



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC W 22011

Examensarbete 30 hp
Juni 2022

Potentiella miljövinster inom anläggningssektorn sett ur ett livscykelanalysperspektiv

Genomförande och utvärdering av en livscykelanalys
på en vägsektion

Johan Wallsten

REFERAT

Potentiella miljövinster inom anläggningssektorn sett ur ett livscykelanalysperspektiv

Johan Wallsten

Bygg och anläggningssektorn står för en stor del av Sveriges totala miljöpåverkan. År 2021 stod sektorn för 21 % av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, vilket efter inrikes transporter är störst i Sverige. Efter att IVA och Sveriges Byggindustrier släppte en rapport år 2014, infördes en lag 2022 där krav ställdes på klimatdeklaration för nya byggnader. Även om samma krav inte än gäller för anläggningssektorn, har Upphandlingsmyndigheten publicerat klimatkrav 2021 som kan användas vid upphandlingar av anläggningsprojekt. Företag inom branschen räknar också med att hållbarhetskrav kommer ställas för de flesta anläggningsprojekt inom en snar framtid.

För att få en bild av ett projekts totala miljöpåverkan, används ofta metodiken hos en livscykelanalys. Livscykelanalys, även kallat LCA, är ett verktyg som beräknar miljöpåverkan under en produkts, ett systems eller ett materials hela livscykel, från vagga till grav. Det kan användas för att se i vilket skede av ett projekts livscykel miljöpåverkan är som störst och vilka ingående material/massor/produkter som är värst sett ur en miljösynpunkt. Miljöpåverkan innefattar en rad olika faktorer såsom försurning och eutrofiering, dock läggs fokus på global uppvärmningspotential (GWP) i den här rapporten. Resultatet kan sedan användas för att projektera och bygga med mindre miljöpåverkan. Det här projektet syftar till att göra en livscykelanalys på ett genomfört vägbygge i ett tätbebyggt område. Vägbygget består av vägkroppen med tillhörande gång- och cykelbana samt VA-ledningar. En genomsnittlig vägsektion på 100 m valdes ut från projektet, som skalades upp 10 gånger till 1 km för att kunna jämföras med andra studier där den funktionella enheten var densamma. Livslängden på vägen sattes till 100 år, där de olika ingående delarnas livslängd i vägen varierade. Beräkningarna utgick från en mängdförteckning över projektet med ingående mängder, och beräkningsprogrammet som användes var One Click LCA.

Resultatet av projektet visade på att markförstärkning med kalk-cementpelare (KC) var värst sett ur en miljösynpunkt. När KC-pelare inklusive användningen av KC-pelarmaskin under byggfasen inkluderades ökade projektets totala miljöpåverkan med ca 200 %, och orsakade 1437 ton CO₂-Ekvivalenter av 2167. Utan markförstärkning var projektet ansvarigt för 729 ton CO₂-Ekvivalenter i utsläpp. När KC-pelare exkluderades utgjorde asfaltmaterialet 41 % av projektets totala miljöpåverkan. Om resultaten från studien ska kopplas till Upphandlingsmyndigheten krav från 2021 syns det tydligt att störst miljövinster kan göras tidigt i projektering genom uppförande av livscykelanalys, samt att välja rätt val sett ur en miljösynpunkt. Bara genom att använda en grön asfalt till slitlagret kan projektets miljöpåverkan minska från 729 ton till 660 utan markförstärkning, en minskning med 9 %. Resultaten visar på att konstruktionsfasen A1-A3 orsakade störst miljöpåverkan, där stora möjligheter till förbättring finns.

Fortsatt undersökning skulle behöva inkludera kostnadsaspekten, då även om ett material är bättre ur en miljösynpunkt kan det vara ekonomiskt oförsvarbart att välja det. Inom projektets systemgränser exkluderades bland annat trädplantering och vegetationsförberedning. Dessa kan ha en positiv inverkan på projektets totala miljöpåverkan då träd kan lagra koldioxid under sin livslängd, och marken kan användas som biobädd alternativt inkludera biokol.

Nyckelord: anläggning, livscykelanalys, LCA, miljöpåverkan, projektering

*Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten-, och landskapslära, Uppsala universitet
Villavägen 16, SE-75236 Uppsala
ISSN 1401-5765*

ABSTRACT

Potential environmental profits in the construction sector from a life cycle analysis perspective

Johan Wallsten

The building- and construction sector accounts for a large amount of Sweden's total environmental impact. The year 2021 it was responsible for 21 % of Sweden's total emission of GHG:s, which is the second largest sector after domestic transport. After a report made by IVA and Sveriges Byggindustrier was released 2014, a new law was enacted where the construction of new buildings had to be climate declared, with small exceptions. Even if the same demands don't apply for the building- and construction sector, the Procurement Authority published climate requirements to be used in procurement's and design. Companies within the business is counting on that climate requirements will be mandatory within construction projects in a near future.

To get a picture of a projects total environmental impact, a life cycle analysis is often used. Life cycle analysis, in short LCA, is a tool to calculate the environmental impact of a project/material/product from cradle to grave. It can be used to see hot-spots where a projects life cycle has the largest environmental impact. Environmental impact includes a number of factors like acidification and ozone depletion potential, although focus will be on global warming potential (GWP) in this study. The results can be used to plan and build with a reduced environmental impact.

The aim with this study was to make a life cycle analysis on a implemented road construction in a densely populated area. The analysis includes a walk- and cycle-path and water and sewage pipes beneath the road. An average road-section of 100 m was chosen from the project, where it was scaled up 10 times to easier be compared with previously conducted studies. The service life was set to 100 years, where the service life for the components in the road varied. The calculations originated from a quantity list from the project, and the calculation program used was One Click LCA.

The results from the project showed that ground reinforcement with lime cement pillars was worst from an environmental standpoint. The inclusion of ground reinforcement increased the projects total environmental impact with approximately 200 %, and was responsible for 1437 ton CO₂-Equivalents of a total of 2167. Without ground reinforcement the projects total environmental impact was 729 ton CO₂-Equivalents. Asphalt showed to be the most contributing part in the project, with 41 % of the projects total environmental impact.

If the results of the study is to be linked to the demands of the Procurement Authority from 2021, it is clear that environmental profits can be made early in the design phase. By making a LCA, the right choice can be made from an environmental standpoint. Just by choosing Green asphalt on the wear layer of the road, the environmental impact can be lowered 9 % while ground reinforcement is excluded. The results shows clearly that the construction phase A1-A3 caused the greatest environmental impact, and had great possibilities for improvement within the chain.

Regarding future investigations, the cost aspect need to be included. Even if a material is better seen from an environmental standpoint, it can be economically indefensible to choose it. Within the projects system boundaries planting of trees and vegetation was excluded, which could have a positive effect on the projects total environmental impact.

Keywords: construction, life cycle analysis, LCA, environmental impact, design

*Department of Earth Sciences, Air, Water and Landscape Science, Geocentrum, Uppsala university
Villavägen 16, SE-75236 Uppsala, Sweden
ISSN 1401-5765*

FÖRORD

Detta examensarbete avslutar studierna på Civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet och Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng och har genomförts under 20 veckor på konsultföretaget Structor Uppsala AB. Handledare från företaget var Erika Hagström och Eric Lindskog. Ämnesgranskare från Uppsala universitet var Maria Ask vid Institutionen för geovetenskaper och examinator var Johan Arnqvist vid Institutionen för geovetenskaper.

Jag vill rikta ett stort tack till Erika och Eric för er värdefulla input, engagemang i arbetet samt hjälp med expertis och råd. Stort tack till Maria, som guidat mig genom arbetet och kommit med värdefulla synpunkter gällande mitt akademiska skrivande. Jag vill även rikta ett stort tack till Caroline Liljenström på KTH, som med sin expertkunskap inom LCA hjälpt mig förstå verktyget, och lägga upp arbetet på ett korrekt sätt. Slutligen vill jag tacka Erik Larsson och resten av teamet för hjälpen och stöttningen med deras program One Click LCA. Tack också till alla ni andra som på något sätt hjälpt mig och bidragit till examensarbetet.

Johan Wallsten
Uppsala
2022-06-22

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

I dagsläget står bygg- och anläggningssektorn för näst störst del av Sveriges växthusgasutsläpp, där endast inrikes transport står för mer enligt Boverket. År 2021 stod sektorn för 21 % av Sveriges totala utsläpp. 2014 släpptes en rapport gjord av IVA & Sveriges Byggindustrier, och efter det infördes en lag 2022 där uppförandet av nya byggnader krävde en klimatdeklaration. Från att kunna bygga utan riktiga regler vad gäller utsläppsmängd, finns nu riktlinjer och krav som ställs vid projektering av uppförandet av de flesta nya byggnader, men några få undantag. Rapporten gjord 2014 av IVA & Sveriges Byggindustrier gav upphov till att Upphandlingsmyndigheten år 2021 publicerade klimatkrav som kan användas vid upphandlingar av anläggningsprojekt. Även om dessa inte är obligatoriska, räknar företag inom branschen att de kommer bli det inom snar framtid. Då byggnadssektorn kommit en mycket längre väg än anläggningssektorn, står den inför stora utmaningar i framtida projektering.

För att skapa sig en bild över hur mycket ett projekt kommer påverka miljön, används ofta verktyget livscykelanalys. Livscykelanalys, också kallat för LCA, är ett verktyg som beräknar en produkts, projekts eller systems totala miljöpåverkan från vagg till grav. Med vagg till grav menas de naturliga effekter kopplade till alla faser i produktens livslängd från inhämtning av råmaterial, bearbetning av dessa material, tillverkning, spridning, användning, underhåll och reparation, och försäljning eller återanvändning.

Vägens uppbyggnad består i huvudsak av två delar, underbyggnad och överbyggnad. Underbyggnad består av den orörda delen av marken, och överbyggnaden består av en rad olika komponenter för att öka vägens bärighet och livslängd. Under vägar i framförallt tätbebyggda områden finns en rad ledningar under, där den här studien inkluderar vattenledningarna. VA-nätet delas in i tre huvudtyper, vilka är vatten, spillvatten, dagvatten (och eventuellt dränerningsvatten).

Vid studering av tidigare livscykelanalyser inom området står det klart att ingen tidigare genomförts för en vägsektion innehållande både vägkropp och ledningar under. Studier gjorda endast av vägen visar generellt på att asfalt och betong har en hög miljöpåverkan. De visar även på att konstruktionsdelen står för den största delen av vägens miljöpåverkan. En studie gjord på vägdräneringssystem visar på att användandet av jungfruligt material samt transport och anläggningsarbeten runtomkring projektet stod för en stor del av dess miljöpåverkan.

Livscykelanalysen som genomförs i den här studien är på ett genomfört vägbygge i en tätort, med tillhörande gång och cykelbana samt VA-ledningar under vägen. Utifrån den ursprungliga vägen, valdes en representativ sektion ut med en sträcka på 100 m. Den skalades upp till 1 km, för att lättare kunna jämföras med andra studier där studierna också varit på 1 km. Livslängden på vägen sattes till 100 år, där livslängden på olika ingående material och produkter i det totala systemet varierade. Livscykelanalysen gjordes utifrån en mängdförteckning över projektet, där alla ingående material, produkter och massor som var med inkluderades. Utifrån den skapades systemgränser för att begränsa studien, och kunna ge ett så representativt resultat som möjligt. Beräkningarna för att kunna genomföra studien möjliggjordes med klimatberäkningsprogrammet One Click LCA. Frågorna som skulle besvaras var:

- Hur mycket spelar materialval och arbetsmetoder roll gällande växthusgasutsläpp vid ett vägbygge med GC-bana och tillhörande VA-ledningar?
- Kan utsläppen minska markant genom att förbättra en del i en produkts eller arbetsmetods livskedja?
- Var kan de största miljövinsterna göras i framtida anläggning av väg?

Resultatet visade tydligt att hot-spoten vad gäller klimatpåverkan kom från markförstärkning i form av kalk-cementpelare. Totalt var den representativa vägsektionen ansvarig för ett utsläpp av 2167 ton CO₂ under sin livstid, varav kalkcementpelare samt användningen av kalkcementpelarmaskinen stod för 1437 ton CO₂. I klassificeringen gjord i programmet finns olika färger där röd är det värsta materialet sett ur en miljösynpunkt, vilket kalkcementpelarna fick. Under hela projektets livscykel skedde den största påverkan under stegen A1-A3, vilket är extraktion av råmaterial, transport från extraktionsplats till tillverkningsplats samt tillverkning. Efter det kom stegen B4-B5, vilka är byte och renovering samt transport för delarna använda till bytet. Det kan förklaras med att asfalt till vägens översta lager kallad slitlagret, som med 297 ton koldioxid bidrar till en signifikant del men hamnar i skymundan bakom kalkcementpelarna, behöver bytas ut 5 gånger under vägens livstid.

Kalkcementpelarna inkluderades som en principiell fråga, för att här se hur dess miljöpåverkan ser ut då det kan tillkomma i många fall av vägbyggen. Det krävs då marken inte är tillräckligt stabil för att klara av att fördela vikten av vägen samt fordonen som framförs på den. Resultaten från den livscykelanalysen jämfört med den andra med markförstärkning varierade stort. Utsläppet från projektet minskade från 2167 ton till 729 ton CO₂, en minskning med 66 %. Trots exkluderingen av markförstärkning, är stegen A1-A3 fortfarande de mest påverkande ur en miljösynpunkt. Materialet med mest miljöpåverkan är färdigblandad betong, följt av betongmarksten och sedan asfalt. Då markförstärkning exkluderas, står asfalt använt till slitlagret samt bärlagret för ca 41 % av projektets totala miljöpåverkan.

Vad som även blir tydligt är den stora skillnaden i klimatpåverkan mellan massor inköpta till projektet, bortgrävda och schaktade massor samt massor som kan återanvändas i projektet. Trots att mängden massor som kan återanvändas är totalt 17 000 ton, är klimatpåverkan från dessa endast 250 kilo CO₂-Ekv. Det kan jämföras med bortgräva och schaktade massor, med en vikt på 21 000 ton och en klimatpåverkan av 31 ton. Slutligen är inköpta massor klart värst sett ur en miljösynpunkt, med 36 000 ton massa som står för 71 ton CO₂. När vägens beståndsdelar delas upp, är ungefär 40 % av klimatpåverkan från överbyggnaden och 20 % från underbyggnaden. 10 % vardera kommer från fundament och geotekniska strukturer, massor inköpta till projektet och system såsom VA-ledningar.

Slutsatsen från studien gällande de olika frågeställningarna var att materialval och arbetsmetoder spelar stor roll gällande växthusgasutsläppen. Genom att genomföra en LCA i ett projekteringskede efter att en mängdförteckning tagits ut för projektet, kan olika material med likadana egenskaper jämföras för att välja den bästa sett ur en miljösynpunkt. Arbetsmetoderna spelar en stor roll, och i materialens livskedja syns det att en stor förbättring kan ske i extraktion och produktionssteget i början av livscykeln. I jämförelse mellan olika poster inkluderade i databasen med liknande eller likadana egenskaper kan materialval utgöra skillnaden på en minskning med flertal procent för det totala projektet, och det är då endast en post byts ut. Om varje ingående del väljs med miljöhänsyn, finns stora förbättringsmöjligheter. I första hand bör markförstärkning undvikas i allra största mån, då det är det i särklass värsta materialen i den totala livscykeln. Efter det bör en asfaltstyp väljas med så lågt klimatavtryck som möjligt, då asfalten som används i slitlagret har en kort livslängd och behöver bytas ut flera gånger under vägens livslängd.

För att bygga vidare på den här studien bör kostnadsaspekten beaktas, då vissa av valen kan vara miljömässigt gynnsamma men inte ekonomiskt. Det gäller att hitta kombinationen ur både en miljösynpunkt och ekonomisk synpunkt. Transporten bör beräknas noggrannare, och plantering av träd samt vegetation bör beaktas. Dessa kan minska projektets miljöpåverkan, i och med dess förmåga att binda in koldioxid under deras livslängd.

ORDLISTA

ALCA	Attributionell livscykelanalys - Avser att svara på frågor över hur stor miljöpåverkan något har nu. Medeldata används i beräkningar.
CML 2001	Miljöpåverkansbedömningsmetod som används för karakterisering och normalisering av klimatdata.
CO₂-Ekv.	Koldioxidekvivalenter - mått på utsläpp av växthusgaser som tar hänsyn till att olika gaser har olika förmåga att bidra till växthuseffekten.
EPD	Miljövarudeklaration som beskriver produktens miljöpåverkan under hela dess livscykel. Data används vid genomförande av en LCA.
Fraktion 0/64	Beskrivning av en fraktionsstorlek, där minsta tillåtna storlek är 0 mm och största tillåtna är 64 mm.
Funktionell enhet	En referensenhet till vilken man kan relatera input- och outputdata, som är tydligt definierbar och mätbar.
KC-pelare	Kalkcementpelare - Används till förstärkning av jord för att klara påfrestningar genom att blanda in bindemedel direkt i jorden.
ISO	International Organization for Standardization - en oberoende icke-statlig internationell organisation som utvecklar globala standarder.
LCA	Livscykelanalys, ett verktyg som används för att kunna se hela påverkan från vagga till grav.
Mängdförteckning (MF)	Mängdförteckning för projektet där listade mängder som använts i projektet finns med, samt beteckning och typ.
Nedstigningsbrunn	En brunn i direkt kontakt med ledningen tillräckligt stor för att en människa ska kunna gå ner och inspektera ledningen.
OCL	One Click LCA - Heltäckande programvara för beräkning av koldioxidutsläpp & livscykelanalys.
Vagga till grav	En analysteknik inom LCA för att bedöma miljöpåverkan associerad med alla stadier av en produkts eller systems liv.

FÖRTECKNING LIVSCYKELFASER

- A1** Extraktion av råmaterial.
- A2** Transport från extraktionsplats till tillverkningsplats.
- A3** Tillverkning.
- A4** Transport av material till, från och inom arbetsplatsen.
- A4b** Transport av schaktmassor till, från och inom arbetsplatsen.
- A5** Byggprocessen. Avser konstruktionsarbete på arbetsplats.
- B1** Användning. Avser allmän användning av studerat material, system eller produkt. Inkluderar möjliga karbonatiseringseffekter under användningsfasen.
- B2** Allmänt och säsongsbetonat underhåll.
- B3** Reparering. Inkluderar produktion, transport och förfogande av nödvändiga material.
- B4** Byte. Inkluderar produktion, transport och förfogande av nödvändiga material.
- B5** Renovering. Inkluderar produktion, transport och förfogande av nödvändiga material.
- B6** Operativ energianvändning.
- B7** Operativ vattenanvändning.
- C1** Rivning & isärmontering.
- C2** Transport till avfallshantering eller bortskaffande.
- C3** Avfallshantering.
- C4** Sluthantering.
- D** Potentiella nettovinster från återanvändning, återvinning och/eller energiåtervinning bortom systemgränsen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

REFERAT	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	III
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	IV
ORDLISTA	VI
FÖRTECKNING LIVSCYKELFASER	VII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Väggroppen och dess VA-system	2
1.3 Tidigare LCA-studier på vägar	3
1.4 Mål och syfte	5
1.5 Allmänna begränsningar	6
2 LCA-METODENS TEORI	7
2.1 Mål och omfattning	8
2.1.1 Funktionell enhet	8
2.1.2 Systemgränser	9
2.1.3 ALCA och CLCA	9
2.2 Inventerings-analys	10
2.3 Miljöpåverkansbedömning	13
2.4 Tolkning av resultat	15
2.5 One Click LCA	15
3 STUDIENS LCA-MODELL	16
3.1 Funktionell enhet	16
3.2 Systemgränser	16
3.2.1 Geografiska begränsningar och antaganden	20
3.2.2 Tidsbegränsningar och antaganden	21
3.2.3 Tekniska begränsningar och antaganden	21
3.2.4 Cut-off-kriterier	21
3.2.5 Allokeringprocesser	22
3.3 Miljöpåverkanskategorier	22
4 LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS	24
4.1 Markarbeten och masstransporter	26
4.1.1 Massor inköpta för projektet	26
4.1.2 Schaktade och avlägsnade massor	28
4.1.3 Massor som kan återanvändas i projektet	30
4.2 Konstruktionsmaterial	30
4.2.1 Fundament och geotekniska strukturer	31
4.2.2 Tekniska strukturer	34

4.2.3	System	36
4.2.4	Yt- och beläggningsskikt	39
4.3	Byggarbetsplatsen	40
4.3.1	Bränsleförbrukning i samband med användande av maskiner	41
4.4	Livscykel påverkans bedömning (LCIA)	43
5	RESULTAT	43
5.1	Resultat scenario 1	43
5.2	Resultat scenario 2	48
5.3	Skillnader i dataval	54
5.4	Diesel kontra biodiesel	54
6	DISKUSSION	56
6.1	Materialval och arbetsmetoder	56
6.2	Förbättringar i livskedja	57
6.3	Potentiella miljövinster	58
6.4	Jämförelse mot tidigare studier	59
6.5	Utmaningar med vald LCA-modell	60
6.6	Framtida studier	61
7	SLUTSATS	63
	REFERENSER	64
	BILAGOR	68
7.1	Appendix 1	68
7.2	Appendix 2	74
7.3	Appendix 3	81

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Klimatpåverkan från bygg och anläggningssektorn har på senaste tiden uppmärksammats allt mer och mer, speciellt efter IVA:s och Sveriges Byggindustriers rapport som släpptes 2014 (Westerlund m. fl. 2014). Enligt rapporten stod bygg- och anläggningssektorn för ca 10 miljoner ton utsläpp av koldioxidequivaler per år, och 17 % av Sveriges totala andel av växthusgasutsläpp år 2012. Av dessa kommer den största delen från anläggningsprojekt, som står för ca 6 miljoner ton utsläpp varje år. De utsläppen kommer främst från vägar och järnvägar, som står för cirka hälften av alla investeringar i anläggningsprojekt (Westerlund m. fl. 2014). Trots att det oftast är transportsektorn som det pratas mest om vad gäller utsläpp, står bygg- och anläggningssektorn på andra plats och är ansvarig för betydligt mer än utsläppen från alla bussar och lastbilar i Sverige (Westerlund m. fl. 2014). Enligt en ny rapport hade siffrorna stigit till 12 miljoner ton och 20 % 2018 (Boverket 2021).

I och med rapporten från 2014 ställdes frågan om varför inte större krav ställs på klimatåtgärder i byggprojekt. Rapporten var viktig, och satte igång diskussioner angående ämnet. Efter några år godkändes en ny lag om klimatdeklaration för byggnader som uppförs. Syftet med lagen är att främst minska klimatpåverkan från byggskedet, då den identifierats som den största delen vid uppförandet av nya byggnader. Sett ur ett livscykelperspektiv sker den största utsläpps delen i produktskedet, samt från driftenergin vid användandet av byggnader (Boverket 2021).

Samma lagkrav gäller inte för anläggningsbranschen. Upphandlingsmyndigheten publicerade dock klimatkrav 2021 som kan användas av kommuner, regioner och statliga aktörer vid upphandlingar av projekteringar samt projekteringar av anläggningsprojekt. Kraven är hårda, där det tuffaste innebär en halvering av klimatpåverkan. Med användandet av dessa blir det enklare att ställa krav som verkligen kommer att leda till en minskad miljöpåverkan vid projektering och byggande (Upphandlingsmyndigheten 2021).

Även om dessa klimatkrav från Upphandlingsmyndigheten gällande anläggning är frivilliga att använda för beställaren, blir de mer och mer vanliga att implementera vid upphandlingen. Företag räknar med att vägledningen blir standard, och att hållbarhetskrav ställs i alla typer av anläggningsprojekt (Sweco 2021). För att kunna möta dessa krav, behöver företag ha koll på och förstå klimatförbättringar inte bara från klimatsmartare material, men också medvetna val i tidigt projekteringskede.

För att kunna minska klimatpåverkan och deklarerat ett projekts påverkan utifrån flera aspekter, behöver en livscykelanalys genomföras. En livscykelanalys, även kallat LCA är en metod som används för att kunna beräkna miljöpåverkan för en produkt eller systems hela livscykel, från vagg till grav. Det innebär alla steg, från utvinning av råmaterialet tills produktens eller systemets nytta tagit slut, och det måste tas hand om som avfall. Genom att dela upp produkten eller systemets olika livsskeden, kan det identifieras i vilket/vilka steg miljöpåverkan är som störst (Boverket 2019a). Miljöpåverkan presenteras inom olika miljöpåverkanskategorier, vilka är aggregerade klimatpåverkansdata för olika bestämda kategorier, däribland global uppvärmning (GWP) (ISO 2006b). Utifrån det underlaget kan projektering och byggande göras med minskad miljöpåverkan. Det kan innebära åtgärder som miljövänligt material, annorlunda arbetsätt, förnybar energi, transportförändringar, återvinning och återanvändning av material, och mycket annat.

Överlag har industrisektorn minskat sina utsläpp med ca 30% från 1990 till 2020, vilket är en indikation om att vi är på väg mot rätt håll och har en möjlighet att nå målen till 2030 med 63 %

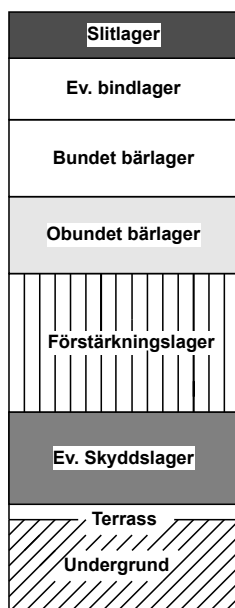
minskning av växthusgasutsläpp jämfört med 1990 års nivåer (Naturvårdsverket 2020). Dock kommer inte Sverige klara sina klimatmål till 2045 om inte anläggningssektorn ställer om, då den står för en så pass stor del av de globala utsläppen i Sverige.

Tidigare har liknande livscykelanalyser som i denna studie genomförts på vägar, utan att inkludera vatten och avlopp under vägen samt den markförstärkning som kan krävas för att säkerställa tillräckligt hög bärighet på vägen. Genom att genomföra en LCA på en typisk vägsektion med tillhörande VA-system samt gång-och cykelbana kan kunskapsgapet fyllas i gällande hur stor miljöpåverkan är för ett sådant anläggningsprojekt. Viktiga delar inom varje ingående livscykel del kan identifieras för att se var de största utsläppen sker, och tillverkningsmetoderna för dessa samt arbetsmetoderna på byggarbetsplatsen kan analyseras för att minska miljöpåverkan och nå utsatta klimatmål.

1.2 Väggkroppen och dess VA-system

I Sverige har vi ett vägnät som uppgår till över 220 000 km väg. Dessa består av flera olika typer såsom europavägar, riksvägar, kommunala och privata vägar. De binder ihop vårt land och står för en oerhört viktig del av vår infrastruktur (Trafikverket 2019). Under många av dessa vägar, framförallt inom bebyggt område, går en mängd ledningar. Det består till stor del av vatten och avloppssystem, som förser oss med rent vatten och tar hand om vårt smutsiga vatten (Svenskt Vatten 2022).

Vägens uppbyggnad består i huvudsak av två delar: underbyggnad och överbyggnad. Underbyggnaden innefattar först undergrunden, vilket är den orörda delen av marken. Den har stor betydelse för hur själva väggkroppen ska byggas upp, så att vägbyggnaden får en lång livslängd och tillräckligt hög bärighet. Efter undergrunden kommer terrassen, vilket byggs i första hand av det material som går att finna längs den planerade väglinjen, och utgör gränsen mellan överbyggnad och undergrund. För att skapa så hög bärighet som möjligt bör materialet sorteras så att det med högst kvalitet hamnar högst upp närmast överbyggnaden. Här beror graden bärighet mycket på vilka förhållanden jordarten och fuktighetshalten längs vägen är (Skogskunskap 2016).



Figur 1 Med utgångspunkt från Wiman & Tholén 1995 har ovanstående figur skapats, som visar en översiktlig bild över vägens uppbyggnad och dess ingående lager.

Efter underbyggnaden kommer överbyggnaden. Det består av flera olika lager: skyddslager, förstärkningslager, bärlager och slitlager. Skyddslagret är det understa lagret i vägöverbyggnaden, och är ett materialavskiljande lager som har sin främsta funktion med att förhindra att undergrundsmaterial tränger upp till förstärkningslagret. Det används vid högre trafikbelastningar, och är inget krav. Till detta kan geotextil och fiberduk användas. I områden med köldrisk tjänar skyddslagret även till att minska tjäle i marken (Wiman & Tholén 1995).

Förstärkningslagret har flera funktioner. Det ska tillsammans med övriga lager i vägens uppbyggnad fördela trafiklasten till undergrunden, medan de samtidigt ska tåla de spänningar som kommer från bärlaget. Materialet behöver vara tillräckligt grovt, ofta fraktion 0/64 för att kunna fungera som ett dränerande lager, så att vatten kan ledas bort under bygget samt när vägen är färdigbyggd. Fraktion 0/64 innebär krossmaterial där kornstorleken är 0-64 mm. Det ska även förstärka undergrunden för att uppnå en tillräckligt hög bärighet, och utgöra ett tillräckligt bärigt och stabilt underlag för att kunna lägga ut och packa lagren som ligger ovan (Wiman & Tholén 1995).

Efter förstärkningslagret kommer bärlaget. Gällande bärighet är bärlaget det absolut viktigaste lagret inom vägkonstruktionen. Den främsta uppgiften är att fördela belastningen från trafiken på vägytan så att det inte uppstår skadliga spänningar och deformationer i de underliggande lagren. Beroende på trafiken, kan det krävas både bundet och obundet bärlager. Obundet bärlager är olika fraktioner av krossat stengrus, medan bundet bärlager är asfalt- eller cementbundet grus. Materialet till hela bärlaget bör vara högkvalitativt, och säkerställa tillräcklig styrka och skydd mot möjliga deformationer (Wiman & Tholén 1995).

Bindlagret ligger ovanför bärlaget, och är främst ett övergångslager mellan slitlager och bärlager om det skiljer markant med stenstorleken mellan lagren. Bindlagret hjälper då till med att överföra spänningarna från belastning till underliggande bärlager, och jämnar samtidigt till dess ojämnheter. Bindlager är inget krav, utan användandet beror på trafikbelastningen. Slutligen kommer slitlagret, vilket förser vägen med en säker yta att köra på. Det har också som uppgift att sprida belastningen från trafiken, så att underbyggnad och undergrund inte utsätts för mer än vad det klarar av (Wiman & Tholén 1995).

Under de flesta av vägarna byggda i tätbebyggt område finns det en rad ledningar under. Dessa är naturgas, el, tele/bredband, fjärrkyla, fjärrvärme, samt vatten och avlopp (Lantmäteriet u.å.). Dessa ingår i samhällets infrastruktur. Gällande vatten och avlopp har vi i Sverige 1200-1300 reningsverk och så mycket som totalt 101 000 km rörledningar, vilket är samma sträcka som två och ett halvt varv kring jorden. VA-nätet delas in i tre olika huvudtyper: vatten, spillvatten och dagvatten (och eventuellt dräneringsvatten). (Svenskt Vatten 2022).

Vattenledningarna leder rent vatten från vattenverk till byggnader, och distribuerar vattnet till olika tappställen i byggnader. Spillvatten är vatten som kommer från hushåll, kontor och vissa typer av industrier. Det innefattar det vatten vi spolrar ner i toaletten och diskhon. Dagvatten är det regnvatten och det smältvatten som rinner ner i dagvattenbrunnar längs gator. Dessa leds i separata ledningar ofta till närmaste sjö eller vattendrag. Dräneringsvatten kommer från mark runt husgrunder och annan mark, och leds ofta till dagvattenledningarna. Alla dessa delar ingår i en kommuns eller stads ledningssystem, och kan även finnas med i enskilda små ledningssystem för privat bruk (Svenskt Vatten 2022).

1.3 Tidigare LCA-studier på vägar

År 1999 gjordes en LCA över ett vägavsnitt av Stripple (2001), med syftet av att skapa en fungerande metodologi för en LCA-inventeringsanalys av konstruktionsprocessen för vägar. Utifrån den kunde

en övergripande bild skapas av den totala konstruktionsprocessen. Under studien kom det fram att vägkonstruktionsprocessen skiljer sig mycket från alla andra tillverkningsprocesser på grund av den stora variationen i tillverkningsförhållanden. Det finns stora variationer mellan olika platser, men också mellan olika delar på samma väg. En stor anledning till detta är skillnaden i terräng innan schaktning sker, då platsen innan bearbetning är mer eller mindre kullig. Då man vid planering av vägen ofta vill göra den så platt som möjligt, kan mängden bearbetning skilja sig mycket beroende på terrängen vid platsen.

Kompositionen av en väg skiljer sig också åt beroende på markegenskaperna längs sträckan, uppskattat flöde och aktiva val mellan vissa jämförbara tekniker. Det är därför svårt att jämföra en väg mot en annan, även om det finns standarder för hur en vägs uppbyggnad ser ut. Studien visar att den största energiförbrukningen gällde för driften av vägen, med en lite mindre del för konstruktionsprocessen och en mycket liten del för underhållet av vägen. Gällande utsläppen av CO₂, SO₂ och NO_x var de främst inom konstruktionsprocessen av själva vägen, och en avsevärt mindre del inom underhållet och en mycket liten del för driften av vägen (Stripple 2001).

I en annan studie gjord av Park m. fl. (2020) analyserades miljöpåverkan för olika typer av vanliga vägbyggnadsmaterial. 13 större kategorier av vägbyggnadsmaterial analyserades, och dess miljöpåverkan beräknades för 8 olika miljöpåverkanskategorier. Studien kom fram till att innehållet av cement var den bestämmande faktorn för miljöpåverkan av blandad cement, och att det främst involverade innehållet av halit och belit. Vidare var portland cement typ 5 det materialet som hade störst miljöpåverkan gällande miljöpåverkanskategorin Global Warming Potential, GWP. Återvunnet aggregat visades också ha en större miljöpåverkan än att krossa aggregat från start gällande GWP. Anledningen till detta var oklart och beskrevs inte i detalj, dock vid undersökning av ingående data verkar det som att återanvändningsprocessen krävde en stor mängd resurser och tid, vilket i sin tur genererade en större mängd utsläpp än direkt jungfrulig kross av aggregatet.

Gällande vägdräneringsystem gjordes en LCA samt Life Cycle Cost Analysis, även kallat LCCA-studie av Fathollahi & Coupe (2021). Studien analyserade de 10 vanligaste dräneringsystemen i världen, och kom fram till att miljöpåverkan förknippat med urbana dräneringssystem som behövde avsevärda mängder jungfruliga stenmaterial och byggblock (exempelvis trottoarkanter och raviner) var högre än de med begränsat byggmaterial. Även transport av material och anläggningsarbeten hade ett stort bidrag i livscykelinventeringar och tillhörande miljöpåverkan av dräneringsystemen. De kom även fram till att dräneringssystem med omfattande användning av material och anläggningsarbete hade mer allvarliga negativa effekter på människors hälsa, ekosystem och resurser, vilka kopplas till respektive miljöpåverkanskategorier.

Julien m. fl. (2015) gjorde en studie med syftet att ta fram ett verktyg för specifik livscykelanalys gällande vägbeläggning, och främst slitlager. Verktöget är till för att minska förbrukningen av material, vatten och energi genom att utvärdera effekterna av materialval samt konstruktionsprocessen av vägbeläggningen. För att utvärdera och visa på verktygets användning gjorde en fallstudie på en väg, där 1 km motorväg sattes som funktionell enhet. 2000 fordon antogs passera per dag, där 90 % antogs köra i den långsamma filen, och 10 % i den snabba. Livslängden för vägbeläggningen sattes till 30 år, vilket blev den aktuella servicelängden. Verktöget visade att vägbeläggningmaterial har större inverkan än andra processer som transport och icke-vägutrustning som körs inom livscykeln. De menade att undersökningsfokus bör vara på olika alternativa material till beläggningsstrukturer vid planering av vägbygge.

En studie gjord av Häkkinen och Mäkele (1996) hade som syfte att undersöka miljöpåverkan från betong och asfalt på vägbeläggningar. Bedömningen baserades på en uppskattning av livslängden för vägbeläggningar och den miljöpåverkan som orsakas av deras produktion, användning och

bortskaffande. Livslängden på den undersökta motorvägen sattes till 50 år, där 20 000 fordon antogs passera per dag. Den funktionella enheten för studien sattes till 1 km motorväg, specifikt gatläggning. Studien kom fram till att betongbeläggningarnas miljöpåverkan berodde i hög grad på cementhalten i betong. Vidare berodde asfaltens miljöpåverkan främst på bitumenhalten, där högre halter innebar högre påverkan. Då tillverkanget av asfalt inkluderade torkning av ballastmaterial ökade även graden miljöpåverkan signifikant. Slutligen berodde miljöpåverkan till stor del på den förmodade underhållsverksamheten, då högre slitage innebär mer underhåll och mer miljöpåverkan.

I en annan studie gjord av Mroueh m. fl. (2001) genomfördes en livscykelanalys där de undersökte användandet av industriella biprodukter i väg- och markbyggen. Livslängden på den undersökta motorvägen sattes till 50 år, där 7 000 fordon antogs passera per dag. Den funktionella enheten för studien sattes till 1 km motorväg. De kom fram till att produktionen och transporten av material använda till vägkonstruktionen stod för den mest signifikanta miljöpåverkan. Inom dessa var produktionen av bitumen och cement, krossandet av aggregat samt transport av dessa de mest energikonsumerande delarna i livscykel delen av konstruktionen. Gällande användandet av biprodukter, visade det sig att masugnsslagg och krossad betong istället för naturlig ballast kan minska miljöpåverkan inom de flesta miljöpåverkanskategorier, däribland global uppvärmning.

För att kunna jämföra olika livscykelanalyser som gjorts på vägar är det viktigt att deras funktionella enhet är enkel att förstå och jämföra med andra gjorda studier. En litteraturstudie gjord av Balaguera m. fl. (2018) visar att den vanligaste funktionella enheten som görs vid livscykelanalyser av vägar är 1 km väg. Dock specificeras inte den geometriska designen av vägen, som skiljer sig åt från väg till väg. Dessutom specificeras inte trafikbelastningen, strukturella komponenter och materialegenskaper, vilket försvårar jämförelsen mellan olika LCA-studier gjorda på vägar. Studien undersökte främst olika miljövänliga designmöjligheter vid projekteringen av en väg, och undersökte olika vägar där återvunnet material eller avfall använts. Det visar sig att den största miljöbesparingen av användandet av återvunnet material och avfall från schaktning eller dylikt kommer från undvikandet av deponeringen av sådana material.

1.4 Mål och syfte

Ett vägavsnitt med tillhörande gång och cykelbana samt VA-ledningar valdes från ett tidigare genomfört projekt. Sektionen som valdes ut är representativ för området, och innehåller relevanta ingående material, processer och påverkan som går att återfinna i olika vägavsnitt i det totala projektet. En LCA genomfördes på denna vägsektion, för att identifiera hotspots för utsläpp i olika delar av vägens livscykel.

Livscykelanalysen genomfördes för att visa hur anläggningsbranschen kan planera och projektera för att minska ett projekts miljöpåverkan och kunna redovisa projektets samlade växthusgasutsläpp, samt identifiera var den största vinsten kan göras gällande växthusgasutsläpp. Forskningsfrågorna som undersöktes är följande:

- Hur mycket spelar materialval och arbetsmetoder roll gällande växthusgasutsläpp vid ett vägbygge med GC-bana och tillhörande VA-ledningar?
- Kan utsläppen minska genom att förbättra en del i en produkts eller arbetsmetods livskedja?
- Var kan de största miljövinster göras i framtida anläggning av väg?

Den genomförda livscykelanalysen kommer vara en Attributionell livscykelanalys, förkortat ALCA.

Den undersöker en del av ett gammalt projekt, och bestämmer den globala miljöbelastningen som tillhör det valda vägavsnittet. Data som används i beräkningarna är genomsnittliga, och allokering utförs genom att dela upp miljöbelastningen för en process mellan de livscyklar som betjänas av denna process. Information om ingående material och massor i projektet tas från en mängdförteckning över projektet, där mängder har justerats för att representera den valda vägsektionen. En viktig avgränsning i projektet är att dataposterna som väljs från beräkningsprogrammet är så lika som möjligt med de som listas i mängdförteckningen. Dock var det inte möjligt att få fram exakta data i denna LCA från de specifika tillverkare där materialet eller massorna inskaffats.

Ibland behöver gator markförstärkas, då bärigheten inte är tillräcklig för att klara av belastningen av trafiken, samt själva väggroppen. Kalk-cementpelare (KC-pelare) används då ofta, och är anpassat för torv och lösa leror med hög vattenkvot. Det fungerar även för andra typer av lösa jordar. Ett fall har därför tagits med där 25 % av sträckan markförstärks med KC-pelare för att se hur resultatet gällande miljöpåverkan skiljer sig mot en gata helt utan markförstärkning. Det presenteras i resultat-delen som scenario 1 utan markförstärkning, och scenario 2 med markförstärkning.

Genom att välja ut en avgränsad del av ett tidigare standard projekt och utföra en LCA på den delen, kan en bild ges av den exakta miljöpåverkan på vad olika vanligt förekommande material och arbeten ger, och ge en hållbarhetsindikator av projektet. Det ger både projektören och byggherren en bild över vilka produkter som har minst miljöpåverkan, samt var i livscykeln de största utsläppen sker. Resultatet kan då bidra för att öka kunskapen i branschen. Det kan ge vägledning till framtida projektering, dels för att möta byggherrens klimatkrav men också förstå vilka delar i byggprocessen som leder till störst utsläpp och åtgärderna som kan göras för att undvika dessa utsläpp.

1.5 Allmänna begränsningar

Projektet som genomförs har en rad begränsningar, vilka tas upp nedan. Gällande avgränsningar och antaganden diskuteras och karakteriseras de i detalj under sektion 3.2.

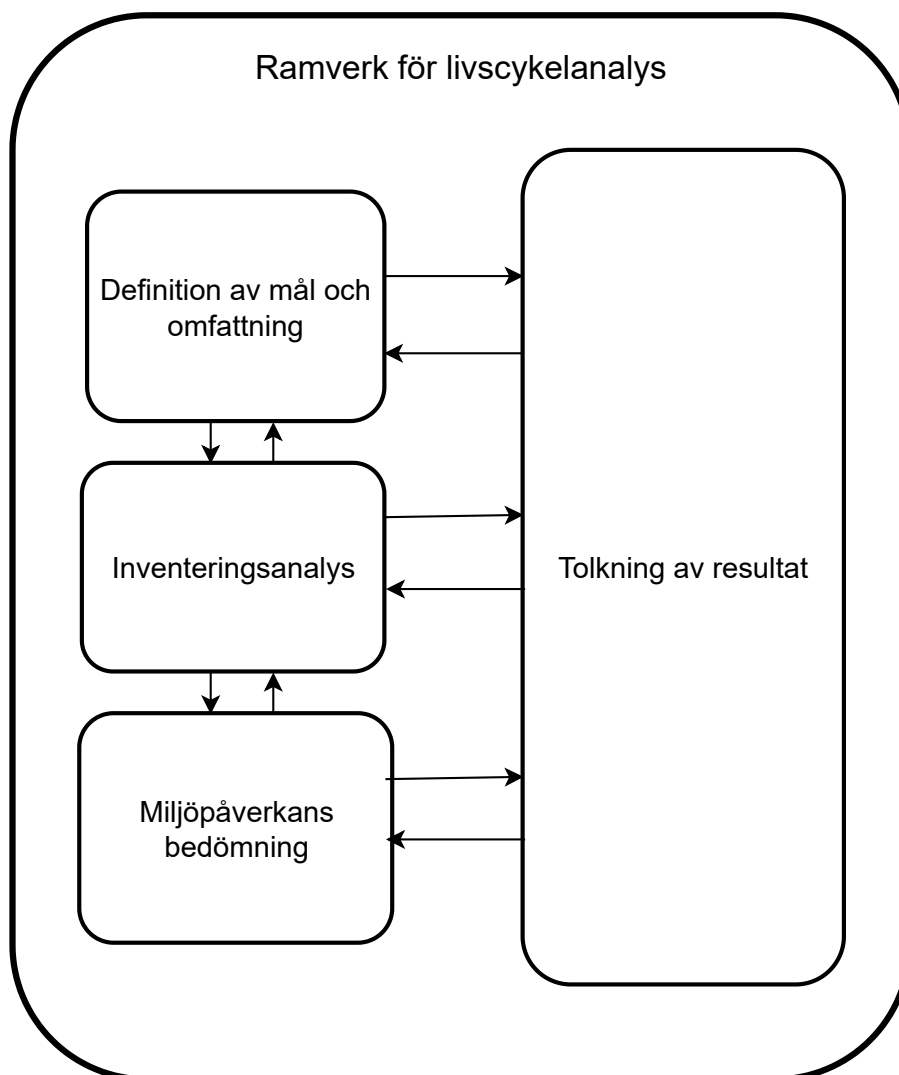
Genom livscykelanalysens gång nämns miljöpåverkan flera gånger. Miljöpåverkan kan beskrivas på många olika sätt, och kan vara svår att definiera. Enligt en ordlista för Miljöstatistik är definitionen: "An environmental effect is the result of environmental impacts on human health and welfare" (GES 1997). I den här studien tas en rad olika miljöpåverkanskategorier upp som alla speglar en form av miljöpåverkan. Fokus läggs dock gällande miljöpåverkan i den här studien på miljöpåverkanskategorin global uppvärmningspotential (GWP). Gällande slutsats och diskussion tas resterande miljöpåverkanskategorier inte upp, utan presenteras endast kortfattat i figurer och text inom resultatdelen. Det beror på att dessa data är svåra att definiera, och vad gäller Upphandlingsmyndighetens klimatkrav tas endast utsläpp av koldioxidekvivalanter upp. Beräkningsprogrammet som används är även designat för främst GWP.

En annan viktig begränsning som tas upp är att livscykelpåverkan beräknas utifrån en mängdförteckning där mängderna som anges är projekterade och uppskattade. Vad som sedan sker i verkligheten är svårt att mäta. Nylén (1999) gjorde en studie om hur projektets budget påverkades om tjockare lager lades ut än planerat. Då mängderna som definieras i mängdförteckningen är väldigt exakta ner till millimeter-nivå är det mycket svårt att återskapa dessa ritningar och modeller i verkligheten. Detta har i sin tur en påverkan på projektets kostnader. Vad gäller schaktmängder, och framförallt block i marken, är dessa endast kvalificerade gissningar utifrån markens topografi, mätningar inom området och geografiskt läge. Under projektets gång är det även svårt att följa upp och kontrollera att allt som sker är enligt de riktlinjer och antal mängder som satts upp inom projekteringsfasen. Nylén kontrollerade ett anläggningsprojekt och dess framsteg varje dag under 2

år. Han kom fram till att även om han var väldigt noga med att allt skulle vara exakt som det var projekterat och mätningar skedde varje dag med efterföljande korrektur, var det i praktiken omöjligt att säkerställa detta, och projektet blev helt enkelt som det blev. Det leder i sin tur till stora osäkerheter kring ett projekts faktiska miljöpåverkan, då beräkningarna baseras på uppskattningar och inte egentliga fakta.

2 LCA-METODENS TEORI

Miljöbedömningen i den här rapporten genomfördes enligt ISO 14040 och 14044 standarderna (ISO 2006a; ISO 2006b) som definierar fyra steg: (1) definition av mål och omfattning, (2) inventeringsanalys, (3) miljökonsekvensbedömning och (4) tolkning. Dessa steg är obligatoriska att inkludera. Nedan kommer alla steg i en LCA att förklaras och läggas upp enligt ISO-modellen, som illustreras i figur 2.



Figur 2 Med utgångspunkt från ISO2006a har ovanstående figur skapats, som visar obligatoriska faser i en LCA.

2.1 Mål och omfattning

Första steget när det gäller att skapa en LCA är att definiera dess mål och omfattning. Mål och omfattnings-definitionen säkerställer att LCA:n genomförs konsekvent. Här bestäms det vad LCA beräkningarna ska användas till. Målet och omfattningen ska beskriva de viktigaste valen som görs inom arbetet, vilka ofta blir subjektiva. Dessa är till exempel anledningen till att utföra LCA:n, en exakt definition av systemet och dess livscykel, samt den funktionella enheten som ska användas. Här inkluderas och beskrivs även det valda systemets gränser, vilka beror på det tilltänkta användandet av själva studien. En stor utmaning i det här steget är att se till att förenklingen och diverse avgränsningar inte påverkar resultaten för mycket. Det bästa sättet att göra detta är att noggrant definiera målet och omfattningen av LCA-studien (PRé Sustainability u.å.). En lista av alla de delar som bör beskrivas och tas i beaktande följer nedan.

- Funktionerna av produktens system, eller i fall av komparativa studier, systemen
- Den funktionella enheten
- Produktsystemet som ska studeras
- Produktsystemets gränser
- Allokationsprocedurer
- Typer av påverkan och metoden gällande påverkansbedömningen, och senare tolkning som ska användas
- Datakrav
- Antaganden
- Begränsningar
- Initiala kvalitetskrav på data
- Typer av kritisk genomgång, om någon sådan finns
- Typ och format av rapporten som krävs för studien (ISO 2006a).

Omfattningen ska vara så pass väl definierad för att säkerställa att bredden, djupet och detaljen av studien är kompatibel och tillräcklig för att adressera det angivna målet med studien. Viktigt med LCA är att det är en iterativ teknik. Därför kan omfattningen av studien behöva modifieras under genomförandet av studien allt eftersom ytterligare information samlas in. Den iterativa tekniken gör att ändringar i ursprunglig plan och olika steg sker kontinuerligt längs projektets gång (ISO 2006a).

2.1.1 Funktionell enhet

Baserat på en beskrivning av systemen, samt vilken funktion de utövar, definieras den funktionella enheten. Den funktionella enheten i LCA-studien är väldigt viktig och ett grundläggande begrepp inom LCA, då den tydligt beskriver funktionerna av systemet som studeras (ISO 14040a). Ett exempel på en funktionell enhet är upplysning av 20 m² golvyta under 10 år. Enheten är förenlig med målet och syftet, vilket här är att lysa upp en viss yta under en tidsperiod. Är syftet att producera el kan det vara 1 kWh elenergi, gällande bostäder kan det vara 1 m² boyta, gäller det mat som ska jämföras kan det vara 1 kg protein, och så vidare (SLU 2021). Det är ett mått av prestandan av den funktionella outputen av produktsystemet. Dess huvudsakliga syfte är att ge en referens, till vilken inmatningar och

utmatningar relateras. Referensen är nödvändig för att kunna jämföra LCA-resultat mellan varandra. Då olika system jämförs, blir det kritiskt att jämförelsen görs på gemensamma grunder. Eftersom att ett system har ett antal av möjliga funktioner och den som används för studien beror på målen och omfattningen, ska den valda funktionella enheten vara definierbar och mätbar (ISO 14040a).

Då jämförelser mellan olika system görs på basis av den valda funktionella enheten, och kvantifieras av den, kan det användas för att jämföra till exempel prestanda eller service mellan olika produkter eller system. Det är inte produkter själva som jämförs, utan hur väl de till exempel presterar i förhållande till den valda funktionella enheten. När produkter ska jämföras, ska produktsystemen också kunna jämföras med varandra (Träguiden 2015). När två olika matprodukter ska jämföras, kan det därför vara fördelaktigt att använda "1 kg protein", istället för "1 kg mat" då prestandan för de olika rätterna kan skilja sig beroende på dess vikt.

2.1.2 Systemgränser

Systemgränserna beskriver vilka enhetsprocesser som ska inkluderas i LCA:n, och vilka som inte ska det. De bestäms av en mängd olika faktorer såsom vad studien ska användas till, vilka antaganden som gjorts, vad som försummas, data- och kostnads begränsningar, och vem/vilka studien är riktad till (ISO 2006b). De har som huvudsaklig uppgift att definiera de aktiviteter som ingår i varje livscykel-skede i LCA:n, samt vilka processer och aktiviteter som inte ingår och som valts att inte inkluderas i den totala processen (Boverket 2019b). Då spårandet av alla inflöden leder till oändligt många nya inflöden, material och påverkan av olika slag, behöver systemet avgränsas. En linje måste dras där utföraren av studien väljer vad som ska inkluderas eller inte. Till exempelvis kan utföraren välja att endast ta med energiförbrukningen och dieselanvändningen för de maskiner som används vid råvaruextraktionen, inte själva produktionen av maskinerna (Xiong m. fl. 2020).

Inom avgränsningar som beskrivs av systemgränserna bör specifikt tidsmässiga, geografiska och livscykelmässiga avgränsningar definieras. En LCA görs ofta för att kunna ge strategiska beslut under en lång tid. Vid byggandet av en väg exempelvis bör det inkluderas scenarier för den framtida användningen som kommer ske. Även om det är svårt att förutse livslängden för en väg, produkt eller byggnad så behövs en analysperiod tas fram där produkten eller systemet förväntas förverkas, eller ombyggnad/förändringar i systemet kommer ske. Här kan till exempelvis den del av den tidigare produkten eller systemet återanvändas, och minska miljöpåverkan avsevärt (Balaguera m. fl. 2018).

Gällande det geografiska området bör det definieras så att de data som används är relevant, och används inom samma geografiska område. Tillverkningsprocesser, produktionsmetoder och mycket annat skiljer sig i världen, och en blandning av olika metoder från världen ger ett resultat med hög felmarginal. Slutligen är det också viktigt att avgränsa vilka processer i livscykeln som ska ingå. Vagga-till-grav perspektivet ska användas och tillämpas i allra högsta grad, men om varje flöde inom ett system skulle följas, stort som smått, skulle arbetet bli oerhört omfattande. Även om det görs finns det alltid en stor osäkerhet i framtiden gällande användning, livstid för produkten, underhåll för en byggnad eller utbyte (omorganisation av ett system). Viktigt är att undersöka det totala systemet och utesluta de delar som har minimal miljöpåverkan och knappt bidrar till den totala miljöpåverkan för att möjliggöra arbetet (Boverket 2019b).

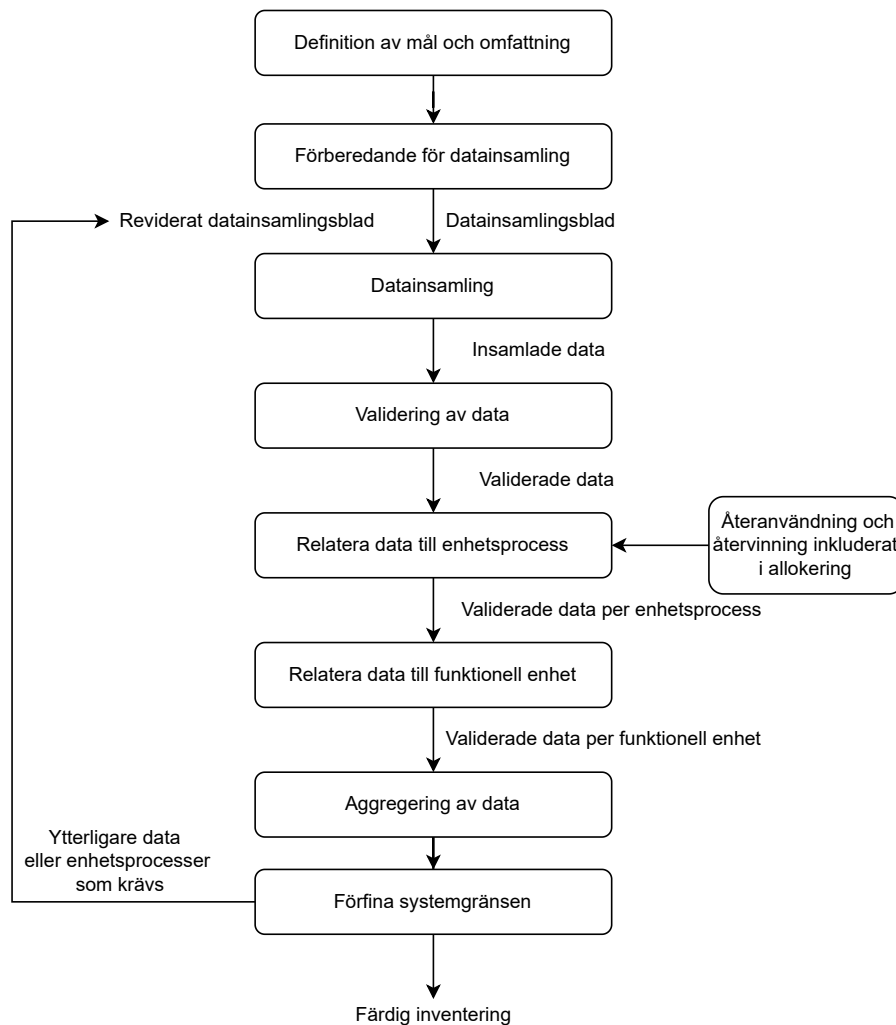
2.1.3 ALCA och CLCA

Inom mål och omfattning bestäms vilken typ av LCA som ska genomföras. Det finns främst två olika typer, bokföringsorienterad/attributionsell (ALCA) och förändringsorienterad/konsekvensinriktad

(CLCA). En ALCA uppskattar den globala miljöbelastningen som hör till en viss produkt eller system. En CLCA ger en uppskattning om hur de globala miljöbelastningarna kommer att påverkas av produktion och användning av produkten. En ALCA baseras på genomsnittliga data, och allokering genomförs för att dela upp miljöbelastningen för en process mellan de livscyklar som betjänas av den processen. Den är tillbakablickande, och utgår från befintlig data och direkta effekter. Det brukar sägas att en ALCA ger en ögonblicksbild av situationen. En CLCA använder sig av främst av marginaldata i livscykeln, och undviker allokering genom systemexpansion. En CLCA ger på så sätt mer en indikation mot framtida resultat. Den blickar framåt, och undersöker både direkta och indirekta effekter. Ett sätt att beskriva CLCA är att den studerar skillnaden mellan två alternativ, och kan då exkludera de delar av livskedjorna som är lika, och se konsekvensen av en förändring. Beslutet att göra en ALCA eller en CLCA bör helst fattas av LCA-utövaren efter diskussioner med klienten och eventuellt med andra intressenter och kollegor (Ekvall 2020).

2.2 Inventeringsanalys

Den andra steget i en LCA är att genomföra en LCI, så kallad Life Cycle Inventory Analysis. Målet och omfattningen som presenteras i första steget skapar en initial plan för att kunna utföra inventeringsfasen i livscykeln. Kvalitativa och kvantitativa data som ska inkluderas i inventeringen hämtas för varje enhetsprocess som inkluderas inom systemgränserna. Den samlade datan används för att kvantifiera inmatningarna och utmatningarna av enhetsprocesser (ISO 2006b). En övergripande systembild över processen kan ses i figur 3.



Figur 3 Med utgångspunkt från ISO2006a har ovanstående figur skapats, som visar en förenklad bild över procedurerna i en inventeringsanalys.

För att kunna följa upp och reproducera studien, ska data som hämtats från allmänna källor källhänvisas och refereras. Viktiga data som har ett stort bidrag till slutsatsen av studien bör även ha beskrivningar innehållande när datan hämtas, och dess kvalitet. Möter inte datan dessa kvalitetskrav, bör detta anges. Då datan som hämtas kommer från olika platser med olika publicerade referenser, måste åtgärder vidtas för att säkerställa en uniform och konsistent förståelse av produktsystemet som ska bli modellerat (ibid.). Åtgärderna som vidtas bör vara följande:

- Visualisera ospecifika flödesdiagram för flöden som inkluderar alla enhetsprocesser som ska modelleras, där förhållandet mellan dessa inkluderas
- Beskrivande av varje enhetsprocess i detalj med respekt till faktorer som påverkar inmatningar och utmatningar
- En lista över flöden och relevanta data för arbetsförhållanden för varje enhetsprocess
- Utvecklandet över en lista som specificerar enheterna som används
- Beskrivning över datainsamlingen och beräkningsteknikerna som krävs för all data
- Typer av påverkan och metoden gällande påverkansbedömningen, och senare tolkning som ska användas

- Förse instruktioner för att dokumentera alla specifika fall innehållande oegentligheter som associeras med den insamlade datan (ISO 2006b).

Inventeringsanalysen beskriver material och energiflöden till och från systemet. I flödessystemet finns olika delsteg som återfinns i vagga-till-grav-perspektivet. Dessa är vanligtvis råvaruextraktion, produktion, användning, slutskede och transport mellan dessa steg. I flödessystemet som skapas har alla dessa delsteg olika krav på inflöden, samt genererar olika utflöden (Stripple 2001). Vagga-till-grav-perspektivet bygger på att all miljöpåverkan ett material/system/produkt genererar inkluderas. Alla inflöden spåras tillbaka till källan, vilket är råvaruextraktionen. De spåras också fram till slutskedet, vilket kan ta sin form av utsläpp till miljön, avfallshantering och andra slutskedsfaser. Alla inflöden och utflöden relateras till den valda funktionella enheten, för att kunna jämföras och sammanställas (Tillman m. fl. 1994).

En begränsning som måste tas i beaktande är att produkter rör sig mellan olika typer av system. Till exempel kan en lastbil användas inom olika projekt och system, inte endast den studerade. Det är då viktigt att kunna allokera miljöbelastningen mellan olika produkter. Allokering behöver ske i följande tre fall: (Tillman 1994)

- Multiinflöde: Sker då avfall bränns. Fler produkter har lett till avfallet, och utflödet består av rökgaser och aska.
- Multiutflöde: Då flera olika produkter produceras samtidigt, och den miljömässiga bördan i form av extraktionen av råmaterial och utsläpp behöver allokeras mellan olika produkter. Ett exempel på detta är ett kraftvärmeverk, som både producerar el och värme.
- Open loop recycling: Om en produkt eller material återvinns och används för att skapa en annan produkt, kallas det för "open loop recycling". Här måste miljöbelastningen fördelas mellan den ursprungliga produkten och den nya produkten. (Tillman 1994)

Innan allokering görs bör mål och omfattning studeras, för att se om de kan omformuleras på ett sätt så att allokering kan undvikas. Låt oss säga att studien initialt ville ta reda på klimatpåverkan av 1 MJ el från flis. Vid undersökning av flis, upptäckts det att flis också leder till värme, vilket gör att utsläppen av CO₂ måste allokeras mellan värme och elkraftsproduktion. Genom att istället ändra den funktionella enheten till 1 MJ producerad exergi, innefattas då både värme och el. Dock måste utföraren av LCA då fundera om frågan som skulle besvaras verkligen har blivit besvarad¹. När allokering sker tillkommer multifunktionalitetsproblemet. Multifunktionalitetsproblemet är resultatet av att en livscykelanalys isolerar ett produktsystem från ett ekonomiskt produktionssystem, där flera produkter/funktioner kan föras fram av enstaka processer eller system. Till exempel, i en LCA för bensinbilar, är effekten av raffinaderiet inte bara för att producera bensin, utan också för att producera andra raffinaderiprodukter, såsom diesel och fotogen. För att hantera dessa ytterligare produkter hänvisas användaren till systemexpansion med substitution (Heijungs m. fl. 2021). Här avses produkter som tillverkas i samma system som alternativ till andra produkter på den globala marknaden. Som ett exempel, anses nötköttet som produceras på en kofarm som den primära produkten, och dess gödsel som en biprodukt. Det är här inte möjligt att allokera exakt hur mycket mat, landanvändning, utsläpp med mera som kan relateras till nötköttet respektive gödslet. Genom att här använda sig av systemexpansion, ses det som att gödslet som produceras ersätter kemiska gödselmedel som produceras på marknaden. På så sätt blir den en produktion som kan undvikas, och ett negativt bidrag till den miljömässiga påverkan från nötköttets livscykel. Systemets expanderas då för att även inkludera processerna i systemet som är involverade vid produktionen av kemisk konstgödsel (Röös m. fl. 2015).

¹Elin Röös, lärare, SLU, föreläsning 2020-08-31

Substitutionen innebär att identifiera de produkter som ersätts av samprodukten av huvudprodukten som studeras, samt i nästa steg kvantifiera miljöbelastningen förknippad med dessa produkter. Samprodukten menar den produkten som skapas avsiktligt eller oundvikligt när huvudprodukten tillverkas. Dessa produkter utgörs av de produkter som kan ersättas av samprodukten vid tillverkningen av huvudprodukten, till exempel att naturligt gödsel kan ersätta kemiskt konstgödsel. Systemet expanderas till att även innehålla samprodukterna, och miljöbelastningen byts ut och dras bort från den studerade produktens egentliga miljöbelastning (Brander & Wylie 2011; Röös m. fl. 2015). Även om systemexpansion gör det möjligt att modellera de indirekta effekterna över valen som görs, är det ofta baserat på oriktiga antaganden. Valet av systemgränser och allokeringsmetoder kan ha stora effekter på resultaten och slutsatserna på en LCA (Ekvall 1999).

2.3 Miljöpåverkansbedömning

I Miljöpåverkansbedömningen, Life Cycle Impact Assessment (LCIA) är målet att förstå den potentiella miljöpåverkan som orsakas av den studerade produkten. Det sker genom att utvärdera signifikansen och magnituden av de olika typerna av miljöpåverkan. Vid valet av påverkanskategorier är det viktigt att säkerställa att de inte är överflödiga och leder till dubbelräkning, att de inte förklarar någon signifikant påverkan samt att de är kompletta (ISO 2006b).

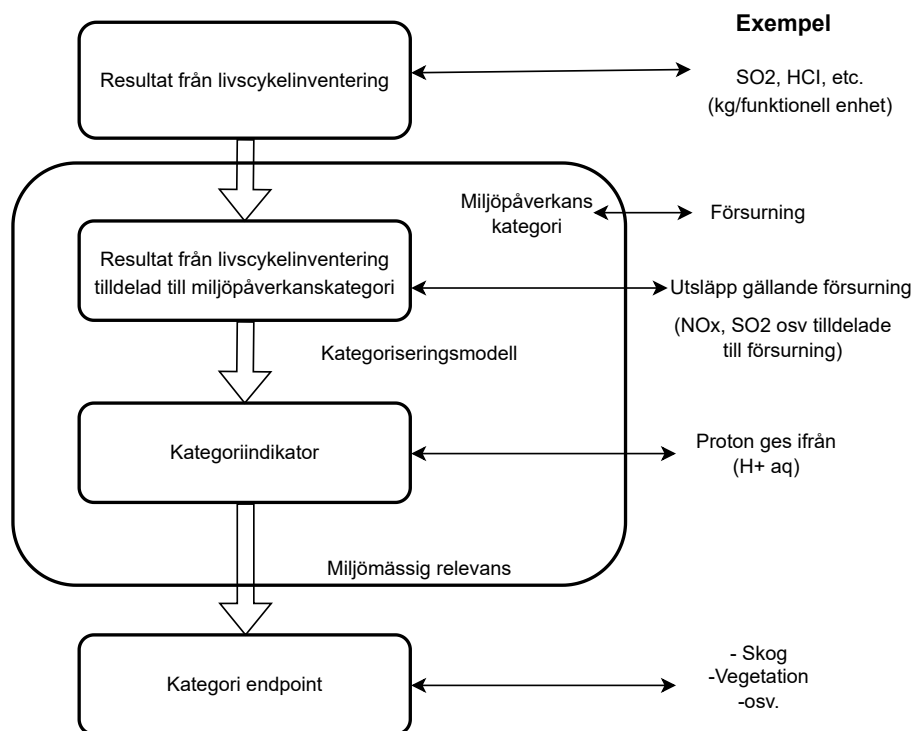
De obligatoriska delarna som krävs i fasen är följande:

- Val av påverkanskategorier, kategoriindikatorer och karakteriseringsmetoder
- Tilldelning av resultat till de valda påverkanskategorierna, vilket är själva klassificeringen
- Beräkning av kategoriindikator-resultat, vilket är själva karakteriseringen (ISO 2006b).

Valfria steg, som kan vara viktiga i processen av att förstå och ge ett så noggrant resultat som möjligt är:

- Normalisering, där LCIA-resultat uttrycks relativt till ett referenssystem
- Viktning, där varje påverkanskategori prioriteras och där specifik vikt ges till olika påverkanskategorier
- Gruppering, där flera påverkansindikatorer aggregeras ihop till en grupp (ISO 2006b).

Valet av påverkanskategorier är inte universellt, och det finns många att välja på. Valet beror på vilken typ av påverkan som produkten kan tänkas ha, och att hitta de som är mest använda och behövda för det givna målet med studien. För att hjälpa till att guida informationen samlad från livscykelinventeringsanalysen, måste valet av påverkanskategori vara i enlighet med målet med studien, och görs i omfattningsfasen innan data samlas för att säkerställa att samlingen av data är riktad mot vad som behöver bedömas i slutet (Hauschild m. fl. 2018). En schematisk bild över miljöpåverkanskategoriernas funktion kan ses i figur 4.



Figur 4 Med utgångspunkt från ISO2006a har ovanstående figur skapats, som visar en förenklad bild över kategoriindikatorernas funktion.

Något som praktiskt kan förhindra arbetet är hur komplett samt vilken kvalitet datan given från LCI:n är för en specifik påverkanskategori. Det är viktigt att inkludera behovet av att överväga specifikt ovanliga eller nya påverkanskategorier, såsom ljud, som kanske bara är stödda av en eller två LCIA metoder, eller om det alls är det (Hauschild m. fl. 2018).

Då miljöpåverkanskategorier har blivit valda, behöver kategoriindikatorer väljas. Dessa ger en kvantifierbar representation av en miljöpåverkanskategori. Gällande klimatpåverkan är det koldioxidekvivalenter, för försurning SO₂-ekvivalenter med mera (Träguiden 2015). Dessa data som nu samlas behöver sedan indelas i olika steg, och klassificeras. Klassificeringen beskriver vilka typer av miljöpåverkan olika in-och utflöden från inventeringsanalysen resulterar i. De olika typerna av miljöpåverkan för respektive del grupperas då i den miljöpåverkanskategori som de hör hemma till (Stripple 2001).

Efter att klassificeringen skett, kommer karakteriseringen. Efter att ha parat ihop vilka flöden som hör till vilken kategori, aggregeras nu bidragen av dessa flöden i varje kategori. Ett sätt att göra det är med koldioxidekvivalenter, där olika typer av utsläpp räknas om till samma enhet (Hauschild m. fl. 2018). Det bygger på hur mycket olika växthusgaser bidrar till växthuseffekten, där de jämförs med påverkan som sker jämfört med utsläpp av koldioxid. Till exempel räknas 1 kg metan som 28 kg koldioxid, sett till bidraget metan gör till växthuseffekten jämfört med koldioxid (Bernes 2016).

Processen att beräkna påverkan gällande olika miljöpåverkanskategorier är komplicerat, och görs vanligtvis i två steg: först bestäms vilken påverkan en förbrukad resurs eller förorening som producerats har på olika typer av miljöproblem. Dessa kallas midpoint-kategorier, och innefattar till exempel växthuseffekten, försurning och övergödning. Efter det beräknas vilken påverkan dessa miljöproblem har på mer övergripande faktorer, såsom mänsklig hälsa, ekosystemkvalitet och ändliga resurser. Dessa kallas för endpointkategorier (SLU 2021).

2.4 Tolkning av resultat

Slutligen analyseras och evalueras den data som har blivit samlad, för att sätta den i perspektiv. Här syftas datan tillbaka till de frågeställningarna som studien avsåg svara på, och resultatet presenteras på ett lättbegripligt sätt. Det undersöks slutligen att slutsatserna som sker är väl underbyggda. Under evalueringen, bör användandet av fullständighetskontroll, känslighetsanalys och konsistenskontroll tas i beaktan (ISO 2006b).

Gällande fullständighetskontroll är det för att säkerställa att all relevant information och data som krävs för tolkningen är tillgänglig och komplett. Är det inte så, kan mål och omfattning behöva justeras i den iterativa processen, eller nämnas som en osäkerhet. Känslighetsanalysen är till för att bedöma pålitligheten av de slutgiltiga resultaten och slutsatserna genom att bedöma hur de påverkas av osäkerheter i data, allokeringmetoder eller beräkning av kategoriindikator-resultat, till exempel. Slutligen görs en så kallad konsistenskontroll, där det undersöks om antagandena, metoderna och datan är konsistent med målet och omfattningen av studien (ISO 2006b).

När slutsatser dras, sker det iterativt med de andra elementen i livscykeltolkningsfasen. Preliminära slutastser dras först, för att sedan undersöka så att de är konsistenta med kraven från målen och omfattningen av studien. Det gäller specifikt datakrav, tidigare definierade antaganden och värden och begränsningar i studien och metoden (ISO 2006b).

2.5 One Click LCA

One Click LCA (OCL) är en programvara med verktyg för livscykelanalys och miljödeklarationer för bygg- och anläggningsbranschen. Genom att använda sig av olika data och information om en byggnads eller infrastrukturens ingående komponenter, transport, material och andra relevanta delar kan en livscykelanalys utföras i One Click LCA. Där sammanställs utsläpp och påverkan i olika miljöpåverkanskategorier under alla faser, från vagga-till-grav. One Click LCA hjälper till med att kunna hitta produkter och andra val med lägre miljöpåverkan inom byggnads- och infrastrukturprojekt. De jämför också hela projekt och skapar växthusgasrapporter för företag. Programmet används i mer än 130 länder, inkluderar världens största databas för byggsektorn och stödjer över 60 standarder och certifieringar (One Click LCA 2021a).

One Click LCA använder sig av CML 2001 som deras konsekvensbedömningsmetod. Analysmetoden begränsar kvantitativ modellering till tidiga stadier i orsak-verkan-kedjan för att minska osäkerheter. Orsak-verkan-kedjan är en sekvens av händelser där en händelse i kedjan orsakar nästa, vilket leder fram till en slutlig effekt. Resultaten grupperas sedan, och samlas i miljöpåverkanskategorier såsom klimatförändringar eller ekotoxicitet (Sphera - Gabi solutions u.å.). One Click LCA följer EN 15804 A1 standarden, vilken inkluderar 7 miljöpåverkanskategorier att välja mellan: global uppvärmning, ozonnedbrytning, fotokemisk ozonbildning, försurning, övergödning, utarmning av mineraler och fossila resurser och utarmning av icke-fossila resurser. Här definieras också de olika livscykelstadierna enligt samma standard som inkluderas i anläggningsprojektet som studeras, oavsett om det är en bro, gata eller park (One Click LCA 2021b).

Miljödata till de olika beräkningarna är aggregerade i form av en EPD (miljövarudeklaration). Dessa EPD:er är antingen tillverkarspecifika, eller skapade från generiska data av programmet. Alla EPD:er som finns i databaserna har granskats och godkänts via en oberoende verifiering. Resultat från programmet kan även användas till att nå en CEEQUAL-certifiering (One Click LCA 2021b). CEEQUAL är ett hållbarhetscertifieringssystem som används för projekt inom mark, infrastruktur, anläggning, offentliga miljöer och landskapsutformning (SBG u.å.).

3 STUDIENS LCA-MODELL

Nedan presenteras en definition för hur den här LCA-studien utformas. Modellen följer ISO-standardernas ISO 14040 och ISO 14044 fyra obligatoriska steg (ISO 2006a; ISO 2006b), vilka beskrivs i sektion 2.1-2.4. Utifrån dessa standarder formas ramverket, och detaljer gällande begränsningar, avgränsningar och riktlinjer beskrivs.

3.1 Funktionell enhet

Då den slutliga funktionella enheten för livscykelanalysen skulle väljas står det klart att den uppskalade valda vägsektionen är den enklaste och mest representativa funktionsenheten. Den valda vägsektionens längd är 100 m, vilken skalas upp 10 gånger till 1 km för att kunna jämföras med en tidigare livscykelanalysstudie där den funktionella enheten var 1 km. I modellen för livscykelanalysen refereras alla resultat till denna vägsektion. Vägsektionen är hela den uppskalade valda delen av projektet som analyseras, och beskrivs av all indata i modellen som väglängd (1 km), vägbredd (7 m körbana + 7 m GC-bana), samt yttjocklek (1,5 m).

3.2 Systemgränser

Programmet OneClickLCA utgår från ISO 21930, som är en standard vid miljöbedömning inom infrastruktur. Nedan visas en figur över de olika livsstegen.

Information för infrastrukturbedömning													
Information för livscyklar inom infrastruktur													
Produktionsstadie			Byggstadie		Användningsstadie					Slutlivsstadie			
A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	C4
Extraktion av råmaterial	Transport	Tillverkning	Transport till vägplats	Läggingsprocessen	Användning	Underhåll	Reparering	Ersättning	Renovering	Nedmontering	Transport	Avfallshantering	Deponi

A1 A2 A3 :Obligatoriskt, Vagga till grav

Figur 5 Med utgångspunkt från ISO 21930 har ovanstående figur skapats, som visar ingående steg i livscykeln vid miljöbedömning inom infrastruktur.

OneClickLCA använder sig av egna definerade systemgränser i sitt program, vilket är en blandning av ISO standarden 21930 och EN-standarderna 15804. ISO 21930 tillhandahåller principerna, specifikationerna och kraven för att utveckla en miljöproduktdeklaration (EPD) för byggprodukter och tjänster, byggelement och integrerade tekniska system som används i alla typer av byggarbeten (International Organization for Standardization 2017). EN 15804 tillhandahåller grundläggande produktkategoriregler (PCR) för miljövarudeklarationer (EPDs) för alla byggprodukter och byggtjänster (SiS 2019). Livscykeln för alla material, processer och transporter i programmet skapas utifrån ISO standarderna 21930, 14040 och 14044 tillsammans med en kombination av EN standarderna 15978 och 15804. Livscykeln är uppdelad på följande delar.

- A1 = Extraktion av råmaterial

- A2 = Transport från extraktionsplats till tillverkningsplats
- A3 = Tillverkning
- A4 = Transport av material till, från och inom arbetsplatsen
- A4b = Transport av schaktmassor till, från och inom arbetsplatsen
- A5 = Byggprocessen
- B1 = Användning
- B2 = Underhåll
- B3 = Reparering
- B4 = Byte
- B5 = Renovering
- B6 = Operativ energianvändning
- B7 = Operativ vattenanvändning
- C1 = Rivning & isärmontering
- C2 = Transport
- C3 = Avfallshantering
- C4 = Sluthantering
- D = Utanför systemgränsen

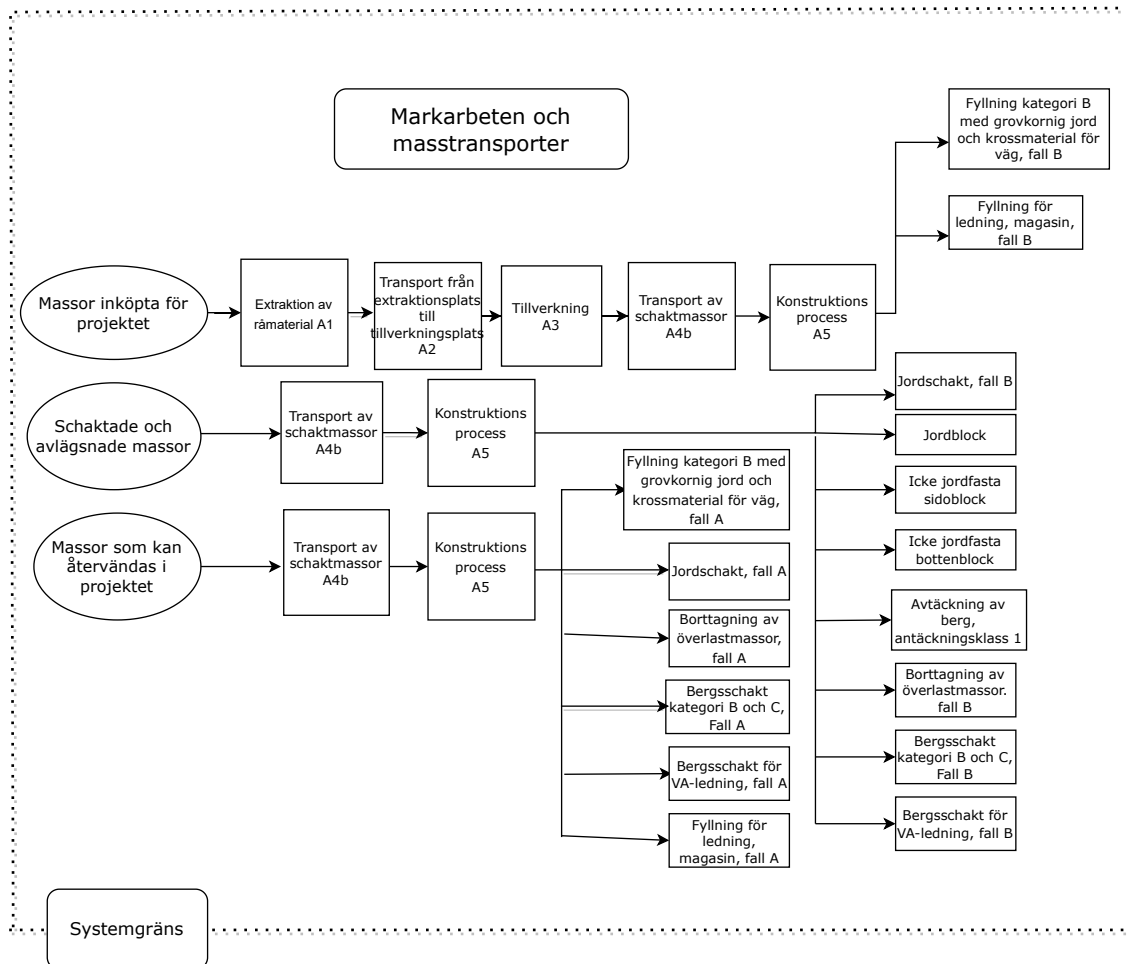
För att förtydliga modul D visar den på alla fördelar, den ”negativa miljöpåverkan” med projektet. Om exempelvis cementprodukter används, som förväntas att absorbera en viss mängd av kol under sin livstid, kommer detta visas i resultat för modul D. Den främsta skillnaden mot ISO 21930 är att livscykelstegen i beräkningsprogrammet är fler. De extra livscykelstegen inkluderas för att ge en mer rättvis bild över miljöpåverkan, och inkludera de direkta och indirekta processer som sker vid tillverkandet av ett anläggningsprojekt.

För att ge en övergripande bild av vilka processsteg som är inkluderade för varje material eller arbetstyp visas översiktliga processscheman. Faserna är uppdelade i de fyra projektfaserna i OneClickLCA, nämligen:

- Markarbeten och masstransporter
- Konstruktionsmaterial
- Byggarbetsplatsen
- Användningsfasen

Alla de olika livscykelstegen som ingår i programmet inkluderas inte i varje produkt/material/massa, då de inte existerar under dess livscykel. Ett översiktligt processschema med ingående livscykeldelar för varje fas skapas för att visa vilka delar i mängdförteckningen som inkluderar vilka livscykelsteg. Dessa delar identifieras och väljs på egen hand utifrån litteraturstudier, rekommendationer från beräkningsprogrammet samt samtal med experter inom området.

Markarbeten och masstransporter innefattar 3 olika delar. Den första är massor som köps in för projektet från externa källor, den andra är massor som grävs upp och transporteras bort för framtida användning och den tredje är massor som grävs upp och kan användas i samma projekt. Alla jordmassor antas inte behöva ersättningar eller reparationer, oavsett vägens livslängd. De är främst fyllning till underbyggnaden av vägen, samt schaktning som sker för markförberedning av vägen. Nedan visas processschemat för markarbeten och masstransporter i figur 6. Större bild finns att se i bilaga, sektion 7.2.

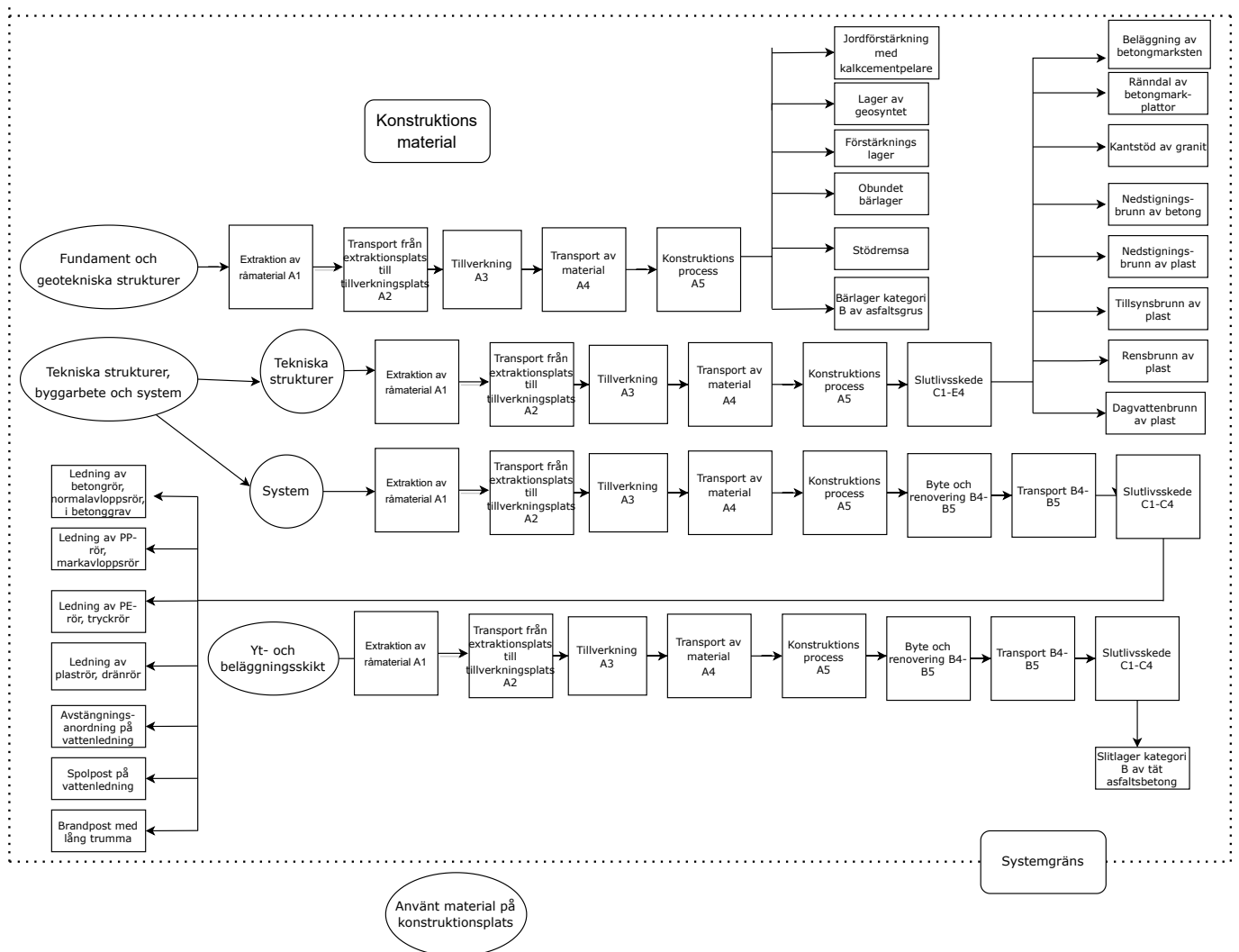


Figur 6 Inkluderade livscykelsteg för de olika masstyperna i mängdförteckningen inom kategorin markarbeten och masstransporter. Ellipser är kategorier inom programmet, kvadrater är aktuella livscykelsteg för dessa kategorier, rektanglar är ingående massor från mängdförteckningen, och de rundade rektanglarna markerar huvudkategorin samt vart systemgränsen för huvudkategorin går.

Konstruktionsmaterial innefattar 4 olika delar. Den första är fundament och geotekniska strukturer. Materialen i den här kategorin behöver inte ersättningar eller reparationer, oavsett vägens livslängd. Dessa är främst delar till överbyggnaden som inte behöver reparation eller ersättning, samt materialavskiljande lager. Den andra är tekniska strukturer, byggarbete och system. För tekniska strukturer menas permanenta konstruktioner ovan jord, såsom beläggning av sten och olika typer av brunnar. För system menas vatten, elektricitet och kommunikation. Den tredje är yt- och beläggningkonstruktioner. Med det menas själva slitlagret, som har kortast livslängd inom det totala vägbygget. Slitlagrets livslängd har satts till 20 år, efter övervägande med experter inom området².

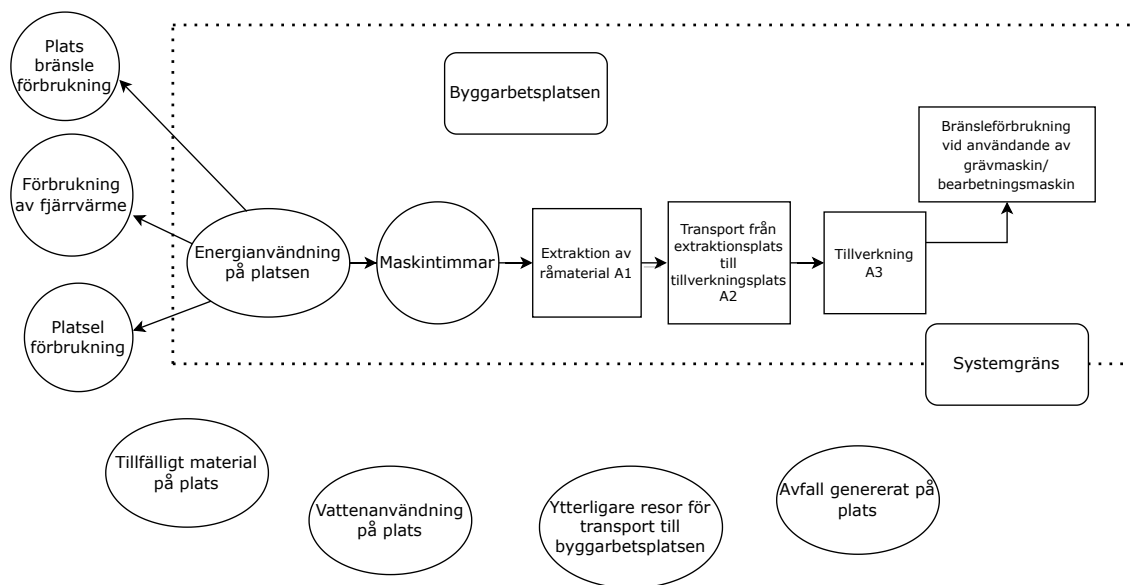
²Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

Den fjärde är använt material på konstruktionsplats. Data från detta har inte kunnit hittats för det här projektet, och är inte med inom systemgränsen. Nedan visas processschemat för konstruktionsmaterial i figur 7. Större bild finns att se i bilaga, sektion 7.2.



Figur 7 Inkluderade livscykelsteg för de olika mass- och materialtyperna i mängdförteckningen inom kategorin konstruktionsmaterial. Ellipser är kategorier inom programmet, cirkular är delkategorier inom dessa, kvadrater är aktuella livscykelsteg för dessa kategorier, rektanglar är ingående massor/material/produkter från mängdförteckningen, och de rundade rektanglarna markerar huvudkategorin samt vart systemgränsen för huvudkategorin går.

Byggarbetsplatsen innefattar 5 delar. Den första är energianvändning på platsen. I projektets avgränsning är endast bränsleförbrukning för gräv- och bearbetningsmaskiner med i studiens omfattning, och är den enda energiförbrukningen på plats som tas med. Material använda på platsen som inte utgör en del av tillgången, vattenanvändning på plats, avfall genererat på plats och ytterligare resor för transport till byggarbetsplatsen är inte med i studiens omfattning då mängdförteckningens data inte är tillräcklig, och är utanför processschemats systemgräns. Nedan visas processschemat för byggarbetsplatsen i figur 8. Större bild finns att se i bilaga, sektion 7.2.



Figur 8 Inkluderade livscykelsteg för processerna på byggarbetsplatsen. Ellipser är kategorier inom programmet, cirklar är delkategorier inom dessa, kvadrater är aktuella livscykelsteg för dessa kategorier, rektanglar är ingående massor/material/produkter från mängdförteckningen, och de rundade rektanglarna markerar huvudkategorin samt vart systemgränsen för huvudkategorin går.

Den sista projektfasen i programmet är *användningsfasen*. I programmet finns delarna B1-B7 med. De innefattar användning, underhåll, reparation, ersättning, renovering, transport för renovering, energianvändning samt vattenanvändning. Då delar av dessa innefattas i valda EPD:er för de olika valda materialen och massorna där de hör till i dess specifika livscykel, läggs ingen extra data till då inga uppgifter finns om dessa.

3.2.1 Geografiska begränsningar och antaganden

Gällande de geografiska begränsningarna är vägsektionen som ska undersökas belägen i Sverige. Materialen och massorna som specificeras i mängdförteckningen beskriver endast vilket material och masstyp som används/schaktas bort, inte från vilken tillverkare det är. Då projektet genomförs i Sverige, görs antagandet att massorna som används kommer från Sverige, och avståndet av hämta dessa samt köra bort dem efter schaktning sätts till 20 kilometer, efter övervägande med experter inom området³. De massor som återanvänds inom projektet antas ha en kort transportsträcka då byggarbetsplatsen är liten till storlek, och transportsträckan från utgrävningsplats till plats för fyllning sätts till 200 m⁴. Detta gäller även transportsträcka mellan uppgrävt material med grävmaskin, dumper och hjullastare. De olika materialen och produkterna som används antas också komma från Sverige om de finns tillgängliga, och transportsträckan för att hämta dessa sätts till olika avstånd beroende på rekommendation inom programmet. Antagandet görs också att varje transport av alla material- och masstyper kommer transporteras med olika typer av lastbilar, som finns förprogrammerade i databasen. Bränslet som används antas vara diesel, då det används mest inom infrastrukturtransport i dagsläget i Sverige enligt experter. Förbrukat bränsle för varje transportfordon kommer också att fastställas med hjälp av databaserna i OneClickLCA⁵.

³Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

⁴Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

⁵Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-15

3.2.2 Tidsbegräsningar och antaganden

Tidsspannet för hela projektet sätts till 100 år, då det antas användas och vara aktuellt under den tiden innan ombyggnation eller rivning kan ske⁶. Under den perioden antas all underbyggnad och tekniska strukturer i vägen vara permanent⁷. Även delar i överbyggnaden antas vara permanent, förutom slitlagret som beräknas ha en livslängd på ca 20 år⁸. Systemet med ledningar och konstruktioner kopplat till vattensystemet antas ha en livslängd på 80 år⁹. Ingen tid läggs på att försöka få fram exakt data angående livslängd på de olika materialtyperna från tillverkarna. Detta beror främst på mängden olika tillverkare som är involverade i produktionsfasen, och på att denna typ av data kan antas ge en liten effekt på de givna resultaten för denna studie.

3.2.3 Tekniska begräsningar och antaganden

De tekniska begräsningarna av livscykelanalysen är satt i processschemat av de 4 olika byggnadsfaserna. Då data inte finns att tillgå för de olika transportsträckorna för alla ingående mass- och materialtyper, sätts ett rekommenderat schablonvärde från OCL för olika material/produkttyper inom processen. Alla mass- och materialtyper, fordon som används för transport samt maskiner som används på byggarbetsplatsen antas vara svenska, och svensk data tas från databasen i allra största mån. Elmixen som används gällande elförbrukning är genomsnittlig, och tagen från den svenska elektricitetsmixen.

Som grund till livscykelanalysen utgår projektet från en mängdförteckning skapad av konsultbolaget Structor AB. I den finns mass- och materialtyper till allt som använts i projektet, samt beteckningar och klassificeringar för dessa kopplade till AMA anläggning 20. AMA anläggning 20 är ett referensverk som används då tekniska beskrivningar för anläggningsarbeten ska upprättas och läsas av. Dock finns inte specificerat från vilken tillverkare eller varifrån materialet och massorna kommer. Vid valet av data från databaserna tillgängliga i OneClickLCA kommer den data som bäst stämmer överens med mängdförteckningen att användas. I första hand tas tillverkarspecifik data från Svenska tillverkare och används i beräkningarna, då de har en minst osäkerhet och ger en större exakthet värdemässigt. I andra hand tas svensk generisk data skapad av OneClickLCA. Dessa materiella miljöpåverkansprofiler är avsedda att användas när inga inköpsbeslut har fattats och inga lokalt tillämpliga generiska profiler är tillgängliga. De representerar genomsnittligt material för de definierade prestandakriterierna. I tredje hand tas tillverkarspecifik data från andra tillverkare i världen, och i fjärde hand tas generiska data från olika länder i världen. Den typ av data som används för att matcha data given i mängdförteckningen specificeras under livscykelinventeringsanalysen.

3.2.4 Cut-off-kriterier

Inom ett vägbygge ingår en mängd olika processer och delar. Då data inte finns för alla ingående delar i mängdförteckningen inom OneClickLCA:s databas, har en del material- och processtyper exkluderats. Alla processer som har att göra med röjning, trädfällning samt plantering har exkluderats, då dessa skiljer sig grovt åt mellan projekt till projekt, och vegetationsförberedning inte är med inom systemgränserna. Då vägens bredd inkluderat trädplantering samt vegetationsyta är 18 m, exkluderas den ytan vilket utgör 2 m på vardera sida om vägen. Det leder till att den analyserade vägens bredd är 14 m. Även arbeten relaterade till övergångsställen inom området, stolpar, trafikljus,

⁶Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utreddare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

⁷Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utreddare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

⁸Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utreddare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

⁹Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utreddare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

kabelskydd av plaströr, och elektricitet dragen inom området är exkluderade, då de inte anses höra till den typiska tvärsektionen som den uppskalade vägsektionen hör till. Även underhållsarbete under projektets livstid såsom snöröjning, sandning och borttagande av snö från trafikskyltar exkluderas.

3.2.5 Allokeringsprocesser

För allokeringsprocesserna skedda för att möjliggöra beräkning har en rad allokeringar skett. Mängdförteckningen som beräkningarna utgår från är omräknad från en ursprunglig mängdförteckning, med data över hela projektet. Utifrån kunskap om projektet samt beräkning från olika stora sektioner givna i MF har mängder till den valda vägsektionen lagts till, där mängderna har blivit avrundade till närmast jämnt 10-tal eller 100-tal beroende på storhet. Den nya mängdförteckningen benämns härnäst som MF. För massmängderna för schakt och fyllning och mängderna block utgår den ursprungliga beräkningen från teoretiska mängder utifrån uppskattningar innan projektet börjat, samt schablonvärden. På grund av osäkerheterna med teoretiska mängder sätts en större avrundning för att ge spelrum inom beräkningarna. Gällande mängderna för material är dessa mer exakta och avrundningen som sker är mindre.

3.3 Miljöpåverkanskategorier

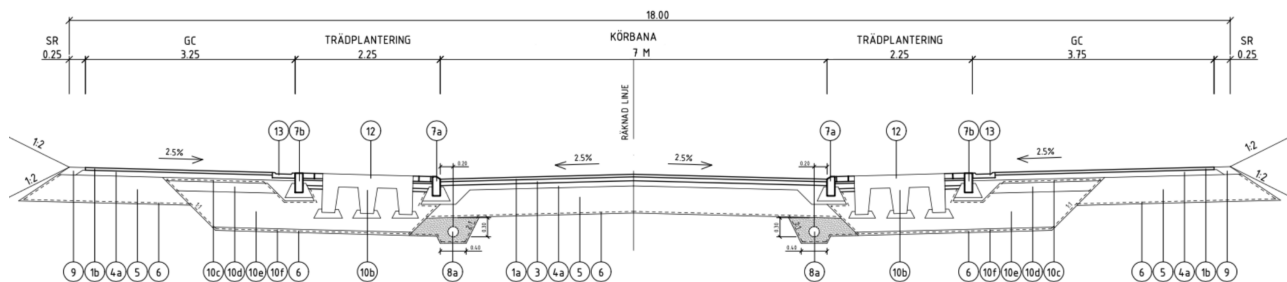
Miljöpåverkanskategorierna som använts i studien är i enlighet med ISO 14040/14044, och är de som inkluderas i CML 2001 påverkansmetoden som OneClickLCA använder sig utav. I licensen som används finns inte miljöpåverkanskategorin Human toxicity potential (HTP) med, som annars inkluderas i CML 2001, på grund av databrist inom området. Nedan presenteras de olika kategorierna i tabell 1.

Tabell 1 Miljöpåverkanskategorier enligt CML 2001 påverkansmetoden.

Påverkanskategoriindikatorer	Karakteriseringsmodell	Enhet
Global Warming Potential	När mängden växthusgaser i atmosfären ökar värms de atmosfäriska lagren nära jorden upp, vilket leder till klimatförändringar. GWP (Global Warming Potential) utvecklades för att tillåta jämförelser mellan hur mycket påverkan olika växthusgaser ger. Det är ett mått på hur mycket energiutsläppen av 1 ton gas kommer absorbera över en given tidsperiod, relaterat till utsläppen av 1 ton koldioxid.	kg CO ₂ -Ekv.
Ozone layer Depletion Potential	Ozonskiktets utarmningspotential (ODP) är ett mått på den relativa degraderingen i ozonskiktet som en kemisk förening kan orsaka. ODP för ett givet ämne definieras då som förhållandet mellan global förlust av ozon på grund av den givna kemiska föreningen och den globala förlusten av ozon på grund av R-11/CFC-11 med samma massa.	kg R11-Ekv.
Acidification Potential	Försurningspotential (AP) kvantifierar mängden gaser som är ansvariga för försurningen av mark, grund- och ytvatten, effekter på djur, ekosystem och även byggnadsmiljön. Det baseras på bidragen av SO ₂ , NO _x , HCl, NH ₃ och HF till den potentiella depositionen av syra vilket är deras potential att bilda vätejoner (H ⁺).	kg SO ₂ -Ekv
Eutrophication Potential	Eutrofieringspotential (EP) omfattar påverkan på mark- och vattenmiljöer på grund av övergödning eller övertillförsel av näringsämnen, särskilt med fokus på de viktigaste ämnena kväve och fosfor.	kg PO ₄ ⁻³ -Ekv.
Abiotic depletion elements	Abiotisk utarmningspotential (ADP-elements) för icke fossila resurser beskriver reduceringen av den globala mängden av icke förnybara råmaterial. Det täcker den generella tillgängligheten av naturliga element. Antimon (Sb) sätts som den gemensamma måttenheten, och dess utvinningsbara resurser.	kg Sb-Ekv.
Abiotic depletion fossil	Abiotisk utarmningspotential (ADP fossil) för fossila resurser relaterar till användandet av fossila bränslen såsom kol, olja och naturgas, fölorade från reserver. Det största bidraget kommer från transporter. Mj sätts som den gemensamma måttenheten, vilket menar energiförbrukningen från användandet av de fossila bränslena.	MJ
Photochemical ozone creation potential	Bildningen av ozon i lägre atmosfärer menar bidraget tillsammans med UV-strålning till bildningen av ozon i den lägre delen av atmosfären, som är skadlig för jordens andningssystem. Den orsakas då kolväten släpps ut, och Eten sätts som standard.	kg Eten-Ekv

4 LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS

I den här LCA:n utgår inventeringsanalysen av de inkluderade massor, produkter och material som har tagits från den omräknade MF:n. Inventeringsanalysen inkluderar även bränsleförbrukning av maskiner använda för själva anläggandet av vägsektionen, där data baseras på använda maskiner i projektet. Bränsleförbrukningsdata är dels baserat på OneClickLCA:s databas, samt givna uppgifter från experter inom området om kapacitet och bränsleförbrukning för maskiner ej inkluderade i OneClickLCA:s databas. Utsläppsdatan är baserade på varje enskild massa och materials deklarerade EPD. Vad som ska noteras är att ingen LCA har tidigare gjorts och publicerats över en vägbygge inom ett medeltrafikerat område inkluderat VA-ledningar och GC-bana. Vid insamlande av data har OneClickLCA:s databas använts. Alla nödvändiga data har kontrollerats och jämförts med andra rapporter för att säkerställa giltigheten av använd data. För att se exakt beteckning för vilken EPD som använts för att matcha informationen given i MF, se bilaga sektion 7.1. Ingående mängder från mängdförteckningen går även att se i bilaga, sektion 7.3. I detta avsnitt kommer alla de olika delarna i denna inventeringsanalys att introduceras. Nedan ses figur 9 som visar vägens uppbyggnad, där bredden för träd- och vegetation har exkluderats. En större bild kan ses i bilaga, sektion 7.2. Ingående mass- och materialtyp i varje lager presenteras även, samt en förklaring över nummerkodningen till mass- och materialtyperna i figur 10.



Figur 9 Överskådlig bild över vald vägsektionstyp samt ingående materialtyp i varje lager.

BENÄMNING	NR.	TJOCKLEK (MM)	MATERIALTYP
BITUMENBUNDET SLITLAGER	1a	40	ABT16 B160/220
	1b	40	ABT11 B160/220
OBUNDET SLITLAGER	2	50	STENMJÖL 0-8
BUNDET BÄRLAGER	3	50	AG16 B160/220
OBUNDET BÄRLAGER	4a	80	KROSS 0/32 MM
	4b	250	KROSS 0/32 MM
FÖRSTÄRKNINGSLAGER	5	420	KROSS 0/90 MM
MATERIALSKILJANDE LAGER	6	-	GEOTEXIL BK N3, BK N4 VID BERGTERRASS
KANTSTEN	7a	-	GRANIT RF2 SÄTTS I BETONG
	7b	-	GRANIT RV2 SÄTTS I BETONG
DRÄNERING	8a	-	PE Ø232 VG MIN 30 CM UNDER KRINFYLLNING KROSS 8/16 MM LEDNINGSBÄDD KROSS 8/16 MM Tj= 10 CM GEOTEXIL BK N3 RUNTOM, BK N4 VID BERGTERRASS
	8b	-	MAKADAM 32-64, GEOTEXIL BK N3 RUNTOM
STÖDREMSA	9	VAR	KROSS 0/16
SKELETTJORD	10a	50	MARKTÄCKNING MAKADAM 4-8 RUNT TRÄD
	10b	-	TRÄDGROPSFUNDAMET 1200 x 1200 x 600 (1400 x 1400 x 600 MELLAN LM 0/600-0/775) JUSTERAS PÅ BÄDD AV MAKADAM 8 - 11 FYLLS MED MAKADAM 2-6 MED 25 VOLYMPROCENT NÄRINGSBERIKAD BOKOL OCH KOMPOST (50/50)
	10c	50	AVJÄMNINGS LAGER MAKADAM 8-11
	10d	150	LUFTIGT BÄRLAGER MAKADAM 32-63
	10e	600	MAKADAM 32-90 MED 15-25 VOLYMPROCENT NÄRINGSBERIKAD BOKOL OCH KOMPOST (50/50)
	10f	50	OGÖDGLAD BOKOL
VÄXTBÄDD + SÄDD	11	VAR.	SE L-HANDLING
BETONGMARKSTEN	12	80	INKL SÄTTSSAND 30 MM
RÄNNDALSPLOTTA	13	80	INKL SÄTTSSAND 30 MM

Figur 10 Förklaring över nummerkodning till mass- och materialtyper i figur 9.

4.1 Markarbeten och masstransporter

Den första delen i upplägget av programmet är markarbeten och masstransporter. Utifrån mängdförteckningen med givna mängder samt beteckningar för de olika massklasserna, görs valet i databasen efter bästa möjliga källa utifrån nämnda förutsättningar, se sektion 3.2.3. Vilket material som hör till vilken klass klassificerades i processchemat för markarbeten och masstransporter, se figur 6. Klassificeringen är viktig för att säkerställa att rätt delar i varje massas livscykel inkluderas. Ingående livscykelsteg för de olika kategorierna redovisas också i figur 6.

För transport av alla massor antas en dumper med tippbar lastvagn användas med en kapacitet på 19 ton, och fyllningsgrad 100 %¹⁰. Datan är tillverkarspecifik och härstammar från finsk data. Transportsträckan som körs för massor inköpta från projektet, samt de massor som körs till deponi eller annan användning antas vara 20 kilometer¹¹. Sträckan för schaktmaterial som kan återanvändas sätts till 200 m¹². Markarbeten och masstransporter samt processerna som inkluderas i dessa är en del av vägens underbyggnad. Sprängningen som sker är för att få bort sten, berg, stora stenblock och överliggande markskikt för att möjliggöra vägens byggnad. För transport av sprängmedel tas data från OCL:s databas vilken uppskattar transporten till 150 kilometer.

4.1.1 Massor inköpta för projektet

Massor inköpta för projektet är massor som producerats på annan plats och köps in externt. De innefattar följande livscykelsteg:

1. Extraktion av råmaterial A1
2. Transport från extraktionsplats till tillverkningsplats A2
3. Tillverkning A3
4. Transport av schaktmassor A4b
5. Konstruktionsprocess A5

Till massor inköpta för projektet klassificerades två olika mängdtyper från mängdförteckningen in. Dessa var:

1. Fyllning kategori B med grovkornig jord och krossmaterial för väg, fall B
2. Fyllning för ledning, magasin, fall B

Med fall B menas massa som transporteras bort för deponi, och inte används inom samma projekt. Gällande den första mängdtypen, togs beteckning, mängd och enhet från mängdförteckningen. Den matchades in med bästa möjliga alternativ från OCL:s databas och var följande:

¹⁰Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

¹¹Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

¹²Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

Tabell 2 Ingående mängder för fyllning kategori B med grovkorning jord och krossmaterial för väg fall B.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Fyllning kategori B, Fall B, krossmaterial 0-125 mm	1000 m ³	-
MF	Fyllning för bädd, Fall B, krossmaterial 0-125 mm	3600 m ³	-
OCL	Aggregate, from stationary crushing plant, 0/150 mm, 0/90 mm, Ramnaslätt plant (NCC)	1000 m ³	5.7 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Aggregate, from stationary crushing plant, 0/150 mm, 0/90 mm, Ramnaslätt plant (NCC)	3600 m ³	22 ton CO ₂ -Ekv.

För att identifiera och koppla materialtyp från mängdförteckning med bästa möjliga alternativ från OneClickLCA:s databas användes en krosstyp med lite högre fraktionsmängd, där krossfraktionen var 0/150. Krossverket som användes var stationärt, och datan var tillverkarspecifik från Sverige.

För den andra mängdtypen, togs beteckning, mängd och enhet från mängdförteckningen och var följande:

Tabell 3 Ingående mängder för fyllning för ledning och magasin fall B.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Ledningsbädd VA-ledning, Fall B, krossmaterial 0/22 mm	150 m ³	-
MF	Ledningsbädd dränledning, Fall B, makadam 8-16	60 m ³	-
MF	Ledningsbädd för el/telekabel, Fall B, krossmaterial 0/18 mm	60 m ³	-
MF	Kringfyllning för dränledning, Fall B, Makadam 8-16 mm	600 m ³	-
MF	Kringfyllning för VA-ledning, Fall B, krossmaterial 0-32 mm	2000 m ³	-
MF	Kringfyllning för el/telekabel, Fall B, krossmaterial 0-18 mm	300 m ³	-
MF	Resterande fyllning, Fall B, krossmaterial 0-125 mm	2000 m ³	-
OCL	Aggregate, from stationary crushing plant, 32/63 mm, 0/16 mm, 0/8 mm, 0/5 mm, Ramnaslätt plant (NCC)	150 m ³	0.98 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Macadam (8...16 mm), dry bulk density, 1680 kg/m	60 m ³	0.59 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Crushed rock, 0-16 mm, 0-32 mm, 0-63 mm, 0-90 mm, 16-32 mm and 32-64mm, 2500-3000 kg/m ³ for solid rock, 1400-1700 kg/m ³ for crushed rock (Skanska)	60 m ³	0.62 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Macadam (8...16 mm), dry bulk density, 1680 kg/m ³	600 m ³	5.9 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Crushed rock, 0-16 mm, 0-32 mm, 0-63 mm, 0-90 mm, 16-32 mm and 32-64mm, 2500-3000 kg/m ³ for solid rock, 1400-1700 kg/m ³ for crushed rock (Skanska)	2000 m ³	21 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Crushed rock, 0-16 mm, 0-32 mm, 0-63 mm, 0-90 mm, 16-32 mm and 32-64mm, 2500-3000 kg/m ³ for solid rock, 1400-1700 kg/m ³ for crushed rock (Skanska)	300 m ³	3.1 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Aggregate, from stationary crushing plant, 0/150 mm, 0/90 mm, Ramnaslätt plant (NCC)	2000 m ³	11 ton CO ₂ -Ekv.

För samtliga krossmaterial kunde tillverkarspecifik data från Sverige användas. Krossmaterialen och makadamen som användes antogs komma från en stationärt krossverk. Krossfraktionerna som användes var inte exakta som de som listades i mängdförteckningen, utan närmaste möjliga fraktion

användes. Makadamdata som togs var lokal generisk data, då storleken stämde exakt överens med den som listades i mängdförteckningen. Den hade äve samma enhet som MF, jämfört med den tillverkarspecifika datan som hade större krossfraktioner och en annan enhet.

4.1.2 Schaktade och avlägsnade massor

De schaktade och avlägsnade massorna har endast två livscykelsteg inkluderade, till skillnad från massorna som inköpts till projektet. Då de endast schaktas och sedan transporteras bort räknas livscykelstegen transport av schaktmassor A4B och konstruktionsprocess vid uppgrävande/tillverkande A5 med, där konstruktionsprocess innefattar användandet av maskinerna krävda för schaktarbetet. Från mängdförteckningen klassades 8 olika typer in. Dessa var:

1. Jordschakt, fall B
2. Jordblock
3. Icke jordfasta sidoblock
4. Icke jordfasta bottenblock
5. Avtäckning av berg, avtäckningsklass 1
6. Borttagning av överlastmassor, fall B
7. Bergsschakt kategori B och C, fall B
8. Bergsschakt för VA-ledning, fall B

Gällande jordschakt fanns inga data att tillgå från MF vilken typ av jord som återfanns på platsen. Data valdes från databasen baserat på SGU:s jordkarta över området (SGU 2020), där postglacial lera är den övergripande typen inom området. Komplettering med avvattningskarta från LstAB användes för att avgöra vatteninnehållet i marken (LstAB 2018). Generisk data från Sverige användes, då ingen tillverkarspecifik data fanns att tillgå över jordtypen i området. Tabell över beteckning från MF och OCL kan ses nedan.

Tabell 4 Ingående mängder för jordschakt.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Jordschakt kategori B för väg, plan o d, fall B	2000 m ³	-
MF	Jordschakt för VA-ledning, fall B	1500 m ³	-
MF	Jordschakt för dränledning, fall B	200 m ³	-
MF	Jordschakt för el och telekabel, fall B	250 m ³	-
OCL	Clay soil, loose dry density, 1280 kg/m ³	2000 m ³	3.7 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Clay soil, loose dry density, 1280 kg/m ³	1500 m ³	2.8 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Clay soil, loose dry density, 1280 kg/m ³	200 m ³	0.37 CO ₂ -Ekv.
OCL	Clay soil, loose dry density, 1280 kg/m ³	250 m ³	0.47 ton CO ₂ -Ekv.

För yt-, jord-, sido- och bottenblock finns ingen data att tillgå i databasen. Data tas därför för mängden sten blocken innehåller, i betydligt mindre former än blockform. Då storleken för de olika block är listade inom ett spann tas medelvärde av detta spann. För urtagning av block med storleken 1-3 m³ från marken antas endast grävmaskin användas. För urtagning av block med storleken 3-5 m³ krävs sprängning för att minska blockstorleken, så att de sedan kan grävas upp. Gällande mängden sprängmedel krävt för att få bort bergmassan för schakt kontaktades en expert inom området, Johan

Lindqvist på Uppländska Berg. Enligt honom används i snitt 0.75 kg sprängmedel per m³ fast berg¹³. Tillverkarspecifik data från Norge användes gällande blocktyper, då den visade på sprängning av berg för att få loss sten i osorterade fraktioner innan krossprocessen påbörjas. Tabell över beteckning från MF och OCL kan ses nedan. För sprängning används generisk lokal data inom Europa. Det ska sägas att användandet av sprängmedel inte räknas inom kategorin schaktade och avlägsnade massor, utan i dess livscykel ingår samma steg som fundament och geotekniska strukturer, det vill säga livscykelsteg A1-A5. Transporten för sprängmedel särskiljer sig också, och sätts till 150 kilometer där en större leveransbil används efter rekommendation från OCL. Nedan visas ingående mängder för alla typer av block samt använt sprängmedel.

Tabell 5 Ingående mängder för olika typer av block samt användandet av sprängmedel.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Sido och bottenblock, storlek 1-3 m ³	108 m ³	-
MF	Sido och bottenblock, storlek 3-5 m ³	296 m ³	
MF	Ytblock, storlek 3-5 m ³	80 m ³	-
MF	Jordblock, storlek 1-3 m ³	54 m ³	-
MF	Jordblock, storlek 3-5 m ³	188 m ³	
OCL	Stone and rock from quarries (crushing stage 0), 2500-3000 kg/m ³ (Franzefoss Pukk)	108 m ³	0.43 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Stone and rock from quarries (crushing stage 0), 2500-3000 kg/m ³ (Franzefoss Pukk)	296 m ³	1.5 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Stone and rock from quarries (crushing stage 0), 2500-3000 kg/m ³ (Franzefoss Pukk)	80 m ³	0.32 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Stone and rock from quarries (crushing stage 0), 2500-3000 kg/m ³ (Franzefoss Pukk)	54 m ³	0.22 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Stone and rock from quarries (crushing stage 0), 2500-3000 kg/m ³ (Franzefoss Pukk)	188 m ³	0.76 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Bulk emulsion explosives, Kemiitti 610, (Oy Forcit Ab, plant Gällivare)	483 kg	0.52 ton CO ₂ -Ekv.

Avtäckning av berg antas kunna utföras med grävmaskin. Jorden på bergytan antas ha ett högre organiskt innehåll, vilket leder till ett högre fraktionsinnehåll samt porstorlek jämfört med lerjorden längs markytan. Generisk data från Sverige användes. Överlastmassorna som borttas för att få markbädden till ursprunglig marknivå antas vara samma jordinnehåll som marken, dvs postglacial lera. Datan är som tidigare generisk från Sverige. Bergsschakten utförs med sprängning, för att sedan fraktas bort. Även här användes tillverkarspecifik data från Norge för stenmängderna. Snittet använt sprängmedel per kubik är samma som ovan, 0.75 kg/m³. Tillverkarspecifik data från Sverige används. Data för avtäckning, bergschakt, borttagning av överlastmassor samt användandet av sprängmedel kan ses nedan i tabell 6.

¹³Johan Lindqvist, supervisor, Uppländska Berg AB, personlig kommunikation 2022-04-21

Tabell 6 Ingående mängder för avtäckning, bergsschakt samt användandet av sprängmedel.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Avtäckning alla klasser, fall B	1200 m ³	-
MF	Borttagning av överlastmassor, fall B	1800 m ³	-
MF	Bergsschakt totalt, borttagning av block, fall B	3500 m ³	-
OCL	Non-cohesive soil, avg. dens.: 1975.25 kg/m ³	1200m ³	3.5 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Clay soil, loose dry density, 1280 kg/m ³	1800 m ³	3.4 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Stone and rock from quarries (crushing stage 0), 2500-3000 kg/m ³ (Franzefoss Pukk)	3500 m ³	14 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Bulk emulsion explosives, Kemiitti 610, (Oy Forcit Ab, plant Gällivare)	2625 kg	2.8 ton CO ₂ -Ekv.

4.1.3 Massor som kan återanvändas i projektet

Massor som kan återanvändas i projektet har två steg inkluderat i dess livscykelsteg, transport av schaktmassor A4b och konstruktionsprocess vid uppgrävande/tillverkande A5. Följande typer klassificerades från MF:

1. Fyllnings kategori B med grovkornig jord och krossmaterial för väg, fall A
2. Jordschakt, fall A
3. Borttagning av överlastmassor, fall A
4. Bergsschakt kategori B och C, fall A
5. Bergsschakt för VA-ledning, fall A
6. Fyllning för ledning, magasin, fall A

Samma typer som klassificerades och matchades mot databasen för bästa möjliga urval i schaktade och avlägsnade massor användes här, då masstyperna är likadana i Fall A och B. Det som skiljer de åt är om de kan användas igen i projektet och på så sätt få mindre miljöpåverkan, eller om de behöver fraktas bort till deponi, där transporten spelar en större roll vad gäller utsläpp. Detta räknas med i programmet, och transportsträckan ändras till 200 m. Jordmängderna som används sätts som Recycled clay soil ("waste status"), då de skulle lagts på deponi om de inte använts i projektet. Generiska data från Sverige från samma källa och typ används här precis som vid schaktade och avlägsnade massor, av samma anledningar. För bergsschakt används tillverkar-specifik data från Norge precis som för schaktade och avlägsnade massor, då det är den enda datan i databasen som visade på sprängning av berg för att få loss sten i osorterade fraktioner innan krossprocessen påbörjas.

4.2 Konstruktionsmaterial

Den andra delen av upplägget i programmet är konstruktionsmaterial. Utifrån mängdförteckningen med givna mängder samt beteckningar för de olika massklasserna, görs valet i databasen efter bästa möjliga källa utifrån nämnda förutsättningar, se sektion 3.2.3. Vilket material som hör till vilken klass klassificerades i processschemat för konstruktionsmaterial, se figur 7. Ingående livscykelsteg för de olika kategorierna kan ses i samma figur 7.

För transport av alla massor antas en dumper med tipptbar lastvagn användas med en kapacitet på 19

ton, och fyllningsgrad 100 %¹⁴. Datan är tillverkarspecifik och härstammar från finsk data. Transportsträckan som körs för massor antas vara 20 kilometer, med undantag för asfaltgrus och asfaltbeläggning där sträckan antas vara 60 kilometer efter rekommendation från programmet. För transport av alla typer av cement för markförstärkning samt geotextilier, brunnar, betongmarksten, betongmarkplattor, och kantstöd av granit antas en kombinationstrailer användas med 40 tons kapacitet, och en fyllnadsgrad på 100 % efter rekommendation från programmet. Datan är tillverkarspecifik och härstammar från finsk data. Transportsträckan antas vara 70 kilometer, efter rekommendation i programmet. Undantag är geotextilier, där avståndet sätts till 110 kilometer efter rekommendation från programmet. För rörledningar och avstängningsanordningar antas en större leveransbil användas med en kapacitet på 9 ton och fyllnadsgrad på 100 % användas efter rekommendation från programmet.

4.2.1 Fundament och geotekniska strukturer

Med fundament och geotekniska strukturer menas material som antas inte behöva ersättningar, oavsett den avsedda periodlängden för anläggningskonstruktionen. Det som ingår i dess livscykel är då:

- Extraktion av råmaterial A1
- Transport från extraktionsplats till tillverkningsplats A2
- Tillverkning A3
- Transport av material/schaktmassor A4/A4b
- Konstruktionsprocess A5

Slutlivsskede samt byte och renovering, och ingående transporter i dessa existerar inte i fundament och geotekniska strukturer. Följande typer klassificerades från MF:

1. Jordförstärkning med kalkcementpelare
2. Lager av geosyntet
3. Förstärkningslager
4. Obundet bärlager
5. Stödremsa
6. Bärlager kategori B av asfaltgrus

I uppbyggnaden av en väg, beskrivet i sektion 1.2 är följande ingående material och massor del av vägens överbyggnad. Av vägens överbyggnad bestående av skyddslager, förstärkningslager, bärlager och slitlager är slitlagret det enda laget som antas ha en livslängd. Om förberedelsen i mark görs tillräckligt och den förstärks och byggs på rätt sätt, kan resterande lager antas hålla så länge vägen används och behövs.

Ibland behöver gator markförstärkas, därför har ett scenario tagits med då 25 % av sträckan markförstärks med kalkcementpelare (KC-pelare) för att se hur resultatet gällande miljöpåverkan skiljer sig mot en gata helt utan markförstärkning. KC-pelare stärker bärigheten i lösa jordar såsom lös postglacial lera, vilket är jordtypen på platsen för vägbygget. I den valda uppskalade vägsektionen om inkluderat, bedömdes det behövas kalkcementpelare i 250 meter av sträckan. Där skulle 1 pelare per meter installeras i 18 m bredd, under 250 meter. Diametern på dessa var 600 mm,

¹⁴Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, pers. kommunikation 2022-03-05

och förhållandet kalk/cement är 30/70 %. Inblandningsmängden kalk-cement som användes var 120, 140 respektive 160 kg/m³. Denna skiljer sig åt beroende på var i marken pelaren är. Värderna för pelarna, samt mängd och sträcka kan ses i tabell 7.

Tabell 7 *Typer av KC-pelare från mängdförteckning.*

Beteckning	Dimension	Mängd	Volym	Vikt
KC pelare 120 kg/m ³	600 mm omkrets	15000 m	4240 m ³	509 ton
KC pelare 140 kg/m ³	600 mm omkrets	15000 m	4240 m ³	594 ton
KC pelare 160 kg/m ³	600 mm omkrets	15000 m	4240 m ³	678 ton

Efter sökning i databasen har genomförts står det fast att två poster är användbara. Då typen som används är portland cement, vilken innehåller kalk, finns två poster med liknande sammansättning, där en inkluderar produktionen av själva pelarna, och den andra endast har med typen av cement som används. Dataposternas namn är följande:

Tabell 8 *Data för representering av mängden KC-pelare i marken.*

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
OCL	Portland cement - lime mix, for soil stabilisation, generic, 900 kg/m ³ (56.2 lbs/ft ³) bulk density of 50-50 % volumetric mix	1781 ton	1413 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Portland cement, CEM II/A-LL 42.5 R (Cementa AB, Skövde plant)	1781 ton	1356 ton CO ₂ -Ekv.

Densiteten skiljer sig markant, även sammansättningen av kalk och cement, vilken i posterna är 50/50 och 15/75 med kalk/cement jämfört med 30/70 som angavs i MF. Då posten med 50/50 är mest snarlik då produktionen av pelarna inkluderas, används den i rapporten. Datan är generisk, och hämtad från Sverige. Det ska sägas att mängden utsläpp är mycket stor och representerar en markant del av hela projektets totala utsläpp, vilket var en överraskning. Detta tas sedan upp i resultat och diskussion. Ett scenario görs först utan markförstärkning, kallat scenario 1, och ett annat med markförstärkning, scenario 2.

Gällande lager av geotextilduk används de mellan olika lager i vägens uppbyggnad. Dessa lager har olika beteckningar och egenskaper, beroende på vart i vägens uppbyggnad de placeras. Klassificeringen går från N1-N5, där en högre siffra ställer ökade krav på hållbarhet. Samtliga geotextilier är gjorda av propylen. Det finns även geonät med andra klassificeringar, GS-GRID geonät. Dessa är kraftigare än geotextilier, och gjorda för att tåla högre belastning. Dessa läggs ofta ovanpå en fiberduk/geotextil för bästa resultat. Genom undersökning av vanliga geotextildukar och geonät använda i Sverige, tas produktinformation för de olika klasserna och framförallt materialtyp samt vikt per m². Data tas från återförsäljaren Ahlsell (Ahlsell 2022) för att få fram data kopplade till given information i MF, vilket senare matchas mot OneClickLCA:s databas för att hitta bästa möjliga resultat. Data som användes var tillverkarspecifik utomlands. Resulterande matchningar kan ses i tabell 9.

Tabell 9 Ingående mängder för geotextil.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Geotextil klass N3, typvikt 190 g/m ²	7000 m ²	-
MF	Geotextil N4, typvikt 260 g/m ²	21 000 m ²	-
MF	Armerande lager av geonät i obundna lager, geonät typGS-GRID 30/30L, typvikt 200 g/m ²	4500 m ²	-
OCL	Geogrid from polypropylene (PP) and geotextile, 281 g/m ² , 4x50 m rolls, TriAx TX 130S-G (Tensar International)	7000 m ²	1.1 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Geogrid from polypropylene (PP) and geotextile, 281 g/m ² , 4x50 m rolls, TriAx TX 130S-G (Tensar International)	21 000 m ²	3.3 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Geogrid from polypropylene (PP), 0.200 kg/m ² , 4.75 x 100 m rolls, Secugrid 30/30 Q1 (Naue)	4500 m ²	0.66 ton CO ₂ -Ekv.

Till förstärkninglagret, det obundna bärlagret och stödremsan används krossmaterial i olika bestämda fraktioner enligt MF, där tagna krav är från AMA 20 (Svensk Byggtjänst 2020). Krossmaterialet som väljs ut är tillverkarspecifikt från Sverige, och den närmaste krosstorleken i databasen jämfört med MF väljs ut. För allt krossmaterial antas som tidigare att de körs med en dumper med tippbar lastvagn där kapaciteten är på 19 ton, och fyllningsgraden 100 %. Den datan är tillverkarspecifik och härstammar från finsk data. Krossmaterialet antas komma från ett stationärt krossverk. Använd data kan ses nedan i tabell 10.

Tabell 10 Ingående mängder för förstärkningslager, obundet bärlager och stödremsa.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Förstärkningslager kategori B till överbyggnad med flexibel konstruktion och med bitumenbundet slitlager, betongmarkplattor m m, fall B, Tj = 420 mm, Kross 0-90	8000 m ³	-
MF	Obundet bärlager kategori B till belagda ytor, fall B, Kross 0-32 mm, Tj = 80 mm	1280 m ³	-
MF	Stödremsa, fall B, Kross 0-16	125 ton	-
OCL	Crushed rock, 0-150mm and 0-200mm, 2500-3000 kg/m ³ for solid rock, 1400-1700 kg/m ³ for crushed rock (Skanska)	8000 m ³	41 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Aggregate, from stationary crushing plant, 0/32 mm, Ramnaslätt plant (NCC)	1280 m ³	7.2 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Aggregate, from stationary crushing plant, 32/63 mm, 0/16 mm, 0/8 mm, 0/5 mm, Ramnaslätt plant (NCC)	125 ton	0.51 ton CO ₂ -Ekv.

Gällande bärlager kategori B av asfaltgrus, gavs datan i MF för körbanesektionen i m² med en vald tjocklek. I databasen fanns endast viktdata att tillgå för asfaltgruset på körbanesektionen. En densitet fick därför antas. Efter samtal med expert inom området på Structor Uppsala AB antogs densiteten 2,5 ton/m³¹⁵. Datan från databasen kunde då användas, och matchas mot bästa möjliga alternativ från MF. Datan som hittades i databasen stämde överens med exakta tekniska beteckningar för asfaltgruset som användes, gällande asfaltgrustyp, max tillåtna stenstorlek och inblandad bitumenkvalitet. Dock uppmärksammades det i undersökningen att utsläppsdata skilde sig väldigt mycket mellan poster, trots att beskrivningen mellan de två posterna var väldigt snarlik. Det som skilde de främst åt var mängden återvunnen asfalt i mixen, vilken var 15 respektive 30%. Även

¹⁵Andreas Åhlen, projektör väg/mark, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-07

mängden jungfrulig bitumen skilde sig åt, 0 respektive 2.29 %. De två dataposter i databasen som bäst stämde överens med mängdförteckningen redovisas nedan i tabell 11.

Tabell 11 Ingående mängder asfaltgrus.

		Utsläpp
Beteckning MF	1000 m Gata, Körbana 7 m, AG16 B160/220, Tj= 50 mm, Yta = 7000 m ²	-
Beteckning OCL	Asphalt mixtures for paving, hot mix, 15% RAP, AG 16 160/220 (NCC, Kärra plant)	18 ton CO ₂ -Ekv.
Beteckning OCL	Asphalt, hot mix base course for roads, AG 160/220, 100/150, 30% RAP, 2.29% virgin bitumen (Skanska Industrial Solutions AB)	36 ton CO ₂ -Ekv.

Gällande vägens totala utsläpp väljs den asfalt med lägst utsläpp ut, då den hade minst mängd återvunnen asfalt (RAP), vilket stämmer bäst överens med besluten som tas i projekt enligt experter på Structor¹⁶. Skillnader samt jämförelser med dessa tas senare upp i resultat/diskussion. Datan är tillverkarspecifik från Sverige.

4.2.2 Tekniska strukturer

För tekniska strukturer antas ingående produkter ha en livslängd på 100 år. Därtill tillkommer slutlivsskedet, och stegen C1-C4. Följande delar ingår då i livscykeln:

- Extraktion av råmaterial A1
- Transport från extraktionsplats till tillverkningsplats A2
- Tillverkning A3
- Transport av material A4
- Konstruktionsprocess A5
- Rivning, isärmontering C1
- Transport C2
- Avfallshantering C3
- Sluthantering C4

Följande delar klassificerades som tekniska strukturer från MF.

1. Beläggning av betongmarksten
2. Rännal av betongmarkplattor
3. Kantstöd av granit
4. Nedstigningsbrunn av betong
5. Nedstigningsbrunn av plast

¹⁶Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-22

6. Rensvattenbrunn av plast

7. Dagvattenbrunn av plast

För beläggning av betongmarksten användes lokal generisk data från Sverige. Utifrån dimensionsbeskrivningar från MF valdes posten ut där tjockleken på betongplattan samt materialsammansättningen stämde bäst överens. För kantstöd av granit användes regionala generiska data från Finland. I MF beskrevs två olika typer av kantstöd i granit, RFV2 och RV2. Det som skiljer dessa åt är fasningen på kanten, där RF2 har sned kant och RV2 har rak kant. Materialen är densamma i båda typerna. Båda har dimensionerna 120x300 mm. Dessa dimensioner matchades mot närmast möjliga dimensioner i databasen, där materialsammansättningen var densamma som den från MF:n. Genom information från EPD:n kunde data omvandlas och föras in i databasen, då mängden redovisades i meter från MF, och gavs i ton från OCL:s databas. För rännadal av betongmarkplattor, användes lokala tillverkarspecifik data från Sverige. En exakt post över rännaldalen av betongplattor hittades. EPD:n var redovisad i kg/ton och informationen från MF gavs i m. Utifrån dimensionbeskrivningar i MF och på tillverkarens hemsida konverterades datan till rätt enhet för inmatning. Nedan ses ingående mängder för de olika materialen och produkterna i tabell 12.

Tabell 12 Ingående mängder för beläggning av betong marksten, rännadal av betongmarkplattor samt kantstöd av granit.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	BTG2 Betongmarksten 175x175x80, typ Starka Siena i förband	4500 m ²	-
MF	Gata 2 sidor , RV2 Raksten	2000 m	-
MF	Gata 2 sidor , RF2 Raksten	2000 m	-
MF	RD1 Rännadalsplatta, 350x350mm, brottslastklass 250 typ Benders rännadalsplatta rak. Kulör grå.	2000 m	
OCL	Concrete stone pavement, stone thickness 50 mm (2 in)	4500 m ²	63 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Curbstone, solid staircase and solid wall from stone, Finnish average, 2700 kg/m ³ (KIVI ry)	248 ton	20 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Curbstone, solid staircase and solid wall from stone, Finnish average, 2700 kg/m ³ (KIVI ry)	248 ton	20 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Concrete products, for walls and walkways (S:t Eriks)	103 ton	11 ton CO ₂ -Ekv.

För alla typer av brunnar behövde antagandet göras att alla brunnar är en nedstigningsbrunn av betong. Efter undersökning i databasen stod det först fast att ingen typ av nedstigningsbrunn eller rensvattenbrunn fanns att tillgå. Efter undersökning på olika hemsidor med EPD-databaser, hittades tre nedstigningsbrunnar av betong (Environdec u.å.). Dessa skickades till OneClickLCA:s datateam, och lades till i databasen för att kunna användas i programmet. För två av dessa var EPD:n deklarerad i vikt, och den andra var i styck. Utifrån beskrivningar av brunnens dimensioner i MF beräknades vikten för nedstigningsbrunnen. I projektet användes totalt 9 olika typer av brunnar, med olika kvantiteter. Dessa matchades till de tre olika nedstigningsbrunnarna, se tabell 13 nedan.

Tabell 13 Ingående mängder för alla typer av brunnar i programmet.

Datakälla	Beteckning	Antal	Utsläpp
MF	Nedstigningsbrunn av betong SNB	5 st	-
MF	Nedstigningsbrunn av betong DNB	5 st	-
MF	Nedstigningsbrunn av plast SNB	5 st	-
MF	Nedstigningsbrunn av plast DNB	5 st	-
MF	Tillsynsbrunn av plast STB	10 st	-
MF	Tillsynsbrunn av plast DTB	10 st	-
MF	Rensbrunn av plast, RB Dränering	20 st	-
MF	Rensbrunn av plast, RB Serviser	40 st	-
MF	Dagvattenbrunn av plast med vattenlås och sandfång	40 st	-
OCL	Concrete manhole ring, DN1000, CEMII-B (Svensk betong)	315 ton	33 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Concrete manhole ring, DN1000, CEMII-A (Svensk betong)	315 ton	40 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Manhole, reinforced concrete, height 2 m (6.5 ft)	140 st	30 ton CO ₂ -Ekv.

Dataposten för Concrete manhole ring, DN1000, CEMII-B användes, då dimensionerna i den matchade bättre än den dataposten som angavs i styck. Skillnaden mellan CEMII-A och CEMII-B var att betongen som användes till CEMII-B var miljöbetong. Antagandet gjordes att detta inte var fallet, då det stämmer bättre överens med verkligheten enligt experter på Structor AB ¹⁷. Datan är tillverkarsspecifik utomlands.

4.2.3 System

Med system i programmet menas vatten, säkerhet, el, kommunikation, överföring av allmännyttan och VVS. I licscykeln ingår samma moment som för ovanstående del, tekniska strukturer. Livslängden för komponenter till systemet antas ha en livslängd på 80 år, vilket betyder att de behöver bytas ut en gång under vägens totala livslängd. Från mängdförteckningen klassificerades följande delar:

1. Ledning av betongrör, normalavloppsrör, i betonggrav
2. Ledning av PP-rör, markavloppsrör
3. Ledning av PE-rör, tryckrör
4. Ledning av plaströr, dränrör
5. Avstängningsanordning på vattenledning
6. Spolpost på vattenledning
7. Brandpost med lång trumma

För betongrören användes två olika poster, som stämde bäst överens med dimensionerna angivna i MF. Följande beskrivningar av posterna i MF och databasen kan ses nedan i tabell 14.

¹⁷Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utreddare, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-22

Tabell 14 Ingående mängder för betongrör.

Datakälla	Beteckning	Antal	Utsläpp
MF	DIM 300 mm BTG, spillvattenledning	500 m	-
MF	DIM 500 mm BTG, dagvattenledning	500 m	-
OCL	Drainage/Sewage pipe, Rubber Ring Joint (RRJ) pipe, reinforced concrete, per m (ft), 300 mm (12 in) size class, internal diameter 300 mm (12 in), external diameter 362 mm (14 in), standard strength, ultimate strength load 23 kN/m (1570 lb/ft).	500 m	6 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Drainage/Sewage pipe, Rubber Ring Joint (RRJ) pipe, reinforced concrete, per m (ft), 525 mm (21 in) size class, internal diameter 450 mm (18 in), external diameter 534 mm (21 in), standard strength, ultimate strength load 35 kN/m (2400 lb/ft).	500 m	14 ton CO ₂ -Ekv.

För ledning av polypropenrören (PP) gjorda för markavlopp används flera olika dimensioner i projektet. Enligt beskrivningar i MF skiljer sig rören även åt med dess strukturvägg, då vissa är släta och andra är korrugerade. Då enheterna som redovisades i databasen inte stämde överens med enheterna som redovisades i MF för de flesta dataposterna, matchades rören i MF mot ett PE-rör i databasen där datan var tillverkarspecifik från Sverige. Klassificeringen SN8 som står för styvheten i röret, stämde överens med samtliga poster från MF och även posten i databasen. Då det endast fanns en dimension att tillgå från databasen, och MF innehöll flera, multiplicerades dataposten med olika faktorer för att mängden rör skulle stämma överens i så stor utsträckning som möjligt. Processen redovisas nedan i tabell 15.

Tabell 15 Ingående mängder av PP-rör för markavlopp.

Datakälla	Beteckning	Antal	Utsläpp
MF	Dim 160 mm, PP, klass SN8, slät in- och utsida	400 m	-
MF	Dim 160 mm, PP Spill, klass SN8, slät in- och utsida	200 m	-
MF	Dim 160 mm, PP Dagvatten, klass SN8, slät in- och utsida	200 m	
MF	Dim 315 mm, PP Spillvatten, klass SN8, korrugerad utsida, slät insida	500 m	-
MF	Dim 500 mm, PP Dagvatten, klass SN8, slät in- och utsida	500 m	-
OCL	PP drainage pipes, DN200, SN8, 900 kg/m (Pipelife)	320 m	5.9 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	PP drainage pipes, DN200, SN8, 900 kg/m (Pipelife)	160 m	2.9 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	PP drainage pipes, DN200, SN8, 900 kg/m (Pipelife)	160 m	2.9 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	PP drainage pipes, DN200, SN8, 900 kg/m (Pipelife)	790 m	15 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	PP drainage pipes, DN200, SN8, 900 kg/m (Pipelife)	1250 m	23 ton CO ₂ -Ekv.

För trycksatta ledningar av polyetylen (PE) i ledningsgraven fanns inget snarlikt att tillgå från databasen. Ett PE-rör från en specifik regional tillverkare valdes då, där endast en dimension fanns att tillgå. Då det i MF nämndes tre olika dimensioner som inkluderades i projektet, fick längden justeras för att matcha mängden använt material för de tre olika dimensionerna. Dataposten redovisades i per enhet, och multiplicerades med olika faktorer för att mängden rör skulle stämma överens i så stor utsträckning som möjligt, se tabell 16 nedan.

Tabell 16 Ingående mängder för trycksatta PE-ledningar.

Datakälla	Beteckning	Antal	Utsläpp
MF	Dim 50 mm, PE80 SDR11 (serviser)	200 m	-
MF	Dim 110 mm, PE100 SDR17	500 m	-
MF	Dim 200 mm, PE100 SDR17	500 m	
OCL	Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7.22 kg/unit (Geberit International)	20 st	0.51 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7.22 kg/unit (Geberit International)	100 st	2.5 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7.22 kg/unit (Geberit International)	200 st	5.1 ton CO ₂ -Ekv.

För ledning av plaströr använd till dränering används samma post i databasen som matchades med ledning av PE-rör, då det står angivet i datapostens beskrivning att plaströren är gjorda av polyetylen. Då dimensionen för ledningen av plaströr är 232/200 och dataposten har en innerdiameter av 110 mm, multipliceras längden i dataposten med 2 för att ge ett representativt resultat.

För avstängningsanordning på vattenledning finns tre dimensioner använda i projektet från MF, 50, 110 och 200 mm. Dimensionerna för avstängningsanordningar i databasen motsvarar inte dessa, där dimensionerna 100,125,160 och 200 mm finns att tillgå. Materialet i avstängningsanordningen är densamma som given i MF, och datan som används är specifik för regional tillverkare då det är den enda som matchar materialsammansättning och funktion. För att ge ett representativt resultat, divideras 100 mm-ventilen med 2 för att efterlikna ventilen med 50 mm från MF. Ventilen med 110 mm från MF approximeras till 100 mm ventilen från OCL, och 200 mm ventilen från MF likställs med 200 mm-ventilen från OCL. Ingående mängder redovisas nedan i tabell 17.

Tabell 17 Ingående mängder för avstängningsanordningar.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	Avstängningsanordning med kilslidsventil på vattenledning, VSV 50 mm	20 st	-
MF	Avstängningsanordning med kilslidsventil på vattenledning, VAV 110 mm	5 st	-
MF	Avstängningsanordning med kilslidsventil på vattenledning, VAV 200 mm	5 st	-
OCL	Inlet/Outlet valve R-100, galvanized steel (RUUKKI)	40 st	62 kg CO ₂ -Ekv.
OCL	Inlet/Outlet valve R-100, galvanized steel (RUUKKI)	5 st	7.7 kg CO ₂ -Ekv.
OCL	Inlet/Outlet valve R-200, galvanized steel (RUUKKI)	5 st	20 kg CO ₂ -Ekv.

Spolposter och brandposter som använde i projektet finns ej att tillgå i databasen. Efter en genomförd litteraturundersökning står det även klart att det finns inga EPD:er gjorda för spolposter och brandposter hitills. De kan därför inte inkluderas, och får exkluderas i livscykelanalysen. De produkter som inte kunde matchas med en snarlik post är då följande, se tabell 18.

Tabell 18 Ej inkluderade spolposter och brandposter i livscykelanalysen.

Beteckning	Antal
Spolpost typ Thisab SP 1985T med betäckning typ Thisab SPB025T1	1 st
Brandpost trumma Thisab BP PEH med teleskopisk betäckning RSK 703 4210	1 st
Brandpost av typ Thisab BP 1990T med anslutning PE110	1 st

4.2.4 Yt- och beläggningsskikt

Yt-och beläggningsskiktet är översta lagret i vägbyggnaden, och det som kommer behöva bytas ut, renoveras och underhållas med jämna mellanrum. Då tidsspannet för hela projektet är satt till 100 år, innebär det att slitlagret behöver göras om 5 gånger under hela vägens livslängd. Som jämförelse med faserna i tekniska strukturer tillkommer även B4-B5, vilket är byte och renovering samt transport för detta. För GC-banan gavs data i databasen i m³ och data kunde direkt användas, då endast en post i databasen stämde överens med beteckningen i MF. För körbanan gavs data i kg eller ton för en post, och fanns endast att tillgå i m² från MF med en tillhörande tjocklek. En densitet behövs därför antas. Efter samtal med expert på på Structor Uppsala AB sattes densiteten till 2,4 ton/m³¹⁸.

¹⁸Andreas Åhlen, projektör väg/mark,Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-07

3 poster i databasen gick att matcha mot MF, där variationen i utsläppsmängd skilde sig stort mellan varandra. En av dessa krävde den antagna densiteten, medans de två andra hade kubikmeter som enhet i databasen. Detta redovisas i tabell 19.

Tabell 19 Ingående mängder till slitlagret.

Datakälla	Beteckning	Mängd	Utsläpp
MF	1000 m Gata , Trottoar GC 7 m, ABT11 B160/220, Tj= 40 mm	280 m ³	-
MF	1000 m Gata , Körbana 7 m, ABT16 B160/220, Tj= 40 mm	7000 m ²	-
OCL	Asphalt, Arlanda plant, Green Asphalt2 ABT 11 160/220 (NCC Industry)	280 m ³	117 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Asphalt for paving roads, ABT 16, ECO-Asfalt (Peab Asfalt)	280 m ³	92 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Asphalt, wearing layer, ABT 160/220, 100/150, 20% RAP, 4.29% virgin bitumen (Skanska Industrial Solutions AB)	670 ton	161 ton CO ₂ -Ekv.
OCL	Asphalt for paving roads, ABT 16 PMB, ECO-Asfalt (Peab Asfalt)	280 m ³	117 ton CO ₂ -Ekv.

Gällande körbanans totala utsläpp väljs den asfalt med högst utsläpp ut och asfalten som används i projektet antas inte vara eco-asfalt, då det stämmer bäst överens med verkligheten enligt experter på Structor AB ¹⁹. Då skillnaderna mellan posterna är stora tas jämförelser mellan dessa upp senare i resultat/diskussion.

4.3 Byggarbetsplatsen

Den tredje och sista delen i programmet som används är Byggarbetsplatsen. Här inkluderas livscykel delen A5, Konstruktionsprocessen. Den del som kommer tas upp är bränsleförbrukningen vid användandet av maskinerna/fordonen på arbetsplatsen för de maskintimmar som krävs för att utföra arbetet. I inventeringsberäkningarna av maskinerna/fordona använda har endast den direkta bränsleförbrukningen och produktionen av motsvarande mängd bränsle beaktats. Bränsleförbrukningen följer då livscykelstegen A1-A3, vilka är:

- Extraktion av råmaterial
- Transport från extraktionsplats till tillverkningsplats
- Tillverkning

De maskiner som tas upp är de vanligaste som används inom ett vägbygge med tillhörande GC-bana och VA-ledningar ²⁰. För processerna kommer olika maskiner/fordon behöva användas, och i de flesta processer krävs användandet av flera till samma process. De flesta av maskinerna som används finns inlagda i OCL:s databas med följande uppgifter:

¹⁹Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utredare, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-22

²⁰Tony Lingh, Arvid, Frasse, kalkylatorer, Veidekke Entreprenad AB, mailkontakt 2022-03-24

Tabell 20 Uppgifter över maskiner inlagda i OCL:s databas.

Maskin	Bränsleförbrukning/h
Excavator, crawler, diesel-driven, operation per hour, average power: 104kW, loading factor: 31%	31 kg CO ₂ -Ekv.
Articulated dump trucks, diesel-driven, operation per hour, average power: 153 kW, loading factor: 30%	38 kg CO ₂ -Ekv.
Wheel loaders, diesel-driven, operation per hour, average power: 94kW, loading factor: 33%	30 kg CO ₂ -Ekv.

För att få uppgifter om bränsleförbrukningen för de maskiner som inte fanns inlagda i programmet togs kontakt med experter inom området från Veidekke²¹, och följande uppgifter inhämtades:

Tabell 21 Uppgifter om maskiner använda inom vägbygge från Veidekke.

Maskin	Kapacitet	Bränsleåtgång	Kapacitet snitt	Bränsleåtgång snitt
Grävmaskin bandare 30 t	5-120m ³ /h	8,3-34,3 l/h Vid grävning ca 18-20 l/h Mer vid transport	62.5 m ³ /h	Data från OCL används
Dumper (A25/A30)	Beror på körsträcka	9-30 l/h Varierar stort med lass och terräng	Data från OCL används	Data från OCL används
Hjullastare (15 t)	Beror på arbete Vid lastning av täckt i sand 150 ton/h	8-15 l/h	150 ton/h	Data från OCL används
Vält (~7t)	6000 m ² /h	8-15 l/h	Ursprungligt värde	11.5 l/h
Asfaltläggare 3,5 m bred	150 ton/h	8-19 l/h	Ursprungligt värde	13.5 l/h
KC-pelarmaskin	100-140m/h	15-25 l/h	120 m/h	20 l/h

Då alla dessa maskiner inte finns inlagda i OCL:s databas används bränsleförbrukningen som dessa ger utifrån givna uppgifter för de maskiner som saknas. Antagandet görs att bränslet som används till samtliga maskiner är vanlig diesel från Sverige. Respektive maskiner/fordon som krävs till respektive process matchas med varandra, och beräknas i sektion 4.3.1 nedan. Kapaciteten för grävmaskinen given av experter används för att beräkna körtiden för grävmaskinen, och med det bränsleförbrukningen. Gällande dumpern så är den redan inlagt som transport för alla schaktmassor, och är därför redan inkluderad i beräkningarna.

4.3.1 Bränsleförbrukning i samband med användande av maskiner

Grävmaskinen används till all schakt och fyllning som gjorts i processen av att bygga vägen. Det innefattar alla masstyper som inkluderats i kategorin markarbeten och masstransporter. För att beräkna

²¹Tony Lingh, Arvid, Frasse, kalkylatorer, Veidekke Entreprenad AB, mailkontakt 2022-03-24

klimatpåverkan behövs antal maskintimmar som beräknas utifrån grävmaskinens kapacitet, där snittet från givna uppgifter av experter uppskattats till 62,5 m³/h. I bilaga sektion 7.3 kan det ses exakt mängd schaktmassor som schaktats, samt mängd fyllning som packats för de olika kategorierna. Nedan följer total schaktmängd, fyllningsmängd, arbetstimmar och miljöpåverkan för dessa i tabell 22.

Tabell 22 Miljöpåverkan från användande av grävmaskin.

Typ	Volym	Arbetstimmar	Miljöpåverkan
Massor inköpta för projektet	9 770 m ³	156 h	4.8 ton CO ₂ -Ekv.
Schaktade och avlägsnade massor	11 316 m ³	181	5.6 ton CO ₂ -Ekv.
Massor som kan återanvändas i projektet	9 250 m ³	148	4.6 ton CO ₂ -Ekv.

Hjullastaren används till all form av lastning till markarbeten och masstransporter. Samma mängder som schaktas och fylls kräver även en hjullastare för att lasta över massorna på dumper för vidare transport till deponi eller för annan användning på arbetsplatsen. Hjullastaren krävs även för transport från dumper till användningsområde för massor använda till vägens överbyggnad, klassificerat i fundament och tekniska strukturer i programmet. Dessa innefattar förstärkninglager, obundet bärlager, stödremsa och bärlager. Nedan följer total schaktmängd, fyllningsmängd, mängd för överbyggnad och arbetstimmar samt miljöpåverkan för dessa i tabell 23.

Tabell 23 Miljöpåverkan från användande av hjullastare.

Typ	Volym	Arbetstimmar	Miljöpåverkan
Massor inköpta för projektet	17 850 ton	119 h	3.6 ton CO ₂ -Ekv.
Schaktade och avlägsnade massor	21 750 ton	145 h	4.3 ton CO ₂ -Ekv.
Massor som kan återanvändas i projektet	17 000 ton	113 h	3.4 ton CO ₂ -Ekv.
Fundament och geotekniska strukturer	14 900 ton	100 h	3 ton CO ₂ -Ekv.

Välten används för att komprimera och jämna ut vägbanan. Den används för att packa jord, grus, makadam och asfalt. Efter diskussion med expert inom området²² gavs informationen att välten behöver köras på följande sätt:

1. 6 gånger för att packa förstärkningslagret
2. 6 gånger för att packa obundna bärlagret
3. 2 gånger för att packa bärlagret
4. 2 gånger för att packa slitlagret

Då välstens kapacitet ligger på 6000 m²/h och vägens totala yta är 14 000 m², krävs den en total körtid på ca 37 h. Då välten förbrukar 11.5 l/h resulterar den totala bränsleförbrukningen i ca 429 l, vilket motsvarar 1.4 ton CO₂-Ekv.

Asfaltsläggaren används för att lägga ut asfalten på det översta slitlagret. Då ingen asfaltsläggare finns att tillgå i OCL:s databas används uppgifter givna från experter på Veidekke gällande kapacitet och bränsleåtgång. Dessa ger uppgifter om bränsleförbrukningen, som antas vara för svenskt diesel. Utifrån bränsleåtgången 13.5 l/h och kapaciteten 150 ton/h där totalt 1180 ton asfalt läggs ut är bränsleåtgången ca 106l, vilket motsvarar 0.34 ton CO₂-Ekv.

²²Eric Lindskog, uppdragsledare, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-12

KC-pelarmaskinen används för jordförstärkning genom att stärka bärigheten i jorden. Över sträckan 1000 m läggs 18 pelare i bredd per meter under en 250 meters sträcka där det behövs. Totalt läggs 4500 pelare ut med tre olika densiteter, där längden totalt uppgår till 45 000 m. Utifrån kapaciteten 120 m/h och bränsleförbrukningen 20 l/h går totalt 7500 l diesel åt, vilket motsvarar 24 ton CO₂-Ekv.

4.4 Livscykel påverkans bedömning (LCIA)

I den här rapporten används CML 2001-metoden. CML är en konsekvensbedömningsmetod vilken fokuserar på tidiga stadier i orsak-verkan-kedjan för att begränsa osäkerheterna. Resultaten grupperas sen i olika medelpunktskategorier enligt vanliga mekanismer (t.ex klimatförändringar) eller allmänt accepterade grupperingar (t.ex ekotoxicitet) (Sphera - Gabi Solutions u.å.). Sorteringen av alla påverkanskategorier som ingår i CML 2001-metoden sker i OneClickLCA, där processen och aggregeringen är automatisk. Livscykelinventeringsdata omvandlas automatiskt till gemensamma enheter där resultaten kombineras. Denna procedur möjliggör en analys över hela systemet i denna studie, såväl som en analys över individuella processer, där den totala påverkan kan ses och potentiella hotspots kan analyseras (One Click LCA u.å.). Använda miljöpåverkanskategorier, samt dess enheter och beskrivningar kan ses i sektion 3.3.

5 RESULTAT

I följande sektion presenteras resultaten från livscykelpåverkansbedömningen, där alla miljöpåverkanskategorier från CML 2001 metoden presenteras. Påverkansbedömningen från alla faserna presenteras, där en del är för hela vägsektionen utan markförstärkning (scenario 1), och en är med (scenario 2). Hotspots som identifierats under LCA:n visas, och signifikanta skillnader i dataval presenteras och jämförs.






5.1 Resultat scenario 1

Graferna och tabellerna nedan inkluderar resultat från den här LCA-studien. Den totala utsläppsmängden för projektet uppgår till 729 ton CO₂-Ekv. Figur 11 visar livscykelpåverkansresultatet för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykelfaserna. Här ses det att steg A1-A3 har störst påverkan gällande global uppvärmning, följt av steg B4-B5. Steg A1-A3 har även högst påverkan gällande försurning, övergödning, bildning av ozon i lägre atmosfärer, ADP-element, och biogen karbonlagring. Endast steg D har en högre positiv påverkan på nedbrytningspotentialen i ozon. ADP-fossil har störst påverkan inom stegen B4-B5, vilket kommer från slitlagret, där posten byts ut 5 gånger under vägens beräknade 100 års livstid. Det ska sägas att alla steg där data har matats in har ett negativt bidrag för ODP, vilket betyder att man undvikit en viss mängd av ODP i det livscykelsteget genom användandet av produkterna/materialen/massorna. Gällande ADP-element har steg B4-B5 väldigt snarlika siffror som A1-A3. Vid nedbrytning av transporten av material och massor kontra produktionen av dessa ses tydligt att produktionen av material har en högre bidragande faktor än transporten av dessa, där transporten endast står för ca 12 % av de totala utsläppen. Gällande massor står transporten för den större delen av utsläpp jämfört med produktionen av dessa, och transportdelen har en 36 % större andel av utsläppen. Det ska också sägas att utanför systemgränserna räknas en del bort i form av påverkan i de olika miljöpåverkanskategorierna, vilket betyder att materialen/massorna/produkterna som används antas ha ett visst karbonupptag under sin livstid och användningsområde. Tydligast ses det negativa bidraget på GWP, Försurning, ODP och ADP-fossil. En större figur kan ses i bilaga, sektion 7.2.

Bransch	Global uppvärmning kg CO ₂ e ⑦	Försurning kg SO ₂ e ⑦	Övergödning kg PO ₄ e ⑦	Ozon nedbrytningspotential kg CFC11e ⑦	Bildning av ozon i lägre atmosfärer kg Ethenee ⑦	Abiotisk utarmning potential (ADP- element) för icke fossila resurser kg Sbe ⑦	Abiotisk utarmning potential (ADP- fossila bränslen) för fossila resurser MJ ⑦	Biogen karbonlagring kg CO ₂ e bio ⑦
A1-A3 Product stage	3,3E5	1,48E3	9,24E2	1,18E-2	2,31E2	8,09E4	9,6E6	1,54E4
A1-A3a Product stage - materials	2,87E5	1,08E3	7,03E2	1,02E-2	1,73E2	8,08E4	9,09E6	1,54E4
A1-A3b Product stage - masses	4,35E4	4,01E2	2,21E2	1,62E-3	5,75E1	3,28E1	5,17E5	0E0
A4 Transport - materials	3,9E4	1,58E2	3,42E1	7,51E-3	3,03E0	2,37E2	1,02E6	0E0
A4b Transport - mass hauling	5,9E4	2,71E2	5,94E1	1,18E-2	4,58E0	3,57E2	1,68E6	0E0
A5 Construction process	3,09E4	4,66E1	9,52E0	5,37E-3	4,79E0	4,04E-3	4,19E5	
B1 Use	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B2 Maintenance	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	
B3 Repair								
B4-B5 Material replacement and refurbishment	2,43E5	1,05E3	2,38E2	6,08E-3	1,08E2	8,08E4	1,27E7	
B6 Operational energy use								
B7 Operational water use								
C1-C4 End of life stage	2,7E4	7,51E1	1,6E1	1,42E-3	5,51E0	5,21E1	2,38E5	
D Beyond the system boundary	-5,75E4	-1,03E2	-2,83E1	-7,03E-4	-5,97E0	-1,02E-1	-4,41E5	0E0
Totalt	7,29E5	3,08E3	1,28E3	4,4E-2	3,57E2	1,62E5	2,57E7	1,55E4

Figur 11 Livscykelpåverkansresultat för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykelfaserna.







Figur 12 visar de 10 mest bidragande materialen i projektet. Högst påverkan står färdigblandad betong för, där stegen A1-A3 motsvarar ca 23 % av hela andelen vagg till grind i projektet. Färgerna på molnen märkt koldioxid är en indikator gjord av programmet, där röd är ett det sämsta valet inom den kateogrin, följt av gul, mörkgrön och ljusgrön som anses bäst. Den ljusgröna färgen på molnet indikerar att trots att materialvalet anses vara bland de bästa inom den kategorin, är ändå materialet det mest bidragande till global uppvärmning. Det härstammar från BTG2 Betongmarksten, där ytan den täcker på 4500 m² motsvarar 225 m³ färdigblandad betong. Även nedstigningsbrunnarna som approximerades som betong kommer på en hög plats, nummer tre. Ett annat material som finns med på tre platser i listan är asfalt, som också visar sig ha en betydande påverkan. Även om asfalten har en ljusgrön benämning, är det ändå ett material med ett betydande bidrag till miljöpåverkan. Skillnaden mellan dataval och materialval presenteras närmare i sektion 5.3 nedan.

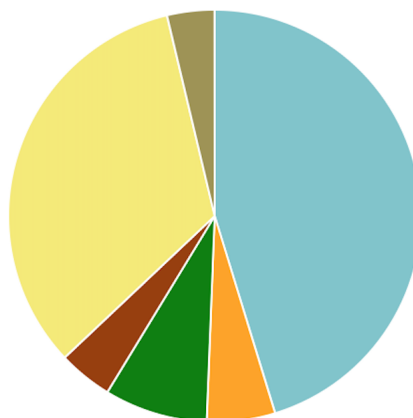
▼ Mest bidragande material (Global uppvärmning)			
No.	Resurs	Vagga till grind påverkan (A1-A3)	Vagga till grind andel
1.	Ready-mix concrete, normal-strength, generic  ?	67 ton CO ₂ e	23.3 %
2.	Concrete manhole ring  ?	38 ton CO ₂ e	13.3 %
3.	Curbstone, solid staircase and solid wall from stone, Finnish average  ?	37 ton CO ₂ e	12.9 %
4.	Asphalt, wearing layer ?	31 ton CO ₂ e	10.9 %
5.	PP drainage pipes ?	25 ton CO ₂ e	8.6 %
6.	Crushed rock  ?	24 ton CO ₂ e	8.3 %
7.	Asphalt  ?	23 ton CO ₂ e	7.9 %
8.	Asphalt mixtures for paving, hot mix ?	15 ton CO ₂ e	5.1 %
9.	Concrete products, for walls and walkways  ?	10 ton CO ₂ e	3.5 %
10.	Geogrid from polypropylene (PP) and geotextile  ?	4,3 ton CO ₂ e	1.5 %

Figur 12 De 10 mest bidragande materialen till global uppvärmning i projektet samt deras andelar.

Figur 13 visar andelen global uppvärmning i de olika livscykelstadierna. Här ses det tydligt att produktionsdelen är den mest bidragande faktorn, med ca 45.3 % av projektets påverkan. Efter den kommer stegen B4-B5 på 33.3 %, vilka är höga på grund av slitlagrets korta livslängd, vilket leder till nybygge av dessa delar fem gånger under projektets förväntade livslängd på 100 år. Den ökade mängden beror också på att asfalt till slitlagret är en av de största posterna gällande utsläpp av CO₂-Ekv, med totalt 278 ton. Hade slitlagret haft en livslängd på 100 år skulle utsläppsmängden sjunka avsevärt till totalt 63 ton.

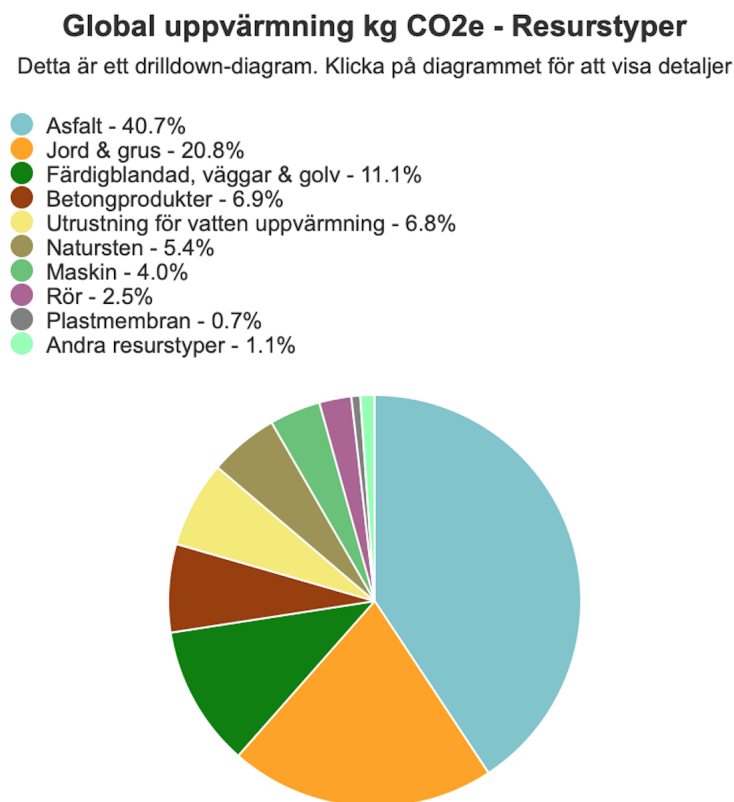
Global uppvärmning kg CO₂e - Livscykelstadier

-  A1-A3 Product stage - 45.3%
-  A4 Transport - materials - 5.3%
-  A4b Transport - mass hauling - 8.1%
-  A5 Construction process - 4.2%
-  B4-B5 Replacement and refurbishment - 33.3%
-  C1-C4 End of life stage - 3.7%



Figur 13 Global uppvärmning indelat i livscykelstadier från OneClickLCA.

När cirkeldiagrammet för resurstyper studeras i figur 14 ses det att asfalt har den största posten med ca 297 ton CO₂-Ekv totalt. Efter det kommer massor med totalt ca 191 ton CO₂-Ekv. På tredje plats kommer färdigblandad betong med ca 81 ton CO₂-Ekv. Jämförs det här diagrammet med de 10 mest bidragande materialen i figur 12 ses det att trots att färdigblandad betong är det värsta bidragande materialet sett ur en miljösynpunkt, har både massor och asfalt en större påverkan sett till mängden som används. Trots att ingen massa är på listan med de 10 värsta materialen står den ändå totalt för en betydande del, vilket visar på att hänsyn måste tas till dessa också, då de med deras stora mängd leder till en betydande påverkan. Asfaltsposten visar återigen på vikten av att välja rätt material, då det totalt har störst påverkan i projektet. Liknande data och resultat kan ses i tabell 24, där påverkan för alla klasser och dess andel presenteras. Närmare resultat och utsläppskillnader mellan materialval presenteras i sektion 5.3.

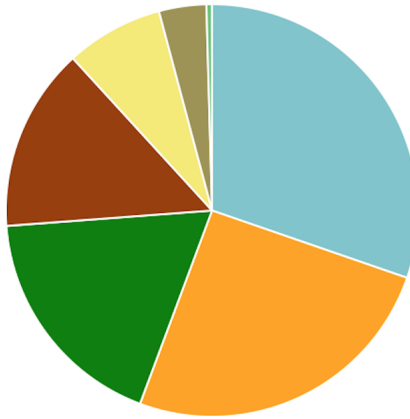


Figur 14 Global uppvärmning indelat i resurstyper från OneClickLCA.

Figur 15 visar ingående mängd massa från de olika klasserna. Vid undersökningen av denna samt tabell 24 kan en rad slutledningar göras. Här ses det tydligt att massor inköpta för projektet har störst del, följt av geotekniska strukturer och formationer. Intressant är att trots att mängden massa är så hög för den inköpta mängden, med totalt ca 36 000 ton, står den ändå för en mycket mindre mängd utsläpp i förhållande till tekniska strukturer, med en vikt på ca 5000 ton. Den totala mängden är 71 ton CO₂ jämfört med 241 ton CO₂. Inköpta massor ger ca 0.2 % av utsläppet i förhållande till den totala massan, till skillnad från tekniska strukturer där utsläppet i förhållande till den totala massan är 4.4 %, ca 22 gånger mer än inköpta massor. En annat resultat värt att notera är att utsläppsmängden för schaktade och borttagna massor är ca 1/3 mindre än de inköpta massorna, där utsläppen främst kommer från arbetet med schaktande och forslande till deponi eller annan förvaring. Slutligen kan det tydligt ses att trots mängden återanvänt material är ca 17 000 ton, resulterar den stora mängden material endast i 0.25 ton CO₂-Ekv. utsläpp, se tabell 24.

Massa kg - Klassificeringar

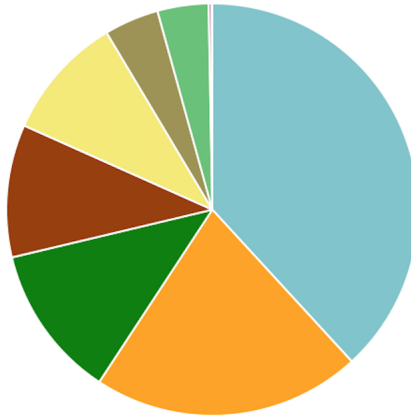
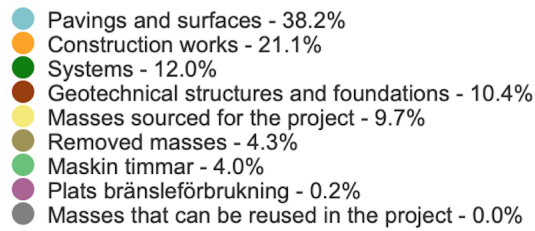
- Masses sourced for the project - 30.3%
- Geotechnical structures and foundations - 25.4%
- Removed masses - 18.1%
- Masses that can be reused in the project - 14.4%
- Pavings and surfaces - 7.6%
- Construction works - 3.7%
- Systems - 0.4%



Figur 15 Ingående mängd massa från de olika klasserna i OneClickLCA.

Figur 16 visar den globala uppvärmningen från de olika klassificeringarna av material- och masstyper gjorda i OneClickLCA. Här är yt- och beläggningsskikt klart störst, med 38.2 %. Det stora bidraget kommer endast från asfalten. Efter det följer tekniska strukturer med 21.1 %. Här är betongen använd till betongmarksten, rännalsplattor och nedstigningsbrunnar följt till det stora bidraget. Efter det kommer geotekniska strukturer, med 10.4 %. Här härstammar merparten av bidraget från asfaltgrus använd i bärlagret, samt en stor mängd krossad aggregat till det obundna bärlagret.

Global uppvärmning kg CO2e - Klassificeringar



Figur 16 Global uppvärmning indelat i klasser från OneClickLCA.

Tabell 24 Total påverkan för alla livscykelstadier per material- och massklass utan markförstärkning.

Klass	Mängd utsläpp	Andel totalt i projektet
Massor inköpta till projektet	71 ton CO ₂	≈ 10 %
Schaktade och avlägsnade massor	31 ton CO ₂	≈ 4 %
Massor som kan återanvändas i projektet	0.25 ton CO ₂	≈ 0 %
Fundament och geotekniska strukturer	76 ton CO ₂	≈ 10 %
Tekniska strukturer, byggarbete och system	241 ton CO ₂	≈ 33 %
Yt och beläggningsskikt	278 ton CO ₂	≈ 38 %
Byggarbetsplatsen - bränsleförbrukning	31 ton CO ₂	≈ 4 %

5.2 Resultat scenario 2

Graferna och tabellerna nedan inkluderar resultat från den här LCA-studien, där markförstärkning inkluderats i form av KC-pelare, och där även bränsleförbrukningen för KC-pelarmaskinen ingår. där figur 17 visar livscykelpåverkansresultatet för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykelstadierna. Totalt uppgav projektet till ett utsläpp av 2167 ton CO₂-Ekv. Då markförstärkning inkluderades på en 250 meter sträcka av den totala 1000 meters sträcka ökade projektets totala miljöpåverkan med ca 200 %. Siffrorna för framförallt A1-A3 har ökat markant, där för miljöpåverkanskategorin GWP ökningen är totalt ca 550 %. A1-A3 har nu även störst påverkan för miljöpåverkanskategorin ADP-element. En större figur kan ses i bilaga, sektion 7.2.

Bransch	Global uppvärmning kg CO ₂ e	Försurning kg SO ₂ e	Övergödning kg PO ₄ e	Ozon nedbrytningspotential kg CFC11e	Bildning av ozon i lägre atmosfärer kg Ethenee	Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser kg Sbe	Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser MJ	Biogen karbonlagring kg CO ₂ e bio
A1-A3 Product stage	1,74E6	2,98E3	1,12E3	5,01E-2	3,87E2	8,09E4	2,06E7	1,54E4
A1-A3a Product stage - materials	1,69E6	2,58E3	8,97E2	4,84E-2	3,3E2	8,08E4	2E7	1,54E4
A1-A3b Product stage - masses	4,35E4	4,01E2	2,21E2	1,62E-3	5,75E1	3,28E1	5,17E5	0E0
A4 Transport - materials	4,42E4	1,83E2	3,98E1	8,6E-3	3,52E0	2,62E2	1,17E6	0E0
A4b Transport - mass hauling	5,9E4	2,71E2	5,94E1	1,18E-2	4,58E0	3,57E2	1,68E6	0E0
A5 Construction process	5,52E4	8,23E1	1,68E1	9,47E-3	8,45E0	7,12E-3	7,39E5	
B1 Use	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B2 Maintenance	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	
B3 Repair								
B4-B5 Material replacement and refurbishment	2,43E5	1,05E3	2,38E2	6,08E-3	1,08E2	8,08E4	1,27E7	
B6 Operational energy use								
B7 Operational water use								
C1-C4 End of life stage	2,7E4	7,51E1	1,6E1	1,42E-3	5,51E0	5,21E1	2,38E5	
D Beyond the system boundary	-5,75E4	-1,03E2	-2,83E1	-7,03E-4	-5,97E0	-1,02E-1	-4,41E5	0E0
Totalt	2,17E6	4,64E3	1,49E3	8,74E-2	5,17E2	1,62E5	3,71E7	1,62E4

Figur 17 Livscykelpåverkansresultat för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykel faserna.

Figur 18 visar de 10 mest bidragande materialen i projektet. Det ses väldigt tydligt att materialet använt till markförstärkning i form av KC-pelare överskuggar de andra bidragande faktorerna. För stegen A1-A3 bidrar markförstärkningen med 1408 ton CO₂-Ekv totalt, vilket motsvarar 83 % av andelen från vagga till grav av hela projektet. Även om det finns andra poster med betydande miljöpåverkan, till exempel betong och asfalt, där asfaltsmängderna byts ut 5 gånger under hela projektet till följd av den korta livslängden på 20 år, hamnar dessa i skymundan.

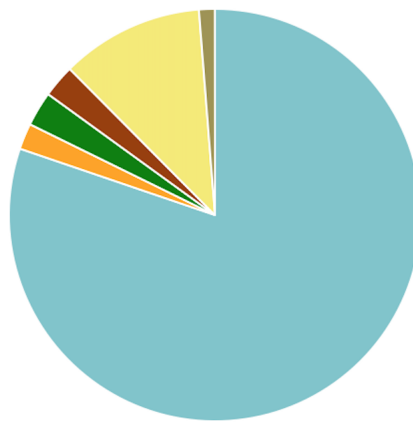
▼ Mest bidragande material (Global uppvärmning)			
No.	Resurs	Vagga till grind påverkan (A1-A3)	Vagga till grind andel
1.	Portland cement - lime mix, for soil stabilisation, generic	1 408 ton CO ₂ e	83.1 %
2.	Ready-mix concrete, normal-strength, generic	67 ton CO ₂ e	3.9 %
3.	Concrete manhole ring	38 ton CO ₂ e	2.3 %
4.	Curbstone, solid staircase and solid wall from stone, Finnish average	37 ton CO ₂ e	2.2 %
5.	Asphalt, wearing layer	31 ton CO ₂ e	1.8 %
6.	Crushed rock	24 ton CO ₂ e	1.4 %
7.	PP drainage pipes	25 ton CO ₂ e	1.4 %
8.	Asphalt	23 ton CO ₂ e	1.3 %
9.	Asphalt mixtures for paving, hot mix	15 ton CO ₂ e	0.9 %
10.	Concrete products, for walls and walkways	10 ton CO ₂ e	0.6 %

Figur 18 De 10 mest bidragande materialen till global uppvärmning i projektet samt deras andelar.

Figur 19 visar andelen global uppvärmning i de olika livscykelstadierna. Här ses det tydligt att produktionsdelen är den absolut mest bidragande faktorn, med ca 80 % av projektets påverkan. Efter den kommer stegen B4-B5, vilka är höga på grund av slitlagrets korta livslängd, vilket leder till nybygge av dessa delar fem gånger under projektets förväntade livslängd på 100 år.

Global uppvärmning kg CO2e - Livscykelstadier

- A1-A3 Product stage - 80.2%
- A4 Transport - materials - 2.0%
- A4b Transport - mass hauling - 2.7%
- A5 Construction process - 2.5%
- B4-B5 Replacement and refurbishment - 11.2%
- C1-C4 End of life stage - 1.2%

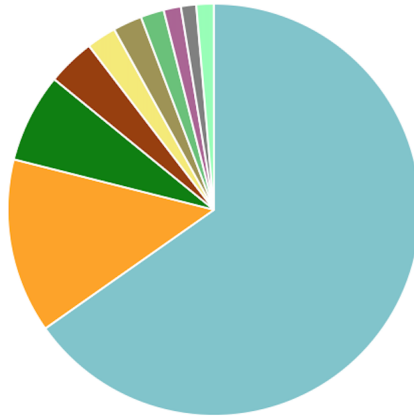


Figur 19 Global uppvärmning indelat i livscykelstadier från OneClickLCA.

Figur 20 visar den globala uppvärmningen indelat i resurstyper. Cement visar sig vara den största, vilket främst kommer från kalkcementpelarna. Efter det kommer asfalt, vilket främst kommer från slitlagret för körbanan och GC-banan.

Global uppvärmning kg CO2e - Resurstyper

Detta är ett drilldown-diagram. Klicka på diagrammet för att visa detaljer

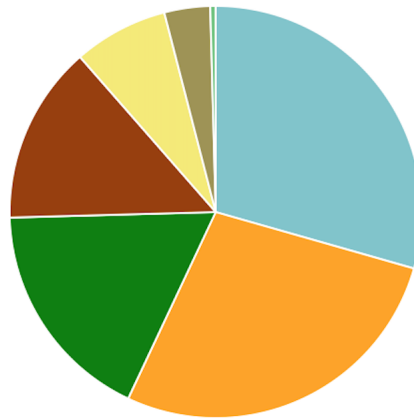


Figur 20 Global uppvärmning indelat i resurstyper från OneClickLCA.

Figur 21 visar ingående mängd massa från de olika klasserna. Cirkeldiagrammet är snarlikt jämfört med cirkeldiagrammet från scenario 1, se figur 15. Skillnaden är att geotekniska strukturer får en större mängd på grund av inkluderingen av KC-pelare.

Massa kg - Klassificeringar

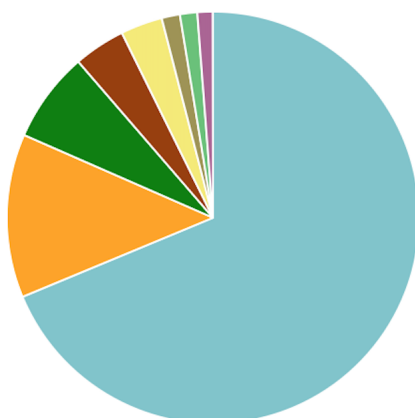
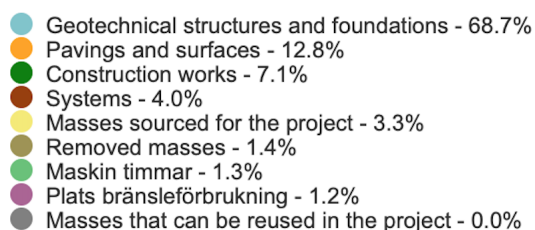
- Masses sourced for the project - 29.4%
- Geotechnical structures and foundations - 27.6%
- Removed masses - 17.6%
- Masses that can be reused in the project - 14.0%
- Pavings and surfaces - 7.4%
- Construction works - 3.6%
- Systems - 0.4%



Figur 21 Ingående mängd massa från de olika klasserna i OneClickLCA.

Figur 22 visar den globala uppvärmningen från de olika klassificeringarna av material- och masstyper gjorda i OneClickLCA. Här är geotekniska strukturer klart störst, där det största bidraget är från kc-pelarna. Efter det kommer yt- och beläggningsskikt, där asfalten till slitlagret står för den största delen.

Global uppvärmning kg CO₂e - Klassificeringar



Figur 22 Global uppvärmning indelat i klasser från OneClickLCA.

Nedan visas en tabell 25 som ger en överblick över varje ingående materials- och massklass samlade del av miljöpåverkan till projektet. Jämfört med tabell 24 ses det att fundament och geotekniska strukturer har ökat till 1489 ton CO₂-Ekv, en ökning med närmare 2000 %.

Tabell 25 Total påverkan för alla livscykelstadier per material- och massklass med markförstärkning.

Klass	Mängd utsläpp	Andel totalt i projektet
Massor inköpta till projektet	71 ton CO ₂	≈ 3 %
Schaktade och avlägsnade massor	31 ton CO ₂	≈ 1 %
Massor som kan återanvändas i projektet	0.25 ton CO ₂	≈ 0 %
Fundament och geotekniska strukturer	1489 ton CO ₂	≈ 69 %
Tekniska strukturer, byggarbete och system	241 ton CO ₂	≈ 11 %
Yt och beläggningsskikt	278 ton CO ₂	≈ 13 %
Byggarbetsplatsen - bränsleförbrukning	55 ton CO ₂	≈ 3 %

Efter analys av graferna och data som givits för LCA:n står det klart att markförstärkningsdelen är så pass stor att den enda egentliga åtgärden som spelar roll är att fokusera på denna, där sådan krävs i ett projekt. Det är också den mest betydelsefulla hotspoten i form av global uppvärmning, och även för de flesta andra analyserade miljöpåverkanskategorierna. För att sätta det i perspektiv, minskar projektets totala miljöpåverkan från 2167 ton CO₂-Ekv till 729 ton CO₂-Ekv utan KC-pelare, vilket är en minskning med hela 66 %. Omvänt håll ger ökningen från 729 ton CO₂ till 2167 ton CO₂-Ekv en ökning med närmare 200 %.

5.3 Skillnader i dataval

Under livscykelanalysens gång har många val gjorts gällande vilken datapost som bäst matchar innehållet och informationen given i mängdförteckningen för projektet. Valen har gjorts utifrån tidigare bestämda kriterier gjorda i studiens omfattning (se sektion 3.2.3), samt diskussion med experter inom området. Trots det skiljer utsläppet i stora mängder, specifikt på vissa poster beroende på vilken typ av data som väljs. Det innebär att det finns potentiellt stora besparingar att göra gällande miljöpåverkan. Nedan presenteras specifikt 3 olika fall där datavalet spelar stor roll i mängden miljöpåverkan som projektet resulterar i.

Som tidigare konstaterats, visade sig KC-pelare vara den överlägset största bidragande faktorn till global uppvärmning då markförstärkning inkluderades. Till det hör också valet av data för KC-pelare, som tidigare presenterats under sektion 4.2.1, fundament och geotekniska strukturer. Där skilde sig utsläppet 57 ton CO₂-Ekv. beroende på vilken post som valdes. Dataposten var generisk istället för en tillverkarspecifik vilken generellt ger en högre utsläppsmängd då en viss procent läggs till som osäkerhetsfaktor, dock gjordes valet att den generiska posten passade bättre. Skillnaden med och utan markförstärkning, samt användandet av maskiner för detta visade sig vara 2167 ton vs 729 ton CO₂-Ekv, då maskinanvändningen i sig motsvarar 24 ton CO₂-Ekv. Skillnaden mellan generisk eller tillverkarspecifik data för kalkcement-pelare motsvarade 2167 ton totalt eller 2087 ton CO₂, en minskning med 3 % för projektets totala miljöpåverkan.

Gällande asfaltsgrus, ses det i tabell 11 att skillnaden i dataval är 18 ton CO₂ mellan de olika valen vilka utgjorde 18 eller 36 ton CO₂. I analysen valdes den posten med lägst utsläpp, då det var mest troligt att det med minst mängd återvunnen asfalt användes. Dock behöver inte det vara fallet, och skillnaden mellan de olika posterna leder till en ökning med ca 2.5 % i den totala utsläppsmängden utan markförstärkning, från 722 till 740 ton CO₂.

För slitlagerposten gällande yt-och beläggningsskiktet fanns en rad dataval att göras, då posterna för körbanan var snarlika. Då endast en post fanns för den exakta beteckningen för asfalten som användes till gång och cykelbanan valdes den som fanns att tillgå, trots att den var för ECO-asfalt vilket inte används i normalfallet för vägbygge. Däremot fanns tre poster att tillgå för asfalten använd till körbanan, med 92, 117 och 161 ton CO₂-Ekv utsläpp respektive. De två med lägst utsläpp var ECO-asfalt, och valdes inte då detta inte normalt används vid vägbygge. Hade någon av dessa valts, hade dock utsläppen minskat till 637 respektive 662 ton CO₂. Det hade lett till en minskning av utsläpp i projektet med ca 10 % eller 6 %.

5.4 Diesel kontra biodiesel

Något som uppkommit under studiens gång är att transport spelar en stor del i livscykelanalysen för samtliga ingående material, massor och produkter. Efter samtal med experter inom området²³ står det klart att diesel är det drivmedel som används främst inom alla former av transporter och för samtliga maskiner som används inom anläggningsarbetet. Dock skulle dessa lika gärna kunna drivas med biodiesel. Då samtliga maskiner som finns tillgängliga i OCL:s databas och används till projektet drivs med diesel, får bränsleförbrukningen för samtliga transporter av material, massor och produkter beräknas med utsläppsmängd. Detta gäller även för anläggningsmaskinerna på arbetsplatsen. Generisk data för biodiesel väljs från databasen, där mängden som används antas vara densamma som för vanlig diesel, och samma fordon kan användas med biodieseln vilken antas vara HVO-100 diesel (Biofuel Express u.å.). Dessa jämförs då istället med ifall transporten och

²³Eric Lindskog, Erika Hagström, Uppdragsledare/Utreddare, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-22

maskinerna hade använt HVO-100. Datan är specifik för regionala tillverkare. Jämförs den specifika regionala dieseln med den specifika regionala biodieseln ses det att skillnaden i utsläpp per använd liter skiljer sig markant. Diesel släpper ut 3.24 kg-CO₂-Ekv/l, och biodiesel släpper ut 0.95 CO₂-Ekv/l. Det ska sägas att enligt programmet har dessa poster en felmarginal/variationsfaktor på 28.35 %. Ett viktigt antagande som görs i dessa beräkningar är att dieseln som används inkluderat i transportposter samt i valda maskiner använda på arbetsplatsen antas vara densamma som det specifika regionala dieseldata som finns att tillgå för bränsleförbrukning på arbetsplatsen. Den enda transportdelen som programmet kan avskilja är A4 samt A4B, vilken står för transport av material samt schaktmassor till, från och inom arbetsplatsen. Dessa är då de enda som inkluderas i jämförelsen, samt användandet av maskiner på arbetsplatsen. Nedan ses tabell 26 som visar skillnaden i utsläppsmängd för diesel kontra biodiesel.

Tabell 26 Total utsläppsmängd vid diesel kontra biodiesel i transportsteget A4, A4b samt bränsleförbrukningen vid arbetsplatsen.

Klass	Mängd utsläpp Diesel	Mängd utsläpp Biodiesel
Massor inköpta till projektet - Transport A4b	39 ton CO ₂ -Ekv	11.4 ton CO ₂ -Ekv
Schaktade och avlägsnade massor - Transport A4b	31.3 ton CO ₂ -Ekv	9.1 ton CO ₂ -Ekv
Massor som kan återanvändas i projektet - Transport A4b	0.3 ton CO ₂ -Ekv	0.1 ton CO ₂ -Ekv
Fundament och geotekniska strukturer - Transport A4b	29 ton CO ₂ -Ekv	8.5 ton CO ₂ -Ekv
Tekniska strukturer, byggarbete och system - Transport A4b	8.8 ton CO ₂ -Ekv	2.6 ton CO ₂ -Ekv
Yt och beläggningsskikt - Transport A4b	5.6 ton CO ₂ -Ekv	1.6 ton CO ₂ -Ekv
Byggarbetsplatsen bränsleförbrukning - Transport A4b	55 ton CO ₂ -Ekv	16.2 ton CO ₂ -Ekv

Totalt släpper diesel ut 169 ton CO₂-Ekv i livscykelstegen A4, A4b samt vid användandet av maskiner på byggarbetsplatsen. Biodiesel släpper ut 50 ton CO₂-Ekv för samma livscykelsteg. Det visar att genom användningen av biodiesel under dessa steg kan projektet i scenario 1 minska från 729 ton CO₂ till 610 CO₂, en minskning med 17 %.

6 DISKUSSION

I den här sektionen diskuteras resultaten för de tre olika frågeställningarna. Senare presenteras jämförelser mot tidigare studier, utmaningar med den valda LCA-modellen för studien samt beräkningsprogrammet One Click LCA, och vad som bör göras i framtida studier.

6.1 Materialval och arbetsmetoder

Gällande frågeställningen om hur mycket materialval och arbetsmetoder spelar roll gällande växthusgasutsläpp vid ett vägbygge med GC-bana och tillhörande VA-ledningar, visar resultaten tydligt på förbättringspotential. Speciellt för de poster med högst utsläpp och störst bidrag till projektets totala miljöpåverkan, kan betydelsefulla miljövinster ske.

Gällande materialval visar de olika posterna i OCL:s databas på relevanta skillnader mellan liknande produkter. Exempelvis visar asfaltsgruset (se tabell 11) använt till det bundna bärlagret på en 100 % ökning när en av de två olika posterna använts. Vid undersökning av datan visar sig båda ha väldigt snarlika materialegenskaper, och båda kan användas till projektet med ett lyckat slutresultat. I den här livscykelanalysen användes data för asfaltgruset där miljöpåverkan var 18 ton CO₂-Ekv, istället för den posten där miljöpåverkan var 36 ton CO₂-Ekv på grund av mängden återvunnen asfalt i posten med högre miljöpåverkan. Här ses vikten av att välja rätt material från början av projekterings gång, vilket kan ha en stor påverkan för projektets totala miljöpåverkan i slutändan. För det totala projektet ger det en minskning från 747 ton till 729, en minskning med 2.5 %.

Förutom de stora posterna och skillnaden i miljöpåverkan mellan valet av dessa, vilket presenteras i sektion 5.3, är alla materialval viktiga att tänka på. Då programmet som användes hade en begränsad mängd data, gjordes valet av data utifrån beskriven metodik i sektion 3.2.3. Dock märktes tydligt under projektets gång att under alla poster finns en mängd olika material och produkter att tillgå, där utsläppsmängden skiljer sig stort. Exempelvis fanns cirka 100 olika PP-rör att använda för att matcha data given i MF, specifikt mängder PP-rör för markavlopp (se tabell 15). Data väljs utifrån givna dimensioner, enheter, materialegenskaper och inom rangordningen beskriven i tekniska begränsningar och antaganden. Det visar sig ändå att utsläppsmängden mellan två olika poster kan vara dubbelt eller tredubbelt så mycket. Även om skillnaden inte är lika stor som för asfaltgruset, kommer medvetna val för varje ingående del i projektet göra skillnad i slutändan.

En jämförelse gjord för varje ingående post där bästa materialval sker, kommer definitivt resultera i markanta miljöbesparingar. Något som tydligt märktes från de givna resultaten är att markförstärkningen visade sig ha den största delen i projektets totala miljöpåverkan. Utifrån en 1 km lång sektion, där 1/4 markförstärktes, stod markförstärkningen i form av KC-pelare samt användning av KC-pelarmaskin för 1437 ton CO₂ av 2167 ton CO₂. Det motsvarade totalt 66 % av projektets totala miljöpåverkan. Det innebär att studerad vägsektion utan markförstärkning hade kunnat ökat med längd från 1 km till 3 km, och fått samma mängd miljöpåverkan i teorin för själva vägbygget.

Då funktionen att jämföra bästa möjliga miljöval för varje post inte finns tillgänglig för licensen som använts till livscykelanalysen gjord i den här rapporten, är det svårt att säga hur exakt stora besparingar som kan göras om bästa möjliga miljöval görs för alla ingående material, massor och produkter. För att sätta det i perspektiv, om bästa möjliga miljöval hade gjorts för asfaltsgrus och asfalt till körbanans slitlager hade projektets totala miljöpåverkan minskat från 726 ton till 637 ton. För scenario 1 utan markförstärkning hade då projektets miljöpåverkan minskat med 12.2 %.

Här ses tydligt vikten av planering och att välja rätt arbetsmetod. Istället för att bygga vägen där

marken inte är tillräckligt bärig och omfattande förstärkningar krävs, kan man med fördel bygga runt ett sådant område, där marken är mer bärig och KC-pelare inte behövs. Självklart är det något som måste vägas mot kostnader i projektet, då miljön inte alltid kan vara den styrande faktorn i projekteringen, men arbetet och resultatet visar definitivt på att det är en faktor att ta hänsyn till. Ombyggnaden av en längre väg måste även jämföras med biologiska och ekologiska värden, då en längre väg innebär mer påverkan på naturen i form av avverkning, störande av ekologiska habitat med mera. Framtida utsläpp från bilkörning kommer även öka, då en längre väg innebär en ökad bränsleförbrukning. Om 1000 bilar åker 0,5 km längre per dag på grund av en ombyggnad, innebär det per år cirka 28 ton extra utsläpp av koldioxid, räknat på blandad stadskörning med hälften bensinbilar, hälften diesel och genomsnittlig utsläppsdata från 2019 (Naturvårdsverket 2019). För att sätta de i relation till Upphandlingsmyndighetens klimatkrav, är det tydligt att det i ett tidigt projekteringsskede kan göras stora miljövinster om underlag finns i form av EPD:er för olika material. Resultatet och målet är helt i enlighet med Upphandlingsmyndighetens hållbarhetskriterier, där stor fokus för minskad klimatpåverkan läggs på just materialval och ett aktivt tänkande kring arbetsmetoder. Genom att i idé-fasen vara tydlig med att sätta ett klimatmål som är ekonomiskt accepterat, bör detta enkelt kunna följas genom utförandet av en livscykelanalys där funktionen att jämföra olika material sett till miljöpåverkan finns, gärna även kostnad. Gällande arbetsmetoder bör det redan i idéfasen vara tydligt att försöka undvika markförstärkning med KC-pelare i allra största mån, och efter att livscykelanalysen gjorts studera de områden med högst miljöpåverkan och försöka minska dessa med olika åtgärder.

6.2 Förbättringar i livskedja

För frågeställningen om huruvida utsläppen kan minska markant genom att förbättra en del i en produkts eller arbetsmetods livskedja, står det klart att detta är fallet. Genom identifiering av de delar som är störst i materialets/massans livskedja och genomföra förbättringar inom denna är en minskad miljöpåverkan möjlig.

När livscykelpåverkansresultatet för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykelfaserna undersöktes, stod det klart att i steg A1-A3, vilket innebär extraktion av råmaterial, transport från extraktionsplats till tillverkningsplats samt tillverkning, var den övergripande största påverkan. Här finns stora möjligheter till förbättring inom kedjan. Gällande extraktion av råmaterial är krossmaterial ingående i inköpta massor den största mängden massa exkluderat markförstärkning, med totalt cirka 36 000 ton massa. Specifikt brytningen av krossmaterial och sorteringen i olika fraktioner sker i två olika krossverk, stationära eller mobila. Dessa drivs vanligtvis av diesel, men även eldrivna krossverk förekommer. Valet mellan dessa ses tydligt i OCL:s databas spela stor roll vad gäller miljöpåverkan. Genom att välja ett krossverk med låg klimatpåverkan kan utsläppsmängden i stegen A1-A3 minska rejält.

Vad gäller transporten mellan extraktionsplats till användningsplats, kan förslagsvis krossmaterial användas som ligger så nära som möjligt, där transporten från extraktionsplats till tillverkningsplats kan minskas. Andelen miljöpåverkan mellan olika markarbeten och masstransporter blir tydligt då resultaten från de olika kategorierna studeras. Trots mängden massor som kan återanvändas i projektet, cirka 17 000 ton, är miljöpåverkan minimal i jämförelse med det som är inköpt, 250 kilo jämfört med 71 ton (se tabell 24). Stort fokus bör därför ligga på att återanvända schakt från arbetsplatsen i allra möjligaste mån. Gällande material och produkter står transporten för en mindre del av utsläppet, där transporten från tillverkning till arbetsområdet endast står för 14 %. Dock har transportsträckorna som använts i programmet antingen antagits i samband med råd från experter, eller ett schablonvärde har tagits från beräkningsprogrammet då kunskap om materialet eller

produkten saknats. Det betyder att betydelsen av den transportdelen inte heller kan räknas bort, och samma rekommendation att köpa från närliggande fabriker/distributionsplatser gäller.

Då alla ingående poster till livscykelanalysen i OCL:s program undersöks, står det klart att gällande transport-livscykeldelen A2, A4, A4b, B4-B5-transport samt C2 är A2 den största delen där transportvinster kan ske. A2 är transporten från extraktionsplatsen till tillverkningsplatsen, där den extraherade råvaran transporteras till platsen för sammanställning av ingående råmassor. Då den transporten innefattar fler ingående delar än resterande transportmoduler i livscykeln, är resultatet som förväntat. Dock ses det tydligt gällande massor, där A4B för massor inköpta till projektet är i snitt 40% av massans totala miljöpåverkan, se tabell 11. Resultatet skiljer sig åt beroende på bränsletyp, fyllningsgrad i fordonet samt dess totala lastkapacitet. Genom variation av fyllningsgrad, ses störst påverkan. Då fordonet som används för transport av massor, vanligtvis dumper, ändå ska åka sträckan är det viktigt att få med så mycket massa som möjligt vid varje körning. Genom att variera lastkapacitet för olika dumpers i OCL ses det att även fast en större dumper genererar mer utsläpp än en mindre dumper med lägre kapacitet, vägs det upp i form av färre körningar för att uppnå samma masstransport. Variation av bränsle kan ej genomföras för de olika dumpertyperna i programmet, och skillnaden där är osäker och undersöks ej.

Vad gäller asfalt, är det den posten med lägst livslängd, som därför behöver bytas ut flest gånger under vägens 100 år beräknade livslängd. Det tillsammans med andra faktorer resulterar i högst andel global uppvärmning för resurstyper samt klassificeringar, se figur 14 och 16. Det är därför viktigt att fokusera på förbättringsarbete inom asfaltsposten. Gällande slitlagret visar sig delarna B4-B5 (byte och renovering) stå för störst procentuell del i materialets totala miljöpåverkan, med ett snitt på 70 %. Att se till att öka slitlagrets totala livslängd skulle därigenom generera störst minskning i miljöpåverkan. Ett sätt att göra detta skulle vara att byta ut bindemedlet bitumen mot lignin (Obminska 2018). Då studier har visat på att bitumen utgör den största delen av asfaltens miljöpåverkan (Häkinen & Mäkelä 1996; Mroeh m. fl. 2001), skulle det inte bara minska projektets totala miljöpåverkan i form av minskat utsläpp per enskild m³, utan även öka livslängden och på så sätt få en stor minskning gällande miljöpåverkan. En studie påbörjad 2020 av RISE i Sverige (2022) har visat på en minskning av minst 20 % utsläpp vid användning av lignin som bindemedel i asfalt istället för bitumen. Inga siffror finns dock än som tyder på ökad livslängd. Användningen av lignin i kombination med bästa möjliga miljöval hade för det här studerade projektet i scenario 1 inneburit en procentuell minskning av miljöpåverkan med upp till 18 %.

För att koppla resultatet till Upphandlingsmyndigheten klimatkrav står det klart att förbättringar i livskedjan inte står i fokus. I deras hållbarhetskriterier nämns att vikten ligger på aktiva val och åtgärder, som främst preciseras inom materialval och arbetsmetoder. Här bör ökade krav tillstyrkas mot transporten i alla aspekter, framförallt för massor. Att främja ny teknik och testa nya klimatvänliga metoder bör också ligga i fokus, till exempel användandet av lignin som bindemedel istället för bitumen.

6.3 Potentiella miljövinster

Efter analys av resultat och data givna från livscykelanalysen gjord för vägsektionen med och utan markförstärkning, visar det sig att potentialen för miljövinster är mycket stora. Bara exkludering av markförstärkning, vilket inte alltid hör till normalfallet, gav en minskning på cirka 66 %. Skillnaden mellan ECO-asfalt och vanlig asfalt till körbanan visade sig också ha stor påverkan, där valet av ECO-asfalt från två olika poster innebar en procentuell minskning av projektets totala miljöpåverkan med 10 % eller 6.5 % då markförstärkning exkluderades. Genom att välja schaktmaterial från arbetsplatsen till fyllning av underbyggnaden i vägen kan miljöpåverkan också minska till en stor del.

Det som klart står ut i livscykelanalysen är den stora påverkan kalkcementpelare innebär. Även utsläppet från kalkcement-pelarmaskinen på arbetsplatsen står för cirka 44 % av allt utsläpp från fordon/maskiner använda på byggarbetsplatsen. Det gör det till det särklass viktigaste att titta på i det tidiga projekteringsskedet. Något som även kom fram genom datapostval i OCL:s databas är skillnaden i miljöpåverkan från snarlika material. Då asfalt, kc-pelare, massor och cement samt betong utgör de största posterna står dessa i fokus, dock finns miljövinster att göras inom alla ingående materialval. Då databasen och mängden tillgängliga EPD:er är begränsade, är jämförelsen svår att göra idag, samt ge en exakt siffra på den möjliga procentuella miljövinsten gällande bästa möjliga materialval för alla material/produkter/massor. One Click LCA erbjuder en funktion för jämförelse mot detta, dock ingår den licensen inte i den programvaran som användes till att genomföra livscykelanalysen i den här studien.

Vid exkludering av markförstärkning, stod asfalt för den klart största miljöpåverkan sett till resurstyp, ansvarig för cirka 41 % (se figur 14). Då det i studien antogs att slitlagret behövde bytas ut var 20:e år, spelar det antagandet in till stor del i slutresultatet. Enligt databasen i OCL är materialets livslängd 30 år, vilket innebär en reducering av materialanvändande och en minskning av utsläppen från asfalt ner till 37.2 %.

Då resultaten från variationer av bränsletyp i sektion 5.4 undersöks står det klart att användandet av biodiesel skulle kunna minska projektets miljöpåverkan avsevärt. Beräkningarna är gjorda under antagandet att utsläppsdata från den generiska posten för diesel överensstämmer med den dieseln som används i alla typer av maskiner använda på arbetsplatsen, samt i fas A4 och A4b. Detta stämmer troligen inte, men beräkningarna visar ändå på en klar förbättring då biodiesel används istället för vanlig diesel. Som tidigare nämnt minskar projektets miljöpåverkan med 17 % då biodiesel används inom dessa faser. Skulle biodiesel användas inom alla transporter för alla ingående material, massor och produkter skulle besparingarna bli ännu större. Om de potentiella miljöbesparingarna från att använda grön asfalt i slitlagret samt överbyggnaden läggs ihop med miljöbesparingarna från att använda biodiesel inom valda transportlivscykelsteg för scenario 1, skulle miljöpåverkan totalt minska från 726 ton till 525 ton, en reducering i miljöpåverkan med 28 %.

Upphandlingsmyndigheten presenterar tre olika kravnivåer av minskad miljöpåverkan. Basnivån är 15 %, avancerad nivå ligger på 30 % och spjutspetsnivån ligger på 50 %. Resultaten från studien visar att för att nå basnivån krävs inte mycket, utan endast få medvetna val gällande vissa poster där stora enskilda besparingar kan ske. Vid jämförelse med scenario 2 där markförstärkning inkluderas ses det att endast en exkludering av KC-pelare genom att bygga på annan plats redan uppfyller kraven på spjutspetsnivån. Då markförstärkning inte är med i projekteringen, liknande scenario 1, behöver dock mycket göras för att nå upp till högre nivåer än basnivån. Endast smarta materialval räcker inte, utan arbetsmetoder måste ses över, och livscykler för de olika delarna bör studeras var och en för sig. För att få ner miljöpåverkan ytterligare kan med fördel även koldioxidupptag från trädplantering samt användandet av biokol inkluderas i analysen. Dessa presenteras närmare i sektion 6.6.

6.4 Jämförelse mot tidigare studier

Resultaten av den här livscykelanalysstudien jämförs nedan med ett flertal andra livscykelanalyser och studier gjorda på vägar, där den funktionella enheten var snarlik. Metoden som använts i rapporten är CML 2001, vilket även använts som metod i ett flertal av rapporterna presenterade i sektion 1.3 (Stripple 2001;Park m. fl. 2020). Resterande rapporter där miljöpåverkansbedömning har skett har använt sig av karakteriseringsmetoden ReCiPe.

Livscykelanalysen som gjorts av Stripple (2001) har brytit ner produktionsprocessen för de ingående delarna i vägen i oberoende komponenter. Utifrån delkomponenterna i varje steg har en konceptuell väg byggts, utifrån en teoretisk modellstruktur. Studien inkluderar även data för underhåll och operation av vägen, vilket den här livscykelanalysen inte gör. Det som är inkluderat är underhåll och reparation för de ingående delar i konstruktionen där det kommer krävas under den 100 år långa användningsperioden. Livslängden för Stripples studie är satt till 40 år, medan den är satt till 100 år i den här livscykelanalysen. Bredden på vägen är snarlik från studien, 13 m där den i den här livscykelanalysen är 14 m. En annan del som skiljer sig är att i den här livscykelanalysen är 7 meter körbana och 7 meter gång och cykelbana.

Resultatet från Stripples studie (2001) visade att utsläppen från vägen i form av CO₂-Ekvivalenter främst kom från konstruktionssteget av vägen, vilket stämmer överens med livscykelanalysen gjord i den här rapporten. Resultatet visar också att den största delen av utsläppet kommer från markförstärkning av betongpelare. Dock är det inte i samma storleksskillnad som i den här rapporten, där markförstärkningen i form av KC-pelare stod för cirka 40 % av det totala utsläppet för vägen. I den här studien stod utsläppen från markförstärkning i form av KC-pelare för närmare 66 % av det totala utsläppet. Efter markförstärkning kommer slitlagret där utsläppen är näst högst oavsett vilken typ av slitlager som användes då fem olika typer undersöktes. Den enda rådatan med siffror som finns att tillgå från rapporten är där asfalt med hög temperatur använts, där slitlagret står för 14 % av de totala växthusgasutsläppen. Jämförs det med den här studien där markförstärkning inkluderades, stod asfalten i slitlagret för cirka 13 %. Intressant att påpeka är att slitlager med betong och cement visar sig ha en högre utsläppsgrad än alla typer av asfaltslager. Dock saknas rådata för det slitlagret i Stripples bilagor. Även det stämmer överens med resultatet från den här studien, där det visat sig att betong och cement har en högre utsläppsmängd per m³. En annan del som visar på högt utsläpp i Stripples (1999) studie är utsläpp av fordon vid vägmarkering och upprättande samt borttagande av snöposter, totalt cirka 7%, vilket inte inkluderades i den här studien.

Jämförs resultaten från livscykelanalysen med Park et als. studie (2020) ses det att cementinnehållet spelar en stor för miljöpåverkan. Jämförs de olika posterna tillgängliga i databasen med Park et als. resultat ses tydligt att cementinnehållet har en stor miljöpåverkan i det totala vägbygget, där en högre cementhalt i kalkcementpelarna innebär en högre miljöpåverkan. Då cementinnehållet ökar med 10 % i en kalkcementpelare, ökar miljöpåverkan med 30 %. Det visar sig också att i jämförelsen mellan asfalt och cement, vilket visat sig vara de två största posterna med enskilt högst miljöpåverkan, står cement för en betydligt större del per m³ material än asfalt. Även studien gjord av Häkinen och Mäkele (1996) visar tydligt på att cementhalten har stor betydelse. Jämförs de två posterna i tabell 11 ses tydligt att för asfalt spelar bitumenhalten en stor roll.

Julien et als. studie (2015) kom främst fram till att vägbeläggingsmaterial har störst miljöpåverkan, främst inom livscykelstegen A1-A3 med cirka 75 %. Det ses tydligt i den här livscykelanalysen att stegen A1-A3 har störst miljöpåverkan av alla livscykelsteg, och det är fallet i de flesta miljöpåverkanskategorier, däribland global uppvärmningspotential (GWP). Studien visade också på vikten av att välja rätt material för att minska den övergripande miljöpåverkan, vilket tydligt kan ses då posterna för snarlika material jämförs från OCL:s databas. Även studien gjord av Mroueh m. fl. (2001) visar på att produktionen och transporten av material använda till vägkonstruktionen, vilket innefattar stegen A2-A3, står för den största delen av vägkonstruktionens miljöpåverkan.

6.5 Utmaningar med vald LCA-modell

Modellen som valts är utifrån riktlinjer givna i ISO-standarderna 14040 samt ISO 14044. Dock är alla LCA-studier anpassade efter materialet, produkten eller systemet som studeras. I den här studien

används ett program med förprogrammerade livscykelsteg för varje ingående post. Dock skiljer sig dessa åt beroende på vilken kategori som de väljs till. Det valet görs av utföraren av studien. Trots att en litteraturstudie gjorts över mängdförteckningens komponenter, samtal förts med experter inom området och programmet ger rekommendationer kan klassificeringen inte vara helt säker. Då klassificeringen mellan olika kategorier i programmet direkt tar bort eller lägger till livscykelsteg beroende på om de är permanenta, om de byts ut, vart i vägkroppen de befinner sig samt andra faktorer. En felkategorisering av en post har en påverkan på slutresultatet, och för poster med stora mängder eller en hög utsläppsmängd per massa kan resultatet skilja sig stort.

Studien som genomförts ger också endast en ungefärlig bild av den valda vägsektionens miljöpåverkan. Då mängdförteckningen som livscykelanalysen utgår ifrån ger ett materialkrav från koder i AMA anläggning 20, blir matchningen mot databasen i OCL svår. Genom uppförd rangordning gällande vilken typ av datapost som bör prioriteras, har material valts ut från databasen med målet att matcha ingående material i projektet på noggrannast möjliga sätt. Med det sagt har approximationer gjorts, allokeringar genomförts och antaganden krävts för att genomföra analysen. Det ska också sägas att även fast resultatet ger en bild över det här projektets totala miljöpåverkan, ger det ingen garanti att resultatet är detsamma för alla gator i tätbebyggda områden. Däremot bör och kan resultatet användas som en indikator på vilka material, arbetsmetoder och processer som visar på en hotspot vad gäller miljöpåverkan, och var störst fokus bör läggas i framtiden.

För att genomföra transportberäkningarna har många antaganden gjorts. De har uppskattats för de flesta parametrar tillsammans med rekommendationer från OCL, och ett liknande värde har satts för olika material, produkter och massor som liknar varandra och bör komma från samma fabrik för användande på arbetsplatsen. Vissa transportvärden har använts direkt från rekommendationer i OCL, då kunskapen av dessa för att kunna göra en uppskattning var begränsad. Då ingen relevant tillverkarsspecifik data regionalt eller utomlands används, får medelvärdet av transportsträckan given från generiska data användas från databasen. Denna kan ha en stor felmarginal, vilken är okänd.

6.6 Framtida studier

Som beskrevs ovan är transportdelen en paramter bestående av flera antaganden. Om tid och data finns, bör i framtida studier transporten beräknas för varje ingående post till projektet genom att ta reda på var den kommer från då tillverkarsspecifik data har använts. Det bygger även på att fler EPD:er görs, där faktiskt använd eller planerad användning av material som är tillverkarsspecifikt kan användas.

I framtiden bör även kostnadsaspekten inkluderas. Den undersöktes inte i den här studien då det inte fanns med som ett tillval i den programvara som användes till livscykelanalysen. Leta upp information på egen hand gällande kostnad blev för tidskrävande. Då kostnaden för produkter spelar en stor roll för projektering samt material/mass/produktval, är det något som bör läggas in i analysen för att ge en rättvis bedömning och tydligt visa för företag vad som är möjligt och rimligt. Förslaget är att ta de ingående produkter som använts i OCL:s databas och genomföra en LCCA på dessa, Life cycle cost analysis. Genom att även ha funktionen att jämföra liknande produkter med varandra, blir det lättare att hitta ett bra miljöval till en rimlig kostnad. Dessutom pågår arbetet med att genomföra ytterligare EPD:er dagligen. OCL behöver uppdatera sin databas så att den även klarar av den nya standarden som används för miljövarudeklarationer, EN 15804 A2. I dagsläget klarar den endast av att hantera den äldre standarden EN 15804 A1. Det gör att en mängd EPD:er som finns tillgängliga idag och passar bättre än de som använts i rapporten inte kunnat användas, då de inte är kompatibla med programvaran.

Något som exkluderas från flödesschemat och ingående delar i livscykelanalysen är röjning, trädfällning samt plantering av träd. Inkluderandet av dessa kan ha en positiv påverkan på projektets totala klimatpåverkan. Enligt Fürstenau (2009) binder ett planterat träd i genomsnitt cirka 25 kg koldioxid per år. Den totala ytan för den valda vägsektionen är 18 000 m² och ett träd planteras per 200 m² i snitt²⁴. På den ytan skulle då 90 träd planteras, vilket med schablonvärdet på 25 kg koldioxid per år skulle generera en koldioxidlagring på 225 ton under vägens livslängd. Räkner man med klimatpåverkan utan markförstärkningen, så hade 729 ton minskat till 504 ton, en minskning med cirka 32 %. Dock måste det tas i beaktan röjning och avverkning av träd och vegetation innan vägens byggs. Beroende på hur inbindningen av koldioxid ser ut innan kan anläggningen av vägen leda till både minskad eller ökad inbindning av koldioxid i form av fler planterade träd och vegetation, eller färre än vad det var innan.

Något som även skulle minska klimatpåverkan av projektet är en kolsänka i form av biobäddar med ökad vegetation på platsen. Detta alternativ tar inte upp lika mycket koldioxid som träd, men kan bidra till skillnad. För att ytterligare kompensera för projektets miljöpåverkan kan växter och träd redo för förmultning längs vägen göras om till biokol istället, där en stor del av kolet som växterna ackumulerat binds in i en beständig produkt i form av biokol istället för att återgå till atmosfären. Biokolet kan då återföras till marken, och med en lång halveringstid på 150-5000 år är det klassat som en negativ emissionsteknologi av IPCC (IPCC 2018).

²⁴Eric Lindskog, Uppdragsledare, Structor Uppsala AB, personlig kommunikation 2022-04-22

7 SLUTSATS

- Hotspots för den valda vägsektionen är markförstärkningen i form av KC-pelare och användning av KC-pelarmaskin, som stod för 67 % av projektets totala miljöpåverkan. I framtida projektering bör markförstärkning i form av KC-pelare undvikas i allra högsta grad för en stor förbättring i en vägprojekts klimatpåverkan.
- Utan markförstärkning var hotspoten asfalt, som stod för 41 % av projektets totala miljöpåverkan.
- Materialval och arbetsmetoder spelar stor roll vad gäller växthusgasutsläpp vid vägbygget, och kan genom projektering och identifiering av relevanta hotspots tidigt i arbetskedjan minska ett projekts miljöpåverkan rejält.
- Genom att öka återanvändningsgraden av schaktmaterial på arbetsplatsen kan utsläppen minska drastiskt med ca 90 % per massa jämfört med schaktade och avlägsnade massor. Gällande utsläppsskillnaden mellan massor inköpta för projektet och massor som kan återanvändas i projektet minskas miljöpåverkan med minst 95 % per post.
- För alla miljöpåverkanskategorier förutom ODP och ADP-element var stegen A1-A3 ansvarig för störst mängd av utsläppen, vilket gör det till området med störst utvecklingspotential.
- Gällande massor står transporten i A4b för störst del, med 37 % större andel av de totala utsläppen jämfört med utsläppen för stegen A1-A3. Det gör transporten till arbetsplatsen gällande massor till störst fokusområde
- Gällande utsläppsskillnad för transport A4, A4b samt maskiner använda på arbetsplatsen skulle projektet minska med 17% från 729 ton till 610 ton CO₂. Vinning finns även att få i de livscykeldelar där utsläppsskillnad inte är möjlig att beräkna vilket skulle kunna minska utsläpp ytterligare.
- Utan markförstärkning är färdigblandad betong sämst ur miljösynpunkt, följt av betongmarksten och asfalt. Tillsammans står de för 64 % av projektets totala utsläpp och genom att byta ut till mer miljövänliga alternativ kan påverkan minskas med minst 14 %.
- Inom alla ingående poster finns en rad olika typer av material, massor och produkter. En livscykelanalys gjord i ett tidigt projekteringsskede kan enkelt visa på bästa material/massa/produkt sett ur en miljösynpunkt, och möjliggöra enkla val vilket minskar projektets totala miljöpåverkan.
- Då asfalten i slitlagret har lägst livslängd av de ingående materialen, samt hamnar högt upp i listan gällande mest bidragande material, bör stor vikt läggas på att välja grön asfalt då det kan minska klimatpåverkan upp till 43 % för den posten.
- I framtida studier bör kostnadsaspekten beaktas, för att få till bästa material ur miljösynpunkt samtidigt som det är ekonomiskt försvarbart att välja.
- Något som också bör undersökas i framtida studier är inkluderandet av koldioxidlagring från planterade träd, samt möjligheten till kolsänka längs vägen i form av biobäddar och användning av biokol för att minska projektets totala miljöpåverkan.

REFERENSER

Ahlsell (2022). *Geotextil Hipertex a-collection*.

<https://www.ahlsell.se/10/va-mark/geoprodukter/geotextil/2418908—ahlsell-hipertex-geotextil-n2-5x120m-600m2-135gm2/> [2022-03-28]

Azapagic, A., Emsley, A. & Hamerton, L. (2003). *Polymers, the Environment and Sustainable Development*. John Wiley & Sons Ltd, 197–200. <https://doi.org/10.1002/0470865172.app2>

Balaguera, A., Carvajal, G.I., Albertí, J. & Fullana-i-Palmer, P. (2018). Life cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*. 132, 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.003>

Bicer, Y. & Dincer, I. (2018). Life cycle assessment of ammonia utilization in city transportation and power generation. *Journal of Cleaner Production*. 170, 1594–1601. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.243>

Biofuel Expresss (u.å.). *HVO100 - Fossilfritt diesel - 90% CO2 reduktion* <https://www.biofuel-express.com/hvo100/> [2022-05-30]

Bernes, C (2016). *En varmare värld – Tredje upplagan*. Stockholm: Naturvårdsverket. ISBN: 978-91-620-1300-4

Boverket (2019a). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/> [2022-03-03]

Boverket (2019b). *Metodval för LCA*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/sahar-gors-en-lca/metodval-for-lca/> [2022-02-10]

Boverket (2021). *Syftet med att klimatdeklarera byggnader*. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/> [2022-03-03]

Brander, M. & Wylie, C. (2011). The use of substitution in attributional life cycle assessment. *Greenhouse Gas Measurement and Management*. 1 (3–4), 161–166. <https://doi.org/10.1080/20430779.2011.637670>

Ekvall, T. (1999). *System Expansion and Allocation in Life Cycle Assessment With Implications for Wastepaper Management*. Diss. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. <https://research.chalmers.se/en/publication/891>

Ekvall, T. (2020). Attributional and Consequential Life Cycle Assessment *Sustainability Assessment at the 21st century*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89202>

Environdec (u.å.). *EPD Library | EPD International.. EPD Library*. <https://www.environdec.com/library> [2022-04-01]

Fathollahi, A. & Coupe, S.J. (2021). Life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC) of road drainage systems for sustainability evaluation: Quantifying the contribution of different life cycle phases. *Science of The Total Environment*. 776, 145937. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145937>

GES (1997). *Glossary of Environment Statistics*. Studies in Methods Series F, No. 67. United Nations: New York.

- Guinée, J., Heijungs, R., Huppes, G., Koning, A., Oers, L., Sleswijk, A.W., Haes, U.D., Duin, R.V. & Lindeijer, E. (2001). *Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards*. Centre of Environmental Science.
- Hauschild, M.Z., Rosenbaum, R.K. & Olsen, S.I. (2018). *Life Cycle Assessment*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>
- Heijungs, R., Allacker, K., Benetto, E., Brandão, M., Guinée, J., Schaubroeck, S., Schaubroeck, T. & Zamagni, A. (2021). System Expansion and Substitution in LCA: A Lost Opportunity of ISO 14044 Amendment 2. *Frontiers in Sustainability*. 2(692055). <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.692055>
- Häkkinen, T. & Mäkelä, K. (1996). *Environmental adaption of concrete: environmental impact of concrete and asphalt pavements*. Espoo: VTT.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2018). *Strengthening and Implementing the Global Response. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- International Organisation for Standardization ISO (2006a). *ISO 14040:2006) - Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and framework*. Schweiz: ISO.
- International Organisation for Standardization ISO (2006b). *ISO 14044:2006 - Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines*. Schweiz: ISO
- International Organization for Standardization ISO (2017) *ISO 21930:2017 - Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services*. Schweiz: ISO <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/06/16/61694>.
- Jullien, A., Dauvergne, M. & Proust, C. (2015). Road LCA: the dedicated ECORCE tool and database. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 20(5), 655–670. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0858-y>
- Lantmäteriet (u.å.). *Ledningsrätt - Lantmateriet.se*. <https://www.lantmateriet.se/sv/fastigheter/andra-fastighet/tillgang-till-annans-mark/ledningsratt/> [2022-05-31]
- Länsstyrelsen Stockholm LstAB (2018). *Lågpunktskartering skyfall (större ytor)*. <https://ext-geodatakatalog.lansstyrelsen.se/GeodataKatalogen/GetMetaDataById?id=b97d174f-d97d-440b-ab55-1ca47565d7dd> [2022-04-11]
- Mroueh, U.M., Eskola, P. & Laine-Ylijoki, J. (2001). Life-cycle impacts of the use of industrial by-products in road and earth construction. *Waste Management*. 21(3), 271–277. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00100-8](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00100-8)
- Naturvårdsverket (2019). *Bränsleanvändning för bensin- och dieslbilar*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/trafik-och-transporter/bransleanvandning-bensin-dieslbilar/> [2022-05-05]

- Naturvårdsverket (2020) *Klimatomställningen*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/> [2022-03-03] Nylén, K.-O. (1999). *Civil works: unique projects or a repeatable process?* Tekniska högskolan: Stockholm.
- Obminska, A. (2018). *Så ska framtidens asfalt bli mer klimatsmart - Ny Teknik*. <https://www.nyteknik.se/miljo/sa-ska-framtidens-asfalt-bli-mer-klimatsmart-6921845> [2022-05-05]
- One Click LCA (u.å.). *Livscykelanalys verktyg för infrastruktur. One Click LCA® programvara*. <https://www.oneclicklca.com/se/for-byggprojekt/livscykelanalys-verktyg-for-infrastruktur/> [2022-04-27]
- OneClickLCA 2021a. *Livscykelanalys billigt och enkelt med One Click LCA. One Click programvara*. <https://www.oneclicklca.com/se/about-one-click-lca/> [2022-02-28]
- One Click LCA 2021b. *Livscykelanalys verktyg för infrastruktur - One Click LCA® programvara*. <https://www.oneclicklca.com/se/for-byggprojekt/livscykelanalys-verktyg-for-infrastruktur/> [2022-02-28]
- Park, W.J., Kim, R., Roh, S. & Ban, H. (2020). Analysis of Major Environmental Impact Categories of Road Construction Materials. *Sustainability*. 12(17), 6951. <https://doi.org/10.3390/su12176951>
- PRé Sustainability (u.å.). *PRé Sustainability. "Life Cycle Assessment (LCA) Explained"*. <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-assessment-lca-basics/> [2022-02-14]
- Röös, E., Patel, M. & Spångberg, J. (2015). *Miljöpåverkan från mjök och havredryck*. (083). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet - Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap. ISSN 1654-9406
- Skogskunskap (2016). *Vägens uppbyggnad*. <https://www.skogskunskap.se:443/vagar-i-skogen/vagbyggnadsteknik/vagbyggnad-steg-for-steg/vagens-uppbyggnad/> [2022-03-03]
- SLU (2021). *Vad är livscykelanalys?-SLU.SE*. <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/> [2022-02-10]
- Sphera - GaBi solutions (u.å.) *CML 2001*. <https://gabi.sphera.com/support/gabi/gabi-lcia-documentation/cml-2001/> [2022-02-24]
- Stripple, H (2001). *Life Cycle Assessment of Road*. (B 1210 E). Göteborg, Sweden:IVL - Svenska Miljöinstitutet.
- Svensk Byggtjänst (2020). *AMA anläggning 20: allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten*, Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- SiS (2019). *SS-EN 15804:2012+A2:2019 - Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler*. Stockholm:Svenska Institutet för Standarder. <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/ovriga-aspekter/ss-en-158042012a22019/> [2022-03-01]
- Svenskt Vatten (2022) *Avloppsfakta - Svenskt Vatten*. <https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/avloppsfakta/> [2022-03-03]
- Sveriges geologiska undersökning SGU (2020). *Jordarter 1:25 000-1:100 000*. SGU:s jordkartvisare. <https://www.sgu.se/produkter/kartor/kartvisaren/jordkartvisare/jordarter-125-000-1100-000/> [2022-04-11]

- Sweden Green Building Council SBG (u.å.). *Vad är CEEQUAL? - Sweden Green Building Council*. <https://www.sgbc.se/vad-ar-ceedual/> [2022-03-17]
- Tillman, A.M., Ekvall, T., Baumann, H. & Rydberg, T. (1994). Choice of system boundaries in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*. 2(1), 21–29. [https://doi.org/10.1016/0959-6526\(94\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0959-6526(94)90021-3)
- Trafikverket (2019). *Väg - Trafikverket*. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/> [2022-03-03]
- Träguiden (2015). *LCA-metodik - TräGuiden*. <https://www.traguiden.se/om-tra/miljo/lca/lca/lca-metodik/> [2022-02-10]
- UNEP Environmental Effects Panel (2010). *Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: 2010 assessment*. Nairobi, Kenya: Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme (UNEP).
- Upphandlingsmyndigheten (2021). *Nya klimatkrav för väg- och anläggningsprojekt*. <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/nyheter/2021/nya-klimatkrav-for-vag-och-anlaggningsprojekt/> [2022-03-03]
- US EPA, O. (2016). *Understanding Global Warming Potentials - Overviews and Factsheets*. <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> [2022-02-24]
- Westerlund, P., Brogren, M., Byman, K., Hylander, B., Kellner, J., Linden, C., Lönngrén, Ö., Nordling, J., Strömberg, L. & Winberg, F. (2014). *Klimatpåverkan från byggprocessen: En rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier*. Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), Stockholm, Sverige. <http://www.iva.se/publicerat/klimatpaverkan-fran-byggprocessen/> [2022-03-03]
- Wiman, L.G. & Tholén, O. (u.å.). *Vägens uppbyggnad - Asfaltboken*. <https://asfaltboken.se/vagens-uppbyggnad/> [2022-03-03]
- Xiong, J., Zhu, J., He, Y., Ren, S., Huang, W. & Lu, F. (2020). The application of life cycle assessment for the optimization of pipe materials of building water supply and drainage system. *Sustainable Cities and Society*. 60, 102267. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102267>

BILAGOR

7.1 Appendix 1

Nedan följer ingående mängder i beräkningsprogrammet One Click LCA som har matchats med data från mängdförteckningen.

Källberg/Svärting NY

Earthworks and mass hauling Construction materials Byggarbetsplatsen Use phase Calculation period

Any earth masses are not assumed to require replacements, no matter assessment period length. Please input materials requiring actual replacement elsewhere.

1. Masses sourced for the project 71 Ton CO_{2e} - 10 %

Masses that will be bought from external sources. Define in the profile if they are reused waste from some other project or virgin materials. Transport impacts go to material transports.

Masses sourced for the project

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Åndra
Aggregate, from stationary crush	3600 m3	22t - 3%	Fall B, bädd, krossmaterial		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Aggregate, from stationary crush	1000 m3	5,7t - 0,8%	Fall B, kategori B,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Aggregate, from stationary crush	150 m3	0,98t - 0,1%	Ledningsbädd Va-ledning,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Macadam (8...16 mm), dry bulk density	60 m3	0,59t - 0,1%	Ledningsbädd dränledning,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Crushed rock, 0-16 mm, 0-32 mm, 0-6	60 m3	0,62t - 0,1%	Ledningsbädd för		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Macadam (8...16 mm), dry bulk density	600 m3	5,9t - 0,8%	Kringfyllning för		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Crushed rock, 0-16 mm, 0-32 mm, 0-6	2000 m3	21t - 3%	Kringfyllning för VA-ledning,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Crushed rock, 0-16 mm, 0-32 mm, 0-6	300 m3	3,1t - 0,4%	Kringfyllning för el/tele-		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Aggregate, from stationary crush	2000 m3	11t - 2%	Resterande fyllning, Fall B,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra

2. Excavated and removed masses 31 Ton CO_{2e} - 4 %

Masses that will be transported to future use. Only the emissions from the transportation will be allocated to this project (in site impacts).

Removed masses

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Åndra
Clay soil, loose dry density, 1280	2000 m3	3,7t - 0,5%	Jordschakt kategori B för		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Clay soil, loose dry density, 1280	1500 m3	2,8t - 0,4%	Jordschakt för VA-ledning,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Clay soil, loose dry density, 1280	200 m3	0,37t - 0,1%	Jordschakt för dränledning,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Clay soil, loose dry density, 1280	250 m3	0,47t - 0,1%	Jordschakt för el och		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Stone and rock from quarries (crush	404 m3	1,6t - 0,2%	Sido och bottenblock alla		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Stone and rock from quarries (crush	80 m3	0,32t - 0%	Ytblock alla storlekar,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Stone and rock from quarries (crush	242 m3	0,97t - 0,1%	Jordblock alla storlekar,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Non-cohesive soil, avg. dens.: 1975	1200 m3	3,5t - 0,5%	Avtäckning alla klasser		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Clay soil, loose dry density, 1280	1800 m3	3,4t - 0,5%	Borttagning av		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Stone and rock from quarries (crush	3500 m3	14t - 2%	Bergsschakt totalt,		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra

3. Masses that can be reused in the project 0.25 Ton CO_{2e}

May require transport and processing before reuse but will be reused in the same project (in site impacts).

Masses that can be reused in the project

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Åndra
Recycled clay soil (waste status),	2000 m3	37kg - 0%	Jordschakt kategori B för		0.2 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Recycled clay soil (waste status),	1500 m3	28kg - 0%	Jordschakt för VA-ledning,		0.2 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Recycled clay soil (waste status),	200 m3	3,7kg - 0%	Jordschakt för dränledning,		0.2 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Recycled clay soil (waste status),	250 m3	4,7kg - 0%	Jordschakt för el och		0.2 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Recycled clay soil (waste status),	1800 m3	34kg - 0%	Borttagning av		0.2 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra
Stone and rock from quarries (crush	3500 m3	0,14t - 0%	Bergsschakt totalt,		0.2 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Åndra

Figur 23 Ingående mängder till OCL för markarbeten och masstransporter.

Huvudmeny > Johan Wallsten > Källberg/Svårting NY > Infrastructure LCA (CEEQUAL) > Indata

Avbryt Spara Resultat Fler åtgärder Döj filter Importera data

Källberg/Svårting NY

Earthworks and mass hauling Construction materials Byggarbetsplatsen Use phase Calculation period

Material Country Data source Type Upstream CO2e Unit Properties

For help on material selection please visit material selection help.

1. Foundations and geotechnical structures 76 Ton CO_{2e} - 10 %

Any materials inputted here are not assumed to require replacements, no matter assessment period length. Please input materials requiring actual replacement elsewhere.

Geotechnical structures and foundations Move materials

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Livslängd
Portland cement - lime mix, for soi	0 ton		för 120 v1 (509)		70 Trailer combination, 40	Not defined	Permanent Ändra
Portland cement - lime mix, for soi	0 ton		för 140 v1 (594)		70 Trailer combination, 40	Not defined	Permanent Ändra
Portland cement - lime mix, for soi	0 ton		för 160 v1 (678)		70 Trailer combination, 40	Not defined	Permanent Ändra
Geotrid from polypropylene (PP) and	29000 m ²	4,4t - 0,6%	Geotextil klass N3 och N4,	110	Trailer combination, 40	Not defined	Permanent Ändra
Geotrid from polypropylene (PP), 0	4500 m ²	0,66t - 0,1%	Ämnerande lager av geonätt	110	Trailer combination, 40	Not defined	Permanent Ändra
Crushed rock, 0-150mm and 0-200mm,	8000 m ³	41t - 6%	Förstärkningslager kategori		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Permanent Ändra
Aggregate, from stationary crush	16000 m ³	80 mm 7,2t - 0,99%	Obundet bärlager kategori		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Permanent Ändra
Aggregate, from stationary crush	125 ton	0,51t - 0,1%	Stödremsa, fall B, Kross 0-		20 Dumper truck, 19 ton	Not defined	Permanent Ändra
Asphalt, hot mix base course for ro	0 ton		Bärlager kategori B av	60	Dumper truck, 19 ton	Not defined	Permanent Ändra
Asphalt mixtures for paving, hot mi	875 ton	18t - 3%	Bärlager kategori B av	60	Dumper truck, 19 ton	Not defined	Permanent Ändra
Bulk emulsion explosive, Kemitti 6	2625 kg	2,8t - 0,4%	För allt bergsschakt	150	Large delivery truck, 9	Not defined	Permanent Ändra
Bulk emulsion explosive, Kemitti 6	483 kg	0,52t - 0,1%	För att spränga block 3-5	150	Large delivery truck, 9	Not defined	Permanent Ändra

2. Technical structures, construction works and systems 241 Ton CO_{2e} - 33 %

Construction works Move materials

Bridges, load bearing structures, noise protection, and all other permanent structures

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Livslängd
Concrete stone pavement, sto	4500 m ²	63t - 9%	BTQ2 Betongmarksten		Uppgifter per beståndsdel	Uppgifter per beståndsdel	Uppgifter per beståndsdel Ändra
Curbstone, solid staircase and soi	248 ton	20t - 3%	Gata 2 sidor, RF2 Raksten	70	Trailer combination, 40	Not defined	100 Ändra
Curbstone, solid staircase and soi	248 ton	20t - 3%	Gata 2 sidor, RV2 Raksten	70	Trailer combination, 40	Not defined	100 Ändra
Concrete products, for walls and wa	103 ton	11t - 1%	RD1 Rännadslatta,	70	Trailer combination, 40	Not defined	100 Ändra
Concrete manhole ring, DN1000, CEMI	0 ton		(315 ton) Alla typer av	70	Trailer combination, 40	Not defined	100 Ändra
Concrete manhole ring, DN1000, CEMI	315 ton	40t - 5%	Alla typer av brunnar	70	Trailer combination, 40	Not defined	Som en byggnad Ändra

Systems Move materials

Water, safety, electricity, communication, utility transfer and HVAC

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Livslängd
Drainage/Sewage pipe, Rubber	500 m	6t - 0,8%	Ledning av betongrör,		Uppgifter per beståndsdel	Uppgifter per beståndsdel	Uppgifter per beståndsdel Ändra
Drainage/Sewage pipe, Rubber	500 m	14t - 2%	Ledning av betongrör,		Uppgifter per beståndsdel	Uppgifter per beståndsdel	Uppgifter per beståndsdel Ändra
Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7	20 m	0,51t - 0,1%	Ledning av PE-rör,	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7	100 m	2,5t - 0,3%	Ledning av PE-rör,	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7	200 m	5,1t - 0,7%	Ledning av PE-rör,	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
PP drainage pipes, DN200, SN8, 900	320 m	5,9t - 0,8%	Ledning av PP-rör, Dim 160	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
PP drainage pipes, DN200, SN8, 900	160 m	2,9t - 0,4%	Ledning av PP-rör, Dim 160	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
PP drainage pipes, DN200, SN8, 900	160 m	2,9t - 0,4%	Ledning av PP-rör, Dim 160	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
PP drainage pipes, DN200, SN8, 900	790 m	15t - 2%	Ledning av PP-rör, Dim 315	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
PP drainage pipes, DN200, SN8, 900	1250 m	23t - 3%	Ledning av PP-rör, Dim 500	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
Polyethylene pipe, 5 m, d=110 mm, 7	400 m	10t - 1%	Ledning av plaströr, 1000 m	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
Inlet/Outlet valve R-100, galvan	40 m	62kg - 0%	Avstängningsanordning	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
Inlet/Outlet valve R-100, galvan	5 m	7,7kg - 0%	Avstängningsanordning	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra
Inlet/Outlet valve R-200, galvan	5 m	20kg - 0%	Avstängningsanordning	70	Large delivery truck, 9	Not defined	80 Ändra

3. Surface and pavement layers 278 Ton CO_{2e} - 38 %

Pavings and surfaces Move materials

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO _{2e}	Kommentar	Cost item	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Livslängd
Asphalt, Arlanda plant, Green Aspha	7000 m ²	117t - 16%	Sitlager kategori B av tät	60	Dumper truck, 19 ton	Not defined	20 Ändra
Asphalt for paving roads, ABT 16, E	0 m ³		Sitlager kategori B av tät	60	Dumper truck, 19 ton	Not defined	20 Ändra
Asphalt, wearing layer, ABT 160/220	670 m ³	161t - 22%	Sitlager kategori B av tät	60	Dumper truck, 19 ton	Not defined	20 Ändra
Asphalt for paving roads, ABT 16 PM	0 m ³		Sitlager kategori B av tät	60	Dumper truck, 19 ton	Not defined	20 Ändra

4. Materials used on the construction site

Site and process materials Move materials

Klicka för att mata in data

Huvudmeny > Johan Wallsten > Källberg/Svärting NY > Infrastructure LCA (CEEQUAL) > Indata : Byggarbetsplatsen

Avbryt Spara Resultat Fler åtgärder Importera data

Källberg/Svärting NY

✓ Earthworks and mass hauling ✓ Construction materials **Byggarbetsplatsen** ✓ Use phase ✓ Calculation period

1 Se GUIDEN här

1. Energianvändning på platsen ☁ 31 Ton CO₂e - 4 %

Platsförbrukning

+ Klicka för att mata in data

Förbrukning av fjärrvärme

+ Klicka för att mata in data

Plats bränsleförbrukning

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO ₂ e	Kommentar	Cost item	
Diesel ?	106 l	0,34t - -0%	Asfaltsläggare för Siltlager		Ändra
Diesel ?	429 l	1,4t - 0,2%	Vält, körd 16 gånger över		Ändra
Diesel ?	0 l		Kc-pelarmaskin (7500)		Ändra
Biodiesel, vegetable oil-based ?	0 l		(106)		Ändra
Biodiesel, vegetable oil-based ?	0 l		(429)		Ändra
Biodiesel, vegetable oil-based ?	0 l		(7500)		Ändra

Maskin timmar

You can report machine hours for common machine types

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	CO ₂ e	Kommentar	Cost item	
Excavator, crawler, diesel-driven, ?	156 h	4,8t - 0,7%	Massor inköpta för		Ändra
Excavator, crawler, diesel-driven, ?	181 h	5,6t - 0,8%	Schaktade och avlägsnade		Ändra
Excavator, crawler, diesel-driven, ?	148 h	4,6t - 0,6%	Massor som kan		Ändra
Wheel loaders, diesel-driven, opera ?	119 h	3,6t - 0,5%	Massor inköpta för		Ändra
Wheel loaders, diesel-driven, opera ?	145 h	4,3t - 0,6%	Schaktade och avlägsnade		Ändra
Wheel loaders, diesel-driven, opera ?	113 h	3,4t - 0,5%	Massor som kan		Ändra
Wheel loaders, diesel-driven, opera ?	100 h	3t - 0,4%	Fundament och		Ändra

2. Materials use on the site (that do not constitute part of the asset)

Material use

+ Klicka för att mata in data

3. Vattenanvändning på plats

Vattenförbrukning

+ Klicka för att mata in data

4. Avfall genererat på plats

Byggavfall

+ Klicka för att mata in data

5. Ytterligare resor för transport till byggarbetsplatsen

Använd detta som exempel för att beskriva ytterligare väg- eller sjötransport resor som inte beskrivs med byggmaterial

Additional transportation

+ Klicka för att mata in data

One Click LCA + Lägg till Licenser HJÄLP Johan

Huvudmeny > Johan Wallsten > Källberg/Svärting NY > Infrastructure LCA (CEEQUAL) > Indata : Use phase Avbryt Spara Resultat Fler åtgärder Importer data

Källberg/Svärting NY

Earthworks and mass hauling
 Construction materials
 Byggarbetsplatsen
 Use phase
 Calculation period

1. B1 Use

This concerns possible carbonatisation impacts during the use phase.

Carbonating structures

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	Kommentar	
Carbonisation of concrete in road s ?	0 m ³		Ändra
Cement carbonation, 60 years, Futur ?	0 ton		Ändra

Vegetationsscenarier

Du kan använda detta för att beräkna uttag av kol-vegetation och landskapsplanering under projektets livstid. Koldioxidutsläpp från växtligheten redovisas endast i kategorin biogenisk kollagring. Observera att dessa bortagningar inte är beständiga och förloras om projektet inte är inrättat för att bevara växtligheten vid dess eventuella rivning

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	Kommentar	
Birch, yellow, Betula alleghaniensi ?	0 unit		Ändra

2. B2 Maintenance

Maintenance

Including general and seasonal maintenance. Winter: plowing, salt, sand/gravel and other solutions. Permafrost repairs. Summer: cutting seasonal growth

Börja skriva eller klicka på pilen

Resurs	Kvantitet	Kommentar	
Sand (0...8 mm), loose dry density, 1 ?	0 m ³		Ändra
Electricity, Sweden ?	0 kWh		Ändra

3. B3 Repair

Repair

Report all materials required for repair during the use phase. If some of the additional parameters are not relevant for your project, you do not need to fill them in.

Börja skriva eller klicka på pilen

4. B6 Energy use

Energy use, per year

Börja skriva eller klicka på pilen

5. B7 Water Use

Water use, per year

Börja skriva eller klicka på pilen

One Click LCA © copyright One Click LCA LTD | Version: 0.3.6, Database version: 7.6

Figur 26 Icke inkluderad del i livscykelanalys kallad användningsfasen, samt exempel på ingående poster.

One Click LCA + Lägg till Licenser HJÄLP Johan

Huvudmeny > Johan Wallsten > Källberg/Svärting NY > Infrastructure LCA (CEEQUAL) > Indata : Calculation period Avbryt Spara Resultat Fler åtgärder Importera data

Källberg/Svärting NY

Earthworks and mass hauling Construction materials Byggarbetsplatsen Use phase **Calculation period**

i This query defines the service life (period) for the calculation. [Se GUIDEN här](#)

1. Calculation period

Required service life of the infrastructure project (obligatoriskt)
If not otherwise defined, use technical service life of the asset. Product replacements and maintenance are calculated for this period.

years

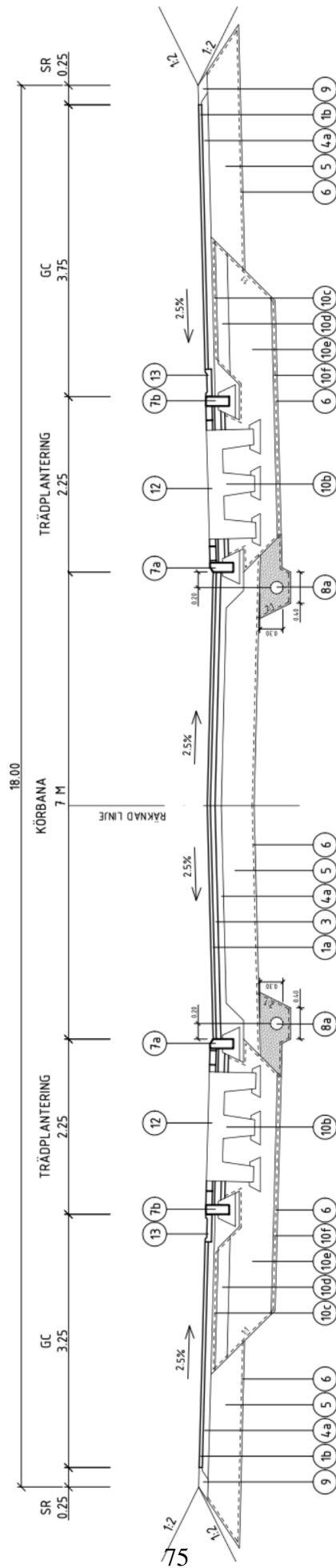
Resultat

One Click LCA © copyright One Click LCA LTD | Version: 0.3.6, Database version: 7.6

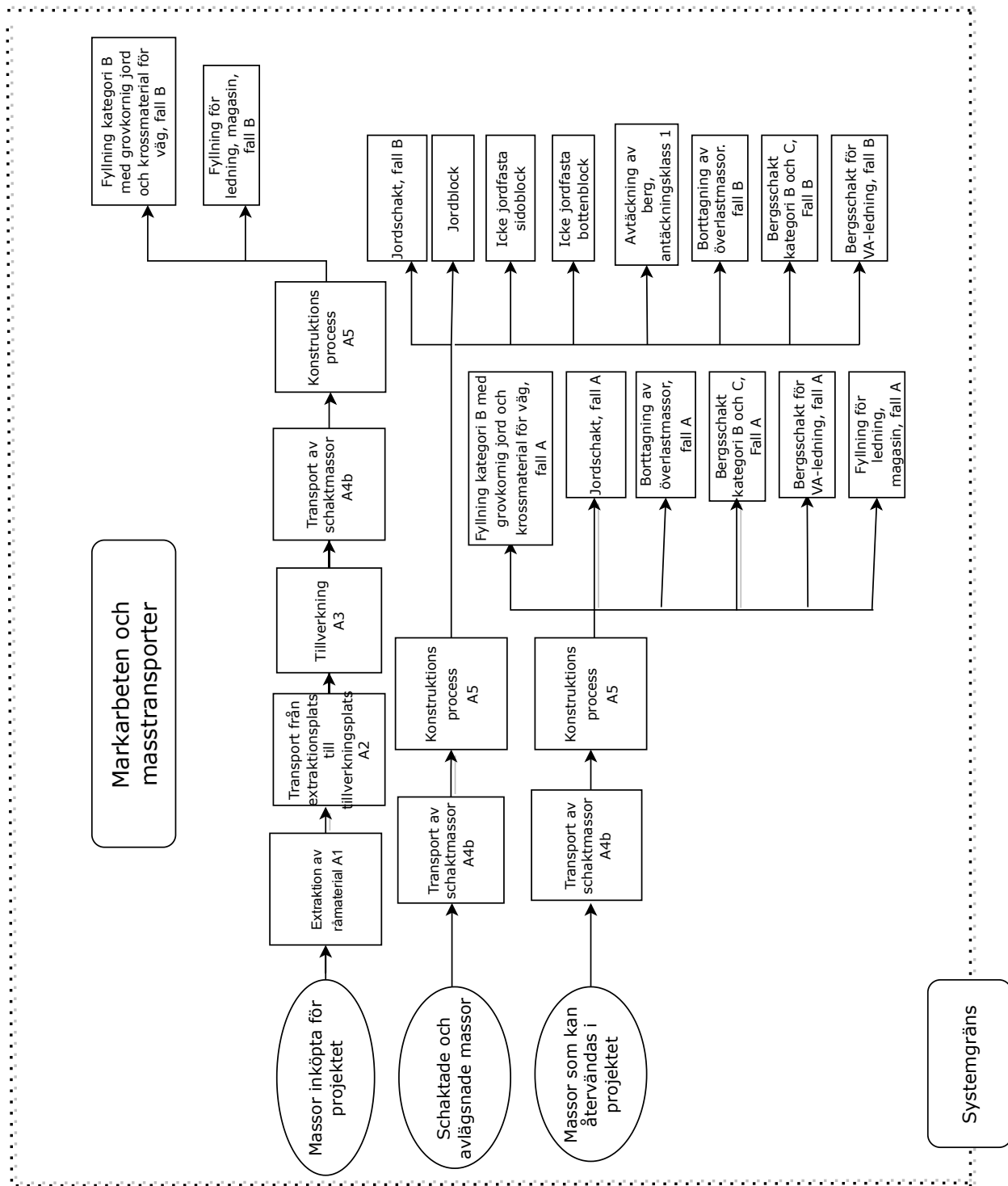
Figur 27 Inlagd tidsperiod för genomförande av livscykelanalys i OCL.

7.2 Appendix 2

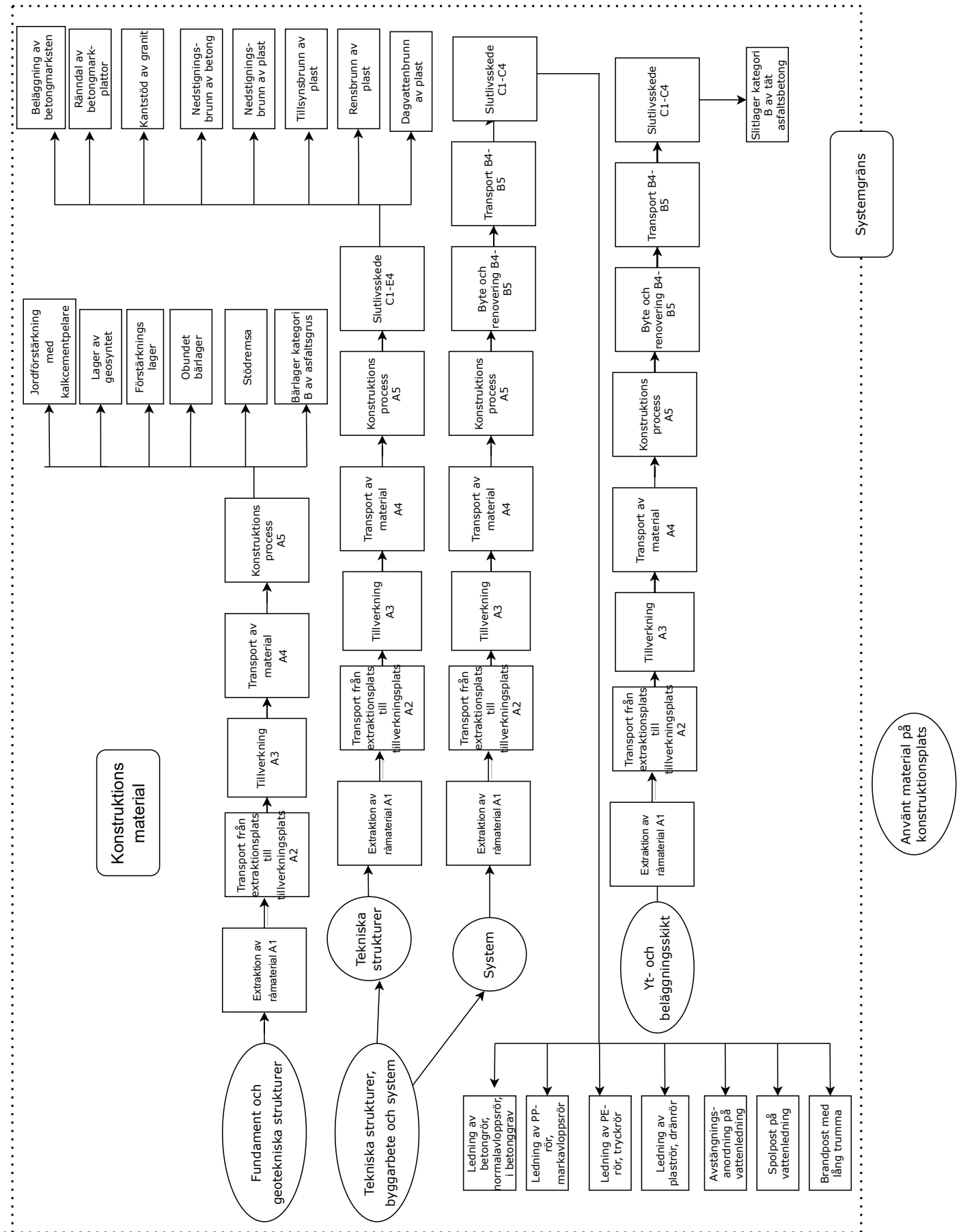
Nedan följer större överskådliga bilder över figur 6, 7, 8, 9, 10, 11,17.



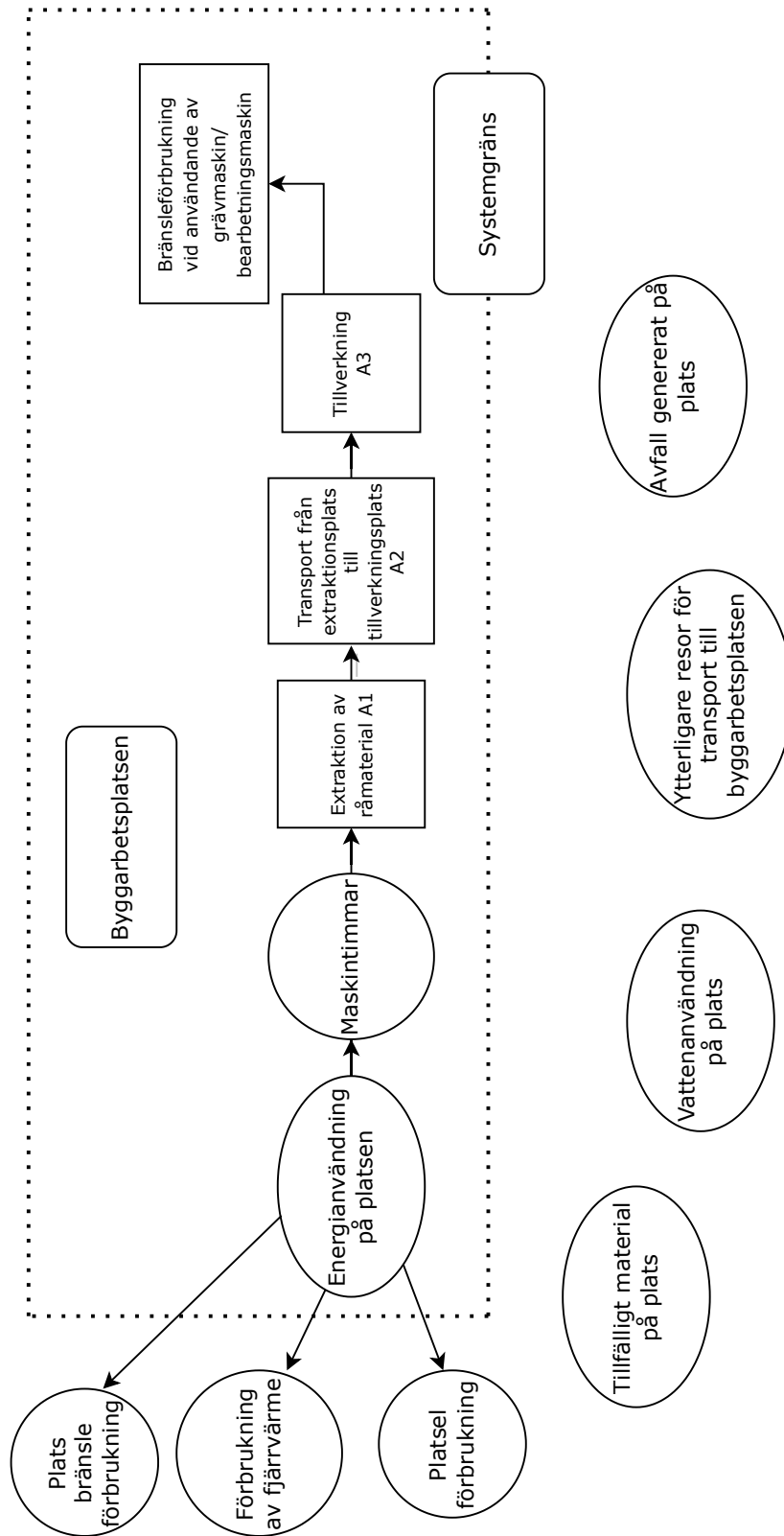
Figur 28 Större överskådlig bild över vald vägsektionstyp samt ingående materialtyp i varje lager.



Figur 29 Större överskådlig bild över inkluderade livscykelsteg för de olika masstyperna i mängdförteckningen inom kategorin markarbeten och masstransporter



Figur 30 Större överskådlig bild över inkluderade livscykelsteg för de olika mass- och materialtyperna i mängdförteckningen inom kategorin konstruktionsmaterial.



Figur 31 Större överskådlig bild över inkluderade livscykelsteg för processerna på byggarbetsplatsen.

Bransch	Global uppvärmning kg CO ₂ e ②	Förurning kg SO ₂ e ②	Övergödning kg PO ₄ e ②	Ozon nedbrytningspotential kg CFC11e ②	Bildning av ozon i lägre atmosfärer kg Ethenee ②	Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser kg Sbe ②	Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser MJ ②	Biogen karbonlagring kg CO ₂ e bio ②
A1-A3 Product stage	3,3E5	1,48E3	9,24E2	1,18E-2	2,31E2	8,09E4	9,6E6	1,54E4
A1-A3a Product stage - materials	2,87E5	1,08E3	7,03E2	1,02E-2	1,73E2	8,08E4	9,09E6	1,54E4
A1-A3b Product stage - masses	4,35E4	4,01E2	2,21E2	1,62E-3	5,75E1	3,28E1	5,17E5	0E0
A4 Transport - materials	3,9E4	1,58E2	3,42E1	7,51E-3	3,03E0	2,37E2	1,02E6	0E0
A4b Transport - mass hauling	5,9E4	2,71E2	5,94E1	1,18E-2	4,58E0	3,57E2	1,68E6	0E0
A5 Construction process	3,09E4	4,66E1	9,52E0	5,37E-3	4,79E0	4,04E-3	4,19E5	0E0
B1 Use	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B2 Maintenance	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B3 Repair								
B4-B5 Material replacement and refurbishment	2,43E5	1,05E3	2,38E2	6,08E-3	1,08E2	8,08E4	1,27E7	
B6 Operational energy use								
B7 Operational water use								
C1-C4 End of life stage	2,7E4	7,51E1	1,6E1	1,42E-3	5,51E0	5,21E1	2,38E5	
D Beyond the system boundary	-5,75E4	-1,03E2	-2,83E1	-7,03E-4	-5,97E0	-1,02E-1	-4,41E5	0E0
Totalt	7,29E5	3,08E3	1,28E3	4,4E-2	3,57E2	1,62E5	2,57E7	1,55E4

Figur 32 Större överskådlig bild över livscykelpåverkansresultat för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykelfaserna utan markförstärkning.

Bransch	Global uppvärmning kg CO ₂ e ②	Förbrukning kg SO ₂ e ②	Övergödning kg PO ₄ e ②	Ozon nedbrytningspotential kg CFC11e ②	Bildning av ozon i lägre atmosfärer kg Ethenee ②	Abiotisk utarmning potential (ADP-element) för icke fossila resurser kg Sbe ②	Abiotisk utarmning potential (ADP-fossila bränslen) för fossila resurser MJ ②	Biogen karbonlagring kg CO ₂ e bio ②
A1-A3 Product stage	1,74E6	2,98E3	1,12E3	5,01E-2	3,87E2	8,09E4	2,06E7	1,54E4
A1-A3a Product stage - materials	1,69E6	2,58E3	8,97E2	4,84E-2	3,3E2	8,08E4	2E7	1,54E4
A1-A3b Product stage - masses	4,35E4	4,01E2	2,21E2	1,62E-3	5,75E1	3,28E1	5,17E5	0E0
A4 Transport - materials	4,42E4	1,83E2	3,98E1	8,6E-3	3,52E0	2,62E2	1,17E6	0E0
A4b Transport - mass hauling	5,9E4	2,71E2	5,94E1	1,18E-2	4,58E0	3,57E2	1,68E6	0E0
A5 Construction process	5,52E4	8,23E1	1,68E1	9,47E-3	8,45E0	7,12E-3	7,39E5	0E0
B1 Use	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B2 Maintenance	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0	0E0
B3 Repair								
B4-B5 Material replacement and refurbishment	2,43E5	1,05E3	2,38E2	6,08E-3	1,08E2	8,08E4	1,27E7	
B6 Operational energy use								
B7 Operational water use								
C1-C4 End of life stage	2,7E4	7,51E1	1,6E1	1,42E-3	5,51E0	5,21E1	2,38E5	
D Beyond the system boundary	-5,75E4	-1,03E2	-2,83E1	-7,03E-4	-5,97E0	-1,02E-1	-4,41E5	0E0
Totalt	2,17E6	4,64E3	1,49E3	8,74E-2	5,17E2	1,62E5	3,71E7	1,62E4

Figur 33 Större överskådlig bild över livscykelpåverkansresultat för alla miljöpåverkanskategorier i de olika livscykelfaserna med markförstärkning.

7.3 Appendix 3

Nedan följer all data från mängdförteckningen gjord i planeringskedet i projektet.

Kod	Text	Enhet	Mängd	å-pris
	Denna tekniska beskrivning ansluter till AMA Anläggning 17			
B	FÖRARBETEN, HJÄLPARBETEN,			
BF	SANERINGSARBETEN, FLYTTNING, DEMONTERING,			
BFB	RIVNING, RÖJNING M M			
BFB.2	TRÄDFÄLLNING			
	Fällning av enstaka träd			
	Trädfällning	st	100	
BFC	RÖJNING			
BFD.12	Stubbrytning inom område för väg, plan o d			
	Stubbrytning	st	100	
BFD.13	Stubbrytning inom område för sammansatt markyta och vegetationsyta			
BFE.31	Borttagning av markvegetation och jordmån inom område för sammansatt markyta och vegetationsyta, kulturmark			
	Avser borttagande av markvegetation på befintlig åkermark. Grästorv och yjord med ogräs ska tas bort innan jordmån tas bort. Ingen sammanblandning av olika lager och material som kan återanvändas får göras.			

Borttagen jordmån (lagret under grästorv och ytjord med ogräs) ska återanvändas som vegetationslager i entreprenaden för Å1b-ytor samt för återställning grävning av start och slutgropar (5st) för styrd borrning.

Med ändring av i AMA angivet ska borttagningsdjupet vara 300 mm.

	Fall B	m ³	18000
C	TERRASSERING, PÅLNING, MARKFÖRSTÄRKNING,		
CB	LAGER I MARK M M		
CBB	SCHAKT		
	JORDSCHAKT		

Tillfälligt upplag får anordnas inom arbetsområdet på ett sätt så att de inte äventyrar stabiliteten, det gäller både för schaktgrav som omkringliggande mark. Schaktmassor och upplag får inte läggas upp så att de skadar befintliga anläggningar, vegetation eller diken. Schaktmassor som lagras inom arbetsområdet under byggtiden ska läggas upp på sådant sätt och på sådant avstånd från vattendrag och diken att det inte avrinner slam och jord till vatten om det regnar etc. Lukt- och okulärbesiktning av schaktmassor ska kontinuerligt utföras av entreprenören. Vid misstanke om föroreningar ska beställaren omedelbart kontaktas för vidare instruktioner och beslut om åtgärd. Bortschaktning av såväl befintliga fyllnadsmassor som naturlig jord ska utföras på sådant sätt att det ej påverkar närliggande byggnader och anläggningar.

Släntlutning ska anpassas till jordens sammansättning och hållfasthet och till grundvattenförhållanden, förekommande belastningar samt övriga rådande förutsättningar och förhållanden. Sten och block i schaktslänt ska schaktas bort om det finns risk för nedfall. Schaktning utförs så att slänterosion, bottenuppträckning eller uppluckring av botten inte inträffar. Om upptryckning eller uppluckring äger rum eller om oförutsedd förstärkningsåtgärd erfordras anmäls detta omedelbart till Beställaren för beslut om åtgärd. I de fall friläggning av rör eller tjälning och påföljande upptining i schakt kan förorsaka skada på befintlig ledning ska denna skyddas mot frysning.

Schakter skyddas mot tillrinnande yt- och markvatten. Vatten ska avledas för att förhindra vatten i schakt, erosion, uppluckring och uppmjukning av schaktbotten eller bottenuppträckning. Arbete i rörgrav ska ske i torrhet.

Förekomsten av silt och siltskikt i jorden gör att den skall förutsättas vara tjälfarlig vid kall väderlek samt flytbenägen i vattenmättat tillstånd. Förekomsten av sand och sandskikt i jorden gör att den skall förutsättas vara erosionsbenägen vid nederbörd samt i vattenmättat tillstånd.

Kostnad för transport av schakt- och fyllnadsmassor skall ingå under aktuell kod och rubrik under kapitel C. Schaktmassor ska, för att minimera skatt på avfall och deponi, separeras så att bundna lager, kasserat rörmaterial och dylikt inte sammanblandas med obundna jordmassor. Beställaren ersätter inte deponiskatt på osorterade massor.

Vid schakt intill befintliga belysnings- och elstolpar ska stolparna stöttas eller säkras på annat sätt. Om skada uppkommit på kabel eller ledning ska detta omedelbart rapporteras till ledningsägare. Det åligger entreprenören att bekosta de eventuella åtgärder som krävs för att avhjälpa det fel som entreprenören har orsakat.

Innan schaktarbeten påbörjas ska kontakt tas med berörda ledningsägare för fastställande av befintliga ledningars lägen. Schaktningsarbeten ska bedrivas med sådan försiktighet att befintliga ledningar och byggnader inte skadas. Friläggning av befintliga kablar och ledningar ska ske med handschakt. Om skada uppkommit på kabel ska detta omedelbart rapporteras till ledningsägare och beställare. Maskinschaktning får ej utan medgivande från ledningsägare utföras närmare ledning eller kabel än 1,0 meter såvida dessa ej frilagts. Frilagda kablar ska skyddas mot åverkan enligt ledningsägarens anvisningar.

Schaktmassor som är användbara i entreprenaden ingående fyllnadsarbeten ska reserveras för detta ändamål.

Övriga schaktmassor fraktas bort från arbetsområdet och är då entreprenörens egendom. Klassificering av överskottsmassor utförs av Entreprenören. Överskottsmassor som utgörs av fyllnadsmassor som inte återanvänds ska transporteras till av miljömyndighet godkänd mottagare med tillstånd att ta emot aktuella massor.

CBB.112

Jordschakt kategori B för väg, plan o d

1000 m, Fall A 25%	m ³	2000
1000 m, Fall B 25%	m ³	2000
Ytblock >3,0–5,0 m ³	st	20
Jordblock >3,0–5,0 m ³	st	20
Icke jordfasta sidoblock >3,0–5,0 m ³	st	20
Icke jordfasta bottenblock >3,0–5,0 m ³	st	20

CBB.3

Jordschakt för ledning, kabel m m

CBB.31

Jordschakt för rörledning

CBB.3111

Jordschakt för va-ledning

Schaktning, inklusive schaktning för ledningsbädd, ska utföras enligt principritning CBB.311:1

Jordschakt för va-ledningar kan av arbetsmiljöskäl inom vissa sträckor behöva ske inom spontkassett eller likvärdigt. Se BGB.221.

1000 m Fall A 25%	m ³	1500
1000 m Fall B 25%	m ³	1500
Jordblock 1,0–3,0 m ³	st	20
Jordblock >3,0– 5,0 m ³	st	20
Icke jordfasta sidoblock 1,0–3,0 m ³	st	20
Icke jordfasta sidoblock >3,0–5,0 m ³	st	20
Icke jordfasta bottenblock 1,0–3,0 m ³	st	20
Icke jordfasta bottenblock >3,0–5,0 m ³	st	20

CBB.3112

Jordschakt för dränledning

Schakt ska utföras enligt normalsektion,

1000 m, Fall A 50%	m ³	200
1000 m, Fall B 50%	m ³	200
Jordblock 1,0–3,0 m ³	st	5
Jordblock >3,0– 5,0 m ³	st	5
Icke jordfasta sidoblock 1,0–3,0 m ³	st	5
Icke jordfasta sidoblock >3,0–5,0 m ³	st	5
Icke jordfasta bottenblock 1,0–3,0 m ³	st	5
Icke jordfasta bottenblock >3,0–5,0 m ³	st	5

CBB.32

Jordschakt för el- och telekabel o d

Belysning:

Kabelförläggning i mark ska uppfylla krav enligt EBR-standard KJ 41:15. Vid skarvplatser tilltages schakten för att ge erforderligt arbetsutrymme. Avser schakt för kabel och kabelskyddsror.

EL:

Ledningsschakt för elkabel skall utföras enligt EBR-standard KJ41:15.
 Ledningsschakt skall vara fri/öppen mellan varje kabelskåp samt
 längre sträckor, upp till 500 m för högspänningskabel.

FIBER:

Kanalisationsförläggning i mark ska minst uppfylla krav på
 förläggningsdjup enligt TH, del 2 kap. 25, punkt 25.621
 Kanalisationsförläggning i mark för FIBER ska utföras enligt EBR
 KJ41:15

<u>Jordschakt Fall A 1000 m 50%</u>	m ³	250
<u>Jordschakt Fall B 1000 m 50%</u>	m ³	250
Jordblock 1,0–3,0 m ³	st	2
Jordblock >3,0–5,0 m ³	st	2
Icke jordfasta sidoblock 1,0–3,0 m ³	st	2
Icke jordfasta sidoblock >3,0–5,0 m ³	st	2
Icke jordfasta bottenblock 1,0–3,0 m ³	st	2
Icke jordfasta bottenblock >3,0–5,0 m ³	st	2

CBB.7

Avtäckning av berg, urgrävning för väg, byggnad m m

CBB.71

Avtäckning av berg

CBB.711

Avtäckning av bergyta, opåverkad av sprängning

Avtäckning av berg ska utföras enligt avtäckningsklass 1.

Bergytan ska oberoende av släntlutning avtäckas till en 0,5 m bred
 zon utanför teoretisk sektion, d.v.s. utanför det område som teoretiskt
 ska sprängas.

Mätgräns vid ersättningsreglering är 0,5 m bred zon utanför teoretisk
 sektion.

Efter sprängning ska avtäckningen kompletteras så att en 0,5 m bred
 frilagd bergyta erhålls på båda sidor om den sprängda
 rögraven. Inmätning av bergövertytan skall utföras enligt BJB.272.

	Avtäckningsklass 1, 1000 m , 50%	m ²	9000
CBB.712	Avtäckning av bergyta, befintlig sprängbotten Avtäckning av berg ska utföras enligt avtäckningsklass 1. Bergytan ska oberoende av släntlutning avtäckas till en 0,5 m bred zon utanför teoretisk sektion, d.v.s. utanför det område som teoretiskt ska sprängas. Mätgräns vid ersättningsreglering är 0,5 m bred zon utanför teoretisk sektion. Efter sprängning ska avtäckningen kompletteras så att en 0,5 m bred frilagd bergyta erhålls på båda sidor om den sprängda rörgraven. Inmätning av bergöverytan skall utföras enligt BJB.272.		
	Avtäckningsklass 1, 1000 m , 50% VA	m ²	3000
CBB.731	Borttagning av överlastmassor Avser borttagning av arbetsbädd CEB.83 till ursprunglig marknivå. Schaktmassor som inte är förorenade av uppträngande kalkcement och lera ska reserveras för användning som fyllningsmassor Fall A. Fall A 25% 1000 m Fall B 25% 1000 m	m ³ m ³	1800 1800
CBC	BERGSCHAKT		
CBC.112	Bergschakt kategori B och C för väg, plan o d samt sammansatt yta Fall A, 1000 m 25 % Fall B, 1000 m 25 % Bergs överyta, bergschaktdjup ≤1,0 m	m ³ m ³ m ²	2000 2000 9000
CBC.3	Bergschakt för ledning, kabel m m		
CBC.3111	Bergschakt för va-ledning		

Kvarstående berggadd får inte finnas närmare lednings underkant än 0,15 m. Gamla borrhål ska renblåsas. Om lossbrytning innebär borttagande av stora block, ska säkring av blocken övervägas i samråd med beställaren.

Pickning av berg: Losstagning av berg utan sprängning utförs med hydraulhammare.

Bergschakt ska utföras enligt CBC.311:1 ledningsgrav ska schaktas med erforderlig breddökning och fördjupning för brunnar och andra anordningar så att ledning och brunnar m.m. kan utföras på avsett vis. Berg i befintlig ledningsgrav förutsätts uppsprucket från tidigare sprängning. Vid sprängning invid tidigare sprängd ledningsgrav ska hänsyn tas till detta vid borrning och sprängning.

Fall A, 1000 m 25 %	m ³	1500
Fall B, 1000 m 25 %	m ³	1500
Svärtingsgata Bergs överyta, bergschaktdjup ≤1,0 m	m ²	0
Svärtingsgata Bergs överyta, bergschaktdjup >1,0 m	m ²	3000

CDB

CDB.23

CDB.233

JORDFÖRSTÄRKNING M M

Jordförstärkning med inblandningspelare

Jordförstärkning med kalkcementpelare

MATERIAL- OCH VARUKRAV

Bindemedel för Kalkcement skall uppfylla följande krav:

Cement: Kornstorlek <0,2 mm. Flytbarhet > 40 bestämd enligt SS 13 40 05.

Sammansättning cement: Lägst CEM II/A-LL enligt SS-EN 197-1

Kalk: Kornstorlek <0,2 mm. CaO-aktiv halt > 80 % enligt ASTM C 25. Flytbarhet > 70 enligt SS 13 40 05.

UTFÖRANDEKRAV

Pelares diameter skall vara 600 mm.

Stabiliseringsmedel skall utgöras av kalkcement i förhållandet kalk 30% / cement 70%.

Inblandningsmängden skall vara 160 kg/m³ (45 kg/m) i övre delen av inblandningspelarna och 120 kg/m³ (34 kg/m) i nedre delen för merparten av inblandningspelarna. I vissa pelare skall inblandningsmängden vara 140 kg/m³ (40 kg/m) respektive 120 kg/m³ (34 kg/m) längs hela den stabiliserade längden.

Variation av inblandningsmängd framgår av excellistor med redovisning av alla projekterade inblandningspelare. Excellistorna tillhandahålls entreprenör i samband med upprättande av bygghandlingar. Samtliga pelare ska utföras vertikala.

Förstärkningsplaner framgår av ritningar G-11.1-2001 - G-11.1-2008. Förprovningspelare enligt BBC.281 med planläge framgår av ritningar G-11.1-2002 och G-11.1-2005.

Föreskrifter och utförandeanvisningar anges på ritning G-11.5-2001.

Utmatning av stabiliseringsmedel ska avbrytas på överkantsnivå för respektive pelare angiven i separat koordinattabell (excellfil) och/eller angiven i modellfil som tillhandahålls av beställaren till entreprenör innan utförande.

Rotationshastighet vid utmatning av bindemedel (vid stigning) skall vara 175 varv/min. Stigningshastighet skall vara maximalt 15 mm/varv.

Vid neddrivning av blandningsverktyg ska rotationshastigheten vara maximalt 100 varv/min.

Pelarnas kritiska skjuvspänning c_{knt} har satts till 80 kPa efter 7 dygn och till 100 kPa efter 28 dygn.

Inblandningsverktyget ska ha beprövad utformning (pinnborrverktyg eller bygelverktyg) och godkännas av beställaren innan användning. Upptäckande bindemedelsdamm samt renblåsningsdamm skall vattenbegjutas.

Det ankommer på anbudsgivare att bedöma behov av ev. tillfälliga förstärkta arbetsvägar, stockmattor etc. och alla andra bärighetshöjande åtgärder, utöver den föreskrivna arbetsbädden enligt CEB.83.

I samband med installation av pelare ska skyddshuv användas ovanför pelarverktyget för att förhindra och minimera damm och lerstänk till omgivningen.

Vid befintliga stenar, ledningar, rötter eller dylikt inom förstärkningsområdet som ej avlägsnats, ska pelarläge och antal anpassas till möjliga pelarlägen. Hinder och flyttning markeras på relationsunderlag och protokollförs. Vid placering av planläget för pelarna på förstärkningsplanerna, har hänsyn inte tagits till befintliga luft- och markledningar. Dessa ska förutsättas vara i drift under pelarinstallationen. Provisoriska och/eller permanenta ledningsomläggningar av befintliga luft- och markledningar och under pågående förstärkningsarbete ska befintliga luft- och markledningar som förväntas komma i konflikt med installationen av pelarna provisoriskt och/eller permanent a ledningsomläggningar för att kunna utföra pelarna i ursprungligt läge för ledningarna.

På utförda inblandningspelare får ingen permanent eller tillfällig last påföras förrän kontrollsondering i pelarna med godkänt resultat på skjuvhållfasthetstillväxt efter 7 dygn utförts. Byggtrafik får inte köra över nyligen förstärkta ytor och innan kontrollsondering för respektive delyta visat godkänt resultat på skjuvhållfasthetstillväxt.

TOLERANSER

Enligt bilaga A-1 i TK Geo 13, version 2.0. Toleranserna framgår även på ritning

KONTROLL

Utförandekontroll

Utförandekontroll av tillverkade inblandningspelare utförs enligt avsnittet Utförandekontroll i AMA kod CDB.23.

Resultatkontroll

Brottskjuvhållfastheten ska vara minst 110 kPa längs hela pelarlängden när kontrollsondering sker 7-10 dygn efter installation. 28 - 31 dygn efter installation ska brottskjuvhållfastheten vara minst 140 kPa längs hela pelarlängden.

För anbudsgivning och kalkyl ska förutsättas att 0,25% av produktionspelarna kontrollsonderas efter 7-10 dygn och 0,25% av produktionspelarna kontrollsonderas efter 28-31 dygn. Totalt antal provade pelare ska motsvara 0,5% av antalet produktionspelare.

Kontrollsondering ska utföras med förborrad kalkpelarsondering (FKPS) i centrum av samtliga pelare i enlighet med TK Geo 13, version 2.0, bilaga Bilaga A, "Verifiering av hållfasthet genom pelarsondering."

Vid provningen schaktas överytan på samtliga produktionspelare som ska provas fram och kontroll av pelardiameter och pelarkvalitet utförs okulärt. Entreprenören ansvarar för att fotodokumentation av framschaktade pelare utförs.

Vid framschaktning av pelarna skall representant från beställaren närvara. Entreprenören ansvarar för att beställaren underrättas i god tid innan framschaktning av pelarna utförs. Framschaktning och återfyllning med befintliga massor ska ingå i lämnat å-pris för provning nedan.

Kontrollsondering ska utföras i pelare så att installationer från samtliga använda maskiner uppfylls.

Kontrollsondering ska utföras jämnt utspridd både i singulära pelare samt i pelare i skivor och gitter.

Produktionspelare som kontrollsonderas ska vara jämnt fördelade inom respektive stabiliserat område, även avseende variation i stabiliserad längd och i variation i inblandningsmängd.

Resultatet av kontrollsonderingen av pelarna sammanställs i en rapport som tillsänds beställaren snarast efter provningen.

Resultatet skall omfatta redovisning av spetsmotstånd vid förborring, vid FKPS-sondering, vinkeländring, sjunkningshastighet samt pelarnas skjuvhållfasthet. Utöver detta ska alla installationsdata inklusive toleranser samt pelarens x-, y- och z-koordinater (ök) för sonderad pelare framgå i provningsrapporten.

Övriga föreskrifter och anvisningar för utförande enligt ritning
10 m pelare

Antal pelare dimension 600 mm 25 % 1000 m o 18 m brett	st	4500
inblandningsmängd 120 kg/m ³ (1/3)	m	15000
inblandningsmängd 140 kg/m ³ (1/3)	m	15000
inblandningsmängd 160 kg/m ³ (1/3)	m	15000
Skruvning utan stabiliseringsmedel	m	4500

CE

FYLLNING, LAGER I MARK M M

MATERIAL- OCH VARUKRAV

Fyllningsmaterial

I AMA utgår följande text:

"För klassificering av material med hänsyn till kornstorlek ska SS-EN ISO 14688-1 och SS-EN ISO 14688-2 tillämpas."

Den ersätts med:

För klassificering av material med hänsyn till kornstorlek ska SS-EN ISO 14688-1, utgåva 1, 2002 och SS-EN ISO 14688-2:2004 tillämpas.

Bilaga AMA Klassificering och benämning av berg och jord är i överensstämmelse med SS-EN ISO 14688-1, utgåva 1, 2002, och SS-EN ISO 14688-2:2004.

CEB	FYLLNING FÖR VÄG, BYGGNAD, BRO M M
CEB.1	Fyllning för väg, plan o d samt vegetationsyta
CEB.11	Fyllning för väg, plan o d
CEB.1122	Fyllning kategori B med jord- och krossmaterial för väg, plan o d
CEB.11221	Fyllning kategori B med grovkornig jord och krossmaterial för väg, plan o d

Fall A, 25% 1000 m	m ³	1000
Fall B, 25% 1000m krossmaterial 0-125 mm	m ³	1000

CEB.83 Fyllning för bädd vid jordförstärkning

Avser arbetsbädd 0,8 m tjock bestående av krossmaterial 0-125 mm. Arbetsbädden är avsedd att användas i samband med installation av inblandningspelare genom att utmatning av stabiliseringsmedel avslutas i underkant arbetsbädd, vilket motsvarar befintlig marknivå på de ställen där arbetsbädden utförs. Arbetsbädden utläggs på en penetrerbar geotextil enligt DBB.3111.

Arbetsbädden ska kvarligga minst till den tidpunkt som infaller vid kontrollsondering 28 dygn efter installation av inblandningspelare. Efter godkänd hållfasthetstillväxt i pelare efter 28 dygn kan arbetsbädden inom aktuellt område avlägsnas enligt CBB.731 och fortsatt arbete med schakt och fyllning för va-ledningar och gator, gc-vägar och gångvägar utföras.

Fall B	m ³	3600
--------	----------------	------

CEC	FYLLNING FÖR LEDNING, MAGASIN M M
CEC.12	Fyllning för utspetsning för ledning

CEC.2	Fyllning för ledningsbädd		
CEC.21	Ledningsbädd för rörledning		
CEC.2111	Ledningsbädd för va-ledning		
	Ojämnheter i ledningsgravens botten utfylls med månggraderat material av typ 2 eller 3B, tabell CE/1. Materialet packas upp till underkant ledningsbädd enligt tabell CE/4. Ledningsbädd utförs med krossmaterial innehållande max stenstorlek 22 mm, för betongrör max 65 mm, Ledningsbäddens tjocklek skall vara minst 150mm.		
	VA 1000 m - Fall B - Tjocklek 150 mm	m ²	1000
CEC.2112	Ledningsbädd för dränledning		
	Utförs enligt normalsektion, Tj= 100 mm		
	1000 m Fall B, Makadam 8-16	m ²	600
CEC.212	Ledningsbädd för trumma		
CEC.2121	Ledningsbädd för vägtrumma		
CEC.22	Ledningsbädd för el- och telekabel o d		
	Belysning: Utförs enl. EBR-anvisning KJ 41:15 markklass 1. Ledningsbädd packas enligt tabell CE/4 eller CE/5. EL		
	Fyllning skall uppfylla krav och utföras enligt EBR-standard KJ41:15. Fiber Ledningsbädd ska utföras enligt EBR KJ41:15 "markklass 2" Tjocklek 100 mm		
	Fall B 0-18	m ²	600
CEC.3	Kringfyllning		

CEC.3111

Kringfyllning för va-ledning

Kringfyllning utförs till nivå enligt figur AMA CEC.3111/1.
Komplettering av ersättningsregeln: i ersättning ingår ersättning för kringfyllning för avstängningsanordning, nedstigningsbrunn mm. enligt CEC.33.

Fall B 0-32 m³ 2000

CEC.3112

Kringfyllning för dränledning

Utförs enligt normalsektion,

1000 m, Fall B, Makadam 8-16 m³ 600

CEC.3121

Kringfyllning för vägtrumma

CEC.32

Kringfyllning för el- och telekabel o d

Belysning:

Kringfyllning utförs med grus 0-8 mm upp till terrassnivå under hårdgjord yta, dock minst 10 cm över översta lednings-/rörs överkant.

EL

Fyllning skall uppfylla krav och utföras enligt EBR-standard KJ41:15.

Fiber

Kringfyllning ska utföras enligt EBR KJ41:15 sid 21 "Markklass 2"

1000 m Fall B 0-18 m³ 300

CEC.4

Resterande fyllning

CEC.4111

Resterande fyllning för va-ledning

Under gator utförs fyllning upp till terrassnivå med packningsbart material. För packning gäller figur CEC.3111/2-3 och tabell CE/4.

1000 m Fall A 50% m³ 2000

	1000 m Fall B 50%	m ³	2000
D	MARKÖVERBYGGNADER, ANLÄGGNINGSKOMPLETTERINGAR M M		
DB	LAGER AV GEOSYNTET, CELLPLAST, MINERALULL, STÅL M M		
DBB	LAGER AV GEOSYNTET		
DBB.31213	Materialskiljande lager av geotextil kring ledningsbädd och kringfyllning i ledningsgrav i jord Materialskiljande lager av geotextil placeras enligt figur AMA DBB.31213/1		
	VA 100 m 50% jord Geotextil N3	m ²	4000
DBB.31217	Materialskiljande lager av geotextil i ledningsgrav i berg Materialskiljande lager av geotextil placeras enligt figur AMA DBB.31217/1		
	VA 100 m 50% berg Geotextil av bruksklass N4	m ²	4000
DBB.31223	Materialskiljande lager av geotextil kring perkolationsmagasin		
DBB.31224	Materialskiljande lager av geotextil kring dränerande fyllning för dränledning Avser dränering, Utförs enligt normalsektion,		
	1000 m , Geotextil av brukklass N3	m ²	3000
DBB.3131	Materialskiljande lager av geotextil under överbyggnad för väg, plan o d För utförande under Gator och Gång- och cykelbanor/vägar, se normalsektion,		

Geotextil klass N4

1000 m väg 50 % jord o 50% Berg Samma geotextil

m²

18000

DBB.411

Armerande lager av geonät i obundna lager

MATERIAL- OCH VARUKRAV

Armerande lager av geonät ska vara av typ GS-Grid B30/30L eller likvärdigt.

För utvärdering av likvärdighet på alternativt geonät, så ska det uppfylla följande krav:

- material ska vara av polypropylen eller av polypropen
- geonätet ska vara framställt som extruderat/stansat material med styva knutpunkter
- maskvidden ska vara anpassat till förstärkningslagret kornfördelning
- karakteristisk draghållfasthet ska vara minst 30 kN/m i minst två vinkelräta riktningar i plan
- geonätet ska ha en förkilande verkan med ovanförliggande fyllningsmaterial (förstärkningslagret)
- geonätets tekniska livslängd ska vara minst 50 år

UTFÖRANDEKRAV

Geonätet ska placeras ovanpå geotextil och i underkant förstärkningslager kross 0-90 mm.

Geonätets utläggningsriktning är valfri.

Geonätet får inte belastas på annat sätt än enligt tillverkarens anvisningar.

Armeringen får skarvas. Skarvlängd ska minst vara 0,5 m i längsled och minst 0,5 m i tvärlädd.

Geonät av typ GS-GRID B30/30L eller likvärdigt 100 m gata 25%

m²

4500

DC

MARKÖVERBYGGNADER M M

DCB	OBUNDA ÖVERBYGGNADSLAGER FÖR VÄG, PLAN O D		
DCB.2	Förstärkningslager för väg, plan o d		
DCB.212	Förstärkningslager kategori B till överbyggnad med flexibel konstruktion och med bitumenbundet slitlager, betongmarkplattor m m		
	Utförs enligt normalsektion, Kross 0-90		
	1000 m , Fall B, Tj=420 mm	m ³	8000
DCB.3	Obundet bärlager för väg, plan o d		
DCB.312	Obundet bärlager kategori B till belagda ytor		
	Utförs enligt normalsektion, 1000 m , Fall B, Kross 0-32, Tj= 80 mm	m ²	16000
DCB.6	Stödremsa för väg, plan o d		
DCB.612	Stödremsa av obundet bärlagermaterial kategori B till belagda ytor		
	Utförs enligt normalsektion, 1000 m , Fall B, Kross 0-16	ton	125
DCC.2	Bitumenbundna överbyggnadslager kategori B för väg, plan o d		
DCC.2111	Bärlager kategori B av asfaltgrus		
	Utförs enligt normalsektion, 1000 m Gata, Körbana 7 m, AG16 B160/220, Tj= 50 mm	m ²	7000
DCC.2411	Slitlager kategori B av tät asfaltbetong		
	Utförs enligt normalsektion, 1000 m Gata , Trottoar GC 7 m, ABT11 B160/220, Tj= 40 mm	m ²	7000
	1000 m Gata , Körbana 7 m, ABT16 B160/220, Tj= 40 mm	m ²	7000

DCG
DCG.22

MARKBELÄGGNINGAR
Beläggning av betongmarksten

Klasser enligt SS-EN 1338.

Gator

BTG2 Betongmarksten 175x175x80 typ Starka Siena i förband	m ²	4500
---	----------------	------

DE
DEC

ANLÄGGNINGSKOMPLETTERINGAR
KANTSTÖD

DEC.14

Kantstöd av granit, satta i betong med motstöd av betong

Avser granitkantstöd RV2 (KS1 och KS3) samt RF2 (KS2).
Nordisk granit, typ grå Bohusgranit från Ävja eller Näsinge.
Synliga ytor: krysshamrade. Undersida: Sågad. Fogändar: Sågade eller bredmejslade.
Nivåjustering med makadam 8/11 mm.

Sten ska sättas enligt principritning DEC.14.
Nordisk granit, typ grå Bohusgranit från Ävja eller Näsinge.
Synliga ytor: Råkilad. Undersida: Sågad. Fogändar: Sågade eller bredmejslade.

Gator

1000 m Gata 2 sidor , RV2 Raksten	m	2000
1000 m Gata 2 sidor , RF2 Raksten	m	2000

DED.12

Rännal av betongmarkplattor

Avser RD1, se planritning

Klasser enligt SS-EN 1339.

Överbyggnad utförs likt omgivande ytor. Inspänning enligt principritning DCG.

	RD1 Rännalsplatta, 350x350mm, brottslastklass 250 typ Benders rännalsplatta rak. Kulör grå.	m	2000
DED.2	Ytvattenränna av förtillverkade element		
DEE	VÄG- OCH YTMARKERINGAR M M		
DEE.111	Extruderad markeringsmassa på trafikyta Vägmarkeringsklass 2 Placering enligt Vägmarken och Vägmålnings ritningar, se ritningsförteckning.		
	Övergångsställe M15	m	100
DEF	FÖRTILLVERKADE FUNDAMENT, STOLPAR, SKYLTAR M M		
DEF.0	Förtillverkade enheter sammansatta av fundament, stolpe, skylt e d		
DEF.01	Förtillverkade enheter bestående av fundament, stolpe och skylt Höjd mellan vägyta och underkant skylt > 2,5 m. Stolprör ø60 mm galvad med fundament 60/700 typ meag eller likvärdigt. Skyltar i normalstorlek, Högre reflekterande. Placering enligt Vägmarken och Vägmålnings ritningar, se ritningsförteckning.		
	B3, Toppmonterad	st	20
DEF.33	Fundament för stolpe e d för ljusarmaturer I koden ingår material, schakt, sättning, riktning, kringfyllning, restfyllning och packning för fundament. Se även principritning CEB.53.		
	Material och sättning av belysningsfundament Moramast E7778572	st	80

DEN.12**Kabelskydd av plaströr, plastrännor o d**Belysning:

Kabelskyddsror ska uppfylla kraven i svensk Standard, SS 424 14 37 och tillverkade av PEH-plast(HDPE) typ SRN för belysningskabel, under gata skall rör SRN 50/42 dras genom rör SRN 110/98. Tomrör ska vara försedda med dragtråd 0,2 mm. Mellan rör och fundament ska kabel skyddas med böjligt kabelskyddsror typ "rak böj" (SS 424 14 37). Avser kanalisering för belysning.

Material och förläggning av kabelskyddsror SRN 50/42, 6m längder inkl. dragtråd.	m	2000
Material och förläggning av kabelskyddsror SRN 110/98, 6m längder inkl. dragtråd.	m	50
Material och förläggning av Flexböj SRN 50x0-90GR	st	80

P**APPARATER, LEDNINGAR M M I RÖRSYSTEM ELLER RÖRLEDNINGSNÄT****PB****RÖRLEDNINGAR I ANLÄGGNING**

För läggning av vattenledning gäller att entreprenören ska hålla rörläggare med dokumenterad rörläggartutbildning och erfarenhet. Kursintyg på genomgången rörläggartutbildning ska vid anmodan förevisas beställaren.

Rör som ska ingå i vattenledning ska vid leverans vara försedda med hållbara ändförslutningar vilka ska sitta kvar ända fram till dess att fogningen utförs. Rör ska lagras på regler eller mellanlägg. Rören får ej utsättas för större belastning än vad tillverkaren föreskriver. Detta innebär att mellanläggens antal och utformning måste anpassas till rörtyper och stapelhöjd.

Rören bör läggas upp stabilt så olyckor undviks och så att lyftanordning kan anbringas utan att hanteringsskador uppstår. Sandhögar på ömse sidor om upplaget kan hindra rören från att komma i rullning om olycksrisk föreligger.

Vid uppehåll i arbetet ska rörledning tillslutas vattentätt med propp eller skyddshuv. Vattenledning ska läggas så att den inte tillförs jord, ytvatten eller blir förorenad på annat sätt. Rörledning ska utföras i rak sträckning och i jämn lutning mellan angivna brytpunkter eller brunnar såvida ritning inte anger annat.

Vattenledning skall vara blåstripad, tryckavlopp skall vara brunstripad. Dimensioner enligt ritningar.

Ledningar av PP och PE som ansluter till kommande etapper samt serviser, proppas och mäts in.

PBB

RÖRLEDNINGAR I LEDNINGSGRAV

Läggningssyfte ska vara utförd med erforderlig fasthet och bärighet, justerad till rätt höjd och lutning samt vara fri från nedfallen sten eller löst material större än 32 mm.

Ledning ska placeras i ledningsgrav enligt principritning CBB.311:1.

Där rör eller rördel ansluter till anläggningsdelar grundlagda på annat sätt eller är stumt infästad t ex vid ingjutning i vägg, anordnas flera fogar som medger vinkeländring omedelbart utanför infästningen.

Rörledning som inte kringfylls omedelbart ska skyddas mot skador av nedfallande stenar, kyla o d. Läggning får inte ske på underlag av jord som frusit. Rörgrav ska hållas läns. Rörläggning ska ske i torrhet.

PBB.4

Ledning av betongrör i ledningsgrav

Rör ska vara armerade.

Tättningsring ska vara oljeresistent.

PBB.421 **Ledning av betongrör, normalavloppsrör, i ledningsgrav**

Utlopp och Inlopp större än 400 mm förses med galler.

DIM 300 mm BTG

50% spillvattenledning

m 500

DIM 500 mm BTG

50% dagvattenledning

m 500

PBB.5 **Ledning av plaströr i ledningsgrav**

Övriga rör och rördelar skall uppfylla krav enligt Nordic Poly Mark (INSTA CERT) eller vara tredjeparts-certifierade till motsvarande nivå.

PBB.5121 **Ledning av PE-rör, standardiserade tryckrör, i ledningsgrav**

Rördelar skall vara i lägst samma tryckklass som rör.

Personal som utför svetsarbete skall ha genomgått utbildning och erhållit svetscertifikat enligt SS-EN 13067 och enligt kategorierna för respektive svetstyp.

Giltig licens skall efter anfordran uppvisas för Beställaren före svetsarbetets början.

Svetsutrustning skall vara funktionskontrollerad årligen. Kontrollintyg skall efter anfordran uppvisas för Beställaren. Vattenledning förläggs på minst 1,7 m djup under planerad marknivå till centrum ledning.

1000 m

Dim 50 mm, PE80 SDR11 (serviser)

m 200

Dim 110 mm, PE100 SDR17

m 500

Dim 200 mm, PE100 SDR17

m 500

PBB.5215 **Ledning av PP-rör, standardiserade markavloppsrör, i ledningsgrav**

Rör skall vara av klass SN8. Rör skall vara släta på in- och utsida.

Anslutning dagvattenbrunnar

Dim 160 mm, PP

m 400

Serviser

Dim 160 mm, PP Spill

m 200

Dim 160 mm, PP Dagvatten

m 200

PBB.5216 **Ledning av PP-rör, fabrikatspecifika markavloppsrör, i ledningsgrav**

Rör skall vara av klass SN8. Rör dim.200-400 mm skall vara strukturväggsrör av typ B med korrugerad utsida och slät insida.

1000 m

Dim 315 mm, PP Spillvatten 50%

m 500

Dim 500 mm, PP Dagvatten 50%

m 500

PBB.53 **Ledning av plaströr, dränrör, i ledningsgrav**

PBB.531 **Ledning av plaströr, standardiserade dränrör, i ledningsgrav**

Avser vägdränering.

Rör typ Infra VDR eller Uporen toppslitsade dubbelväggsrör av PE 232/200.

1000 m gata, Vägdränering 232/200

m 2000

PD **BRUNNAR O D I MARK**

PDB **BRUNNAR PÅ AVLOPPSLEDNING**

PDB.1 **Nedstigningsbrunn på avloppsledning**

Brunnar o d ska grundläggas på samma sätt som anslutande ledning.

Fogning av brunn samt fogning av ledning till brunn ska ske med oljeresistengummiring som uppfyller fordringarna enligt SS-EN 681-1.

Betäckning ska vara av typ teleskopbetäckning A6, RSK 703 2113, eller likvärdigt. Betäckning ska uppfylla kraven enligt SS-EN 124-1 och SS-EN 124-2. För betäckning avsedd att stödja på brunnsöverdel ska alltid en passdel eller i förekommande fall kombination av minst en passdel och förskjutningsplatta användas. Fast betäckning injusteras med hjälp av passdelar så att den ligger 0-10 mm under blivande beläggning.

Brunnar ska vara av svavelväteresistent betong, dvs med skydd mot svavelvätekorrosion.

Bottendelar ska beställas tillverkade med individuellt anpassade vinklar, dimensioner, stälp och anslutningar med integrerad tätning direkt till respektive anslutande ledning. Ledning ska anslutas direkt till brunn, utan övergångar och utan rörkrökar. Brunn ska på fabrik vara anpassad till dels aktuell rörtyp genom ingjutning av röranslutningar och dels aktuell vinkel på inkommande och utgående ledning.

PDB.111

Nedstigningsbrunn av betong, normalutförande

In- och utgående ledningar till brunn på avloppsledning ska vara förenade till mjukt utformade rännor. Tvärsektion ska ha cirkulär botten och något utåtlutande väggar. Ränna får inte vara trängre än anslutande ledning. Rännas djup ska vara minst lika med anslutande rörs inre diameter vid DN < 400, 400 mm för anslutande rör med 400 ≤ DN ≤ 800 och minst halva diametern vid anslutande rör med DN > 800. Invändiga bottenytor ska anordnas med fall mot rännor. Bottenytor och rännor ska vara släta.

SNB

	1000 m och 50% BTG	st	5
	DNB		
	1000 m och 50% BTG	st	5
PDB.12	Nedstigningsbrunn av plast		
	Nedstigningsbrunnar typ Uponor		
	SNB		
	1000 m och 50% Plast	st	5
	DNB		
	1000 m och 50% Plast	st	5
PDB.2	Tillsynsbrunn på avloppsledning		
PDB.22	Tillsynsbrunn av plast		
	Förtillverkade delar till brunn av plast utanför vattenskyddsområde ska uppfylla kraven för kvalitetsmärkningen Nordic Poly Mark eller vara tredjepartsverifierade till motsvarande nivå.		
	TB1 dimension 400 mm, utförs med teleskopbetäckning L-65 Premium, eller likvärdig.		
	STB		
	1000 m och 100% Plast	st	10
	DTB		
	1000 m och 100% Plast	st	10
PDB.3	Rensbrunn på avloppsledning		
PDB.32	Rensbrunn av plast		
	Förtillverkade delar till brunn av plast ska uppfylla kraven för kvalitetsmärkningen Nordic Poly Mark eller vara tredjepartsverifierade till motsvarande nivå.		
	Rensbrunnar för serviser, dagvatten och spillvatten.		
	RB dimension 200 mm, utförs med teleskopbetäckning L-63 Premium, eller likvärdig.		
	Rensbrunnar för vägdränering.		

RB dimension 200 mm, utförs med teleskopbetäckning L-63 Premium, eller likvärdig.

RB Dränering	st	20
RB Serviser	st	40

PDB.5 **Dagvattenbrunn på avloppsledning**

PDB.521 **Dagvattenbrunn av plast med vattenlås och sandfång**

DB dimension 400 mm, utförs med teleskopbetäckning L65-D Regular, eller likvärdig.

DBK dimension 400 mm, lågbyggd kupolsil, utförs med teleskopbetäckning L65-D, eller likvärdig.

1000 m Gata o 4 st /100 m	st	40
---------------------------	----	----

PE **ANORDNINGAR FÖR AVSTÄNGNING, TÖMNING, LUFTNING M M AV RÖRLEDNINGAR I ANLÄGGNING**

PEB **AVSTÄNGNINGSANORDNINGAR M M I MARK**

PEB.1 **Avstängningsanordning på tryckrörsledning**

PEB.1111 **Avstängningsanordning med kilslidsventil på vattenledning**

Kilslidventil ska vara mjuktätande och ha rakt fritt genomlopp. Kilslidventil ska uppfylla av tillverkaren redovisade tekniska bestämmelser. Avstängningsanordning ska utföras komplett med ventil, teleskopisk spindel-förlängning alt fast spindelförlängning, skyddsror med skyddsrorslock, betäckningsram och lock. Ventil ska justeras så att spindeln löper lätt samtidigt som tätningen i packboxen är god. Avstånd mellan spindelförlängningens överkant och betäckningen undersida ska vara 100-200 mm. Spindelförlängning och skyddsror ska lodas och inpassas i höjdläge. Teleskopror utgör skyddsror. Överdel ska vara tättslutande mot spindelstång i spindelförlängaren. Längd på skyddsror och spindelförlängare anpassas på plats. Spindelförlängare ska låsas (skruvas) mot ventilbröstat.

Avstängningsventil med PE-ändar typ AVK, Hawle, eller likvärdig, ska vara avsedd för lägst tryckklass PN10. Garnity ska vara teleskopisk. Betäckning till avstängningsventil ska vara Ulefos S-1840 (rund) eller likvärdig till funktion och kvalitet.

Serivsventil (32-63mm) typ Hawle RSK 4303544, eller likvärdig, ska vara avsedd för lägst tryckklass PN10. Garnity ska vara teleskopisk. Betäckning till avstängningsventil ska vara Ulefos S-1830 (rund) eller likvärdig till funktion och kvalitet.

Vid LTA med dubbla ventiler ska betäckning Danfoss S-1832-1 RSK 7037937 eller likvärdig produkt till funktion och kvalitet användas.

Vid LTA med dubbla ventiler med frostfri läggning ska stag av typ Danfoss S-1846 RSK 7037942 eller likvärdig användas.

Avtappningsventil Ulefos 2155 eller likvärdig. För avtappning av system till lekplats, observera tömningsriktning och vridning av tömningsventiler. AV-T dimension 32 mm Teleskopisk spindelförlängning med gängad anslutning typ Ulefos S-1850-4, eller likvärdigt. Betäckning till avstängningsventil ska vara Ulefos S-1830 (rund) eller likvärdig till funktion och kvalitet. Avtappningsventil sätts i samkross 16-32mm utspridd volym 1m³.

Serviser

VSV 50 mm	st	20
1000 m		
VAV 110 mm	st	5
VAV 200 mm	st	5

PEB.2 Avstängningsanordning på självfallsledning

PEB.3 Spolpost i mark

PEB.31 Spolpost på vattenledning

Spolpost typ Thisab SP 1985T och betäckning typ Thisab SPB025T1.

1000 m

Spolpost	st	1
----------	----	---

PEB.4 Brandpost i mark

PEB.42 Brandpost med lång trumma

Brandposttrumma ska installeras på en dränerande bädd enligt CEC.33.
Vara av typ Thisab BP 1990T med anslutning PE110, eller likvärdig.
Ventil skall ha automatisk avtappning, vid risk för grundvatteninträngning skall avtappningshål proppas. Utkopplingstyp typ A (gängad).
Brandpost trumma Thisab BP PEH med teleskopisk betäckning RSK 703 4210.

1000 m

BP

st

2