utslipp knyttet til vegbygging, - vedlikehold og drift	(?)	(?)	(?)
Klimatkalkyl (Trafikverket (Sverige))	Veg og jernbane – klima- /miljøbudsjett og -regnskap	x	x	x
LICCER Model (ERA- NET ROAD II (EU- finansiert flernasjonalt forskningsprosjekt)	Veg - klima-/miljøbudsjett og - regnskap	x	x	x
Rail Carbon Tool (RSSB (Storbritannia))	Jernbane – klimabudsjettverktøy for store jernbaneprosjekter	x	(?)	(?)
Athena Pavement LCA (The Athena Institute (Canada))	Veg – utarbeidelse av miljøbudsjett og miljøregnskap	x	(?)	(?)



5 Databaser

LCA-verktøy er beregningsverktøy som i prinsippet skal gi samme resultat dersom man legger inn de samme forutsetningene. Forskjellene mellom LCA-verktøy er først og fremst knyttet til brukergrensesnitt og analytiske muligheter, f.eks. muligheter for å gjøre følsomhetsberegninger, usikkerhetsberegninger og simuleringer. Hvilket verktøy som benyttes bør i liten grad påvirke resultatene; det er hvilke data man benytter, og hvilke metoder som brukes for å beregne miljøpåvirkningen, som er av størst betydning.

Mange av grunnlagsdataene som benyttes hentes fra bakgrunnsdatabaser som inneholder mer eller mindre relevante data for mengder, ressursbruk og utslipp for mer eller mindre generiske prosesser. Det kan f.eks. være 1 liter bensin, der bakgrunnsdata vil sikre at ressursbruk og utslipp fra det separate livsløpet vil inkluderes i en større analyse.

Databasene som vurderes som mest relevante å benytte i et LCA-verktøy for Kortreist stein vil i det følgende bli presentert. Det er fokusert på europeiske databaser da disse er vurdert som mest relevante for norske forhold. Et større bilde kan tilegnes f.eks. ved å besøke oversikten over LCA databaser hos Greenhouse Gas Protocol: <http://www.ghgprotocol.org/life-cycle-databases>.

5.1 The European life cycle database (ELCD)

ELCD ble utviklet gjennom det EU-finansierte forskningsprogrammet Joint Research Center i 2006. Databasen følger ISO 14040 og 14044 og inneholder data fra blant annet kjemisk og metallindustri, samt energiproduksjon, transport og avfallshåndtering. Datasettene fra ELCD er blant annet integrert i SimaPro sin LCA-software [32] [33].

5.2 Ecoinvent

Ecoinvent er den mest kjente og utbredte LCA-databasen på verdensbasis med over 10 000 LCI datasett. Den ble utviklet i Sveits i 2003 med støtte fra Swiss Centre for Life Cycle Inventories og har blitt oppgradert ved flere anledninger siden den gang. Siste versjon, ecoinvent version 3.4, ble lansert i oktober 2017. Siden 2013 har ecoinvent vært en selvstendig organisasjon.

Databasen inneholder data innen energiforsyning, ressursutvinning, materialforsyning, kjemikalier, metaller, jordbruk, avfallshåndtering og transport [34].

5.3 GaBi LCA-databaser

GaBi LCA-databaser er utviklet av thinkstep, en tysk software- og rådgivningsbedrift innen LCA og bærekraft. Databasene inneholder over 10 000 LCI datasett fordelt på de fleste industrier, deriblant landbruk, bygg og anlegg, kjemikalier og materialer, energi, industrielle produkter og metaller og gruvedrift. Alle LCI datasett i GaBi LCA-databaser er generert i henhold til ISO 14044, ISO 14064 og ISO 14025 standardene. Det gjennomføres en årlig gjennomgang av databasen for å sørge for at den til enhver tid inneholder relevante og oppdaterte data [35].



6 Avsluttende bemerkninger

Norges geografi gjør at vi er et av de landene i verden med størst tetthet av tunneler og vegskjæringer per km veg eller jernbane. I 2015 ble det tatt ut ca. 7 000 000 m³ fra norske fjell og bergrom. Dette setter Norge i en særstilling med tanke på potensiale for utnyttelse av bergmasser. En følge av dette er at det ikke finnes mange relevante analyser, studier eller verktøy på området, noe vi har erfart gjennom arbeidet med denne rapporten. Dette fører til at deler av rapporten kan virke mangelfull med tanke på relevante referanser. Det ovennevnte tydeliggjør behovet for innovasjonen i prosjektet, og definerer årsaken til at prosjektet ble initiert.

Som grunnlag for et modellverktøy for Kortreist stein er det tilstrekkelig å få et grovt bilde av ulike materialer og prosessers betydning, for valg av hovedprosesser i verktøyet. Det er valgt å referere til utvalgte representative studier for å gi et bilde av aktuelle miljø- og klimabelastninger, i den grad relevante studier har vært tilgjengelig. Referanselisten er dermed på langt nær uttømmende. Det er også viktig å merke seg at miljø- og klimabelastning i stor grad er prosjektspesifikk. Hver enkelt LCA-studie og –analyse gir derfor først og fremst et bilde av klima- og miljøbelastningen for de spesifikke prosessene som er studert, i det aktuelle prosjektet.

I SOTA-rapporten gjennomgås norske og utenlandske LCA-verktøy og –metoder som er relevante som grunnlag for utvikling av et LCA-verktøy for utnyttelse av Kortreist stein. Det finnes tilgjengelige verktøy både for veg og jernbane, men ingen av verktøyene som er kartlagt gjennom arbeidet med denne rapporten har særlig oppmerksomhet på utnyttelse av bergmasser. Utvikling av et LCA-verktøy for Kortreist stein er dermed, så vidt vi har kjennskap til, nybrottsarbeid. Verktøyet vil derfor i hovedsak måtte bygges opp fra bunnen av for å oppfylle ønskelige funksjoner. Programvare som for eksempel SimaPro kan benyttes som grunnlag.

Basert på relevante prosesser og LCA-verktøy presentert i denne rapporten, samt avgrensninger beskrevet innledningsvis, ser vi for oss at LCA-verktøyet som skal utarbeides i det videre arbeidet grovt sett vil ha følgende rammer:

- Det skal fokuseres på utnyttelse av høyverdige steinmasser (vi ser kun på disse massene)
- LCA-verktøyet skal være til bruk i enkeltprosjekter. Det vil si at det som utgangspunkt ikke vil tas hensyn til samkjøring mellom ulike nærliggende prosjekter, med mindre brukeren av verktøyet selv tar initiativ til dette.
- Masseflyten skal være en input-faktor. Det betyr at verktøyet ikke tar hensyn til vurderinger rundt masseflyt, men forutsetter at denne er kjent for bruker av verktøyet.
- Verktøyet skal kunne brukes både i tidligfase (som ett av flere grunnlag for vurdering av trasevalg) og i detaljfase/byggefase. Det er ikke avgjort om det blir aktuelt å aggregere/nyansere prosesser og inngangsdata mer enn at selve estimatene naturlig blir bedre.
- Det vil ses på muligheter for hvordan lokal miljøbelastning kan inkluderes i verktøyet for å integrere negative virkninger av permanente deponi eller steinbrudd ved hhv. positiv eller negativ massebalanse.
- Masseuttaksmetode, massetransport og utnyttelse av steinmasser på anleggsområdet vil være sentrale elementer som er tenkt inkludert i verktøyet.



Referanser

- [1] Samferdselsdepartementet, «Meld. St. 33 - Nasjonal Transportplan 2018-2019,» Samferdselsdepartementet, 2017.
- [2] NFF, «Tunnelstatistikken 2016,» 06 Desember 2016. [Internett]. Available: <http://nff.no/nyheter-og-tall/fagstoff/tunnelstatestikk/>.
- [3] BREEAM, «BREEAM,» 26 juni 2017. [Internett]. Available: <http://www.breeam.com/>.
- [4] CEEQUAL, «CEEQUAL,» 26 juni 2017. [Internett]. Available: <http://www.ceequal.com/>.
- [5] EPD-Norge, «Hva er en EPD?,» 15 6 2017. [Internett]. Available: <http://epd-norge.no/hva-er-en-epd/>.
- [6] EPD-Norge, «Hva er en PCR?,» 15 6 2017. [Internett]. Available: <http://epd-norge.no/pcr/>.
- [7] Asplan Viak, «Miljøbudsjett for Follobanen,» Jernbaneverket, 2011.
- [8] Multiconsult, «Nytt Dobbelspor Oslo –Ski, Ski Stasjon - Detaljplan Miljøbudsjett for over- og underbygning,» Jernbaneverket, 2012.
- [9] NIRAS, «CO2-UTSLIPP FOR STREKNINGEN E6 KOLOMOEN - MOELV,» Nye Veier, 2016.
- [10] K. Aarstad et al, «Local materials – production and utilization (State of the art),» 2017.
- [11] Multiconsult, «Miljøtiltak for Bussveien,» Statens vegvesen Region vest, 2016.
- [12] L. B. R. B. A. J. P. & S. A. Huang, «LIFE CYCLE ASSESSMENT OF NORWEGIAN STANDARD ROAD TUNNEL,» i *The 6th International Conference on Life Cycle Management*, Göteborg, 2013.
- [13] L. D. SCHWARTZENTRUBER, E. Humbert og R. Bonnet, «Life Cycle Assessment applied to the construction of tunnel,» i *ITA WTC 2015 Congress and 41st General Assembly*, Dubrovnik, 2015.
- [14] R. Bragstad, R. Telle og P. Senstad, «Miljøeffekter og energireduksjon ved asfalt-produksjon og utlegging,» Statens Vegvesen, 2014.
- [15] Y. Huang et al, «Life Cycle Assessment of Asphalt Pavements,» *Journal of Cleaner Production*, 2010.
- [16] A. A. Butt, *Life Cycle Assessment of Asphalt Pavements including the Feedstock Energy and Asphalt Additives*, 2012.
- [17] Collaborative Research Programme, «asPECT,» 12 Juni 2017. [Internett]. Available: <http://www.sustainabilityofhighways.org.uk/>.



- [18] M. Tremblay og A. Jullien, «ECORCE AS AN INTERNATIONAL PAVEMENT LCA TOOL: A STUDY OF ADAPTATIONS REQUIRED FOR APPLICATION IN DIFFERENT COUNTRIES,» i *International Symposium on Pavement LCA 2014*, Davis, California, 2014.
- [19] D. A. Korre og P. S. Durucan, «Life Cycle Assessment of aggregates,» Water and Resource Action Programme (WRAP), London, 2009.
- [20] M. Fladvad, *Kortreist stein*, Statens Vegvesen / NTNU, 2017.
- [21] Asplan Viak, «SimaPro,» 08 juli 2017. [Internett]. Available: <https://www.asplanviak.no/simapro/>.
- [22] thinkstep, «Gabi Software,» 07 07 2017. [Internett]. Available: <http://www.gabi-software.com>.
- [23] Greendelta, «The open source Life Cycle and Sustainability Assessment software,» 07 07 2017. [Internett]. Available: <http://www.openlca.org/>.
- [24] Bionova, 07 07 2017. [Internett]. Available: <http://www.bionova.fi/en/news/one-click-lca-allows-everyone-do-environmental-assessments-buildings-and-products>.
- [25] Bane NOR, *Excelark fra Bane NOR-tidligfaseverktøy klima*.
- [26] J. Hammervold, «Brukerveiledning for VegLCA v1.02,» Statens Vegvesen, 2016.
- [27] Highways England, «Carbon emissions calculation tool: Highways England,» 12 Juni 2017. [Internett]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-tool>.
- [28] S. Toller og J. Norberg, «Klimatkalkyl version 5.0 - Beräkning av infrastrukturens Klimatpåverkan och energianvändning i ett livscykelperspektiv,» Trafikverket, 2017.
- [29] Jernbaneverket, «Beslutningsnotat klimabudsjett for InterCity-prosjektene,» 2016.
- [30] J. Potting, H. Brattebø, H. Birgisdottir og K. Lundberg, «LICCER Model Technical Report,» ERA-NET ROAD, 2013.
- [31] RSSB, «Rail Carbon Tool - User Guide - RSSB,» 13 6 2017. [Internett]. Available: <https://www.rssb.co.uk/Library/improving-industry-performance/2017-02-user-guide-rail-carbon-tool.pdf>.
- [32] Joint Research Center, «JRC: European Life Cycle Database,» 21 11 2017. [Internett]. Available: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/>.
- [33] Pré Consultants B.V., «Simapro: Databases: ELCD,» 21 11 2017. [Internett]. Available: <https://simapro.com/databases/elcd/>.
- [34] ecoinvent, «Home: Database: ecoinvent 3.4,» 21 11 2017. [Internett]. Available: <http://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-34/ecoinvent-34.html>.
- [35] thinkstep, «GaBi Software: GaBi databases,» 21 11 2017. [Internett]. Available: <http://www.gabi-software.com/norway/databases/gabi-databases/>.



- [36] Prosjektbeskrivelse Kortreist Stein, «Prosjektbeskrivelse Kortreist Stein,» 2016.
- [37] A. Jullien, «Road LCA: the dedicated ECORCE tool and database,» 13 6 2017. [Internett]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/273520125_Road_LCA_the_dedicated_ECORCE_tool_and_database.
- [38] A. Jullien, «Road LCA: the dedicated ECORCE tool and database,» *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20(5), 2015.
- [39] L. Huang et al, «LIFE CYCLE ASSESSMENT OF NORWEGIAN STANDARD ROAD,» i *The 6th International Conference on Life Cycle Management in Gothenburg 2013*, 2013.





KORTREIST STEIN



Statens vegvesen



HORDALAND
FYLKESKOMMUNE



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -



BERGEN
KOMMUNE

Multiconsult



asplan viak

BANE NOR

NTNU



SINTEF

 **Forskningsrådet**

Støttet av Norges forskningsråd

