

Modell för att beräkna driftkostnader vid ett Masslogistikcenter

Modellering och fallstudie på jord- & bergflöden i norra Norrköping

*Model for calculating operating costs at a rock and soil
consolidation center
- Modelling and case study of rock and soil flows in
northern parts of Norrköping*

Adam Moberg
Simon Runefors

Handledare: Magnus Berglund
Examinator: Mats Abrahamsson

Sammanfattning

I samband med byggprojekt uppstår det berg- och jordmassor som måste hanteras. De senaste årens ökade bostadsbyggande och stora infrastrukturprojekt i kombination med en ökad miljömedvetenhet har lett till att olika effektiviseringar av masshantering hamnat i fokus. En sådan effektivisering är en samordnad återvinning av massa centralt mellan olika byggprojekt och som enligt studier kan minska både antalet transporter och total miljöpåverkan, en sådan plats kallas för masslogistikcenter (MLC). Kostnadsstrukturen hos ett MLC är dock outforskat vilket försvårar skapandet av hållbara affärsmodeller. Med detta som motivering är studiens syfte följande:

Syftet är att skapa en modell för att beräkna kostnaden av att driva ett MLC

Modellbyggnadens struktur och dess viktiga komponenter belästes i en inledande litteraturstudie tillsammans med fakta om masshantering och centraliserad materialhantering. En metod för modellutförande utvecklades med tre större steg: utformande av en konceptuell modell, kvantifierande av modellen till en datamodell och slutligen ett test av modellen för att förbättra den. Litteratur om masshantering belyste det komplexa ämnet där massa beroende på omständigheter och sort kan variera från avfall till handelsvara. Slutligen belystes den teoretiska bakgrund som finns till centraliserad materialhantering med fokus på bygglogistikcenter som visar sig kunna minska kostnader vid byggprojekt.

Modellen utvecklades sedan i tre större faser utifrån den valda metoden för modellutförande och modellens utveckling överensstämmer med rapportens tre huvudfrågor. I första fasen anlades en konceptuell modell med stöd av den gjorda litteraturstudien och semistrukturerade intervjuer av personer kunniga inom masshantering och erfarna av aktiviteter i och runt ett MLC. I modellbyggandets andra fas kvantifierades den konceptuella modellen. En aktivitetsbaserad kalkyl passade den konceptuella modellens utformning bäst. Den tredje fasen testade sedan modellen på framtida byggprojekt i norra Norrköping, utifrån detta experiment förbättrades modellen ytterligare.

Resultatet sammanfattar aktiviteter i det studerade systemet och resurser som används av dessa aktiviteter. Det kan sammanfattas som att mängden massa, massans typ samt dess föroreningsgrad driver flera kostnader. Allra mest kostsam är den massa som sorteras ut i MLC för kvittblivning. Systemet blir alltså kostnadseffektivt om man så tidigt som möjligt i processen kan sortera ut det material som i så hög grad som möjligt kan återvinnas. Resultatet visar vidare att ett MLC:s kostnadsstruktur påverkas av dess geografiska placering som blir en vägning mellan närhet till projekt och markpris. Närhet till projekt minskar transportkostnader medan billig mark möjliggör i sin tur antingen lägre kostnad för mark eller större möjligheter till lagring som ökar återvinning och minskar deponikostnader. På detta sätt är flera större kostnadsposter också direkt beroende av MLC:s placering. Ett annan vägning mellan kostnader är när krossning ska genomföras, varje krossning innebär en startkostnad samtidigt som behövd lageryta ökar när krossningar görs mer sällan. Slutligen innebär ett MLC en viss planering av såväl transporter som lager, detta driver kostnader för administrativt arbete vars kostnad måste bäras av den minskade deponeringen och transporten som ett MLC kan möjliggöra.

Kvantifieringen av modellens massflöden gjordes enligt en tolkning av en ABC-kalkyl med minsta tidsenhet en vecka. Testet av modellen, med data från Optimass, på ett antal projekt i Norrköping gav en rad förbättringar av modellen. Dessutom grundlade testet tillsammans med ett enkelt referensscenario att ca 30 % av driftkostnaderna kunde sparas med ett MLC. Genom

att modellen skapats, testats och förbättras har studiens syfte uppfyllts. Denna studie är ett steg i att analysera möjligheterna med ett MLC. Vidare forskning behövs bland annat inom områdena: marknaden för återvunna massor, andra användningsområden för lera och investeringskostnader för ett MLC.

Abstract

In connection with construction projects, large quantities of rock and soil are excavated and need to be handled. In recent years, increased housing construction and large infrastructure projects in combination with an increased environmental awareness has contributed to an increased interest in rock and soil management. A rock and soil consolidation centre (from now on SCC) is a location where recycling of rock and soil can be coordinated between different construction projects in the area. A centre like this can, according to studies, lower both number of transports needed and the total environmental impact. However, the cost structure of a rock and soil consolidation centre lacks research, which makes it difficult to create sustainable business models.

The structure of model building and its important components, together with facts regarding rock and soil management and centralized material handling were studied with a literature study. A method for creating a model was developed using three steps: firstly, designing a conceptual model; secondly, quantifying the model into a computer model and lastly test and improve the model. Literature regarding rock and soil management highlighted the complicated matter of the different uses of rock and soil, where, on one hand, when excavated by a construction/excavation company, it is considered waste and may not be dumped haphazardly. On the other hand, if the rock and soil were collected and deposited into an SCC, it may be sold for reuse and hence becomes a commercial product. The literature also showed how in theory a centralized construction logistic can lower costs during construction projects.

The model was developed in three phases, each corresponding to the three main questions of the study. The first phase focuses on the creation of a conceptual model, which was made possible with sources in the literature and the semi-structured interviews with respondents working in the rock and soil management field. The second phase moved the conceptual model into a computer model. An activity-based calculation was chosen to represent calculation regarding costs in the model, while the last phase focused on testing the model in Norrköping and finding improvements.

The result presents activities within the studied system, as well as which resources were used to make these activities happen. The results can be summarized by saying that the volume of rock and soil, what types of rock and soil used and the levels of contamination are the main drivers of a higher total cost. The costliest part is connected to the fee for taking rock and soil waste to landfills. Since this cost can be reduced if a product is recycled, a lot of the cost can be lowered if rock and soil that can be reused is sorted out early. The result also shows that an SCC's cost structure is affected by its geographical location, which becomes a balance between proximity to projects and cheaper, more accessible land further away from a city. Another crossroad is when to conduct crushing of rocks and soil, since there is a high start-up cost and at the same time more storage is needed if the crushing of rock and soil is carried out less frequently. Lastly an SCC requires some planning regarding its operations and transports which in hand also contributes to increased administrative costs, costs which all need to be lower than the option of driving the rock and soil to a landfill.

To quantify the module was done according to an interpretation of an activity-based calculation with a time unit of a week. The test of the model, with data from Optimass on several development projects in Norrköping, resulted in some improvements of the model. The test also could also be compared to a simple reference scenario where approximately 30% of the total cost could be saved with an SCC. It also showed a pay-off time of around a year. By creating, testing,

and improving the model the purpose of the study has been accomplished. This study is a step in analysing the possibilities with an SCC. Further research is needed to determine the market for recycled rock and soil products, other usable areas for products such as clay and more accurate calculations regarding the investment costs of an SCC.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Direktiv	2
1.4	Centrala begrepp i bakgrund och syfte	2
1.5	Akademins krav	3
2	ERFARENHETER AV MLC	5
2.1	Övergripande Norrköping	5
2.2	Norra Djurgårdstaden	6
2.2.1	In- och utlastning	9
2.2.2	Återvinning	9
2.2.3	Deponitransporter	10
2.2.4	Transport mellan MLC och projekt	10
2.3	Tyresö – Strandallén	10
2.3.1	In- och utlastning	11
2.3.2	Återvinning	11
2.3.3	Deponitransporter	12
2.3.4	Transport mellan MLC och projekt	12
2.4	Älvsjöanläggningen	12
2.4.1	In- och utlastning	15
2.4.2	Återvinning	15
2.4.3	Deponitransporter	16
2.4.4	Transport mellan MLC och projekt	17
2.5	Bergsjön	17
2.5.1	In- och utlastning	19
2.5.2	Återvinning	19
2.5.3	Deponitransporter	20
2.5.4	Transport mellan MLC och projekt	20
2.6	Norrköping preciserat	20
3	TEORETISK REFERENSRAM	22
3.1	Kvantitativ modellering	22
3.1.1	Modellbyggnadsmetoder	23
3.1.2	Översikt modellbyggnadsutförande	24
3.1.3	Konceptuell modell	25
3.1.4	Att utveckla en konceptuell modell	25
3.1.5	Datainsamling	27
3.1.6	Datamodell	28
3.1.7	Förbättring	28
3.1.8	Kalkyleringsalternativ	29
3.2	Masshantering	31
3.2.1	Massa som avfall	31
3.2.2	Massa som handelsvara	32
3.2.3	Massas kvalitet	32
3.2.4	Optimass	33
3.2.5	Massflöden	33
3.2.6	Masstransporter	34
3.2.7	Byggarbetsplatsen	35
3.3	Centraliserad materialhantering	35
3.3.1	Centraliserings generella påverkan på utsläpp, kostnader och service	36
3.3.2	Tredjepartslogistik i byggbranschen	37

3.3.3	Bygglogistikcenter.....	37
3.3.4	London Construction Consolidation Centre	38
3.3.5	Hammarby Sjöstad.....	38
3.4	Sammanfattning erfarenheter och teori	39
4	UPPGIFTSPRECISERING.....	41
4.1	Huvudfrågor.....	41
4.2	Studerat system	43
4.3	Nedbrytning huvudfråga A – Utformning	45
4.4	Nedbrytning huvudfråga B – Kvantifiering	46
4.5	Nedbrytning huvudfråga C – Förbättring	47
4.6	Sammanfattning.....	48
5	METOD	49
5.1	Studiens design	49
5.2	Inledande fas.....	52
5.3	Förberedande fas.....	53
5.4	Utformande fas	56
5.4.1	Praktiskt tillvägagångsätt A.1	58
5.4.2	Praktiskt tillvägagångsätt A.2	60
5.4.3	Praktiskt tillvägagångsätt A.3	61
5.5	Kvantifierande fas	61
5.5.1	Praktiskt tillvägagångsätt B.1	62
5.5.2	Praktiskt tillvägagångsätt B.2	62
5.5.3	Praktiskt tillvägagångsätt B.3	62
5.5.4	Praktiskt tillvägagångsätt B.4	63
5.6	Förbättrande fas.....	63
5.6.1	Praktiskt tillvägagångsätt C.1	64
5.6.2	Praktiskt tillvägagångsätt C.2	65
5.6.3	Praktiskt tillvägagångsätt C.3	65
5.7	Slutfas.....	65
6	UTFORMNING AV MODELL	67
6.1	Aktiviteter i det studerade systemet	67
6.1.1	Transport projekt till MLC och transport MLC till projekt	67
6.1.2	In- och utlastning	68
6.1.3	Lagring.....	69
6.1.4	Sortering och krossning	70
6.1.5	Deponitransporter	70
6.2	Resurser i det studerade systemet.....	71
6.3	Modellens förutsättningar	74
6.4	Modellens strukturella egenskaper	75
7	KVANTIFIERING AV MODELLEN	77
7.1	Modellens kalkyleringsmetod.....	77
7.2	Teoretisk referensram för kvantifiering.....	78
7.2.1	Aktivitetsbaserad kalkylering	78
7.2.2	Moduläritet	81
7.3	Metod för modellens kvantifiering.....	81
7.4	Ytterligare data för modellens kvantifiering	82
7.4.1	Lagring.....	82
7.4.2	Transporter	83
7.4.3	Återvinning	84
7.4.4	Övriga antaganden	85
7.5	Modellens kvantifiering	85

8	TEST I NORRKÖPING OCH FÖRBÄTTRING AV MODELLEN	87
8.1	Indata och testspecifika antaganden.....	87
8.2	Identifierade brister och förbättringar från konceptuella modellen	90
8.3	Driftkostnader i fallstudie Norrköping.....	92
8.4	Färdigställd modell	95
9	SLUTSATS OCH DISKUSSION	98
9.1	Känslighetsanalys	98
9.2	Slutsats	98
9.3	Metodkritik.....	99
9.4	Förutsättningar för ett MLC.....	99
9.5	Jämförelse mot ett referensscenario	99
9.6	Studiens bidrag.....	101
9.7	Reflektion kring avgränsningar och vidare forskning	101

Figurförteckning

FIGUR 1: FÖRENKLAD BILD AV TRADITIONELL LINJÄR MASSHANTERING TILL VÄNSTER, FÖRENKLAD BILD AV CIRKULÄR MASSHANTERING MED MLC TILL HÖGER	2
FIGUR 2 FÖR ATT EN RÖD TRÅD GENOM RAPPORTEN SKA ERHÅLLAS MÅSTE STUDIEN FÖRST PLANERAS INNAN DEN UTFÖRS	4
FIGUR 3 RÖD STRÄCKNING I ÖVER UTZOOMING PLANERAD KORRIDOR FÖR OSTLÄNKEN (NORRKÖPINGS KOMMUN, 2017), MITTERSTA BILD ÖVERSIKT ÖVER NÄROMRÅDET OCH HÖGER INZOOMNING TÄNKT PLATS ENLIGT CEDERBOM (2021)	5
FIGUR 4 AKTUELLT FOKUS UPPLYST I ECOLOOPS MODELL FÖR ETT MLC'S LIVSCYKEL (HOLMBERG, ET AL., 2021)	6
FIGUR 5 NORRA DJURGÅRSTADENS MLC:S PLACERING (BERGMAN, 2016) DENNA STUDIE INKLUDERAR KROSSEN TILL MLC	7
FIGUR 6 PROCESSKARTLÄGGNING AV MLC NORRA DJURGÅRSTADEN (BERGMAN, 2021; SAEED, 2021). TRIANGEL ÄR LAGER. MATERIAL TILL VÄNSTER ÄR MM-KLASSIFICERAT. BLÅA STRECKADE PILAR REPRESENTERAR INFORMATIONSFLÖDE.....	8
FIGUR 7 FICKOR I MLC-TÄLTET (BERGMAN, 2020, P. 8)	9
FIGUR 8 DEN GEOGRAFISKA BELÄGENHETEN PÅ TYRESÖ MASSLOGSTIKYTA. PRODUKTIONSUTA TILL VÄNSTER CA 15 000 KVM	10
FIGUR 9 FLÖDESKARTA ÖVER MASSLOGSTIKYTA TYRESÖ, LAGER REPRESENTERAS AV TRIANGEL. MATERIAL TILL VÄNSTER ÄR MM-KLASSIFICERAT. BLÅA STRECKADE PILAR REPRESENTERAR INFORMATIONSFLÖDE	11
FIGUR 10 LASTNING AV INKÖPTA FRAKTIONER FÖR LEVERANS TILL PROJEKT	11
FIGUR 11 LAGER AV BERG	12
FIGUR 12 DEN GEOGRAFISKA BELÄGENHETEN PÅ ÄLVSIÖANLÄGGNINGEN. PRODUKTIONSUTA TILL VÄNSTER 6000 KVM	13
FIGUR 13 FLÖDESKARTA I OCH RUNT ÄLVSIÖANLÄGGNINGEN, LAGER REPRESENTERAS AV TRIANGEL. MATERIAL TILL VÄNSTER ÄR MM-KLASSIFICERAT. BLÅA STRECKADE PILAR REPRESENTERAR INFORMATIONSFLÖDE	14
FIGUR 14 PERSONALKOSTNADENS UPPDELNING PÅ DE OLIKA AKTIVITETSGRUPPERNA PÅ MLC I ÄLVSIÖ (SVOA, 2021)	15
FIGUR 15 DEONITRANSPORTERS UNGEFÄRLIGA KOSTNADSFÖRDELNING PÅ DE TRE UNDERAKTIVITETERNA (SVOA, 2021).....	16
FIGUR 16 FRÅN ÄLVSIÖANLÄGGNINGEN TILL DEONI.....	17
FIGUR 17 MLC I BERGSJÖN	18
FIGUR 18 FLÖDESKARTA BERGSJÖN., LAGER REPRESENTERAS AV TRIANGEL. MATERIAL TILL VÄNSTER ÄR MM-KLASSIFICERAT. BLÅA STRECKADE PILAR REPRESENTERAR INFORMATIONSFLÖDE	19
FIGUR 19 ÖVERGRIPANDE SYSTEM I FALLSTUDIEN MLC NORRKÖPING.....	21
FIGUR 20 VANLIGA SAMBAND OCH BEGREPP INOM MODELLBYGGNAD (HÄGG & WIEDERSHEIM-PAUL, 1994, P. 39).....	23
FIGUR 21: RAPPORTENS UNDERSÖKNINGSMODELL INSPIRERAD AV MITROFF ET AL. (1974) OCH BROOKS, ET AL. (2001)	24
FIGUR 22: RAMVERK FÖR KONCEPTUELL MODELLERING (ROBINSON, 2014, P. 98)	26
FIGUR 23 BESLUTSPROCESSER FÖR JORDMASSOR SÅVIDA DE ÄR AVFALL. FÖRENKLAD BILD MED FÖRLAGA AV SGU (2017)	31
FIGUR 24 GENERELLT FLÖDE AV BYGGMATERIAL I UTEFTER MAGNUSSON (2015, S. 20), FRI ÖVERSÄTTNING FRÅN ENGELSKA, SPRÅKLIG ÖVERFLYTNING TILL EN REGIONAL KONTEXT SAMT BYTE AV FÄRGER.	34
FIGUR 25 FÖRENKLAD BILD AV OLIKA DISTRIBUTIONSSTRUKTURER UTIFRÅN ABRAHAMSSON (1993, S. 76)	36
FIGUR 26 ANTALET LAGERS PÅVERKAN PÅ OLIKA KOSTNADER I TRE CASE AV ABRAHAMSSON (1993).....	37
FIGUR 27: SYSTEMETS AVGRÄNSNING UR FIGUR 24 (MAGNUSSON, ET AL., 2015, P. 20).....	43
FIGUR 28 STUDERAT SYSTEM RENT PRAKTISKT UPPDELAT I AKTIVITETER OCH LAGER. BORTSKUGGAT UTANFÖR SYSTEMET	44
FIGUR 29: SAMMANFATTNING AV FRÅGESTÄLLNINGAR	48
FIGUR 30 EN FÖRENKLING AV DET WAHLBINSKA U:ET INSPIRERAD AV LEKVALL & WAHLBIN (2001).....	50
FIGUR 31 GEMENSAM ORDNING I VALDA METODLITTERÄRA VERK (BLOMKVIST & HALLIN, 2019; LEKVALL & WAHLBIN, 2001; KARLSSON, 2016; PATEL & DAVIDSSON, 2003).....	51
FIGUR 32 FRÅN RAPPORTENS UNDERSÖKNINGSMODELL VIA FRÅGESTÄLLNINGAR TILL STUDIENS FASUPPDELNING	52
FIGUR 33 VANLIGA ASSOCIATIONER TILL KVANTITATIV RESPEKTIVE KVALITATIV METOD, ENLIGT BLOMKVIST & HALLIN (2019), BILDAR BECKER & SEMPIKS (2006) OCH BELL ET AL. (2019) MIXED METHOD	54
FIGUR 34 RAPPORTENS UNDERSÖKNINGSMODELL, INSPIRERAD AV MITROFF ET AL. (1974) OCH BROOKS, ET AL. (2001). AKTUELL PROCESS I RÖTT	56
FIGUR 35 RISK FÖR OLIKA FEL (ERIKSSON & WIEDERSHEIM-PAUL, 2014).....	58
FIGUR 36 RAPPORTENS UNDERSÖKNINGSMODELL, INSPIRERAD AV MITROFF ET AL. (1974) OCH BROOKS, ET AL. (2001), UPPDELAD I KVALITATIV KONTRA KVANTITATIV DEL MED MIXED METHOD	59
FIGUR 37 RAPPORTENS UNDERSÖKNINGSMODELL, INSPIRERAD AV MITROFF ET AL. (1974) OCH BROOKS, ET AL. (2001). I RÖTT DEN AKTUELLA FASENS GENOMFÖRANDE, UTAN SKUGGA AKTUELLT FEEDBACKSTEG.....	61
FIGUR 38 RAPPORTENS UNDERSÖKNINGSMODELL, INSPIRERAD AV MITROFF ET AL. (1974) OCH BROOKS, ET AL. (2001). I RÖTT DEN AKTUELLA FASENS GENOMFÖRANDE, UTAN SKUGGA AKTUELLT FEEDBACKSTEG.....	64
FIGUR 39 MODELLENS MODULER: 1. DEONITRANSPORTER, 2. ÅTERVINNING, 3. LAGRING, IN- OCH UTLASTNING, 4. MLC-PROJEKT-TRANSPORTER	75
FIGUR 40: ABC-KALKYLERING ILLUSTRERAD AV GERDIN (1994, P. FRAMSIDA)	78
FIGUR 41: ABC-KALKYLERING EFTER ILLUSTRATION AV GERDIN (1994, P. 69).....	80
FIGUR 42: GENERISK HÖG AV MASSA	83
FIGUR 43 HÖGENS ANTAGNA FORMER VID OLIKA MÄNGD MASSA	83
FIGUR 44: UTKLIPP FRÅN MODELLEN ÖVER INPUT FRÅN OPTIMASS	85
FIGUR 45: UTKLIPP FRÅN MODELLEN ÖVER INPUT FRÅN ANVÄNDAREN	86
FIGUR 46: UTKLIPP FRÅN MODELLEN ÖVER FÖRÄNDRINGSBARA ANTAGANDEN	86
FIGUR 47: UTKLIPP FRÅN MODELLEN	86
FIGUR 48 MÄNGDEN UTBUDD AV OLIKA SORTER SOM SYSTEMET SKA HANTERA, PRESENTERAT PER ÅR.....	89
FIGUR 49 EFTERFRÅGAN PÅ OLIKA TYPER MASSOR SYSTEMET SKA HANTERA, PRESENTERAT PER ÅR	90
FIGUR 50 BÄRIGHETSKLASSER RUNT DET ANTAGNA MLC'S PLACERING (TRAFIKVERKET, 2021)	90

FIGUR 51 BERÄKNAD LAGRINGSYTA FÖR SCHAKTMASSOR SÅ SOM JORD UTFRÅN REGRESSION AV LAGRINGSYTAFORMEL	91
FIGUR 52 AKTIVITETSUPPDELAD KOSTNAD FÖR SYSTEMET	92
FIGUR 53 TOTALA DRIFTKOSTNADER UPPDELADE PER ÅR	95
FIGUR 54: DEN FÄRDIGSTÄLLDA MODELLEN	97
FIGUR 55 GENOMSNITTSKOSTNAD PER UPPGRÄVT TON FÖRDELAT PÅ AKTIVITETER. MLC-SCENARIO MOT ETT REFERENSSCENARIO UTAN MLC	100
FIGUR 56 ACKUMMULERAD KOSTNAD MED EN SKATTAD UPPSTARTSKOSTNAD FÖR MLC.....	101

Tabellförteckning

TABELL 1 SAMMANSTÄLLNING AV OLIKA METODER FÖR MODELLBYGGNAD	23
TABELL 2 JORDARTSINDELNING I OPTIMASS BERÄKNINGSMODELL, BASERAT PÅ LUNDBERG (2017) EFTER TILLÅTELSE. FÖRENKLAD AV RAPPORTFÖRFATTARNA, EN FULLSTÄNDIG VERSION KAN SKÅDAS I BILAGA B.	33
TABELL 3 SAMMANSTÄLLNING AV GUERLAIN, RENAULT, & FERREROS (2019) MÖJLIGA RESULTAT UTFRÅN EN SIMULERING AV DEN LOGISTISKA FÖRÄNDRINGEN AV ETT BLC I FYRA EUROPEISKA STÄDER JÄMFÖRT MOT ETT REFERENSSCENARIO UTAN.	38
TABELL 4 SAMMANSTÄLLNING AV TOTALT RESULTAT I TRANSPORT FOR LONDON (2008) FRÅN TVÅ ÅRS PILOTPROJEKT LONDON CONSTRUCTION CONSOLIDATION CENTRE. REFERENSRESULTAT UTAN BLC INOM PARENTES.....	38
TABELL 5 SAMMANSTÄLLNING AV TOTALT RESULTAT FRÅN TRE ÅRS BLC I HAMMARBY SJÖSTAD (TRENDSETTER, 2006; BEITTOEI, 2007).....	39
TABELL 6 EXEMPEL PÅ EN INLEDANDE LITTERATURSÖKNING I SCOPUS INLEDANDE FAS, ASTERISK (*) INNEBÄR ATT BÅDE PLURAL OCH SINGLAR INKLUDERAS. SE FULLSTÄNDIG SÖKNING I BILAGA C	53
TABELL 7 INTERVJUER OCH WEBBINARIUM I FÖRBEREDANDE FASEN	56
TABELL 8 EMPIRIINSAMLING FAS A - UTFORMNING	59
TABELL 9 VIKTIGASTE EMPIRIINSAMLINGEN FAS B - KVANTIFIERING.....	63
TABELL 10 AKTIVITETER I DET STUDERADE SYSTEMET PER AKTIVITETSGRUPP I OLIKA MLC/MLC-LIKNANDE ANLÄGGNINGAR	68
TABELL 11 AKTIVITETER I DET STUDERADE SYSTEMET PER AKTIVITETSGRUPP I OLIKA MLC/MLC-LIKNANDE ANLÄGGNINGAR	68
TABELL 12 AKTIVITETER I DET STUDERADE SYSTEMET PER AKTIVITETSGRUPP I OLIKA MLC/MLC-LIKNANDE ANLÄGGNINGAR	69
TABELL 13 AKTIVITETER I DET STUDERADE SYSTEMET PER AKTIVITETSGRUPP I OLIKA MLC/MLC-LIKNANDE ANLÄGGNINGAR	70
TABELL 14 AKTIVITETER I DET STUDERADE SYSTEMET PER AKTIVITETSGRUPP I OLIKA MLC/MLC-LIKNANDE ANLÄGGNINGAR	71
TABELL 15 AKTIVITETER OCH DRIVARE AV RESURSER I DET STUDERADE SYSTEMET. EJ RADBEROENDE.....	73
TABELL 16 DATA FRÅN OPTIMASS	74
TABELL 17 NÅGRA ALTERNATIVA KALKYLERINGSMETODER FÖR KOSTNADER MED TILLAGDA FÖRDELAR OCH NACKDELAR.....	77
TABELL 18 AKTIVITETSBASERAD KALKYLERING	82
TABELL 19: ANTAGANDEN KRING SIKTKURVOR AV INKOMMANDE MATERIAL	84
TABELL 20:MASSOR TILL PRODUKT (JOHANSSON, 2021 B; MÁCSIK, 2021)	84
TABELL 21 PROJEKTOMRÅDEN ANSLUTNA TILL MLC I TESTET AV MODELLEN. GEOGRAFISK STUDIE HAR ENDAST GJORT FÖR DE PROJEKT SOM TIDSMÄSSIGT LIGGER INOM STUDERAT SYSTEM. KOMMENTARER MOTIVERAR VARFÖR PROJEKTET INTE KAN VARA AKTUELLT	87
TABELL 22 VALDA PROJEKT MED DERAS DEPONIER	88
TABELL 23 AKTIVITETSUPPDELAD KOSTNAD FÖR HELA PERIODEN	94
TABELL 24 OLIKA MASSARELATERADE ANTAGANDENS PÅVERKAN PÅ DRIFTKOSTNADEN.....	98

1 Introduktion

Detta kapitel syftar till att skapa en förståelse och introduktion för studiens genomförande. Först beskrivs en bakgrund som leder fram till syftet med rapporten. Sedan presenteras studiens direktiv och centrala begrepp i syfte och bakgrund förklaras. Kapitlet avslutas med krav på en akademisk text.

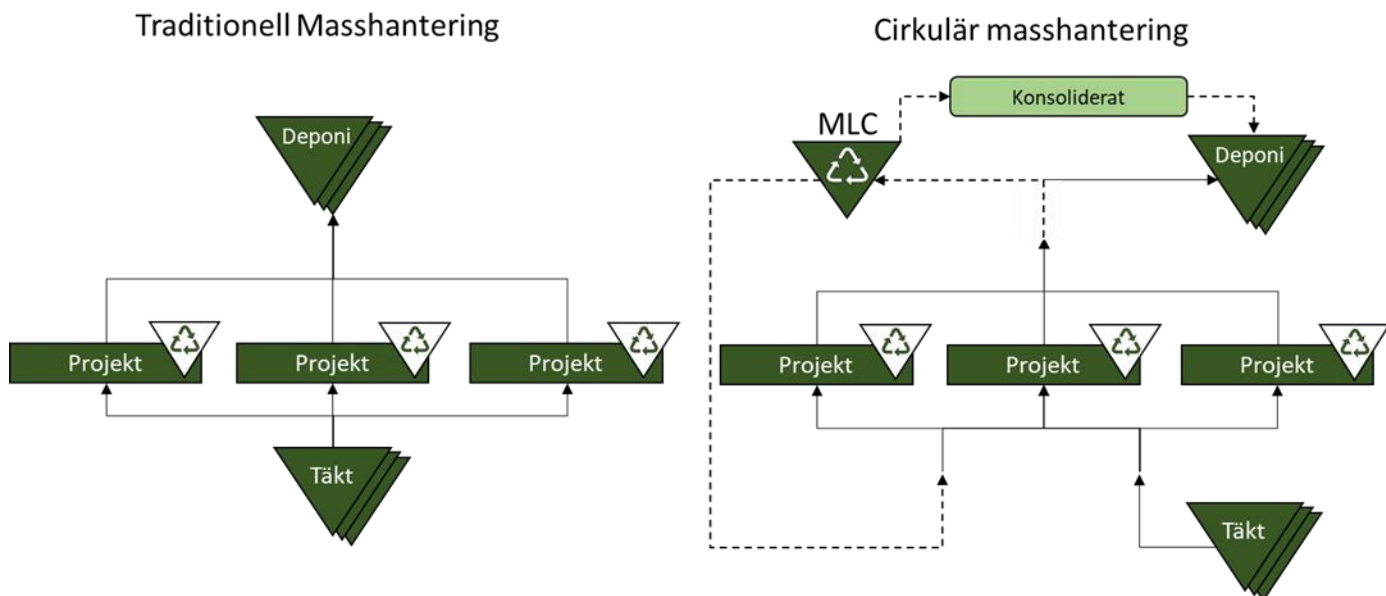
1.1 Bakgrund

Under de kommande 10 åren förväntas befolkningen i Sverige ha ökat med ytterligare en miljon invånare. En befolkningsökning som i största utsträckning kommer att ske i landets större städer. Detta i sin tur innebär att det kommer ställas krav på att bygga nya bostäder, kontor och andra infrastrukturella projekt för att möta befolkningsökningen. Med dessa byggnationer kommer det också att uppstå stora mängder av jord och bergmaterial i urbana miljöer, vilket i sig har sina logistiska och miljömässiga utmaningar (SCB, 2020; SGU, 2020). Totalt 100 miljoner ton bergmaterial produceras per år i Sverige (SGU, 2020) och hanteringen av denna massa ger upphov till en stor del av byggandets totala utsläpp (Axelsson, 2018).

Masshanteringen av material, så som jord och berg, har skapat stora kostnader, både ekonomiskt och indirekt i form av ökad trafik. Såväl Magnusson et al (2019) som Murray & Regan (2013) har visat att tillräckliga mängder massa grävs ut i områden för att täcka de behov som finns av fyllnad på andra byggprojekt. Vidare visade studierna att strategiskt placerade platser för återvinning av massa kan minska transportbehovet. I tre olika fallstudier har det visats att man kan återanvända mellan 25 - 60% av den insamlade massan till andra byggplatser (Murray & Regan, 2013; Magnusson, et al., 2019; Lundberg, et al., 2020). Ett Masslogistikcentrum (MLC) som ett centralt nav för återvinning av massa är en lösning för att minska miljöpåverkan kopplade till masshantering vid byggprojekt. Idag finns det också exempel på MLC som kan utnyttja HCT för det konsoliderade flödet mellan MLC och deponi, vilket minskar antalet transporter (Stockholm Stad, 2019; Segerborg-Fick, 2020). Dessa fördelar kan också erhållas med en intermodal tåg-lastbilslösning vid tillgång till räls (Heinold & Meisel, 2018) eller sjöfart vid tillgång till hamn (Lundberg, et al., 2017).

Det finns flertalet studier som berör de transportmässiga, men också de sociala och ekologiska, nyttorna av MLC. Frosth (2014) har också visat att ett MLC bidrar till sänkta kostnader, främst från transport, och att dessa i ett livscykelerspektiv täcker inledande investeringar. Axelsson (2018) menar dock på att det saknas affärsmodeller som skapar förutsättningar för att använda sig av mer cirkulära materialflöden. Att ekonomiska modellerna behöver utvecklas för att intresset att arbeta med återvinning av material ska öka. Kostnader är en viktig byggsten i en affärsmodell enligt Osterwalder (2004). Följande studie kommer därför ta fram en modell för hur aktiviteter och flöden påverkar kostnader i ett MLC.

Idén till studien kommer från det forskningsnära företaget Ecoloop som länge drivit projekt om hållbar masshantering (Ecoloop, 2021). Tillsammans med institutionen KTS på LIU ska de starta ett projekt för planerings- och beslutsstöd för massalogistik, med fokus på bygget av Ostlänken genom Norrköping och Linköping. När frågan lyfts om att ett MLC ska etableras i Norrköping blir det intressant att förstå vilka kostnader som kan påverkas vid ett sådant projekt. Kostnadsstrukturen för användandet av ett MLC är ännu relativt outforskat och finns behov av att utföra kostnadsjämförelser med ett referensscenario. Därför ska denna rapport undersöka hur en modell för de totala kostnaderna av ett MLC kan se ut och hur denna modell kan implementeras på ett framtida MLC i Norrköping.



Figur 1: Förenklad bild av traditionell linjär masshantering till vänster, förenklad bild av cirkulär masshantering med MLC till höger

1.2 Syfte

Det behövs alltså en modell över hur kostnadsfördelningen för ett MLC kan se ut. Denna studies syfte växer således fram:

Syftet är att skapa en modell för att beräkna kostnaden av att driva ett MLC.

Modellen ska öka förståelsen för MLC:s kostnadsstruktur och därigenom lägga grund för hållbara affärsmodeller. För att dessutom tjäna som delmängd i ett beslutsunderlag om att bygga ett MLC i Norrköping kommer modellens implementering att jämföras med ett enklare referensscenario utan MLC.

1.3 Direktiv

Ett antal direktiv har givits till studien. Det första direktivet är att fallstudien i Norrköping utförs med en lokalisering på Malmölandet, tvärs över sundet norr om nuvarande containerterminalen i Norrköpings hamn. Fallstudiens MLC ska vidare inkludera återvinning eller kvittblivning¹ av olika typer och föroreningsgrad på av massor, inklusive berg. Frågan kring rening av hög nivå av kväve i sprängberg har bortsetts ifrån enligt ett förenklande direktiv.

1.4 Centrala begrepp i bakgrund och syfte

Några begrepp kan identifieras i såväl bakgrund som syfte vilka kräver en kortare förklaring redan här. Noteras bör att dessa begrepp även tas upp i teoretisk referensram samt i de senare uppgiftsprecisering. En kortare diskussion av dess centrala begrepp följer nedan.

Modell

Det finns teorier för hur en modell byggs upp, testas och implementeras. Rapportens modellbyggnad kommer följa en sådan process men också använda såväl teori som erfarenheter från den praktiska verkligheten i och kring ett MLC. Eftersom syftet är att strukturera upp kostnader är kvantitativ modellering det underområde som fokus kommer ligga på. Det andra alternativet är kvalitativ modellering där beräkning inte är lika central.

¹ Att göra sig av med ett material exempelvis lägga på deponi eller bygga bullervall

Konsolidering

Den konsolidering av flödet som kan skapas från MLC är de facto en centraliserad struktur för materialhantering. Ett analogt begrepp är Bygglogistikcenter (BLC) som konsoliderar hantering av byggmaterial.

Beräkna kostnader

Denna studie ämnar göra en modell för att beräkna kostnader av ett MLC. Det finns flertalet metoder och kalkylalternativ för att utföra dessa beräkningar.

Hantering av jord- och bergmassa

Denna rapport kommer beröra hanteringen av olika jord och bergmassatyper. Rapporten kommer använda massa för att generellt beteckna jord och bergmassor. Dessa brukar definieras dels av kornstorlekar så kallade fraktioner, dels av föroreningsgrad, samt huruvida de är organiska eller ej. Berg och grusmaterial kallas ofta ballast. Några exempel är:

- Schaktmassa – massor som uppkommer vid utgrävning.
- ÅV-massor är renare schaktmassor av högre kvalitet som kan återvinnas.
- Jungfrulig massa – massa som ej påverkats av mänsklig aktivitet, den är alltså ej förorenad
- Entreprenadberg – större bergstycken som sprängts ut. Kan krossas till lämpligt grus.

Återvinning

Återvinning av massa definieras här som en process som förhindrar att jungfrulig massa bryts. Alltså betecknas här exempelvis fortsättningsvis byggnad av skidbacke med hjälp av använda massor inte som återvinning.

1.5 Akademiens krav

Det ställs specifika krav på en akademisk utrednings uppbyggnad och innehåll. Björklund & Paulsson (2012) inleder en uppräknings av dessa krav med kravet på koppling till redan existerande akademisk kunskap. Därför måste en teoretisk referensram framställas och rapporten måste kontinuerligt knyta an till denna. Teorier ska inte skapas ur tomma intet utan måste knytas till tidigare forskning eller som tillämpad forskning använda teori på verkligheten. Nästa krav är att arbetet är av både allmänt intresse men har en teoretisk dimension. Konsekvensen blir att resultatet både måste grundas i teori och mynna fram i en slutsats av allmänt intresse. Vidare ska en akademisk studies baseras på etablerade metoder. Detta ställer krav på att metoden är grundad i etablerad metodlitteratur. I tal om metoder och vetenskapligt synsätt kan inflikas något om rapportens systemsynsätt. Björklund & Paulsson (2012) beskriver de tre vanliga synsätten analytiskt, aktörs- och systemsynsätt. Ett analytiskt synsätt försöker att beskriva sanningen objektivt och kunskapen som skapas anses vara oberoende av observatören. Som kontrast finns aktörssynsättet som menar att verkligheten är en produkt av social interaktion. De menar vidare att rapportförfattarens erfarenheter och handlande också påverkar verkligheten den beskriver (Björklund & Paulsson, 2012; Gammelgaard, 2004). Systemsynsättet avslutningsvis försöker också förklara verkligheten objektivt men trycker på att helheten är större än de enskilda delarna. Därför läggs fokus på relationen mellan delarna för att förklara olika sorters fenomen och de synergieffekter som skapas (Björklund & Paulsson, 2012). Detta synsätt tillägger Gammelgaard (2004) kan vara lämpligt för både kvantitativt som kvalitativa studier. Såväl Gammelgaard (2004) som Sandberg & Abrahamsson (2019) menar att detta synsätt är det vanligaste inom logistikforskning. Systemsynsättet har vidare stora likheter med logistikförståelse som handlar om att förstå gemensam vinning och relationer mellan aktörer (Oskarsson, et al., 2013).

Ett ytterligare krav är att en röd tråd mellan rapportens delar måste finnas. Detta behov av planering ger konsekvensen att en utförlig planering måste slutföras före utförandet (Björklund & Paulsson, 2012), vilket lyfts i Figur 2. Slutligen är ett krav för att vara ett akademiskt arbete att en så utförlig redogörelse av upplägg, genomförande och resultat gjorts så att en läsare själv kan ta ställning till slutsatsernas trovärdighet (Björklund & Paulsson, 2012).



Figur 2 För att en röd tråd genom rapporten ska erhållas måste studien först planeras innan den utförs

2 Erfarenheter av MLC

Detta kapitel omfattar den studie som gjorts för att skapa praktisk förståelse för processer på ett MLC och kapitlet kan ses som ett nuläge för MLC. Ett inledande nuläge från Norrköpings presenteras. Därefter följer beskrivningar av fyra olika fallstudier på MLC, alla med varierande fokus och detaljeringsgrad. Dessa erfarenheter ligger till grund för ett tänkt preciserat system i MLC Norrköping.

2.1 Övergripande Norrköping

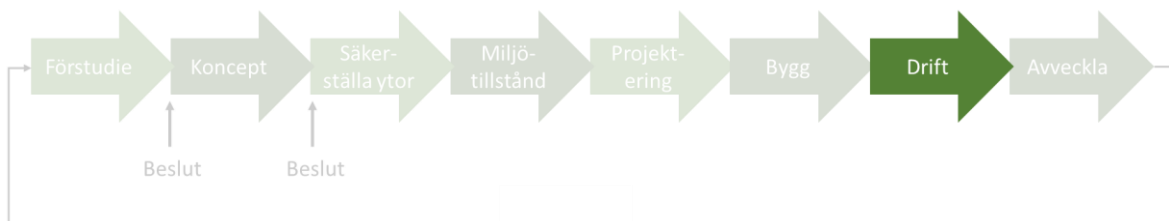
Ett MLC ska eventuellt anläggas i norra Norrköping och detta fungerar som en mindre fallstudie för denna rapportens modellbyggnad. Ostlänken är planerad att byggas genom utkanten av Norrköping. Både som tunnel, vilket genererar entreprenadberg, och schaktmassor, som alltid genereras vid byggen (Norrköpings kommun, 2017; SGU, 2020). Dessutom är en av Norrköpings kommuns (2019) mål fram till 2022 att bygga minst 2075 lägenheter. Allt detta kommer innebära ett större behov både av att ta om hand och att fylla massor i området. Ett MLC kan minska utsläpp genererade av massahantering (Axelsson, 2018) och därigenom bidra till att uppnå ett annat av Norrköpings kommuns mål om grön omställning.



Figur 3 Röd sträckning i över utzoomning planerad korridor för Ostlänken (Norrköpings kommun, 2017), mittersta bild översikt över närområdet och höger inzoomning tänkt plats enligt Cederbom (2021)

Sjöfart kan användas för längre masstransport efter flöde till eller från Norrköpings hamn och MLC (Grimhed, 2021). Grimhed (2021) från Norrköpings hamn pekar på att lagring i hamnen i sig är dyr och att utrustning för lastning och lossning av massa inte finns i dagsläget men kan införskaffas mot en kostnad nära självkostnad för MLC. Fördelen för hamnens synvinkel med massor är att de stora mängderna skapar stordriftsfördelar och kan fylla kapacitet.

Processen att bygga upp ett MLC är relativt komplicerad och konceptet är inte etablerat. Därför är stegen i ett MLCs livscykel relativt många tills den kan dras i drift, se Figur 4. Med fokus på drift presenteras alltså nedan fyra erfarenheter av MLC.



Figur 4 Aktuellt fokus upplöst i Ecoloops modell för ett MLCs livscykel (Holmberg, et al., 2021)

Rapporten har fått tillgång till data från några exempel på MLC och MLC-liknande ytor i Norra Djurgårdstaden, Tyresö, Älvsjö respektive i Bergsjön som använts för ökad förståelse inför att formulera precisera frågeställningar, göra metod samt som en förförståelse för det efterföljande besvarandet av frågorna. Då konceptet är nytt finns olika lösningar och strukturer vilka kommer presenteras nedan.

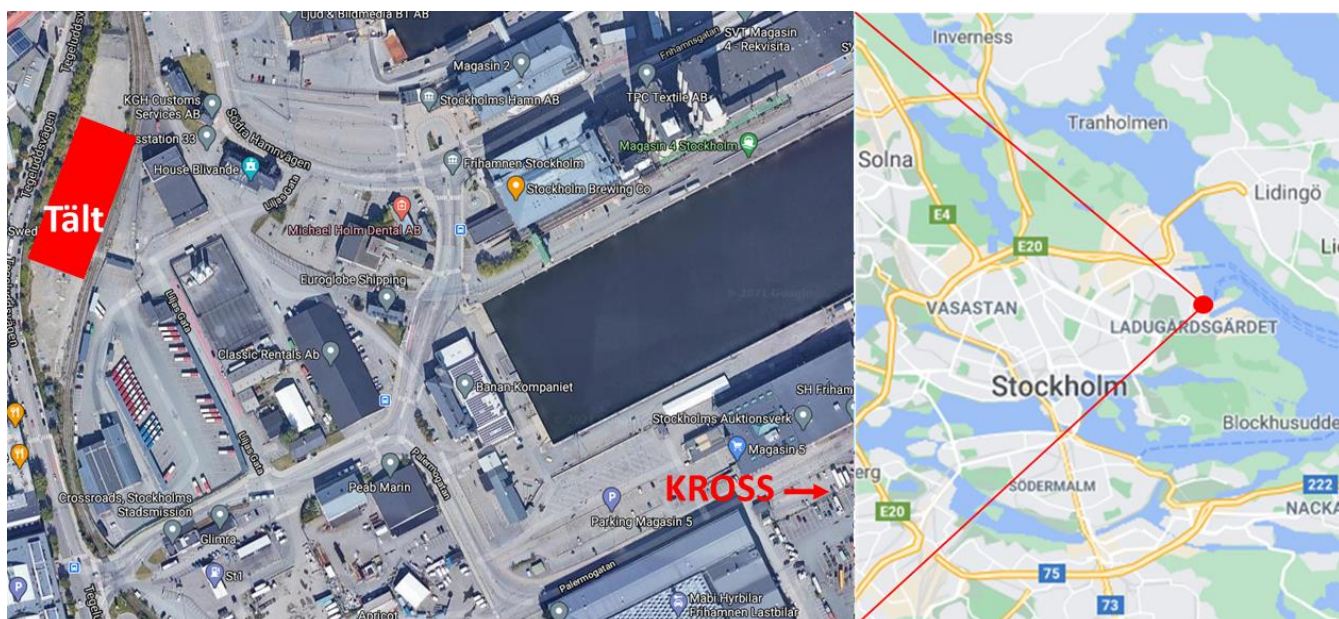
2.2 Norra Djurgårdstaden

Bygget av MLC i Norra Djurgårdstaden (NDS) skedde i samband med att Stockholm stad (2019) identifierade flera förbättringar av masshantering. Bygget färdigställdes 2019 och platsen för MLC är vid Frihamnen i Stockholm, se Figur 5, och ska efter avveckling också bebyggas. Det som denna rapport kallar MLC är ytmässigt uppdelat i ett MLC-tält samt en kross. MLC:s livscykeln är därför relativt kort och vissa planerade aktiviteter så som masstransporter med fartyg kommer byggas ut. MLC är byggt i kombination med ett BLC som förser byggprojekten i NDS med byggmaterial. Syftet med MLC NDS är enligt Bergman (2021) att:

- Öka återvinning av schakt- och bergmassor och därigenom minska deponering
- Centraliserad sortering, vilket ökar effektiviteten
- Minskad miljöpåverkan
- Minskade kostnader
- Förbättrad totalekonomi
- Utveckla nya logistikkedjor – regionalt och nationellt
- Kontrollera värdekedjan från schakt till deponi
- Effektivisera och digitalisera miljödata

Studiens syfte har resulterat i följande tre projektmål (Bergman, 2021):

1. Minskat transportarbete med 50% till och från byggprojekten
2. Minska totala utsläpp av klimatgaser med 50%
3. Genom effektiviserade transportflöden minska transportkostnaden med 50%

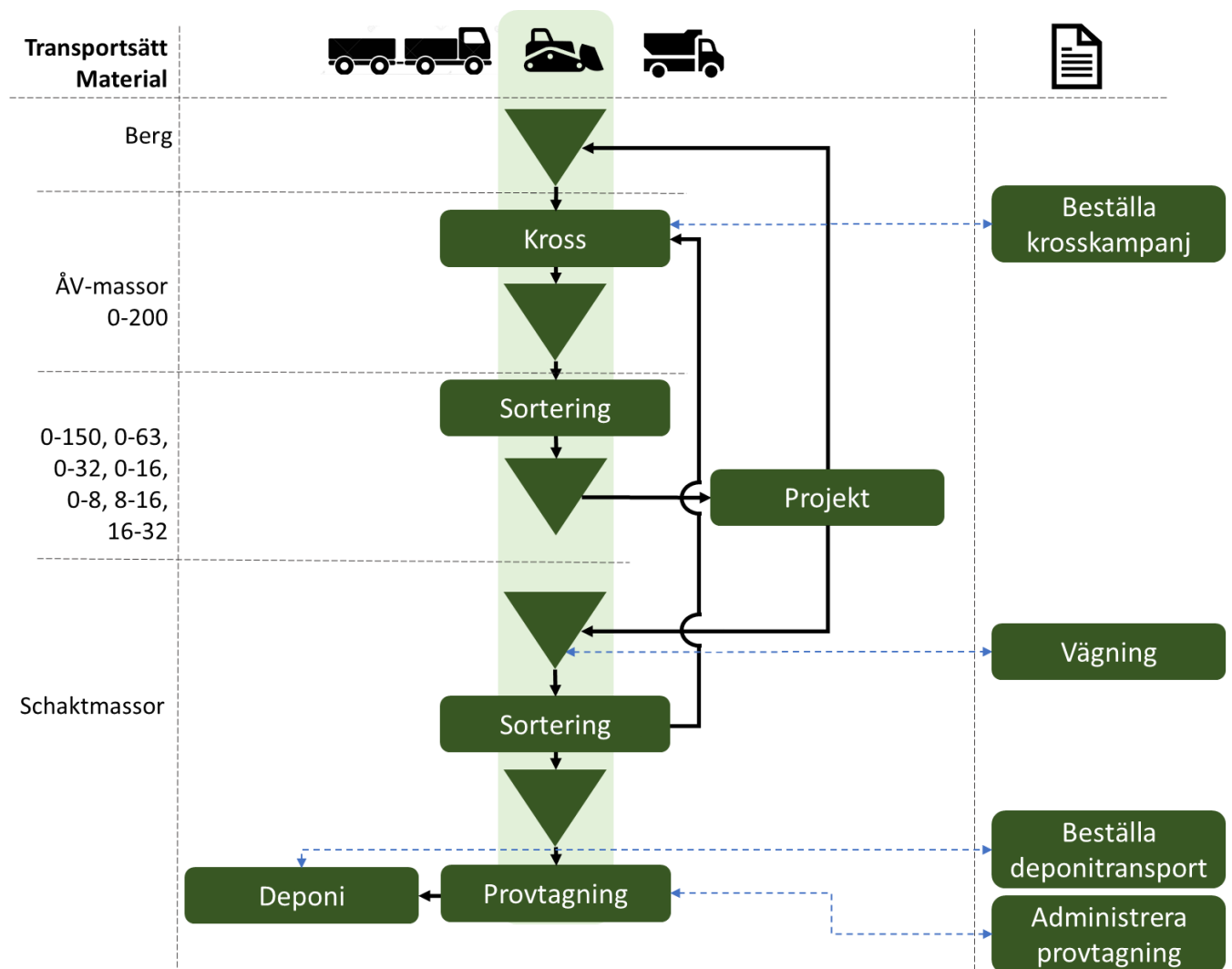


Figur 5 Norra Djurgårdstaden MLC:s placering (Bergman, 2016) denna studie inkluderar krossen till MLC

Bergman (2021) trycker på att minskad transport genereras genom återvinning på plats. Dessutom finns det framtida målet att sjötransport med fartyg till olika deponier kan effektivisera transporter (Stockholm Stad, 2019) och försök har genomförts med att använda HCT för att minska antal transporter (Segerborg-Fick, 2020).

I Figur 6 visas en processkartläggning av verksamheten vid MLC Norra Djurgårdstaden. Den vertikala axeln definierar materialtyper, ofta med definierat av millimeter. horisontella axeln från vänster transportsätten bil med släp, hjullastare och boggibil². Som nämnt tidigare har även krossen inkluderats i MLC mot MLC Norra Djurgårdstaden egna definitioner. Summerat skickas entreprenadberg för att lagras inför krosskampanjer när en kross kommer. Dessa kampanjer görs efter behov av fraktioner och har gjorts med intervaller av ett år fram och tillbaka några månader.

² Se bilaga A



Figur 6 Processkartläggning av MLC Norra Djurgårdstaden (Bergman, 2021; Saeed, 2021). Triangel är lager. Material till vänster är mm-klassificerat. Blåa streckade pilar representerar informationsflöde

Beräkningar från Bergman (2021) och Stockholm Stad (2019) har gjorts av den totalkostnadsbesparing som MLC NDS kan resultera i beroende på olika antagen av återvinningsgrad. Återvinningsgraden är som nämnt tidigare varierande beroende på kvaliteten på den massa som schaktas upp och behov i närområdet (Svensk Byggtjänst, 2020; Lundberg, 2017; Magnusson, et al., 2019). I dagsläget finns en ansökan inne om att starta en våtsiktsanläggning som kan öka återvinningsgrad från nuvarande ca 40% till ca 80% (Bergman, 2020). Systemets totalkostnad beror mycket av vilken återvinningsgrad som kan erhållas samt huruvida deponifrakten görs med lastbil kontra intermodalt med fartyg och lastbilstransport (Bergman, 2021). Den ursprungliga föroreningsgraden på massorna påverkar hur stor återvinningsgrad som är möjlig och deponeringsmassans förorening påverkar priset för deponering (Mustonen, 2021). Det totala flödet genom MLC tjänar både in på att material inte behöver köpas in samt att en mindre mängd behöver deponera. Över alla massor finns en snitthanteringskostnad på plats på MLC NDS på 70 kr/ton (Saeed, 2021).

Utifrån Saeed (2021) har verksamheten delats in i fyra större huvudgrupper av aktiviteter: leveranser, återvinning, deponitransporter och transport mellan MLC och projekt. Det jobbar en person i tältet och en annan vid krossen därav båda stöds av en av en administrativtjänst.

Administrativtjänsten jobbar också med sammanställning av rapporter fakturering av projekt och annat som sker månadsvis.

2.2.1 In- och utlastning

Boggibilen vägs vid inlastning till MLC-tältet av en våg. Två föroreningsklasser av schaktmassor definieras ute på projekten: Antingen från MKM³ upp till, men inte inklusive, farligt avfall. Eller rena massor upp till och med MKM (Saeed, 2021). Farligt avfall körs istället direkt för omhändertagning på deponi. Föroreningsklass, projekt och transportör skrivs in vid vågen och detta faktureras projekten. Efter inpassage i tältet tippas massorna i en av sju fickor, se Figur 7. Beroende på vilken föroreningsgrad massorna har generellt under perioden är varierande antal av fickorna avsedda för respektive föroreningsgrad. Varje fack rymmer 500–600 ton massa. Boggibilen kör alltid ut tom och vägs på utvägen.

Utlastning av massor till deponi sker även den i sju olika fack uppdelade per föroreningsgrad. Dessutom finns ett fack för sten som ska till krossen för återvinning. Liksom i inlastningsfallet fylls facken med 500–600 ton innan de töms. Vägning sker även vid hämtning samma procedur som med utlastning.



Figur 7 Fickor i MLC-tältet (Bergman, 2020, p. 8)

2.2.2 Återvinning

Från en inlastningsficka hämtas massa med hjullastare och hålls genom ett sorteringsverk där över 30 mm klassificeras som sten och ska krossas medan allt med mindre kornstorlek betraktas som deponeringsmaterial eftersom små partiklar har större kontakt med förorening. Vid tjäle används siktskopa för att sönderdela det frusna. Det tar ca 8 timmar att sortera en ficka om arbetet också avbryts vid inlastning. Av det intagna i MLC tältet deponeras 65%.

Den andra delen i återvinningen är krossen. Den är belägen 500 meter från MLC-tältet och dit levereras både entreprenadberg och sten från MLC-tältet. Berg och sten från MLC-tältet lagras separat tills de kan krossas i krosskampanjer och hålls även därefter separerade. Vid krosskampanjer knackas först berg över 800, s.k. skutberg. Förkrossen är käftkross som gör okrossat material till 0–150 mm⁴, sen krossar en slagkross till olika fraktioner. Mest använt har tidigare varit 0–150, 0–63 och 0–32 varför dessa också är vanligaste slutprodukterna. Dessa krossprodukter lagras sen och transporteras i väg efter behov på projekten.

³ MKM – mycket känslig markanvändning (Naturvårdsverket, 2016)

⁴ Massaprodukter definieras med mm-intervall normalt utan *mm*

2.2.3 Deponitransporter

När ett fack fyllts med 500 till 600 ton görs en provtagning som skickas på analys. Denna externa provtagning kostar 600 kr med ledtid 3 till 4 dagar och 6000 kr för ledtid till morgonen efter. Att ta prover tar ca en halvtimme per fack och slutanalysen tar en halvtimme administrativt.

När provtagning gjorts mejlas till deponier med ramavtal om mängd och föroreningsgrad. Massor med den mindre föroreningsklassen kostar att deponera, samt fraktkostnad. Den mer förorenade klassen kostar upp mot det dubbla jämfört med den mindre förorenade massan.

2.2.4 Transport mellan MLC och projekt

Transporter sker med boggielastfordon från och till projektet. Dessa boggiebilar har en kostnad per runda och lastar 15 ton.

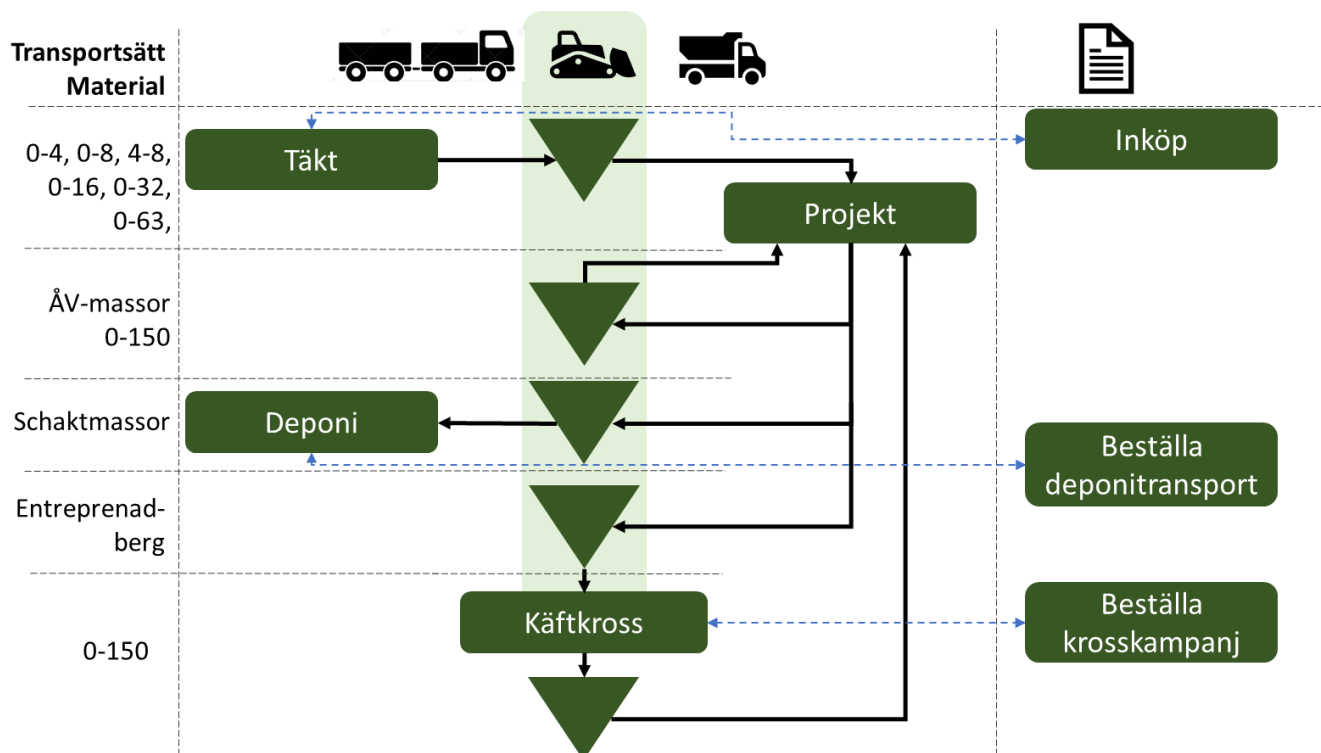
2.3 Tyresö – Strandallén

Sedan 2012 har Tyresö Kommun en masslogistikyta, belägen på Strandallén centralt i tätorten se Figur 8. Syftet med ytan, som med rapportens terminologi kan kallas MLC, är att minska ner transporter av massa och därigenom uppnå miljömål (Lindberg & Gustavsson, 2021; Optimass, 2019).



Figur 8 Den geografiska belägenheten på Tyresö masslogistikyta. Produktionsyta till vänster ca 15 000 kvm

Minskningen av transporter sker genom att större lastbilar med släp kan leverera inköpt massa till MLC:t varefter mindre lastbilar levererar ut dessa produkter till projektet. De större lastbilarna med släp kan pga. utrymme och vägarnas klass inte köra in till projektet och måste alltså omlastas. Med vändande bilar kan schaktmassor och berg från projektet köras till MLC. Schaktmassorna omlastas till att, med de större bilarna som inköpt material kom med, köra till deponier längre bort från Tyresö, ofta i Tullinge eller Södertälje. Lindberg & Gustavsson (2021) menar vidare att en fyllnadsgrad på ca 90% därför kan uppnås för både in- och uttransporter från MLC.



Figur 9 Flödeskarta över Masslogistikyta Tyresö, lager representeras av triangel. Material till vänster är mm-klassificerat. Blåa streckade pilar representerar informationsflöde

2.3.1 In- och utlastning

Inlastning sker relativt jämnt till området. Maximalt sex boggiebilar har stått på kö på förmiddagen från projekten eftersom det inte finns plats för alla att lasta av och på samtidigt. Inköpt material, berg, återvinningsbart och schaktmassor tippas på avsedda platser på området. Bilarna med släp som tar 32 ton fylls av personen på MLC med schaktmassor på ca 7 minuter. Boggiebilarna som tar 15 ton fylls med inköpta och krossade massor på ca 3 minuter, se lastning Figur 10 (Lindberg, et al., 2021).



Figur 10 Lastning av inköpta fraktioner för leverans till projekt

2.3.2 Återvinning

Sortering görs okulärt i återvinningsbart som ska tillbaka till projekten och schaktmassor som ska till deponi. Det kommer under helåret in totalt tio tusen ton berg som samlas på hög (Figur 11) tills det krossas med inhyrd kross ca två gånger om året så att ett lager av 0–150 produceras. Ingen intern kvalitetssäkring görs av ÅV-massor eller 0–150 krossprodukt (Lindberg, et al., 2021).



Figur 11 Lager av berg

2.3.3 Deponitransporter

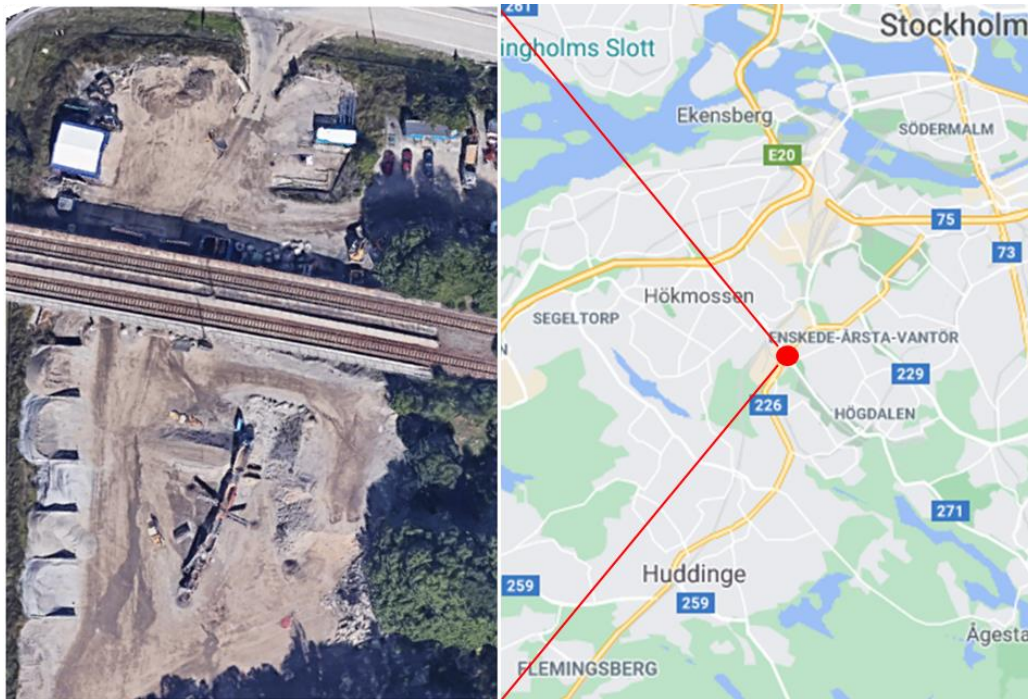
Deponitransporter sker med vändande bil med släp, 32 tons kapacitet, som ofta levererat inköpt material. Provtagning görs sedan på deponi (Lindberg, et al., 2021).

2.3.4 Transport mellan MLC och projekt

Transporter från projekten till MLC och tillbaka sker med boggiebil. Det kan inte göras med större bil eftersom vägen inte är godkänd för tyngre lass samt att vägarna närmast byggarbetsplatserna är smala och krokiga vilket ytterligare försvårar.

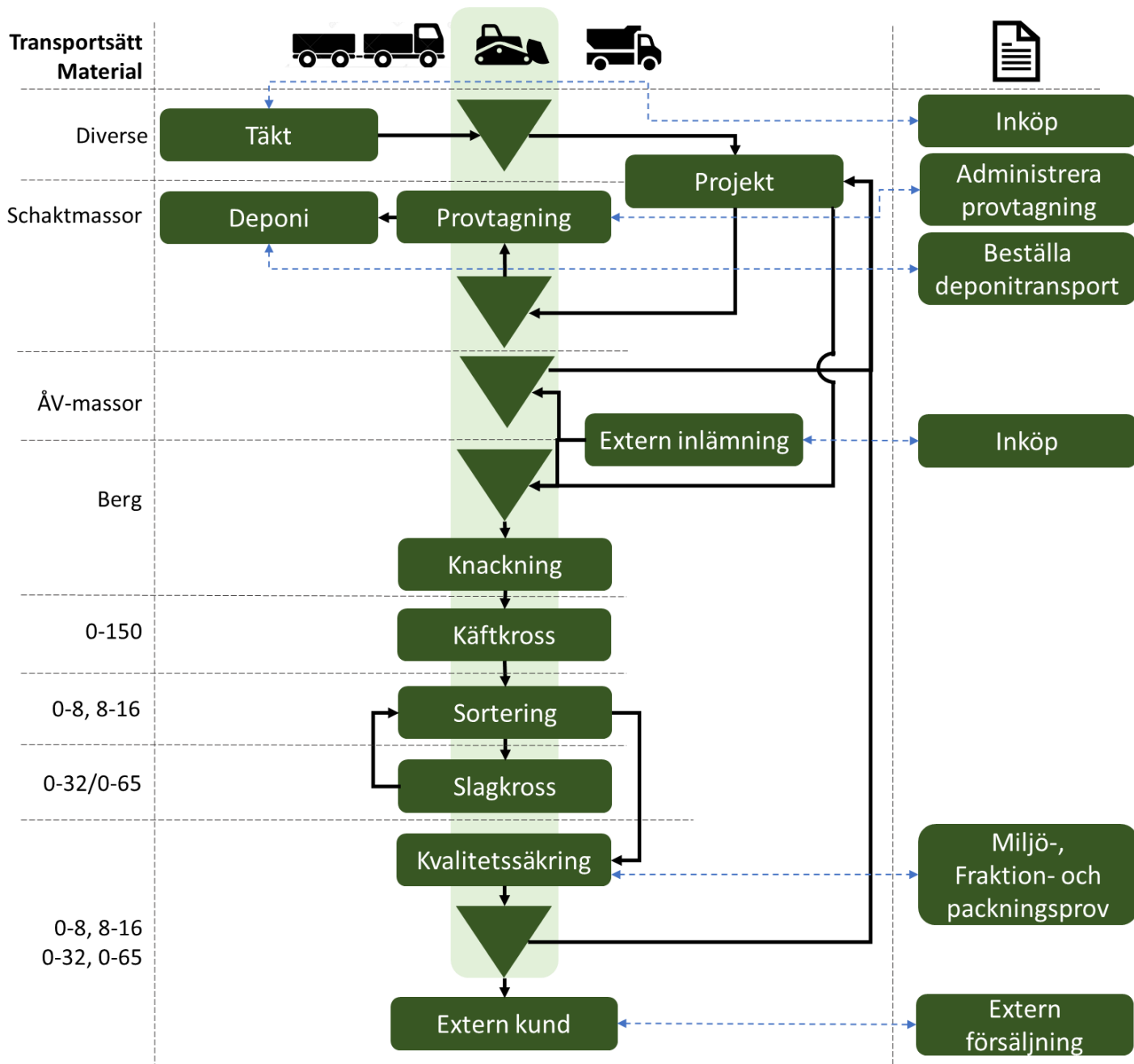
2.4 Älvsjöanläggningen

Stockholm Vatten och Avfall (SVOA) driver sedan 2005 en masshanteringsanläggning i Älvsjö som med denna rapportens terminologi kan kallas ett mindre MLC. Denna anläggning ”tar emot, återvinner och säljer rena grus- och krossprodukter” och tar ”kostnadsfritt emot bergmassor” (SVOA, 2021, p. 1). I en intervju med enhetschefen på SVOA (2021) förklaras processen som även stärks av broschyren från SVOA (2021). Älvsjöanläggningen (formellt Älvsjö Grus och Kross) ligger relativt centralt i södra Stockholm, se Figur 12, och säljer grus och massor både externt och internt. Dessutom bedriver de återvinning och konsoliderade deponifrakter på platsen, se Figur 13 (SVOA, 2021).



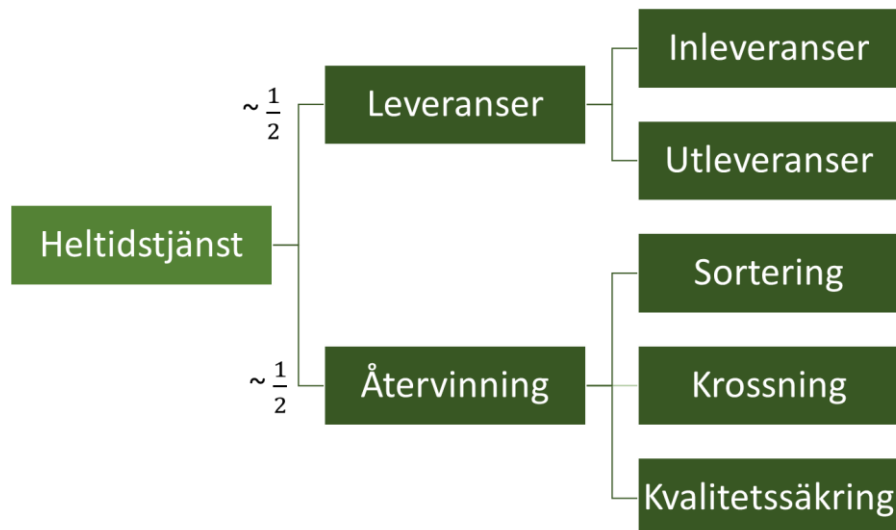
Figur 12 Den geografiska belägenheten på Älvsjöanläggningen. Produktionsyta till vänster 6000 kvm

Flöden in går dels som inköp av större kvantiteter grusprodukter från täkter till låga priser som säljs vidare, totalt 23 000 ton/år. Och dels omhändertagande av 31 000 ton/år varav 8000 ton/år kan återvinnas (SVOA, 2021). En person sköter hela verksamheten vardagar dagtid. Dennes tid delas enligt SVOA (2021) jämnt mellan in/utlastning och återvinning.



Figur 13 Flödeskarta i och runt Älvsjöanläggningen, lager representeras av triangel. Material till vänster är mm-klassificerat. Blåa streckade pilar representerar informationsflöde

Några aktiviteter har identifierats utifrån den av SVOA (2021) beskrivna verksamheten: Inlastning, utlastning, sortering, kross och kvalitetssäkring. Dessa visas i Figur 14 uppdelat hur mycket tid aktivitetsgrupperna tar och beskrivs sedan nedan i underkapitel tillsammans med aktiviteten deponitransport samt transport mellan rörlägningsprojekten och MLC som medföljer flödet men som inte görs av den anställda på MLC i Älvsjö.



Figur 14 Personalkostnadens uppdelning på de olika aktivitetsgrupperna på MLC i Älvsjö (SVOA, 2021)

2.4.1 In- och utlastning

Älvsjöanläggningen konsoliderar flera flöden, både ut och in, och flödenas interna variationer utjämnas mot varandra⁵ (Lumsden, 2006). Detta resultat av centralisering är en anledning till att SVOA (2021) rapporterar en relativt jämn ström av massor, räknat såväl in som ut som uppdelat på typ av massa. Varje inlastning lastbilslast beräknas schablonmässigt till 11 ton.

Stockholm Vatten schaktar upp mycket massor i södra Stockholm när de utför rörarbeten. Dessa massor kan inte köras direkt till deponi eftersom de måste prövas och i vissa fall sorteras. Istället körs massorna till Älvsjöanläggningen, som ligger närmare än deponi och därför också sparar transportresurser, dessa inlastning görs dygnet runt eftersom de interna leveranserna själva vet var de ska tippa av. I så fall läggs specifikation på tippade massor i en brevlåda.

Inne på MLC sker en uppdelning av massorna i kategorierna: Tjärasfalt, Asfalt, Återvinningsbart, Deponi. I denna process särskiljs asfalten från den övriga massan. Dessa kategorier är skrivna i stigande storleksordning efter mängd inlastning. Tjärasfalten är dyr att deponera och det finns bara lagringsyta på 25 m² eftersom den ska tömmas fortast möjligt enligt miljöregler (SVOA, 2021).

MLC:t tar även emot återvinningsbar sten-, kross och grusmaterial från externa aktörer för ett varierande pris. Bergmassor tas emot gratis, se aktuell prislista i Bilaga E (SVOA, 2020). Dessa massor återvinns eller deponeras sedan och detta beskrivs i senare underkapitel. För att erbjuda en bredare utbud av massor till externa och interna kunder görs även inköp av täktbrutna massor. Dessa inköp görs till ett relativt lågt pris ty kan utnyttja mängdrabatter.

Utlastning görs endast under dagtid och sker till interna kunder inom SVOA, externa kunder och deponitransporter. Men interna kunderna kan också vid behov få utlastning vid andra tider, då kallas övertid in.

2.4.2 Återvinning

Återvinningen är i sig av rapportförfattarna uppdelad i aktiviteterna sortering, krossning och kvalitetssäkring. Detta moment använder högen återvinningsbara massor som nämns i Intern

⁵ Detta tas upp djupare i 3.3.1

inlastning ovan. Som kan ses i Figur 15 är det en relativt omfattande process som beror både av önskad slutprodukt och given inlastning (SVOA, 2021).

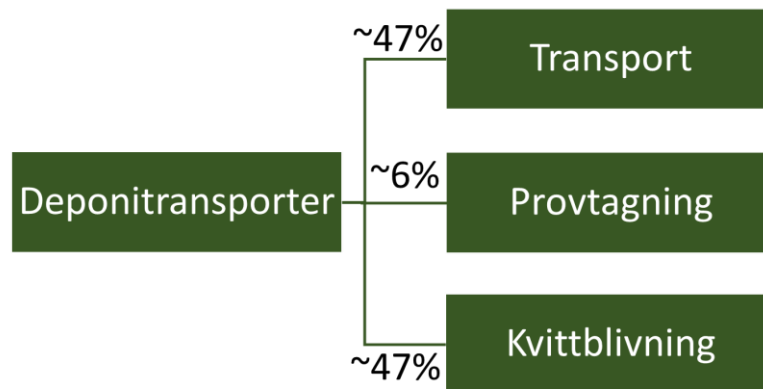
Processen börjar med att en hög ändamålsenliga återvinningsbara massor byggts upp. En hjullastare släpper ner det i en käftkross som levererar 0–150 mm. Därefter går flödet vidare in i ett sorteringsverk som tar ut 0–8 mm rörgravsgrus och 8–16 mm grus. 16–150 mm skickas vidare till slagkrossen. Slagkrossen har ett returband efter ett justerbart sorteringsverk som skickar tillbaka överkorn, dvs över tex. 32 mm eller 65 mm, till krossen.

När fraktionen krossats till önskad produkt samlas den i en större separat hög för kvalitetstestning. Detta kvalitetstestas enligt en intern standard med miljö-, teknisk-, packnings- och fraktionsprov. SVOA (2021) pekar vidare på att eftersom alla interna leverantörer precis vad som får gå in i återvinningsprocessen fungerar detta som en effektiv kvalitetssäkring genom hela processen innan massan kommer till MLC.

Båda krossar står på larvband för att enkelt kunna flyttas runt på området. Tidigare användes ditkörda större krossar som kördes runt mellan olika anläggningar men produktionsplaneringen fungerar bättre med krossar som kan användas i tidsfönster mellan in- och utlastning Vidare menar SVOA (2021) att de nuvarande förbränningskrossarna är mer flexibla än de på el, inom kort ska krossarna köras på HVO-bränsle. Under generellt fyra månader vintern görs ingen återvinning eftersom slitaget på maskinerna blir för stort.

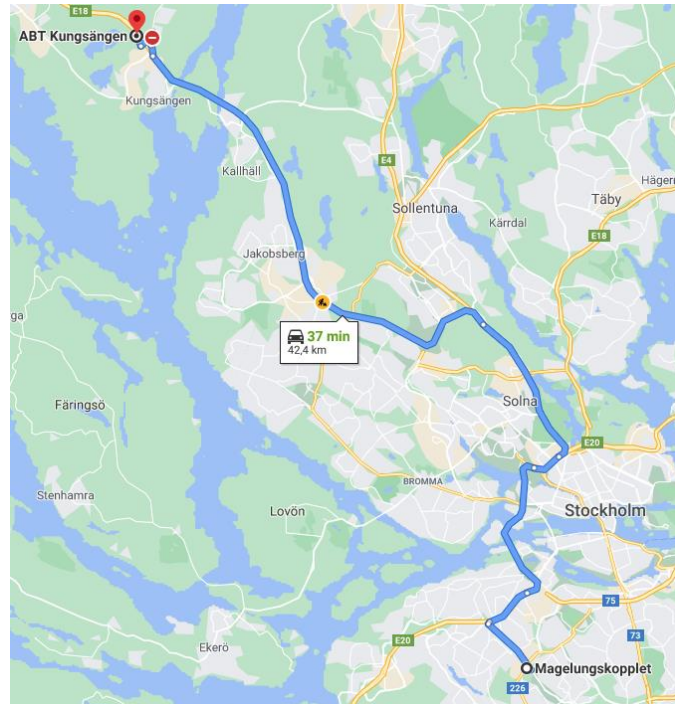
2.4.3 Deponitransporter

Älvsjöanläggningen upphandlar frakt, provtagning samt deponeringsavgift av massor, ren asfalt och tjärasfalt. De tre aktiviteterna upphandlas per 250 ton separat, främst enligt SVOA (2021) för att erbjuda trygghet till anbudsläggarna. Eftersom de exakta priserna är lite känsliga visar Figur 15 en ungefärlig kostnadsfördelning mellan de tre posterna.



Figur 15 Deponitransporters ungefärliga kostnadsfördelning på de tre underaktiviteterna (SVOA, 2021)

Vid provtagning accepteras att 10% av schaktmassorna är tegel, rötter, markplattor etcetera. Frakterna sker sedan med kassettbilar till deponin. Deponin för tjärasfalt är en anläggning i Nykvarn. Det som kallas deponi för vanlig asfalt och deponimassa är ett mellanupplag i Kungsängen som sköts av företaget ABT, se Figur 16. Där sorteras material av högre kvalitet återigen ut innan resten går på slutdeponi. För att kunna göra detta sista steg själva och återanvända ännu mer hade Älvsjö G&K behövt större ytor för att lagerhålla massor säger SVOA (2021)



Figur 16 Från Älvsjöanläggningen till deponi

2.4.4 Transport mellan MLC och projekt

SVOA har ett antal rörlägningsgrupper ute. Dessa schaktar upp massa som akut behöver tas om hand och sen behövs massa igen för ifyllning. Från dessa rörlägningsprojekt kör 25 mindre lastbilar till antingen Ulvsunda om grävning sker i norra Stockholm eller till Älvsjö om det är i södra Stockholm. Älvsjö har ca 75% av det totala schaktmassaflödet (SVOA, 2021) vilket rapportförfattarna antar betyder att fler lastbilar betjänar Älvsjö som också bedriver återvinning. Har lastbilarna tid över är instruktionen att köra återvunnen massa från Älvsjö till Ulvsunda.

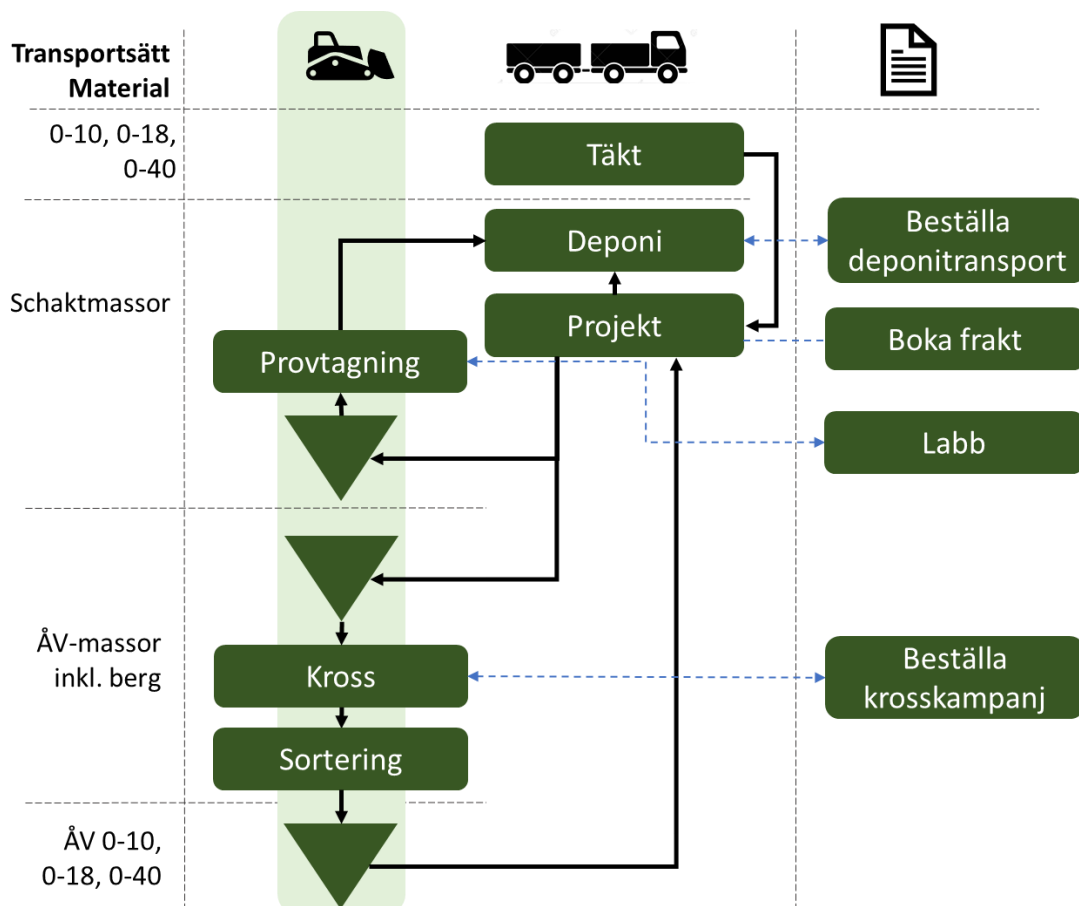
2.5 Bergsjön

Göteborgs stads Kretslopp & vatten har cirka 20 grävlag som liksom SVOA arbetar både med akuta åtgärder och projekt kopplade till ledningsnätet i staden. Dessa grävlag behöver bl.a. bortforslande av massor och nya massor för återfyllnad. Förvaltningen i Göteborg har en egen transportsamordning som koordinerar dessa transporter och det är dessa chaufförer som även driver verksamheten i belägen i Bergsjön, se Figur 17.



Figur 17 MLC i Bergsjön

Det är en masslogistikcenterliknande verksamhet likt den i Älvsjö som både tar emot, lagrar, återvinner och bortforslar materialet. Men till skillnad från Älvsjöanläggningen tar anläggningen i Bergsjön endast emot material från verksamheten internt (Hultén, 2021). Göteborgs stads återvinningsverksamhet har varit igång i knappt tjugo år. Effekten av återvinningen är lägre inköpskostnader men framför allt att kostnaden från de stigande deponiavgifterna kan reduceras.



Figur 18 Flödeskarta Bergsjön., lager representeras av triangel. Material till vänster är mm-klassificerat. Blåa streckade pilar representerar informationsflöde

2.5.1 In- och utlastning

Vid inlastning sektiontioneras massan i totalt fem fack. Fyra fack är fack för kvittblivning där varje fack har ungefär samma föroreningsgrad och kan provtas samt deponeras tillsammans. På detta sätt sprids inte föroreningar. Varje av dessa fyra kvittblivningsfack kan rymma ett par hundra ton massor och töms mellan varannan vecka och en månads mellanrum. Chauffören noterar själv i ett system i vilket fack som massan lagts så att spårbarhet ska upprätthållas. Viktigt är att efter att ett fack stängts och provtagning av deponiföretaget gjorts tar det en vecka tills analysen gjorts av det externa företaget och de kan köra iväg massorna. Detta är en av anledningarna till att fyra fickor behövs. Det femte facket är mycket större och där lastas ÅV-massor inklusive berg in. Facket rymmer flera tusen ton och ökar tills det blir fullt och återvinning påbörjas (Hultén, 2021).

2.5.2 Återvinning

När facket med återvinningsbar massa fyllts, beställs en extern krosskampanj in från ett externt företag in. Dessa kampanjer görs en till två gånger per år och inkluderar även sortering ner till önskade produkter. Vid krossningskampanjen sker knackning, förkross och efterkross så att ÅV-fraktionerna 0–10, 0–18 och 0–40 erhålls. Bergsjön betalar krossen per fraktion och betalar extra för material som behöver knackas innan kross (Hultén, 2021).

2.5.3 Deponitransporter

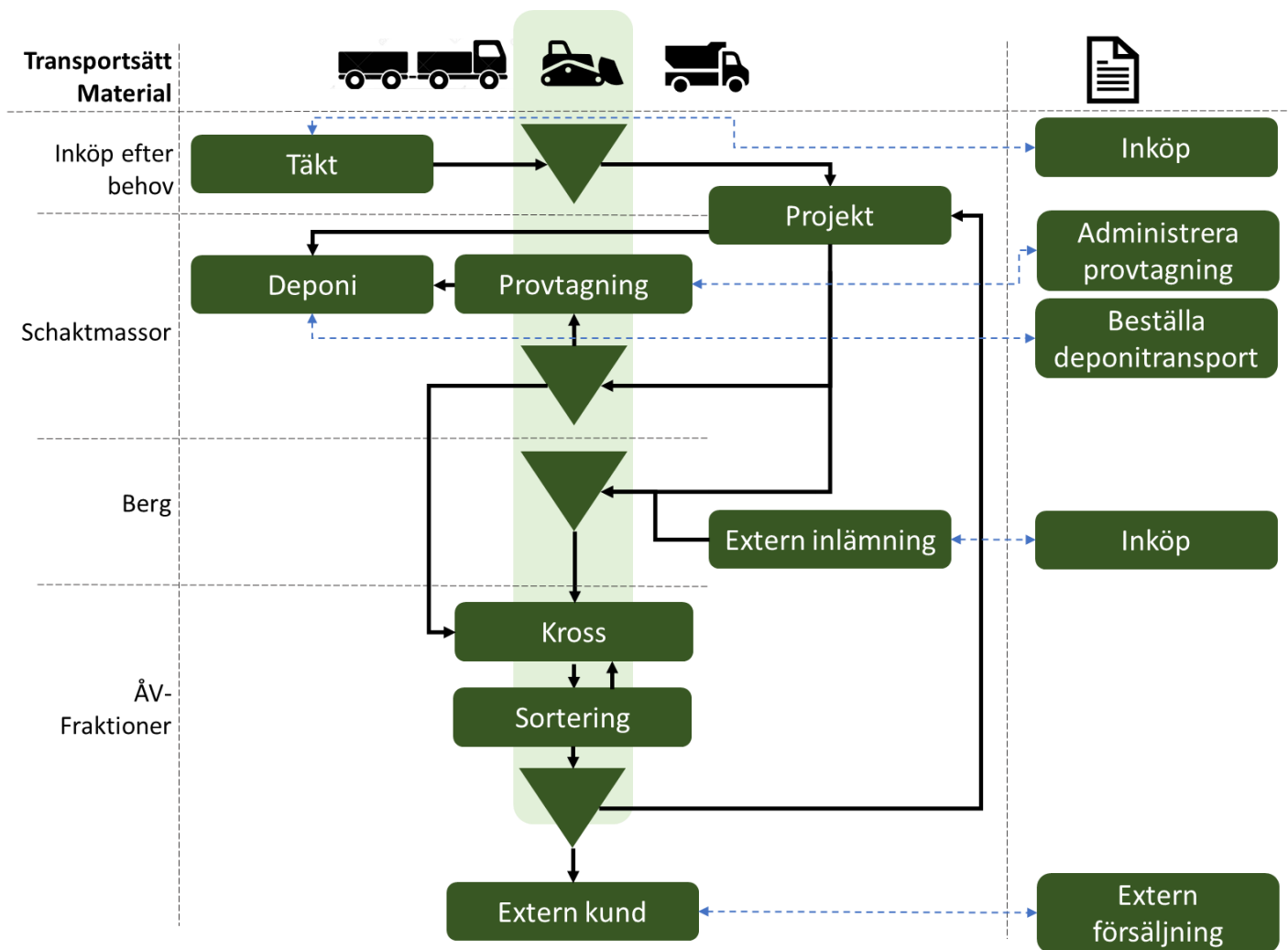
Ett externt bolag kör iväg schaktmassor för kvittblivning. Företaget provtar dessa och priset för deponering beror av föroreningsgraden både eftersom att deponiavgiften varierar samt att vissa deponier bara tar emot renare massor vilket resulterar i ökade transportkostnader.

2.5.4 Transport mellan MLC och projekt

Transporterna som upphandlats centralt i en transportsamordning avropas vid behov av grävlagan. Det kan vara olika typer av bilar beroende på behov men massor transporteras vanligtvis med Tridem med flak. Dessa lastbilar transporterar både material till och från projekten.

2.6 Norrköping preciserat

Ovanstående erfarenheter av olika MLC-liknande verksamheter fungerar som grund och inspiration till fallstudien. Direktiv har riktats kring lokalisering och vidare att anläggningen ska kunna ta emot schaktmassor såväl som entrepenadberg. Därav har det tänkta studerade systemet i Figur 19 skapats. Systemet innehåller extern inlämning av berg och även extern försäljning av fraktioner vilket skapar möjlighet att både få försörjning utifrån och avsättning om det blir överskott på någon fraktion (SVOA, 2021). På samma sätt finns inköp av täktbrutna massor med för att kunna försörja byggarbetsplatser med en bredare sortiment av grusprodukter (Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021).



Figur 19 Övergripande system i fallstudien MLC Norrköping

3 Teoretisk referensram

Utifrån syftet har en teoretisk referensram byggts upp. Rapporten berör ett relativt nyupptäckt område där syftet i sig är helt outforskat. Utifrån syfte och bakgrund har därför såväl centrala begrepp som stödjande teorier utforskats djupare. Referensramen börjar med att beskriva hur en modell byggs upp och dess funktion. Efter detta redovisas teori rörande masshantering och avslutas med centralisering av logistik och den MLC-nära strukturen av ett BLC (bygglogistikcenter). Kapitlet avslutar med en sammanfattning av hur såväl den teoretiska referensramen som dessa erfarenheter kan lägga grund för en uppgiftsprecisering.

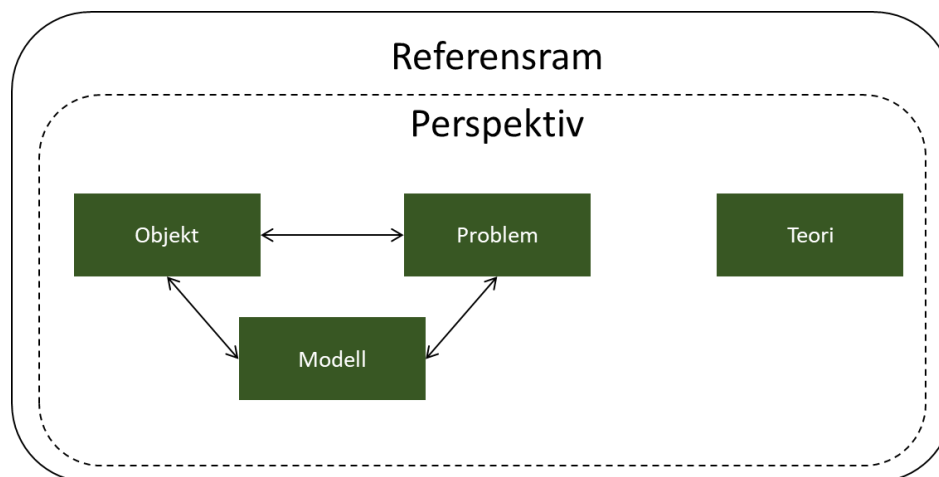
3.1 Kvantitativ modellering

Bertrand & Fransoo (2016) definierar kvantitativa modeller som baserade på en mängd värdebegränsade variabler med inbördes definierade relationer. Ur den komplicerade verkligheten identifieras alltså strukturer och samband som bygger modellen. Modellen visar en förenklad bild men ska ändå på ett så träffsäkert sätt som möjligt beskriva skeenden i den verkliga världen. Som exempel nämns exempelvis lagerstyrningsmodeller där kostnad för lagerföring kan vägas mot kostnad för förlorad försäljning vid brist (Bertrand & Fransoo, 2016). Målet, menar Bertrand & Fransoo (2016), för många modeller från akademien har ofta varit inte att appliceras i verksamheter, utan att öka förståelsen för den verklighet de beskriver. Forskningen kring modeller för verksamhetsutveckling och logistik kan delas in i två kategorier (Bertrand & Fransoo, 2016):

- Axiomatisk - Upphovet till dessa modeller är ofta teorier från matematiken som kan praktiseras på verksamheter. Forskningen drivs av att formulera modeller som kan ge insikt till verkligheten.
- Empirisk – Drivet av empiriska observationer konstruerade modeller som ska efterlikna verkligheten. Denna gren har jämfört med den axiomatiska den närmaste tiden inte varit lika använd.

Hägg & Wiedersheim-Paul (1994) pekar liksom Bertrand & Fransoo (2016) på att modeller är ett redskap för att beskriva verkligheten och lösa problem. Denna studie ämnar ta fram en modell för att beräkna kostnaderna av att driva ett MLC, ett fenomen förknippat med bygg- och anläggningsbranschen. En bransch som är i ständig förändring och byggs upp av tillfälliga och föränderliga projektplatser. För att på ett så verklighetsnära sätt som möjlig beskriva hur ett MLC kommer att fungera valde modellerarna att inrikta sig mot en empirisk studie.

Hägg & Wiedersheim-Paul (1994) menar att det inte finns en uppsättning bestämda regler för modellbyggandet. Dock pekar de på en serie begrepp som ofta återkommer och som de anser är väsentliga för modellbyggandet se Figur 20. Såväl Becker & Sempik (2006) som Robinson (2014) presenterar en steg-för-steguppbyggnad av modellen vilket kommer presenteras nedan. Hägg & Wiedersheim-Pauls (1994) skrivningar inflikas efter hand.



Figur 20 Vanliga samband och begrepp inom modellbyggnad (Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994, p. 39)

3.1.1 Modellbyggnadsmetoder

Samtidigt som Hägg & Wiedersheim-Paul (1994) menar att det inte finns en uppsättning bestämda regler för modellbyggandet, och att modellbyggandet bör anpassas efter problemet, presenterar samma författare en översikt av några förslag på modellbyggnadsmetoder. Dessutom fogas på slutet tre andra metoder från nyare modellbyggnadsteori. En sammanställning av detta kommer redovisas nedan i Tabell 1.

Tabell 1 Sammanställning av olika metoder för modellbyggnad

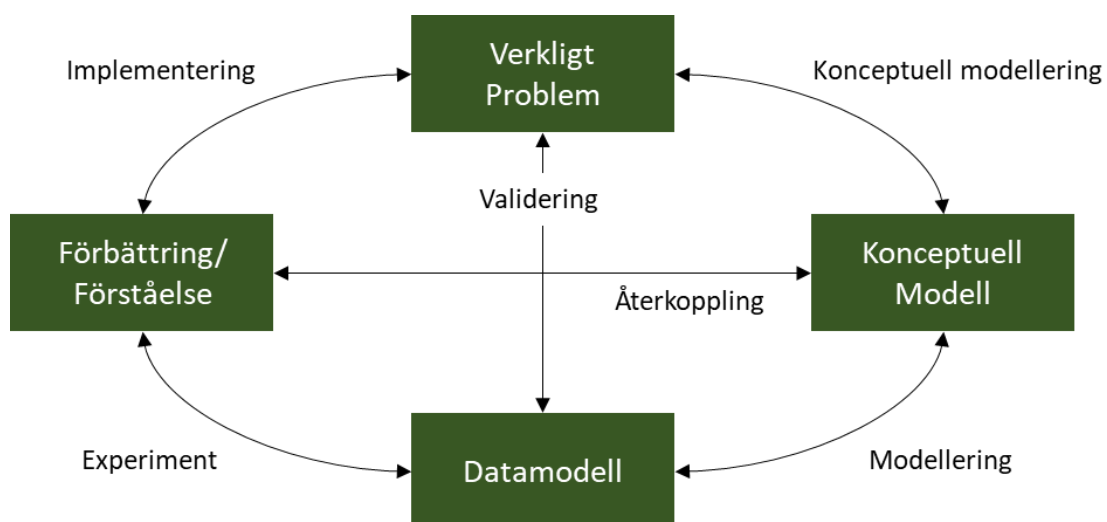
Källa	Metod	Karaktäristik
(Ackoff, 1972) presenterad i (Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994, p. 52)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Problemformulering 2. Modellkonstruktion 3. Modelltestning 4. Utvinna lösning ur modellen 5. Kontrollera lösning 6. Implementering av lösning 	Lite vikt läggs vid hur modellen verkligen konstrueras, endast ett steg
(Urban, 1974) presenterad i (Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994, p. 53)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bestämma metod och teorigrund 2. Kontakta och utbilda slutanvändare 3. ”Bestäm problemet/problemen” 4. ”Specificera modellutvecklingskriterier” 5. Modellkonstruktion 6. ”Bestäm samband och konstanter” 7. Jämför resultat med data, gå tillbaka vid behov 8. Använd modell, gå tillbaka vid behov 	Tidigt fokus på att bereda väg för implementering av modellen, att knyta den till den framtida användningen
(Lave & March, 1975) presenterad i (Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994, p. 54)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ”Observera några fakta” 2. Analysera vilken process som kan ge upphov till denna data, bygg modell 3. Härled resultat från modellen och se om dessa kan bekräftas med fakta, annars bygg nytt 	Utmärkande är att modellen så tydligt utgår från data som ska förklaras.
(Robinson, 2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konceptuell modellering av verkligheten 	Redan bestämt att en datamodell ska skapas.

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Modellkodning som skapar en datamodell 3. Experiment som leder till förståelse och förbättring 4. Lösningen implementeras 	Iterativt mellan de flesta steg.
(Bertrand & Fransoo, 2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konceptuell modellering – beskriva modellen som ska tas fram 2. Modellering – bygga den faktiska modellen som ska tas fram 3. Modellösning – använda modellen för det syfte den är skapad för. 4. Implementering – implementera lösningen kan i verkligheten 	Mycket lik Robinson (2014), men här ej givet att vetenskaplig modell ska göras på datorn

Ovanstående tillsävaringsätt i Tabell 1 belyser olika aspekter av modellbyggnad. Denna studie kommer att gå djupare i Robinsons (2014) modellbyggnadsmetod eftersom syftets kostnadsmodell kommer vara kvantitativ och hjälpas av Robinsons modellering via en datamodell. Robinsons interativa och cirkulära upplägg passar vidare för den undersökande process som modellering av ett relativt outforskat begrepp som MLC. En ytterliggare motivering för Robinson är att boken tidigare används som kurslitteratur på Linköpings Universitet. Robinsons (2014) relevans har också bekräftats av examinator för kursen där den används som studielitteratur. Andra författare kommer också att användas för att styrka och bekräfta Robinsons (2014) modellbyggnad.

3.1.2 Översikt modellbyggnadsutförande

En övergripande förklaring för att förstå hur denna rapportens modell ska tas fram presenteras i Figur 21. Huvudsakliga aktiviteter och hur de förhåller sig till varandra kommer att presenteras mer i detalj nedan.



Figur 21: Rapportens undersökningsmodell inspirerad av Mitroff et al. (1974) och Brooks, et al. (2001)

3.1.3 Konceptuell modell

Att genomföra konceptuell modelleringen innebär framtagning av en abstrakt beskrivelse av ett verkligt system. Detta innebär en förenkling av ett verkligt scenario, vilket kan användas för att få en ökad förståelse över modelleringsobjektet. En konceptuell modell kan enligt Robinson (2014) förklaras med definitionen:

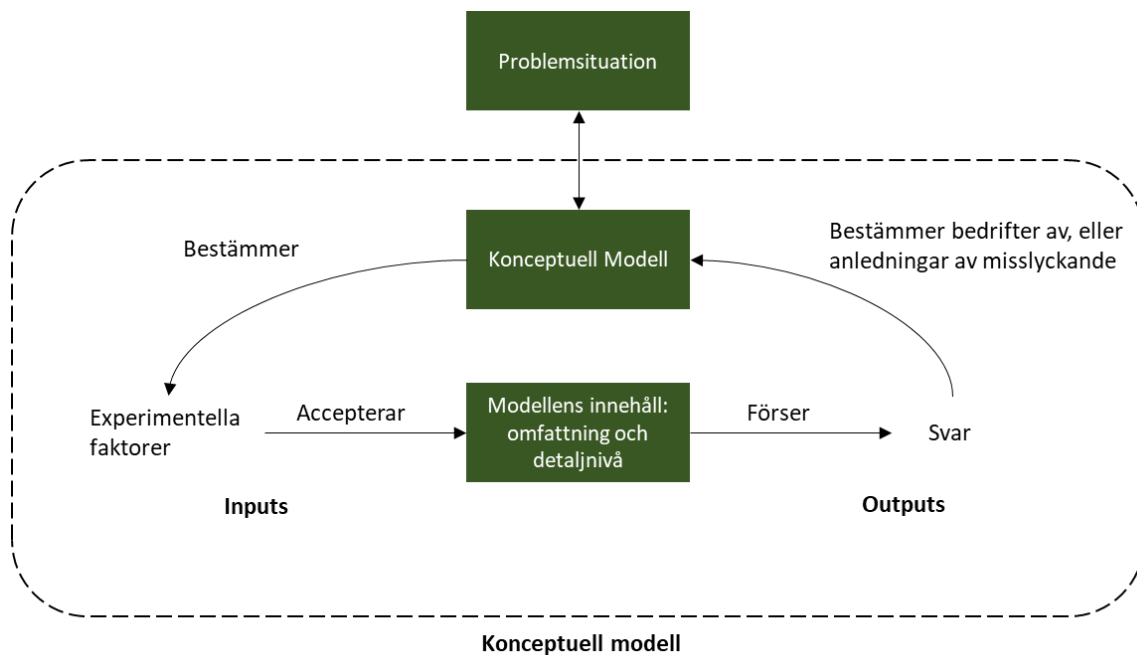
”En icke mjukvaruspecifik beskrivning av en datasimuleringsmodell (som kommer, eller har blivit utvecklad), beskrivning av mål, input, output, innehåll, antaganden och förenklingar av modellen” (Brooks, et al., 2001, p. 66)

Enligt definitionen skiljer sig alltså den konceptuella modellen från den datamodell som senare ska arbetas fram. Den kommer inte vara specifik mot den miljö i vilken datamodellen till slut kommer att utvecklas inom (Robinson, 2014). Bertrand & Fransoo (2016) beskriver att den konceptuella modellen definierar de relevanta variablerna av det studerade systemet, deras relation med varandra och hur de ska mätas. Robinson (2014) fortsätter med att den konceptuella modellen inte ska vara något definitivt, utan något som kan utvecklas och förändras under framtagningen och i samband med experiment och tester. En ständig utveckling för att på ett så bra sätt som möjligt uppnå de *mål* som finns i samband med modelleringen. *Målen* är viktiga att tidigt bestämma för att få en modell anpassad för dess syfte. Utan tydliga *mål* finns risken att det sker felaktiga antagen och att modellen levererar ett icke tillfredställande resultat för intressenter (Robinson, 2014). Eriksson & Wiedersheim-Paul (2014) menar också på att modellen ska kunna fungera i olika miljöer och organisationer. Nedan förklaras resterande från definitionen (definition ovan) av Robinson (2014).

- *Input*: Vilken indata som kommer förses till modellen för att genomföra ett experiment.
- *Output*: Vilken utdata som kommer att förses till användaren efter ett utfört experiment.
- *Innehåll*:
 - *Modellens omfattning*: Systemgränser och bredden av vad som ska inkluderas ifrån ett verkligt scenario till modellen.
 - *Modellens detaljnivå*: I vilken detalj som respektive del av modellen ska beskrivas.
- *Antaganden*: Kan genomföras antingen på grund av bristfälliga data eller att det finns en osäkerhet kring hur verkligheten beter sig.
- *Förenklingar*: kan genomföras för att få en modell som går att översätta från en komplex verklighet till en hanterbar modell. Dessa görs också för att spara tid under utveckling (Robinson, 2014).

3.1.4 Att utveckla en konceptuell modell

Robinson (2014) presenterar ett ramverk uppdelat i fem huvudsakliga områden. Dessa delar är *förstå problemsituationen, avgöra mål med modelleringen, identifiera input, identifiera output och avgöra modellen innehåll och identifiera antaganden och förenklingar.*



Figur 22: Ramverk för konceptuell modellering (Robinson, 2014, p. 98)

Det första steget handlar om att få en *förståelse över hur problemsituationen ser ut*. Hur enkelt detta blir handlar ofta om hur stor förståelse den som beskriver situationen för modelleraren har över systemet. Problem kan uppstå när det saknas förståelse över orsak och verkan, delade bilder över hur något fungerar eller bristande kunskap i ämnet. Det kan då hamna på modelleraren att föra diskussionen vidare till andra för att få en ökad förståelse över situationen. Det är också viktigt att modelleraren alltid bekräftar hans uppfattning av systemet mot de intervjuade. På det sättet skapar modelleraren validering i att den konceptuella modellen kommer att utvecklas under rätt förutsättningar. Inom vissa områden kommer det också att saknas kunskap eller förståelse över. Dessa områden är viktiga att identifiera eftersom det kommer behövas göras antaganden här (Robinson, 2014).

Att *avgöra mål med modelleringen* är enligt Robinson (2014) en av de mest centrala delarna i utvecklingen av framtagningen av modellen. Målen kommer användas för att bedöma hur trovärdig, och hur lyckat projektet blev. Framtagningen av lämpliga mål anser Robinson (2014) ska beaktas från tre perspektiv.

- Vad är det klienten vill uppnå?
- Vilken prestanda förväntas?
- Vilka begränsningar måste arbetet ske inom?

Förutom detta måste också modelleraren förvänta sig att själv förändra målen för att få en modell som kan anpassa sig efter miljön den är uppbyggd inom. Robinson (2014) menar också på att den iterativa process som omsluter hela framtagningen av en modell också innefattar målen förändlighet under tidens gång.

Nästa steg blir att bestämma vad för resultat som kommer att genereras av modellen. Det vill säga, *vilken output kommer att föras*. Outputen ska ge svar på om målen med modellen har uppnåtts, eller om att förklara varför målen inte har uppnåtts. Dessa ska tas fram i samarbete med klienten och modelleraren. Att *identifiera vilken input som ska föras till modellen* blir nästa steg. Robinson beskriver dessa som experimentella faktorer som kan förändras för att hitta ett

samband mellan modellens mål och vad som krävs för att få en tillfredställande output (Robinson, 2014).

Ett sista steg blir att *avgöra modellens innehåll och identifiera antaganden och förenklingar*. Detta steg handlar om att knyta samman alla kopplingar mellan input och output. Robinson (2014) anser att börja fundera kring de två delarna av modellens innehåll, avgränsningar och detaljnivå. Det blir ofta ett utbyte mellan hur mycket tid man har och hur exakt modellen kan bli. Beslut angående detaljnivå och avgränsningar bestämmer också hur modelleraren bör hantera förenklingar och antaganden. Dessa bör noggrant dokumenteras för att få senare användare större möjlighet att förstå modellen (Robinson, 2014). Det handlar om att skapa en modell som täcker de områden som är inom intresseområdet och samtidigt är tillräckligt precis för att skapa en förståelse över det som är i fokus (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014). Förenklingar kan göras genom att ta bort eller minska detaljnivå på delar som har liten påverkan av modellens outputs (Robinson, 2014).

3.1.5 Datainsamling

Korrekt data har en avgörande betydelse för modellens möjlighet att prestera på en tillfredställande sätt. En modell som tar in felaktiga data kommer också generera ett felaktigt resultat. Olika data är olika lätta att samla in och har olika tillgänglighet. Därför finns strategier för hur svårtillgängliga data ska hanteras. Det finns enligt Robinson (2014) tre kategorier av datatillgänglighet:

- A. Tillgänglig
- B. Ej tillgänglig men möjlig att samla in
- C. Varken tillgänglig eller insamlingsbar

Data i kategori B som samlas in som observationer, från datafiler eller genom intervjuer. Fördelen med denna typ av data är att insamlingen kan anpassas för att passa studien, vilket kan öka validiteten. Däremot kommer det att innebära en högre tidsbörda vid insamling, samt en eventuell begränsning i tillgängliga data. Detta skiljer sig från data i kategori A som redan finns tillgänglig i databaser, böcker och liknande. Fördelen med denna data är att det ofta finns i större omfattning och är mindre tidskrävande att samla in. Dock är denna data inte alltid anpassad efter studien och kan sänka validiteten (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014).

Rapportens syfte är att modellera något som ännu inte fysiskt finns, därför fokuserar nedan främst i kategori C. Det finns två huvudsakliga sätt att hantera kategori C: Antingen görs ett antagande eller hanteras parametern som en variabel istället, det senare betyder alltså att frågeställning vänds på till att fråga vilken data behövs för att uppnå ett visst mål (Robinson, 2014). Gällande att göra ett antagande behövs då såklart data från liknande processer så att antagandet kan uppnå hög kvalitet.

Eriksson & Widersheim-Paul (2014) anser även att insamlad data behöver bedömas från de tre aspekterna *kvalité*, *effektivitet* och *etik* för att uppnå en bred informationskompetens. Det vill säga att insamlad data ska vara relevant, giltig och tillförlitlig för att uppnå det kvalitativa kravet, medan det effektiva kravet har fokus på tillgänglighet och kostnader. Något som ibland kräver att man får balansera mellan de två eftersom de kan dra åt olika håll. För att uppnå en etisk insamling av data bör också fokus ligga på integritetsfrågor, plagiat och lagar. Med detta kan en högre validitet av informationen uppnås.

3.1.6 Datamodell

Den konceptuella modellen som är konstruerad enligt ovan ska nu konverteras till en datamodell. Denna kan vara skriven i ett programmeringsspråk eller i kalkylark men viktigast är att designa modellen innan man skriver, detta menar Robinson (2014) minimerar framtida fel och inneboende ineffektivitet. Bertrand & Fransoo (2016) menar att stor uppsikt måste hållas på variabler som kraftigt kommer påverka resultatet. Vidare menar Robinson att designen av koden ska syfta mot följande fyra mål:

- Möjliggöra snabb kodning
- Lättförståelighet och transparens
- Flexibilitet – lätt att ändra
- Snabb körtid

Under designen och kodningen är kontinuerlig uppdatering av dokumentation dessutom viktigt så att denna är i fas med processerna. Framförallt för att utföraren ska komma ihåg vad som gjorts, men också för att fortsatt utveckling kan tas över av någon annan (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016). Kodning, testning och dokumentation bör vidare ske uppdelat iterativt under kodandets framskridande och inte som skilda efterföljande aktiviteter. Detta, menar Robinson (2014), gör att fel kan upptäckas och åtgärdas i god tid.

Ett råd kring kodning i kalkylark som Robinson (2014) presenteras är att separera input från formler och modellens uppbyggnad. Värden ska skrivas i separata celler, helst på en avgränsad plats från både formler och resultat. Den ej insatte användaren ska hållas borta från direkt tillgång till generella antaganden och formler så att dessa inte kan förvanskas.

3.1.7 Förbättring

Robinson (2014) menar på att modelleringen inte är en linjär process, utan att modelleraren kan vandra fram och tillbaka mellan de olika stegen för att kontinuerligt förändra och förbättra modellen. Det är av denna anledning som Figur 21 och Figur 22 har pilar åt båda hållen, det förtydligar att modelleraren kan arbeta iterativt i skärningspunkten.

Det är enligt Robinson (2014) är omöjligt att bedöma om en modell är giltig. Men att metoder kan användas för att styrka en modells kvalitet. Begreppet verifikation handlar om hur väl den konceptuella modellen konverterats till en datamodell (Robinson, 2014) medan validering beskriver hur väl modellen presterar utifrån det syfte den gjorts för (Robinson, 2014; Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994). Hägg & Wiedersheim-Paul (1994) menar att validering kan sammanfattas som frågan huruvida förenklingar är gjorda på ett rimligt vis samt om valda variabler och relationer är korrekt valda och kvantifierade.

Robinson (2014, p. 254) tar upp följande valideringsmetoder:

- **Konceptuell modellering-validering:** Kontrollerar om innehåll, antaganden och förenklingar i den konceptuella modellen kommer möta modellens slutmål.
- **Datavalidering:** Avgör om tillgänglig och insamlade data är tillräcklig för att nå modellens slutmål.
- **White-box-validering:** Test på modellens olika delar för att kontrollera om de representerar verkligheten i tillräckligt stor utsträckning.
- **Black-box-validering:** Testar om modellen i helhet representerar verkligheten i tillräckligt stor utsträckning.

- **Experimenterande validering:** avgör om de experiment som utförs tillhandahåller tillräcklig och rätt resultat för studiens syfte.
- **Lösningervalidering:** Avgör om modellens resultat är tillräckligt noggrann för modellens syfte.

Som tidigare nämnt skiljer sig valideringen från verifikationen. Detta genom att valideringens referenspunkt ligger i den verkliga världen befinner sig verifikationens referenspunkt enbart i den egna modellen (Robinson, 2014). Det är dock inte helt ovanligt att modellen som skapas inte har en motsvarighet i verkligheten, vilket kan försvåra testning av modellens tillförlitlighet. Även när det finns en verklig motsvarighet kan testning vara svår eftersom verklighetens data inte behöver stämma eller vara föränderlig. På grund av detta är det enligt Robinson (2014) omöjligt att säga att en modell till 100% representerar ett verkligt scenario. Det är därför som modelleraren istället ska satsa på att validera och verifiera så pass mycket att tillförlitligheten av modellen blir tillfredställande för slutanvändaren (Robinson, 2014).

Det finns också en överliggande risk att antaganden, förenklingar och andra element skapar en viss osäkerhet i modellen. Att undersöka hur denna osäkerhet kan påverka modellen är viktigt för tillförlitligheten av modellen. Ett sätt att göra detta på är genom en så kallad känslighetsanalys. En sådan analys genomförs genom att identifiera alla möjliga felkällor, för att sedan fokusera på de felkällor som kan påverka resultatet mest. Dessa parametrar ska sedan ges alternativa värden för att undersöka hur resultatet förändras. Detta är något som är viktigt att ta hänsyn till när man ska bedöma resultatet av modellen (Oskarsson, et al., 2013).

3.1.8 Kalkyleringsalternativ

Förutom modellbyggnadsprocessen behövs verktyg för att konstruera en beräkningsmodell. De har samtliga olika styrkor och svagheter och kommer presenteras nedan.

Ur det systemperspektiv som anlagts (Gammelgaard, 2004) är den påverkan som sker mellan delar central. En förändring i en del resulterar ofta i att även i att en annan del också förändras. I den kontexten fungerar totalkostnadsanalys bra för att beräkna de totala kostnaderna. Metoden används ofta inom logistiskt förändringsarbete där två alternativ ska jämföras och alla påverkade kostnadsposter ska tas med (Oskarsson, et al., 2013).

I rapporten *cost modelling construction logistic centers* av Janné & Fredriksson (2018) användes en ABC-kalkylering för att beräkna vad som driver kostnader för ett BLC. Kalkylen används för att på ett mer rättvist sätt fördela kostnader för ett visst kalkylobjekt med hjälp att undersöka hur mycket just kalkylobjektet driver kostnader för resurser och aktiviteter inom verksamheten. Denna metod är intressant för den skapar en förståelse över vilka aktiviteter som driver vilka kostnader (Gerdin, 1994; Oskarsson, et al., 2013; Gunasekaran, 1999). Med en likhet mellan BLC och MLC kunde en potential i även denna metod identifieras.

Ett enklare alternativ och föregångaren till ABC-kalkylering kallas för en påläggskalkylering. Denna kalkyl ämnar också fördela indirekta kostnader, fast med hjälp av procentsatser istället för kostnadsdrivare. Denna metod är intressant av samma anledningar som ABC, men tillåter enklare kalkyler i utbyte mot precision. Något som kan vara användbart för att minimera tidsåtgången av potentiellt tidskrävande uträkningar, vilket gör även denna kalkyl intressant för studien (Oskarsson, et al., 2013; Gerdin, Jonas, 1994).

För att skapa förståelse över hur ett verkligt scenario kan förändras och bete sig över en tidsperiod lyfter Robinson (2014) metoden simulering. Till skillnad från de tidigare alternativen

diskuterade involverar denna typ av beräkning mer statistik och en avspegling av slump som kan uppstå i verkligheten. Att använda en simulering kan därför vara intressant för att skapa en förståelse över hur verklighetens osäkerheter spelar in på verksamheten.

Dessa fyra beräkningsmetoder har identifierats av författarna och kommer att analyseras i djupare detalj senare i rapporten. Andra beräkningsmetoder som exempelvis TCO eller LCC har exkluderats eftersom dessa även inkluderar investeringskostnaderna (Handfield, et al., 2011), något som skulle hamna i konflikt med denna studies avgränsningar om att enbart undersöka driften.

ABC-kalkyl

En aktivitetsbaserad kalkyl är en metod som används för att på ett mer rättvist sätt kunna fördela de kostnader som uppstår indirekt i samband med någon aktivitet. En föregångare till detta var en så kallad påläggskalkylering, där indirekta kostnader fördelas jämt mellan olika produkter som en extrakostnad. Den aktivitetsbaserade metoden fördelar dessa indirekta kostnader baserat på vilka resurser som är förknippade med olika aktiviteter och kan då ge en mer verklig bild över specifika kostnader av en produkt (Gerdin, 1994; Gunasekaran, 1999; Oskarsson, et al., 2013).

Totalkostnads-analys

En totalkostnad inom logistiken innebär att samtliga kostnader som påverkas av ett visst beslut summeras för att ge en övergripande bild av vad detta beslut innebär. Oskarsson et al. (2013) har sammanfattat de vanligaste elementen att ta med i en totalkostnadsmodell. Eftersom förutsättningarna inte ser ut på samma sätt och vilka kostnader som bör tas upp skiljer sig alltså beroende på kontext. Oskarsson et al. menar på att även om det skiljer sig från författare till författare vad som tas med i en totalkostnadsmodell finns det fem kostnadsposter som är aktuella i de flesta fallen. Nämligen lagerförning, lagerhållning, transport, administration och övrigt. Där kostnadsposten övrigt ger utrymme för förändring mellan olika kontexter (Oskarsson, et al., 2013).

Påläggskalkylering

En traditionell påläggskalkylering är en enklare kalkyl för att räkna med omringkostnader för olika aktiviteter/produkter. Det innebär att ett företag exempelvis kollar på sina inköpskostnader jämfört med kringkostnader, som intern logistik, hyra etc. Från detta kan man då ta ut en procentuell kostnad i form av omkostnader utspjutt på nya inköpta produkter (Oskarsson, et al., 2013).

Simulering

Robinson (2014) definierar simulation som följande: *Experiment med en förenklad imitation (på en dator) av ett system som rör sig genom tiden, i syfte att bättre förståelse och/eller förbättra det systemet.* Utifrån denna definition syftet med en simulering utskiljas. En simulering tillåter användaren att undersöka hur ett system kan förändras under tid. Exempelvis undersöka om en kötid till en bankomat kommer att överskrida fem minuter någon gång under en dag. En simulering kan ge användaren en bra bild över ett scenario, men kräver ofta en djup förståelse och mycket data för att skapa en tillförlitlig modell (Robinson, 2014; Brooks, et al., 2001).

3.2 Masshantering

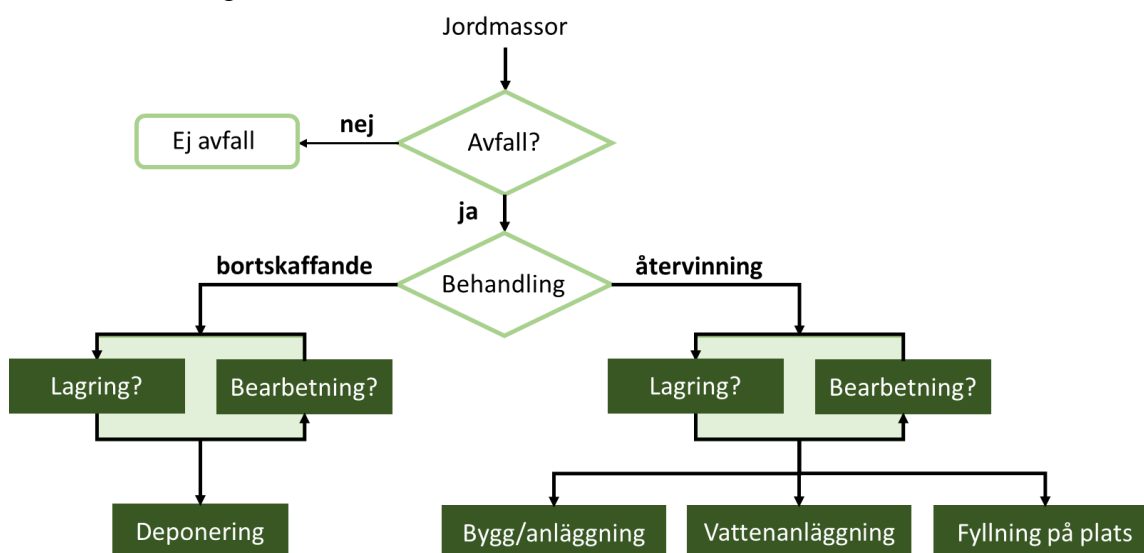
Schaktning respektive ifyllning av berg- och jordmassor behövs för i princip alla anläggningsarbeten i modern byggindustri (SGU, 2020). Vid byggnation schaktas ofta en del av det ursprungliga marklagret bort och fylls igen av jungfrulig massa. Den ursprungliga massan läggs ofta som bullervallar eller lågkvalitativ utfyllnad.

3.2.1 Massa som avfall

Avfall från byggverksamheter är efter gruvindustrin vad som genererar mest avfall i Sverige. Med gruvindustrin borträknad står byggverksamheten för cirka 40% av den totala mängden genererade avfall i Sverige (Naturvårdsverket, 2020). Från denna verksamhet uppkommer olika former av avfall, men till stor del är det jordmassor som skapar mängd, vilket står för den största mängden icke-farligt avfall (8 300 000 Ton), samt största mängden farligt avfall (597 000 Ton), exklusive gruvavfall (Naturvårdsverket, 2020). Jordmassor kallas tillsammans med andra icke brännbara material för inerta och står för mer än hälften av avfallet från byggbranschens avfall (Kjellsdotter Ivert, 2021; Kjellsdotter Ivert, et al., 2020).

Att uppgrävda jordmassor klassas som avfall är inte alltid en självklarhet och olika tolkningar har framkommit. Naturvårdsverket (2016) anser att massor som grävts upp kan återanvändas på plats där grävningen utfördes inom rimlig tidsrymd. Dock att om det finns osäkerhet kring om massorna ska användas eller att det är på längre sikt ska massorna behandlas som avfall. Detta synsätt stärks också av Linköping kommun (2020) som anser att alla schaktmassor är avfall, som får återanvändas om det kan ske utan ökade föroreningar eller att området blir skräpigt. Återanvändning av massor är alltså något som välkomnas, men som blir svårt att genomföra direkt vid byggarbetsplatser i urbana miljöer. Detta av den enkla anledningen att det ofta saknas plats att lagerhålla massor på den begränsade yta som används vid arbetet (Agapiou, et al., 1998).

SGU (2017) presenterar en detaljrik genomgång av hur hantering av hur avfallslagstiftning kring masshantering ser ut. I Figur 23 presenteras hur beslutsprocesserna av massaavfall är uppbyggd utifrån SGU (2017). Detaljer har kraftigt förenklats då denna studies syfte inte är avfallsbedömning.



Figur 23 Beslutsprocesser för jordmassor såvida de är avfall. Förenklad bild med förlaga av SGU (2017)

Utöver de lagliga ramverken presenterar Duran et al. (2006) från avfallsgenererarens perspektiv hur beslutssituationen kring att antingen återvinna eller deponera avfall ser ut. Valet att återvinna är enligt Duran et al. (2006) endast aktuellt om följande gäller:

$$T_d + K_d > T_{\text{å}} + K_{\text{å}} + S_{\text{å}}$$

Duran et al. (2006) menar alltså på att kostnaden att transportera till deponi (T_d) plus deponeringskostnaden (K_d) måste överstiga transporten till återvinningsstationen ($T_{\text{å}}$), plus återvinningskostnaden ($K_{\text{å}}$) samt kostnaden av att lagra och eventuellt separera avfall så den accepteras av återvinningsstationen ($S_{\text{å}}$).

Våtsiktning är en metod för att uppgradera schaktmassor så att de antingen kan få en mer högkvalitativ användning (Afzelius, 2020) eller för att underlätta deponitransporten (Bergman, 2021). Processen är relativt komplicerad men går kort ut på att en tvättning av materialet sker, att det därefter sorteras och att det till sist avvattnas.

3.2.2 Massa som handelsvara

En täkt bryter naturmaterial ur jorden, förädlar detta till en massa och säljer antingen till byggprojekt eller för vidareförädling till exempelvis betong. Antal täkter i Sverige minskar samtidigt som varje täkt i snitt producerar mer. Täktmarknaden är reglerad och tillstånd utfärdas av länsstyrelserna (SGU, 2020).

Massa har generellt ett mycket lågt värde per viktenhet. Priset fluktuerar mycket eftersom det, förutom att bero av kvaliteten och kostnadsdrivare som transporter och olika massauppgraderingar, också beror av hur mycket massa som andra byggprojekt kunnat återvinna och som släpps ut på marknaden (SGU, 2020; Holmberg, et al., 2021). Ponerar exempelvis ett tunnelprojekt i berg produceras mycket entreprenadberg och priset på detta minskar i området (Holmberg, et al., 2021). Är det återvunnet material påverkar också kostnaden för bortskaffandet i form av deponiavgift. Priset på återvunnen massa är generellt ca hälften av priset för täktbrutet material (SGU, 2020; SVOA, 2020; SGU, 2017).

Massa säljs som produkter med en millimeterintervall hur stora kornen kan vara. En lägre övre intervallgräns innebär att materialet krossats mer. Ett större intervall mellan undre och övre gräns betyder att storleken varierar mer och därigenom är massan mindre förädlad och generellt billigare. (SGU, 2020; SVOA, 2020; SGU, 2017). Nästa underkapitel behandlar djupare ämnet massas kvalitet påverkan på dess användningsmöjligheter.

3.2.3 Massas kvalitet

Ska man sälja eller själv använda återvunnen massa finns krav på dess kvalitet. Såväl massaprodukter från täkt som återvunnen massa kan få olika kvalitetsmärkning som kan visa på exempelvis sortering eller kornstorleksfördelning. Desto mer kvalificerad användning i byggprocessen desto högre kvalitetskrav krävs på materialet (Svensk Byggtjänst, 2020; Afzelius, 2020).

I Svensk Byggtjänsts AMA (allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten) (2020) beskrivs byggbranschens uppdelning av massors möjlighet till återvinning. Massor kan antingen vara Fall A eller Fall B och bedöms enligt AMA beroende på deras kvalitet och var de anskaffats. Om massa kan användas som fyllning inom ett fysiskt projekt, eller i AMA kallat arbetsområde, betecknas det som Fall A-massa. Dessa massor är ofta schaktmassor eller rent entreprenadberg. Om massa till fyllning däremot kommer från ett annat projekt eller från en täkt kallas det Fall B-massa. Likaså kan massor från schakt som kan användas till fyllning i aktuellt

projekt betecknas som Fall A medan överskottsmassor eller massor av låg kvalitet är Fall B (Svensk Byggtjänst, 2020).

3.2.4 Optimass

Optimass är en plattform och ett verktyg som Ecoloop tillsammans med Luleå universitet utvecklat (Ecoloop, 2021). Verktöget är gjort i MS Excel och används för uträkning av de effekter på massasituationen som ett visst byggande ger (Johansson, 2021 B). Modellen har en del med generella antaganden såsom priser, bränsleförbrukning och materialegenskaper. Men viktigaste i en nästa del kan fallspecifika indata i med byggplaner, körsträckor, grad av återanvändning samt tomtransporter per material och plats ges. Parametrar som i slutsteget kan väljas som utdata är hur mycket av de olika massasorterna som behövs respektive grävs upp och transportbehoven. Dessutom kan även kostnader, energianvändning samt CO₂-utsläpper från transporter per materialtyp fås ut (Johansson, 2021 B).

Optimass har gjort en indelning av jordartsgrupper baserat på jordartskartan av SGU (SGU, 2021; Johansson, 2021 B). Eftersom dessa kategorier är många och omfattande har enligt Johansson (2021 B) dessa slagits ihop till ett antal ingående respektive utgående massakategorier. Indelningarna kan sedan matchas ihop beroende på vad olika ingående kategorier kan och bör användas som. Beroende på aktuell studie kan kategorierna varieras och är ofta inte samma för in och utgående då ingående är beroende på faktisk schaktning medan utgående är beroende på vilket användningsområde som massan kan användas till (Johansson, 2021 B). Ett exempel på en förenklad indelning presenteras Tabell 2. En mera fullständig indelning baserad på samtliga kategorier i SGU:s jordartskarta kan skådas i Bilaga B, men även denna ska endast ses som ett stickprov.

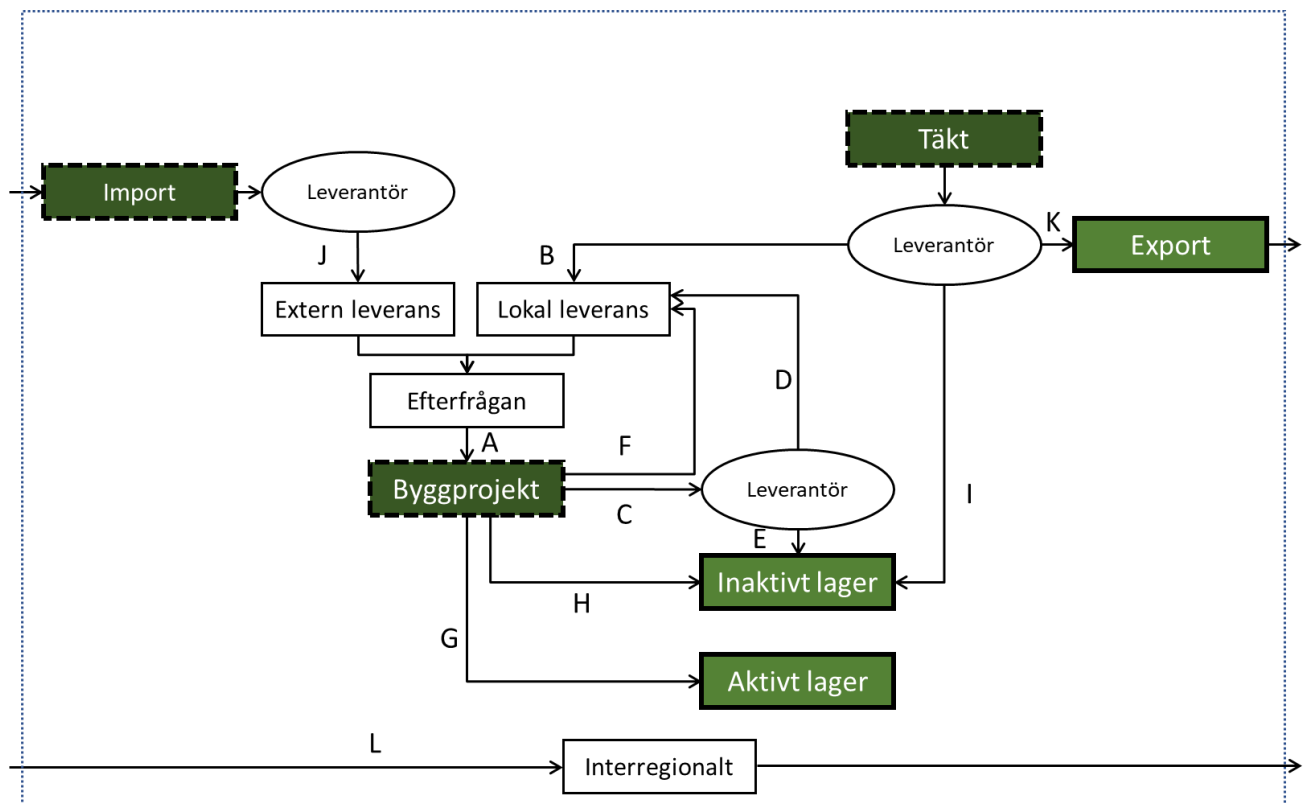
Tabell 2 Jordartsindelning i Optimass beräkningsmodell, baserat på Lundberg (2017) efter tillåtelse. Förenklad av rapportförfattarna, en fullständig version kan skådas i Bilaga B.

Kategori Optimass beräkningsmodell	Grund för indelning	Övergripande beskrivning enligt SGU
Berg av god kvalitet	Återanvänds efter kross	Berg
Sand, grus	Kan återanvändas, eventuellt efter sortering	Sand, grus, sediment av sand eller grus
Morän av god kvalitet samt dåligt berg	Kan delvis återanvändas efter sortering	Sandig eller grusig morän
Mjuka massor	Kan ej återanvändas, finns också få deponier	Leror och siltiga material, gyttja
Övrigt	Organiskt material får ej deponeras, kan användas som jordförbättring eller för energiutvinning	Torvmaterial, fyllmassor

3.2.5 Massflöden

Andelen återvinning av massa varierar kraftigt mellan olika projekt (Lundberg, 2017; Manjunath & Umrigar, 2017) och beror bl.a. på jordarter, föroreningsgrad och aktuell efterfrågan. Samma förutsättningar gäller mellan olika projekt. Entreprenadberg är relativt efterfrågat medan mjuka massor och förorenade massor ofta inte återanvänds (Lundberg, 2017). Magnusson et al (2015)

har sammanställt en konceptuell karta över massflöden, se Figur 24. Flöde A beror av den redan nämnda efterfrågan på massor vid byggen (SGU, 2020) som fylls på antingen av jungfruliga massor (B) eller av massor från andra regioner i flöde J (SGU, 2020). Flödet till aktivt lager (G) betyder att massan kommer till kvalitativ användning i ett byggprojekt medan flöde H går till inaktivt lager, vilket är deponi eller annan lågkvalitativ utfyllnad. Flöde C är de schaktade massor som normalt tas hand av en materialleverantör, denne skickar massorna antingen till inaktivt lager (E) eller efter bearbetning så som kross tillbaka till produktionen. Fall A-kategorin i kapitlet ovan återvinns också direkt på plats ofta efter krossning eller sortering. Slutligen kan massor både exporteras till en annan region (K) och även transporteras genom regionen (L). Notera att Figur 23 kan identifieras som F-A, C-D-A, H, C-E samt I.



Figur 24 Generellt flöde av byggmaterial i utefter Magnusson (2015, s. 20), fri översättning från engelska, språklig överflyttning till en regional kontext samt byte av färger.

3.2.6 Masstransporter

Då massor har lågt eller negativt utgör transporter ofta en stor del av slutpriset. Att minska transportkostnaden blir alltså viktigt för aktörer i branschen. Transportkostnaderna gör att massa från täkter kan ha så låg räckvidd som 50 km innan det blir olönsamt. Högre kvalitet innebär högre pris och att längre transportavstånd är möjliga (SGU, 2020).

Björklund (2012) förklarar några olika sätt att mäta transporter på:

- **Transportarbete** mäts i ton-km och är alltså transporterad vikt multiplicerat med sträckan. Det är ett vanligt mått men problemet är att tomtransporter inte syns.

$$\text{Transportarbete(tonkm)} = \text{vikt} \times \text{sträcka}$$

- **Trafikarbete** mäts i fordonskilometer, alltså hur långt en transport kört oavsett hur mycket det är lastat. Detta kan fungera väl i kombination med transportarbete menar Björklund men bortser från att tunga transporter ofta drar mer bränsle.

$$\text{Trafikarbete}(fkm) = \text{sträcka} \times \text{antal fordon}$$

- **Fyllnadsgraden** mäts i procent och visar hur väl som tillgängliga transportresurser utnyttjas. Det finns många olika sätt att räkna fyllnadsgrad och det skiljer sig mellan transportslag och kontext vad som är vanligast. Samlastning med hjälp av en centralisering eller samordning av logistikstrukturen kan öka fyllnadsgraden. Samlastning leder ofta till att totala transportarbetet ökar.

Traditionellt transporteras massa med lastbilar och dessa transporter skattas utgöra ca 30% av godsmängden på världens vägar (Guerlain, et al., 2019). Lastbilstransporter erbjuder ofta kort ledtid, en högre flexibilitet och dörr till dörrleveranser. Men att transportera massa med normalstor lastbil har en relativt hög energiförbrukning, genererar trängsel samt buller på vägarna och utnyttjar lite av lastbilens volymkapacitet (Lundberg, et al., 2017).

Sjöfart, kombinerat med en kortare sträcka med lastbil, har i studien av Lundberg et al. (2017) visat sig vara lönsamt för längre transporter av mjuka massor. Sjötransporten behöver enligt Lundberg (2017) vara drygt fyra mil för att transportpriset per ton ska bli lägre än för endast lastbilstransport, därefter blir sjötransporten allt billigare. Något som lämnar ytterligare rum för effektiviseringar är att ca 11% av det statliga vägnätet har fått en högre belastningsklass som möjliggör tyngre och större fordon. En studie med så kallade High Capacity Transport-lastbilar (HCT) för masstransporter har visat kunna minska antalet vägtransporter med 45–50% i MLC Norra Djurgården i Stockholm (Segeberg-Fick, 2020). Lundbergs (2017) fallstudie beräknar att HCT-lastbilar kan minska kostnaden med strax över hälften och sjötransporter med 80%.

3.2.7 Byggarbetsplatsen

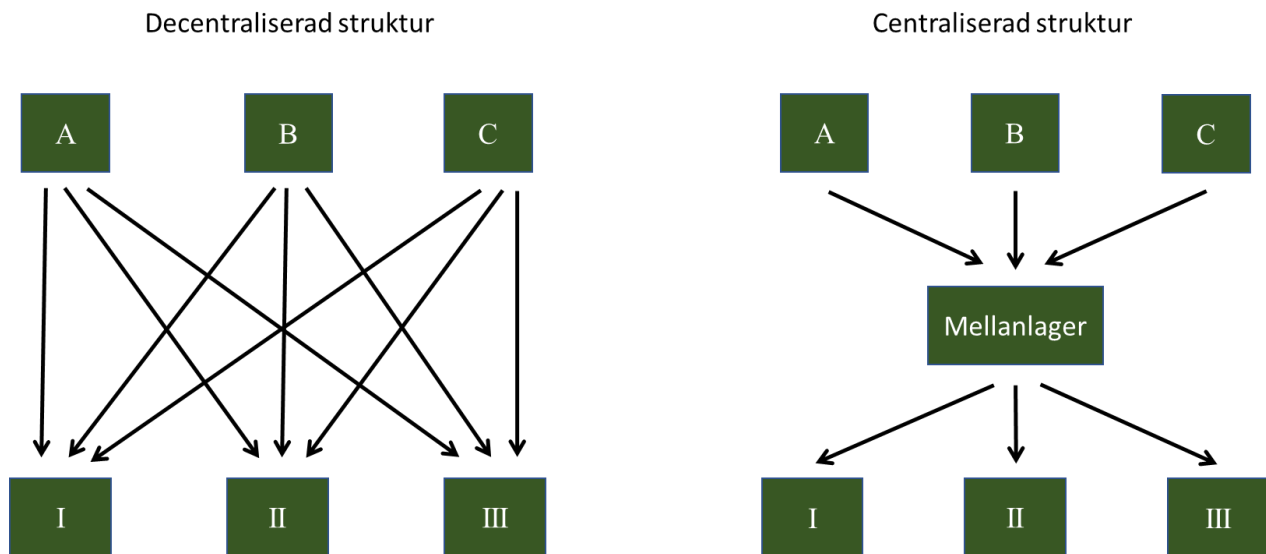
I slutändan ska massan användas på en byggarbetsplats, alternativt komma från en byggarbetsplats. Massahantering har alltså antingen byggarbetsplatsen som kund eller som leverantör, se Figur 25. Agapiou et. al. (1998) pekar i sin studie om logistikens roll för att effektivisera byggflöden på bygglogistikens karakteristika:

- Varor kommer när det passar leverantören.
- En tillfällig fabrik, alltså byggarbetsplatsen, sätts upp kring slutprodukten.
- Försörjningskedjorna som skapas är även de tillfälliga.
- Aktörer byts ofta mot en annan billigare och långsiktiga samarbeten som kan effektivisera sina gemensamma processer är ovanliga.
- Begränsade lagringsutrymmen i anslutning till produktionen.

Allt ovan gör att incitamenten för helhetsoptimering traditionellt är liten eftersom små flöden suboptimeras. Agapiou et. al. (1998) visar vidare att relativt enkla åtgärder för central koordination av bygglogistikflödet kan spara 5% av de totala kostnaderna. En av slutsatserna från Sofics (2020) studie är just att en stor fördel med en centraliserad materialhantering i av byggprojekt är att ha en logistikaktör obunden av enskilda projekt, som kan ha ett löpande samarbete med alla enskilda.

3.3 Centraliserad materialhantering

Detta kapitel kommer behandla det teoretiska underlaget till att centralisera, eller synonymt samordna, massahanteringen. Eftersom MLC är svagt etablerat i litteratur belyses generella effekter av en centraliserad logistikstruktur och det till MLC analoga begreppet bygglogistikcenter (BLC) som är mer utvecklat. Figur 25 nedan ger en inledande bild av hur en decentraliserad respektive centraliserad struktur ser ut.



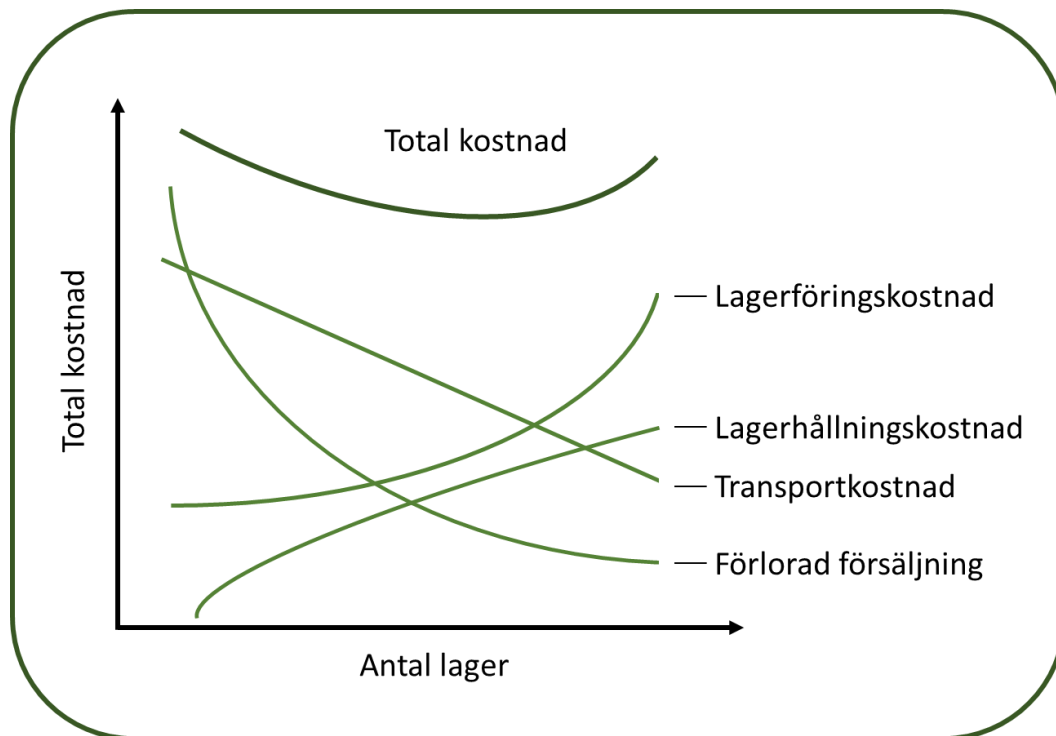
Figur 25 Förenklad bild av olika distributionsstrukturer utifrån Abrahamsson (1993, s. 76)

3.3.1 Centraliserings generella påverkan på utsläpp, kostnader och service

Till skillnad från bygg- och anläggningsbranschen har handel såväl som producerande industri länge behandlat centralisering kontra decentralisering.

Eftersom fokus i logistiksystemet ur ett leveransservicehänseende är på ledtid snarare än fysisk distans (Abrahamsson, 1992), behöver inte leveransservice påverkas negativt av en centralisering, utan kan som i Abrahamssons (1993) tre centraliserade typexempel öka service samtidigt som lagerföringskostnaderna minskar de totala kostnaderna, se Figur 26 och för kostnadsförklaringar i Bilaga G.

En viktig effekt när flera flöden konsolideras är att variationer i respektive flöde jämnas ut mot varandra och att därför den generella lagernivån kan hållas lägre när in- och utlastningarna blir mer förutsägbara. En generell lagerminskning sänker framförallt lagerföringskostnaden men i det längre loppet även lagerhållningskostnaden (Lumsden, 2006).



Figur 26 Antalet lagars påverkan på olika kostnader i tre case av Abrahamsson (1993)

Centralisering ökar normalt sett transportarbetet i ett system. Men kan ändå enligt såväl Kohn & Hüge Brodin (2008) som Aronsson, et al. (2008) innebära att fyllnadsgraderna höjs, gör det möjligt att flytta över konsoliderat flöde till intermodala transportsätt, ökar upphandlingspressen på transportörer samt minskar antalet nöduttryckningar som orsakas av brist (Kohn & Hüge Brodin, 2008; Aronsson, et al., 2008). Denna effekt är främst analyserad ur ett miljöperspektiv men kan även utnyttjas ur ett kostnadsperspektiv eftersom samtliga dessa utsläppspåverkande faktorer även påverkar kostnader i någon mån.

3.3.2 Tredjepartslogistik i byggbranschen

Tredjepartslogistiken i byggbranschen fungerar vanligen som en snittyta mellan olika nivåer av leverantörer och den slutkund som driver byggprojekt. Genom att outsourca logistiken i ett byggprojekt till en tredjepartslogistik kan den totala kostnaden minska (Lindén & Josephson, 2013) och produktiviteten (Ekeskär & Rudberg, 2016) i projekten öka. Dessutom minskar kasserat material och ordningen hos kunden som driver projekten ökar (Lindén & Josephson, 2013; Ekeskär & Rudberg, 2016). Ekeskär & Rudberg (2020) tittar istället genom leverantörernas perspektiv på tredjepartslogistik i byggbranschen. De pekar på att trots att det framförallt är kunder till BLC som tjänar mest på ett BLC så har leverantörer ofta en stor förståelse för att vinster hos en aktör kan fortplanta sig till hela försörjningskedjan.

3.3.3 Bygglogistikcenter

Tredjepartslogistik inom byggbranschen finner ofta att effektiviteten kan öka om flera byggprojekt kan samordnas i en centraliserad struktur. Denna centraliserade struktur för bygglogistik kallas bygglogistikcenter (BLC). I ett BLC lagras exempelvis fönster, armeringsjärn och betongelement centralt bland byggprojekten. Typiskt är att projekt inom en geografisk yta tvingas ansluta sig till BLC som då fungerar som mellanlager till dessa, både för konsolidering av inflöde och som en plats för återvinning av det returflöde som kommer från projektet (Guerlain, et al., 2019; Sofic, 2020; Transport for London, 2016). Begreppet BLC är

relativt utvecklat och undersökt till skillnad från MLC som fungerar motsvarande fast för massa (Lundberg, et al., 2020).

En studie av flertalet byggarbetsplatser i fyra olika europeiska städer av Guerlain, Renault, & Ferrero (2019) visar att simulerade bygglogistikcenter kan bidra kraftigt för att minska såväl antalet transporter som öka fyllnadsgraderna se Tabell 3. Därigenom kunde de simulerade bygglogistikcenter i tre av fyra fall betala sig redan första året och i samtliga fall minska både utsläpp och social påverkan som följer av antalet transporter.

Guerlain, Renault, & Ferrero (2019) har alltså visat att BLC kan öka effektiviteten i byggprocessen men förutsätter att en yta för bygglogistikcenter finns tillgänglig.

Tabell 3 Sammanställning av Guerlain, Renault, & Ferreros (2019) möjliga resultat utifrån en simulering av den logistiska förändringen av ett BLC i fyra europeiska städer jämfört mot ett referensscenario utan.

Faktor	Snittresultat	Medianresultat
Antal transporter	-48%	-48%
Energianvändning transport	-24%	-25%
Transporters sammanlagda längd	-30%	-28%
Leveranser mindre än 4 pall, antal	-100%	-100%
Fyllnadsgrad	+92%	+48%

För samma projekt skrevs också en rapport till EU som delfinansierat projektet (Ferrero & Guerlain, 2018), denna går djupare in på med vilken metod som studien utförts. Studien modellerar olika separata scenarion.

3.3.4 London Construction Consolidation Centre

Ett BLC-pilotprojekt kallat London Construction Consolidation Centre startades 2005 för att försörja fyra olika byggprojekt inom staden (Transport for London, 2016). Viktiga framgångsfaktorer har varit en koordinator och ett centralt IT-system som samordnar flödena till BLC:t. Kvantifierbara totala effekter redovisas i en rapport efter två års pilotstudier (Transport for London, 2008) och sammanfattas i Tabell 4. Det poängteras att effekterna blir ännu kraftigare för material som flödar genom BLC än de totala som även innefattar stora direktleveranser från leverantörer. Dessutom möjliggör BLC stordriftsfördelar vid upphandling, färre skador på varor, resiliens mot störningar samt större insyn i försörjningskedjan, högre färdigställandetakt i projekten och mer plats ute på projekten (Transport for London, 2008).

Tabell 4 Sammanställning av totalt resultat i Transport for London (2008) från två års pilotprojekt London Construction Consolidation Centre. Referensresultat utan BLC inom parentes.

Faktor	Resultat
Antal transporter	-40%
Leveranspålitlighet inom 15 min.	97% (39%)
Energianvändning transport	-70%

3.3.5 Hammarby Sjöstad

Ett BLC-projekt skapades 2003 under byggandet av Hammarby Sjöstad för att minska den sociala och ekologiska påverkan från bygglogistik. Byggandet av Hammarby sjöstad pågick mellan 2001 och 2015 men BLC skulle bara vara i drift i tre år. Centret startade som 95% offentligt finansierat men när aktörerna såg nyttan av centret kunde det övergå till helt marknadsmässiga villkor (Beitoei, 2007).

Då projektet var del av ett samarbete mellan olika europeiska städer bevakade Trendsetter (2006), som finansieras av Europeiska kommissionen, resultatet genom det centrala datasystem

som loggade godsflödena. Utöver de kvantitativa data som redovisas nedan från Trendsetter, menar Beittoei (2007) att byggaktörer uttryckte sig positiva till centret, att fler projekt kunde färdigställas i tid såväl som inom budget och att andelen skadat gods minskat.

Tabell 5 Sammanställning av totalt resultat från tre års BLC i Hammarby sjöstad (Trendsetter, 2006; Beittoei, 2007)

Faktor	Resultat
Antal transporterturner	-50%
Energianvändning transport	-89%
Leveranser mindre än 4 pall, antal	-80%
Ökad fyllnadsgrad	+70%
Kötid	-90%
Fordonskilometer	-59%

3.4 Sammanfattning erfarenheter och teori

Utifrån olika modellbyggnadsteorier rapportens undersökningsmodell designats (Bertrand & Fransoo, 2016; Ackoff, 1972; Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994; Robinson, 2014; Urban, 1974; Lave & March, 1975). Grundupplägget består av Robinsons (2014) cirkulära design som inleds med skapandet av en konceptuell modell utifrån verkligheten. Denna kvantifieras i en datamodell som förbättras genom testning och som sedan implementeras i verkligheten, vilket enligt Bertrand & Fransoos (2016) modell stödjer detta utöver Robinsons inkludering av datamodell. Denna rapportens undersökningsmodell presenteras i Figur 21 på sida 24. Skapandet av modellen förutsätter att en lämplig beräkningskalkyl väljs varför ett underlag för detta slutligen presenteras.

Från det som diskuterats kring masshantering i referensramen och i erfarenheter av MLC kan det konstateras att det är ett relativt komplext ämne vars kostnader ska modelleras. En del i komplexiteten är byggbranschens karakteristik med temporära försörjningskedjor, korta samarbeten och små lagringsmöjligheter ute på byggprojekten (Agapiou, et al., 1998). Ur det systemperspektiv som är anlagt är flödet i masshantering av högt intresse. Magnusson (2015) presenterar en generell modell av massflöden i Figur 24 på sida 34. Flöden har gemensamt att massa grävs upp i antingen en täkt eller i ett projekt. Därefter sker ett varierande flöde till slutlig aktiv användning i ett projekt eller som passiv förvaring i exempelvis en deponi med från noll till oändligt med loopar.

En stor del av kostnaden för masshantering är den för transport (SGU, 2020). Detta gör att mycket kan vinnas av en effektivisering av transporter och av att återvinning och central mellanlagring minskar transporter eller möjliggör för effektivare transporter. Den centraliserade struktur som ett MLC innebär kan enligt generell centraliseringsteori öka kostnader för transporter (Abrahamsson, 1992) men tycks enligt fallen med BLC och MLC tvärtom minska denna kostnad (SVOA, 2021; Bergman, 2021; Trendsetter, 2006; Beittoei, 2007; Transport for London, 2008; Guerlain, et al., 2019; Frosth, 2014). Det har inte entydigt klarlagts varför detta är möjligt, men ökad logistisk effektivitet genom att inte utförarna sköter logistiken (Lindén & Josephson, 2013; Ekeskär & Rudberg, 2020), möjligheten för återvinning vilket minskar transportarbetet (SVOA, 2021; Bergman, 2021; Trendsetter, 2006; Beittoei, 2007; Transport for London, 2008; Guerlain, et al., 2019; Frosth, 2014) och slutligen möjlighet för kostnadseffektiv samlastning (SVOA, 2021; Trendsetter, 2006; Beittoei, 2007; Transport for London, 2008; Lundberg, et al., 2017; Bergman, 2021) har lagts fram. Dessutom minskar kostnaden för inköpt material när återvinning genomförs och kostnaden för att deponera reduceras (Bergman, 2021; Frosth, 2014; SVOA, 2021). Möjligheten för återvinning av massa är framför allt beroende på

dess kvalitet (SVOA, 2021; Holmberg, et al., 2021) vilket gör även bearbetning och kvalitetssäkring till vitala aktiviteter i processen. Är ej återvinning möjlig blir värdet av massa negativt när det betraktas som avfall och måste deponeras (SGU, 2020; Fredriksson, 2021; SVOA, 2021).

4 Uppgiftsprecisering

I detta kapitel presenteras och motiveras huvudfrågeställningar baserat på syftet. Dessa följs av studiens studerade system och leder vidare till att huvudfrågorna bryts ner i underfrågor med stöd av teori.

4.1 Huvudfrågor

För att tydliggöra för läsaren vilka frågor rapporten behöver besvara för att syftet ska uppfyllas, anser Eriksson & Widersheim-Paul (2014) att en del förtydliganden bör redovisas. Detta inkluderar det studerade systemet, samt en nerbrytning av syftet till mindre komponenter. Processen i detta kapitel ämnar till att i enlighet med Eriksson & Widersheim-Paul öka tydligheten i rapporten genom att bryta ner syftet till tydliga huvud- och underfrågor. Detta är också ett sätt att knyta syftet till den teoretiska referensramen. Studiens syfte som nämndes tidigare i rapporten var:

Syftet är att skapa en modell för att beräkna kostnaden av att driva ett MLC.

Från syftet blir det tydligt att *skapa en modell* är en vital del för att uppnå studiens mål. Att arbeta på ett strukturerat sätt för att skapa en modell är viktigt enligt flera författare (Robinson, 2014; Ackoff, 1972; Bertrand & Fransoo, 2016; Urban, 1974; Lave & March, 1975). Eftersom modellbyggnad är av större vikt i detta syfte har huvudfrågorna delats upp för att stödja en strukturerad modellframtagning. Robinson (2014) beskriver några huvudsakliga steg för att ta fram en modell som *utformning*, *kvantifiering* och *förbättring*, vilket ligger till grund för de framtagna huvudfrågorna.

Som tidigare diskuterat saknas det en uppsättning bestämda regler för att bygga en modell och att det finns flera olika tillvägagångssätt (Hägg & Widersheim-Paul, 1994). Området som studien avser att undersöka är relativt outforskat, vilket ställer högre krav på flexibilitet i modellen att kunna anpassa sig efter en iterativ utveckling. Det cirkulära iterativa upplägget av Robinson ansågs passa bra i detta ändamål. Att enbart använda sig av en modell finns det alltid en risk att andra delar missas och därför har källor som Bertrand & Fransoo (2016), Brooks, et al. (2001), Ackoff (1972), Urban (1974), Lave & March (1975) och Hägg & Widersheim-Paul (1994) också använts. Syftet med detta är delvis att täcka andra aspekter av modellering, samt styrka legitimiteten av den struktur som presenteras av Robinson (2014).

För att skapa en grund för modellen samt för att alstra en djupare förståelse över problemsituationen rekommenderar Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016) att som ett första steg ta fram en konceptuell modell. Att börja med en konceptuell modell innan den riktiga modellen utformas fungerar också som en bekräftelse för modelleraren att rätt element är identifierade och ligger på en rimlig detaljnivå. Utan detta steg finns risken att en alltför komplex modell konstrueras, vilket kan leda till en svårstyrd och tung modell (Brooks, et al., 2001).

Flera författare menar på att det är viktigt att skapa en förståelse över problemet och vad modellen ämnar utföra, innan själva modellbyggnaden påbörjas (Urban, 1974; Ackoff, 1972; Bertrand & Fransoo, 2016; Robinson, 2014; Lave & March, 1975). Den första huvudfrågan består därför av delen *utformning* och fokuserar på att lägga grunderna för modellen, vilket inkluderar framtagningen av en konceptuell modell. Denna huvudfråga ämnar skapa en förståelse över innehållet och modellens målsättning, samt vilken information som finns tillgänglig rörande drift av MLC. Den första huvudfrågan lyder därför:

Huvudfråga A: Vilken utformning ska modellen ha?

Efter att den konceptuella modellen är färdigställd fortsätter processen enligt Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016) med att ta fram en modell. Eftersom syftet med rapporten handlar om att ta fram en beräkningsmodell är detta ett naturligt steg i studien. Det är dock viktigt att komma ihåg att framtagningen av modellen är en iterativ process och att även i detta stadiet kan det framkomma orsaker som får modellerarna att ta ett steg tillbaka för att förändra den konceptuella modellen (Robinson, 2014).

Att kvantifiera modellen innebär att gå från en konceptuell modell till en mer färdigställd modell. Enligt Robinson (2014) sker denna process genom att modelleraren för in modellen i ett datorprogram. Detta förfarande stämmer även med Bertrand & Fransoo (2016) även om de inte definierar bestämt att datorprogram används. Nedan presenteras åter igen den andra huvudfrågan och dess underfrågor.

Den andra delen, *kvantifiering*, ligger därför till grund för den nästa huvudfråga. Syftet inkluderar utöver *skapa en modell* också delen *beräkna kostnaden*. Hur denna kostnad ska beräknas är något som lyfts under denna huvudfråga, tillsammans med hur själva modellen utformas. Den andra huvudfrågan lyder därför:

Huvudfråga B: Vad krävs för att kvantifiera modellen?

Hägg & Wiedersheim-Paul (1994) och Robinson (2014) menar båda på att förbättring är ett viktigt steg i processen att ta fram en modell, som åter igen belyser vikten av ett iterativt arbete. Efter att ha färdigställt modellen, kontrolleras den med experimentella data för att undersöka hur väl den fungerar. Detta är viktigt både för att förstå hur modellen kan användas i praktiken, trovärdigheten och inom vilka områden förbättringar bör äga rum.

Den sista delen, *förbättring*, är även denna fokuserad på *att skapa en modell* från syftet. Anledningen till detta är delvis för att samtliga modeller diskuterade i referensramen (Robinson, 2014; Ackoff, 1972; Bertrand & Fransoo, 2016; Urban, 1974; Lave & March, 1975) lyfter förbättringen som en viktig del i modellbyggande. Robinson (2014) menar på att det är under detta steg som validering och verifikation spelar en stor roll. Med verifiering kan modelleraren skapa sig en förståelse över hur väl den konceptuella modellen har överförts till en slutgiltig modell. Valideringen däremot används för att kontrollera hur den verkliga modellen stämmer överens med verkligheten och hur väl den svarar på modellens syfte. Detta är viktigt både för att skapa en trovärdighet för modellen, och för att se hur framtida studier kan förbättra modellen (Robinson, 2014). Denna huvudfråga ämnar därför att undersöka trovärdigheten och validiteten av modellen och lyder:

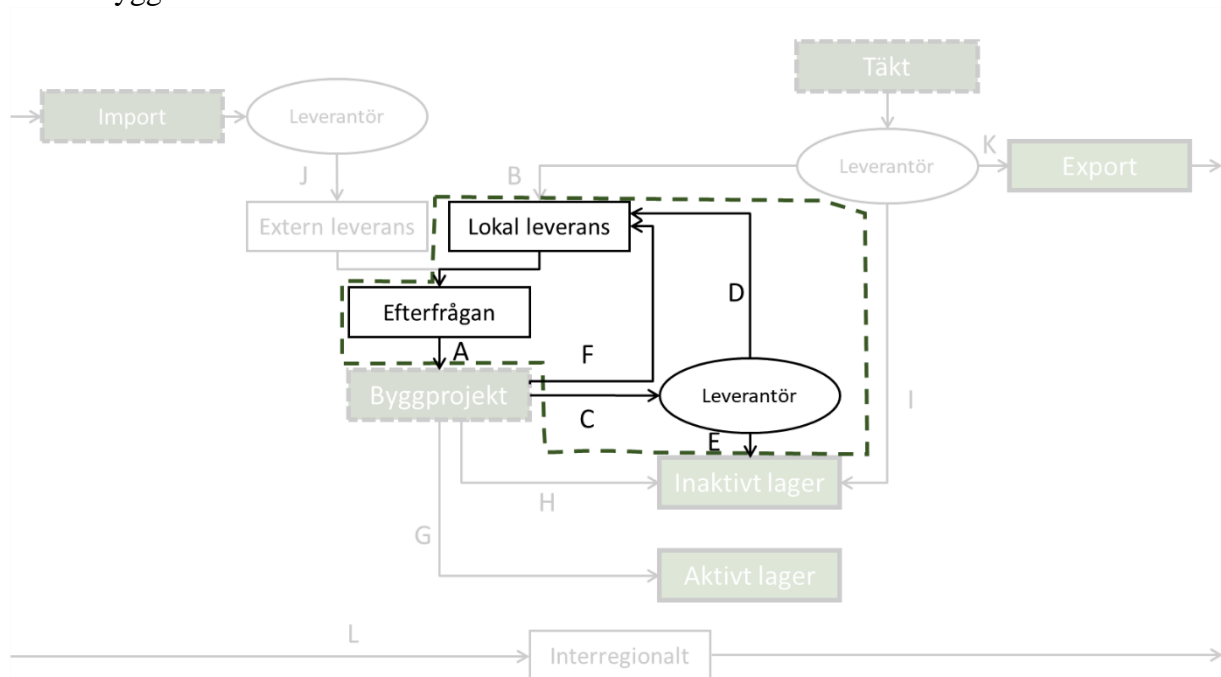
Huvudfråga C: Vad kan förbättras i modellen?

I avsnittet Akademiens krav lyftes systemsynsättet av Gammelgaard (2004) och Björklund & Paulsson (2012). Detta synsätt fokuserar på relationen mellan olika delar av ett system och är vanligt förekommande inom logistiken. Med huvudfrågorna och syftet med studien förtydligt har också ett studerat system identifierats. Fredriksson (2021) menar att bygglogistikforskningen ofta fokuserar på ett scope istället för att avgränsa bort vissa delar. Detta förhållningsätt motiveras av byggbranschens karakteristik av tillfälliga strukturer (Agapiou, et al., 1998). Inledningsvis presenteras då det scope eller, som det från och med nu kallas, studerade system

som är aktuellt för denna studie. Efter detta redovisas också hur syftets tre delar *utformning*, *kvantifiering* och *förbättring* samt tillhörande huvudfrågor bryts ner ytterligare till underfrågor.

4.2 Studerat system

Modellens intentioner är att på ett tillfredställande sätt beräkna kostnader för driften av ett MLC. Enligt det anlagda systemsynsättet blir det studerade systemet viktigt i ett läge av uppgiftsprecisering (Gammelgaard, 2004; Sandberg & Abrahamsson, 2019). Det finns olika sätt att representera detta studerade system som inkluderas i kostnadsmodellen beroende på generaliseringsgrad. Nedan kommer två systembeskrivningar att göras med ökande detaljeringsgrad. Generaliserat kan ett studerat system utgå från Magnusson (2015). Det kan då sägas att alla kostnader genererade i flöden motsvarande A, C, F, H, E och D från Figur 24 kommer analyseras i MLC-läge, se Figur 27. Detta är alltså en generaliserad bild som inte bestämmer exakt vilka aktiviteter som innefattas men som också ger en frihetsgrad till modellbyggandet.

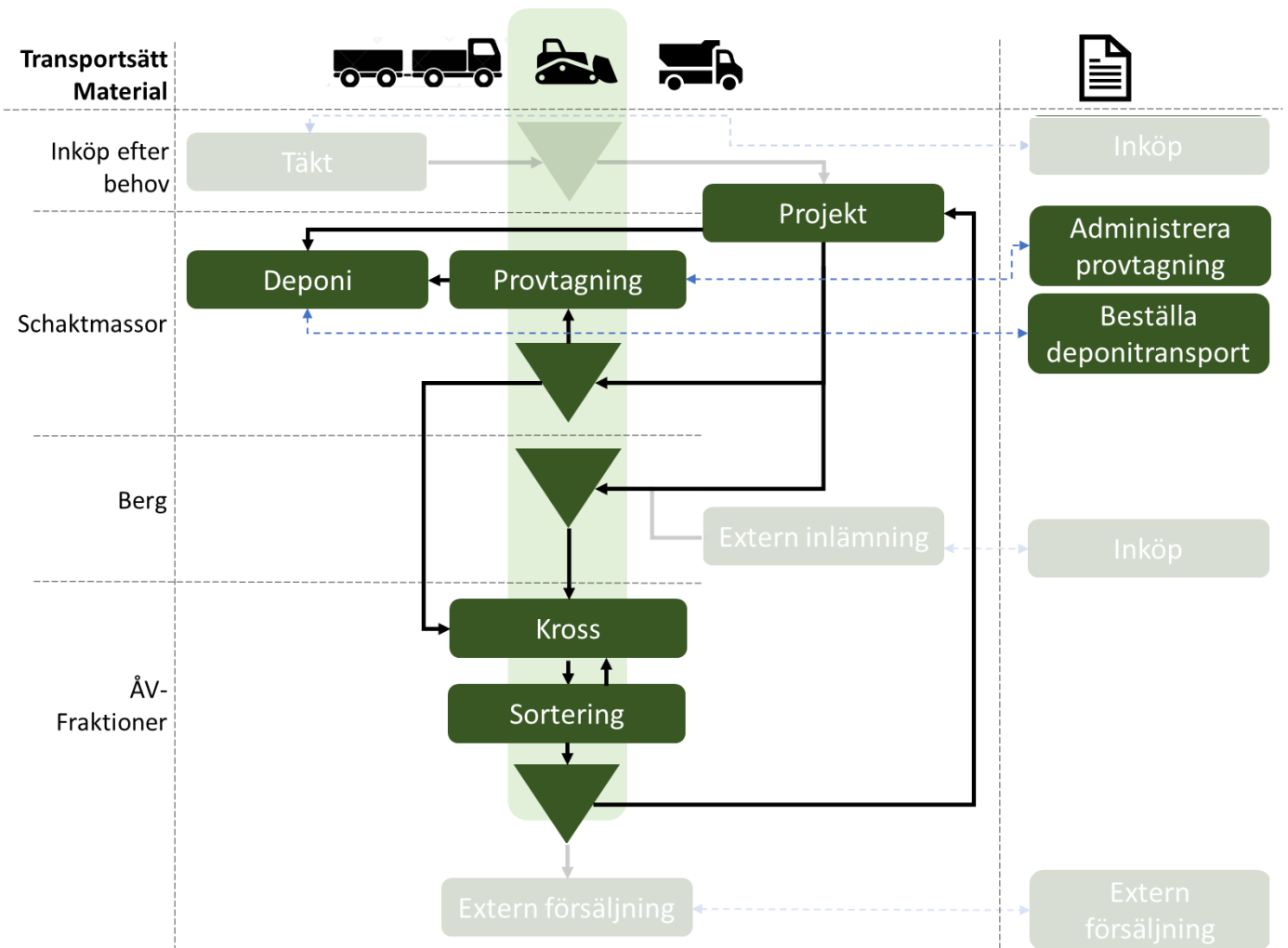


Figur 27: Systemets avgränsning ur Figur 24 (Magnusson, et al., 2015, p. 20)

Magnussons (2015) flödeskarta över jord och bergflöden är just generell och säger i sig inte vilka aktiviteter som dessa flöden genererar eller vilka specifika flöden som en centraliserad struktur skapar. SVOAs (2021) beskrivningar utmynnade i kapitel 2 till en aktivitetssuppdelningar av större aktivitetsgrupper. Av dessa ovanstående inkluderande generella flöde mer praktiskt kopplat till aktiviteter och i ett MLC kommer följande områden tas med:

- Från projekt till MLC
- Från projekt till deponi
- In-/utlast i MLC
- Lagring i MLC
- Återvinning i MLC
- Från MLC till projekt
- Från MLC till deponi

Med detta menas exempelvis att markprover och okulära tester ute på projekten är utanför studerat system. För att slutligen lägga grunden inför modellens utformande, specificeras modellen nedan än mer med hjälp av den projicerade fallstudien i 2.6. För att följa analogin med BLC (Ferrero & Guerlain, 2018; Transport for London, 2008; Sofic, 2020) och för att förenkla modellerandet har den externa försäljningen och den externa inlämningen av berg uteslutits ur systemet.



Figur 28 Studerat system rent praktiskt uppdelat i aktiviteter och lager. Bortskuggat utanför systemet

Utöver dessa flödesbilder finns även ett administrativt arbete av statistikinsamling, transportplanering, lagerplanering och fakturering till projekt. Detta inkluderas i systemet när de handlar om flöden inom systemet. Kostnader för drift av föregående aktiviteter är det centrala. Fallstudien är sedan avgränsat av den data som genereras från verktyget Optimass applicerat på norra Norrköping samt byggandet av Ostlänken, med MLC placerat i på Malmölandet nordöst om Norrköping. I ljuset av att systemet begränsats till driftkostnader kan det diskuteras hur finansiering och tredjepartsaktörer hanteras i modellen. Det övergripande systemet består praktiskt i att vissa tjänster som transporter och krossning ofta köps in med en inbyggd vinstmarginal och antagen marknadsprissättning. Den konceptuella modellen som sådan antas beräkna faktiskt kostnad som om all verksamhet skedde inhouse. Däremot kan datainsamlingen till modellen i vissa fall behöva ta hänsyn till att data är av C-typ (Robinson, 2014). Detta gör att kostnader behöver estimeras av prissättningen på inköpta tjänster. I tid begränsas modellens test i norra Norrköping till mellan år 2021 och 2035 för att data och strukturer ska vara aktuella.

Det huvudsakliga fokuset med denna rapport är alltså att ta fram en modell som kan förklara kostnader som uppstår vid användning av ett MLC. De framtagna huvudfrågorna och respektive underfrågor motiveras nedan i större detalj. Robinson (2014) beskriver de huvudsakliga stegen för att ta fram en modell i Figur 21 och dessa steg som användes för huvudfrågorna benämndes som *utformning*, *kvantifiering* och *förbättring*.

4.3 Nedbrytning huvudfråga A – Utformning

Nedbrytningen av den första huvudfrågan till underfrågor kommer att beskrivas nedan, den första huvudfrågan lyder:

Huvudfråga A: *Vilken utformning ska modellen ha?*

Enligt Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016) är ett av de första stegen för modellaren att skapa sig en förståelse över hur problemsituationen ser ut. Vilka aktiviteter som äger rum och vilka resurser som används är därför viktiga att förstå för att bygga den konceptuella modellen på en grund som stämmer överens med verkligheten. Robinson (2014) menar också på att det är viktigt att genom intervjuer och litteratur bekräfta antaganden för att validera den förståelse som har uppkommit.

Liksom ovan presenterats av bland andra Naturvårdsverket (2016), SGU (2020), SGU (2017) och Holmberg, et al. (2021) är massahantering och dess logistik beroende av många parametrar. Massa kan både hanteras som avfall och komponent till byggindustrin beroende på förutsättningar så som massasort, deponiavgift, tillgång, efterfrågan och föroreningsgrad. Dessa vitt skilda synsätt vävs samman i massahanteringen där massorna kan skifta mellan negativt och positivt materialvärde. Denna mix är dessutom relativt utforskad vad gäller processkartläggning och kostnadsstruktur. Därav lyder den första underfrågan:

Underfråga A.1 *Vilka resurser och aktiviteter äger rum inom det studerade systemet?*

Specifika exempel på MLC berörs i Kapitel 2 där Dahlberg (2021), Bergman (2021) och Lindberg & Gustavsson (2021) förklarar hur processer sker i ett MLC. Med dessa erfarenheter i ryggen ämnar denna fråga att på en djupare nivå finna vilka aktiviteter som äger rum och vilka resurser som används i det studerade systemet på ett motsvarande MLC. Identifierade aktiviteter och resurser har också varit viktiga för det fortsatta arbetet med modellen. Delvis för att förstå hur kostnader uppkommer, för att beräkna dessa i modellens senare skeden samt för att förstå vilken tillgänglighetstyp data har (Robinson, 2014; Eriksson & Widersheim-Paul, 2014).

Med en ökad förståelse av situationen är nästa steg att, enligt Robinsons (2014) ramverk för framställning av en konceptuell modell, sätta mål, bestämma input, output samt innehåll, avgränsningar och detaljnivå av modellen. Genom studiens syfte har det redan fastslagits att en kostnad av driften ska beräknas. Det viktiga är att bekräfta detta mål med intressenter av rapporten och att fastställa att målet är rimligt. Enligt Robinson innebär detta även att en önskad output bör bestämmas i detta skede.

De experimentella faktorerna kallas för input till modellen och är enligt Robinson (2014) vad som förs in i modellen för att ge en output. Inom masshanteringen beror dessa delvis på vilken data som finns tillgänglig och till vilken grad modellen ska vara anpassningsbar efter hur ett faktiskt MLC ser ut. Att byggbranschen präglas av tillfälliga försörjningskedjor och projektplatser (Agapiou, et al., 1998) innebär att MLC kan byggas upp på olika sätt, med olika syften. Vilket betyder att variationen mellan olika MLC kan vara stor.

Modellens innehåll beror delvis på vilken data som finns tillgänglig. Som tidigare diskuterat finns det en stor variation av massor som kan komma att hanteras inom ramarna för ett MLC. Samtidigt finns det flera olika flöden (Magnusson, et al., 2015), kvalitetskrav, återanvändbarhet (Svensk Byggtjänst, 2020) och föroreningsgrader (Lundberg, 2017) som alla påverkar innehållet, antagningar och förenklingar av modellen. För att förstå detta bättre lyder den andra underfrågan:

Underfråga A.2: *Vad krävs för att designa en konceptuell modell?*

Flera modellbyggnadsmetoder poängterar vikten av en verklighetsnära koppling mellan modellens input och output (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016; Lave & March, 1975). Det har i den teoretiska referensramen vidare förklarats att såväl byggbranschen som massalogistik har en särskild karakteristik (SGU, 2020; SGU, 2017; Fredriksson, 2021; Holmberg, et al., 2021; Agapiou, et al., 1998). Därför är det av stor betydelse att det vid utformningen av den konceptuella modellen läggs särskild vikt vid att de egenskaper som verkligheten har också avspeglar sig i modellen. Med egenskaper menas här sådant som grad av flexibilitet i val och följd effekter av vissa indata. Därav lyder den sista underfrågan, som färdigställer den konceptuella modellen:

Underfråga A.3: *Vilka egenskaper behöver modellen ha för att avspegla det studerade systemet?*

4.4 Nedbrytning huvudfråga B – Kvantifiering

Nedbrytningen av den andra huvudfrågan till underfrågor kommer att beskrivas nedan, denna huvudfråga lyder:

Huvudfråga B: *Vad krävs för att kvantifiera modellen?*

Beräkningsmodellen behöver använda sig av någon form av kalkyleringsmetod för att förse användaren med ett tillfredställande svar. Oskarsson et al. (2013) belyser vikten av att inte bara beräkna kostnaderna av en avdelning eller del av en process, utan att istället se till att få med den totala kostnaden. Vilken kalkyl som används för att beräkna kostnaden beror på den konceptuella modellens utformning (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016), tillgängliga data (Robinson, 2014) och tidsram (Fredriksson, 2021).

En viktig aspekt att ha i åtanke är att vanliga beräkningsmetoder inom logistik sällan tar upp aspekten av att hantera avfall (Oskarsson, et al., 2013; Lumsden, 2006). Dessa produkter skiljer sig på så sätt att anskaffade produkter kan ha ett negativt värde (Fredriksson, 2021), vilket skapar andra förutsättningar när det kommer till kalkylen så väl som modellen i helhet. Vad detta betyder i praktiken är att kalkylen måste kunna räkna på insamlade massor på olika sätt och med olika förutsättningar.

Efter att lämplig kalkylmetod fastslagits krävs en större förståelse av denna kalkyl (Robinson, 2014). I den teoretiska referensramen har det presenterats en del kalkylmetoder i största korthet. Detta betyder att den kalkylmetod som ansetts som mest passande behöver utforskas i djupare detalj. Därav lyder den första underfrågan:

Underfråga B.1: *Vilken kalkyleringsmetod bör användas till modellen?*

Den andra underfrågan ämnar knyta den valda utformningen till teoretisk litteratur för att på ett strukturerat sätt inleda kvantifieringen (Robinson, 2014; Lave & March, 1975; Bertrand & Fransoo, 2016). Denna process utvecklar den valda metoden i en andra teoretisk referensram för att sedan kunna skapa rapportens kvantifiering:

Underfråga B.2: Vilken teoretisk bakgrund finns för den valda kalkyleringmetoden?

Robinson (2014) beskriver att modellen bör konstrueras på en dator med hjälp av kodning. Den här kodningen behöver nödvändigtvis inte betyda att modelleraren skriver kod, utan att modellen skapas på lämpligt sätt på en dator (Robinson, 2014). Att bygga modellen i en dator är dock inget som Hägg & Wiedersheim-Paul (1994) eller Bertrand & Fransoo (2016) tar upp som ett nödvändigt steg. Istället handlar det om att redovisa modellen på ett lämpligt sätt för att uppfylla syftet. Robinson (2014) menar på att samtal med klienten för modellen kan föras för att komma fram till ett lämpligt verktyg. Även om denna studie inte har någon direkt klient, genomförs uppdraget i samarbete med Ecoloop. Det är också med data från Ecoloop:s verktyg Optimass som modellen ämnar hämta data från under testning. Ett verktyg som till största del är konstruerat i programmet *Microsoft Excel* (Johansson, 2021 B). Något som modellerarna bör ha i beaktning. Modellens uppbyggnad är också beroende av hur den valda kalkyleringsmetoden kan appliceras på modellen. För att ta reda på detta lyder den andra underfrågan:

Underfråga B.3: På vilket sätt kan den valda kalkylen appliceras på modellen?

Robinson (2014) menar på att den iterativa processen under modellbyggande är viktig. Dels för att kunna förändra modellen beroende på vilken data som finns tillgänglig, men också för att anpassa modellframtagningen efter den tidsram som existerar kring de flesta studier. Att det skulle saknas data för modellen under denna process var inte bara rimligt, utan även troligt. Modellerarna behövde därför ta fram data som saknas efter att kalkyleringsmetoden är applicerad och göra avvägningar gällande hur den insamlades. Beroende på vad den konceptuella modellen krävt utifrån innehåll, avgränsningar och förenklingar har en ny modell konstruerats. För att säkerställa att tillräcklig mängd information insamlats lyder den sista underfrågan som färdigställer datamodellen:

Underfråga B.4: Vilken ytterligare data krävs för att modellen ska färdigställas?

4.5 Nedbrytning huvudfråga C – Förbättring

Nedbrytningen av den sista huvudfrågan till underfrågor kommer att beskrivas nedan, denna huvudfrågan lyder:

Huvudfråga C: Vad kan förbättras i modellen?

Det första steget i att skapa en förståelse över potentiella brister i modellen var att testa modellen mot verkligheten genom en fallstudie. Med detta kunde en validering av modellen att göras. Denna fallstudie testas på scenariot presenterat i Kapitel 2.4. För att beräkna vilka mängder av massor som är aktuella användes verktyget Optimass. Denna fallstudie har ägt rum i Norrköping där en större undersökning med verktyget Optimass har skett tidigare inför Ostlänken (Johansson, 2021 B). Utöver detta har en del datainsamling om övrigt byggande i staden blivit aktuellt för inmatning i Optimass. För att testa detta lyder den första underfrågan:

Underfråga C.1: Vad blir resultatet av att testa modellen i en fallstudie?

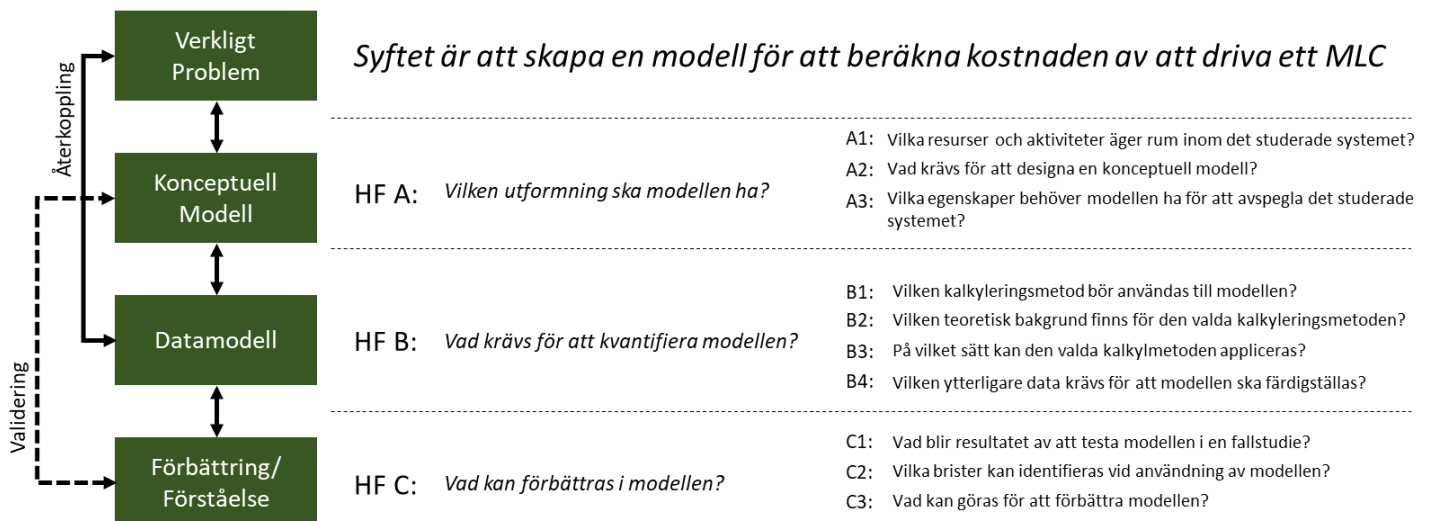
Att analysera utfallet av fallstudien är viktigt eftersom det bygger en grund för framtida studier kring modellen. Robinson (2014) belyste vikten av att validera och verifiera modellen, vilket skulle ske iterativt genom hela utvecklingsperioden. Det kan dock också användas som ett sista steg i den processen och för att lämna förbättringspunkter inför framtida studier.

En utmaning modellerarna står inför i denna studie, är att det saknas en verklig version av modellen att testa mot, eftersom det idag saknas ett MLC i Norrköping. Valideringen har därför behövt anpassas efter detta. Bristerna och potentiella förbättringsområden har dokumenterats och motiverats av modellerarna (Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994). För att besvara detta har två underfrågor tagits fram och lyder:

- Underfråga C.2: *Vilka brister kan identifieras vid användning av modellen?*
 Underfråga C.3: *Vad kan göras för att förbättra modellen?*

4.6 Sammanfattning

De presenterade huvudfrågorna och medföljande underfrågor ämnar strukturera upp vägen för att besvara syftet med rapporten. Nedan sammanfattas detta tillsammans med vilket område i Robinsons (2014) metod respektive fråga behandlar.



Figur 29: Sammanfattning av frågeställningar

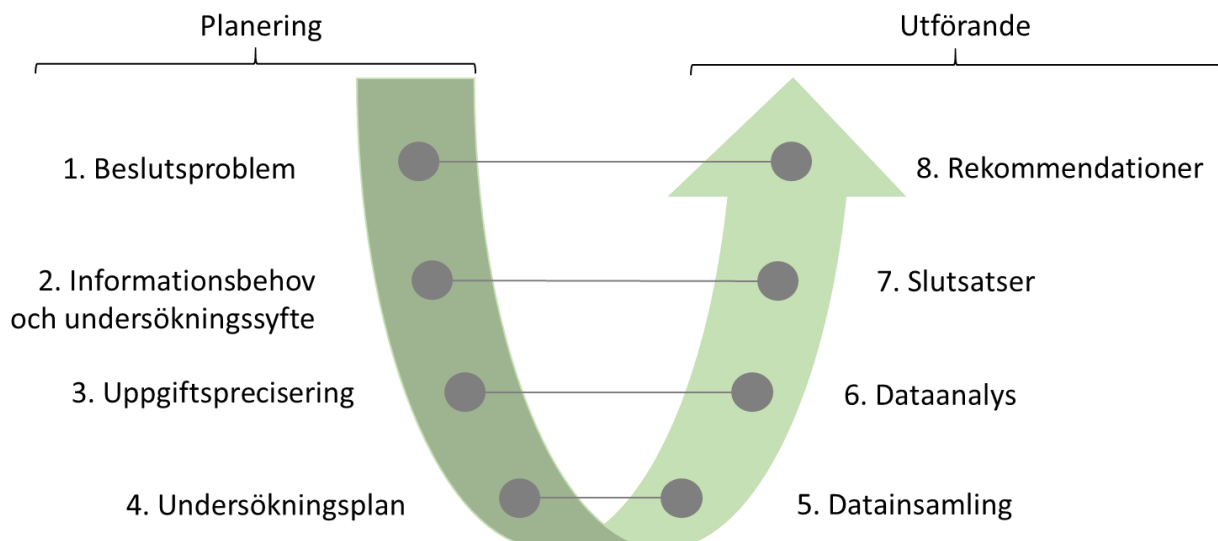
5 Metod

I detta kapitel beskrivs tillvägagångssättet för studien. Syftet är att ge en transparent förklaring till hur studien utförts för att underbygga slutsatserna av analysen. Redogörelsen inleds med den studiens design varefter faserna vilken den är genomförd i beskrivs. Beskrivningen av faserna inkluderar det praktiska tillvägagångssättet för att besvara frågeställningarna.

5.1 Studiens design

När huvudfrågor formulerats utifrån syftet skapas en metod för att uppfylla syftet. Den metod som praktiseras i denna studie utgår från olika författares verk. Intentionen har varit att sammanfoga dessa olika metoder för att optimalt tillfredsställa studiens frågeställningar. En studies design är hur olika aktivitetens utförande har ordnats och delats in i faser. Denna studies design har framställts med grund i fyra etablerade metodlitterära verk. Lekvall & Wahlbin (2001) används regelbundet i logistikforskning vid Linköping Universitet. Blomkvist & Hallin (2019) har använts därför att den är skriven för exjobbkontexten. Karlssons (2016) presenterade metoder utgår i flera exempel från logistiken. Patel & Davidson (2003) är slutligen väletablerad och en vanligen använd metodlitteratur.

Metodlitteratur tenderar att ha sina egna modeller för studiers design. Ett första exempel är det Wahlbinska U:et som tagits upp i institutionen IEI:s kurser (Lekvall & Wahlbin, 2001). Det Wahlbinska U:et menar Lekvall & Wahlbin (2001) ska definiera den övergripande designen på en studie och att en design är något som varje studie har. U:et består av åtta steg och är indelad i två delar, en planerande och en utförande, vilket kan i förenklad form ses i Figur 30. Detta är något som även denna rapport enligt de akademiska kraven i 1.6 ska ha. De första fyra planeringsstegen ska enligt Lekvall & Wahlbin (2001) utmynna i en planeringsrapport och den andra halvan i en slutrapport som då innefattar samtliga steg. Det första steget ska skapa en bild av problemet, det ska fråga hur och varför situationen ser ut som den gör och undersöka tänkbara beslutsalternativ. I nästa steg formuleras syftet med studien utifrån problemformuleringen i det första steget. Detta syfte preciseras i det tredje steget genom litteraturstudier till en konkretisering hur data ska samlas in och kunna uppfylla syftet. I det fjärde steget sätts den slutgiltiga undersökningsplanen, som inkluderar metod för hur datainsamling och dataanalys ska göras, ihop till en planeringsrapport. Efter detta påbörjas enligt Lekvall & Wahlbins (2001) den utförande delen. I det femte steget ska data insamlas som i steg sex sedan analyseras och sammanställs. Denna sammanställning kan sedan användas för att dra slutsatser i det sjunde steget. I detta steg inkluderar Lekvall & Wahlbin (2001) också känslighetsanalys och studiens generaliserbarhet. Det sista steget återvänder till ursprungssituationen och ska ge rekommendationer för beslutssituationen.



Figur 30 En förenkling av det Wahlbinska U:et inspirerad av Lekvall & Wahlbin (2001)

Nästa design presenteras av Blomkvist & Hallin (2019) i *Metod för teknologer enligt 4-fasmetoden*. Blomkvist & Hallin (2019) kallar sina faser Formulera, Konstruera, Producera och Leverera. Det är liksom Lekvall & Wahlbin (2001) en iterativ design som trycker på behovet i att kunna gå tillbaka i processen.

Karlsson (2016) presenterar sin process i *Research in operations management* enligt en 11-fasmodell:

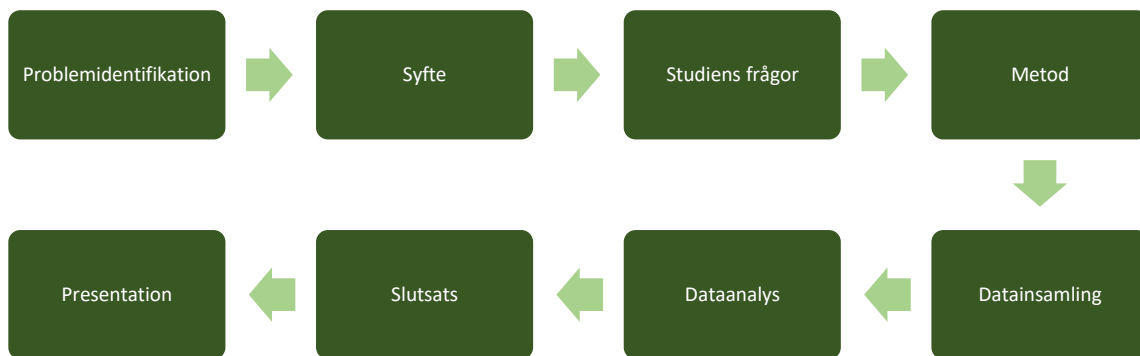
1. Problemidentifikation
2. Litteraturstudie av tidigare studier i ämnet
3. Bestämna syfte
4. Specificera studiens frågor utifrån litteraturstudien och syftet
5. Välja metod
6. Utveckla en konceptuell modell av ämnesområdet
7. Datainsamling med grund från den konceptuella modellen
8. Dataanalys
9. Slutsats utifrån analysen
10. Utvärdera forskningen och ge förslag till vidare forskning
11. Publicera och kommunicera resultatet

Slutligen presenteras Patel & Davidson (2003) designupplägg i *Forskningsmetodikens grunder – att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. De sammanfattar sin undersökningsdesign, på ett liknande sätt som Blomkvist & Hallin (2019) i följande steg:

1. Kunskapsinsamling och perspektiv på ämnesområdet
2. Problemformulering, syfte och resultat från litteraturstudier
3. Metodval
4. Implementation av metoden
5. Presentation av studien

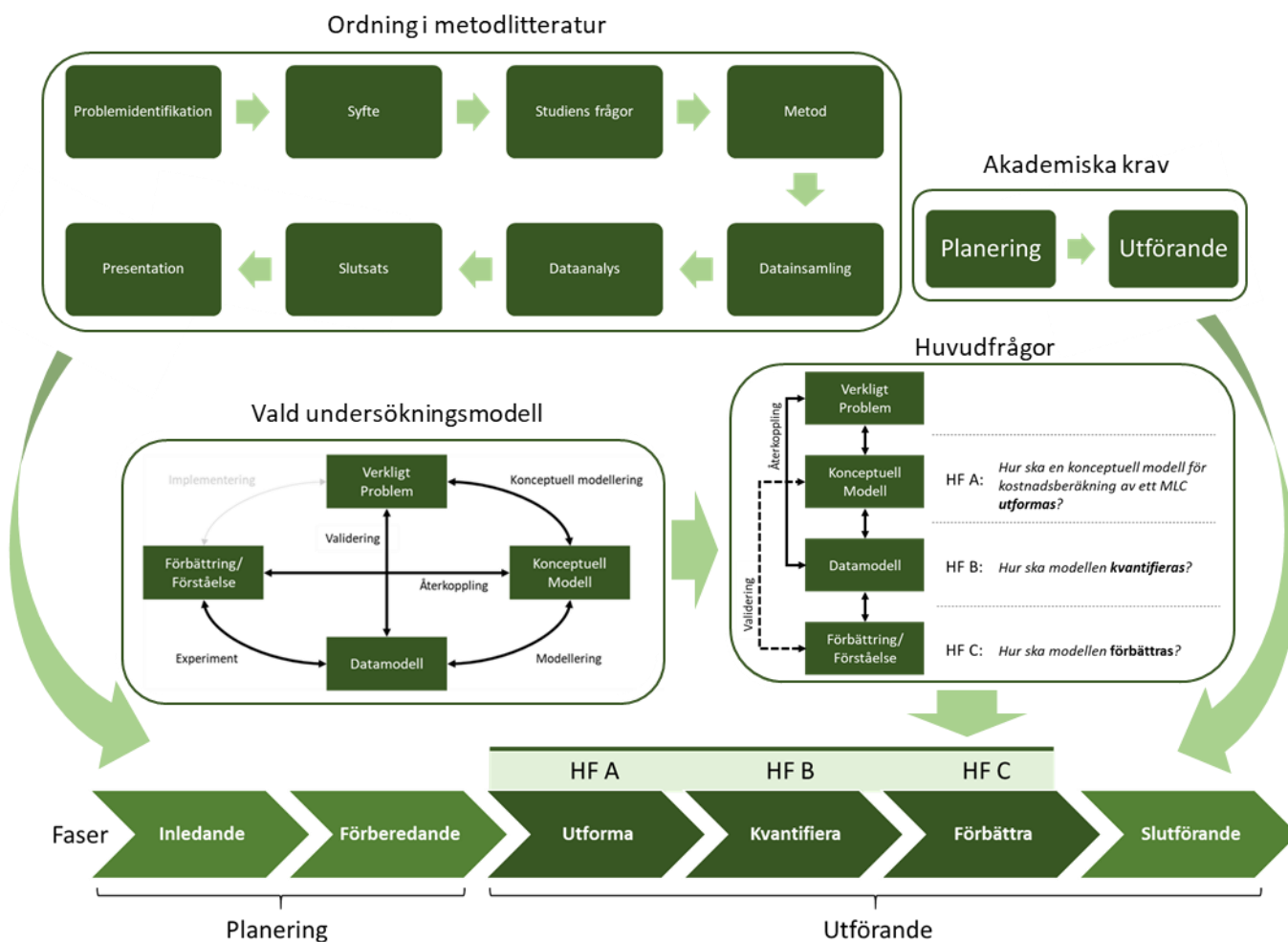
Patel & Davidson (2003) menar vidare att denna undersökningsdesign kan varieras beroende på studiens syfte och förutsättningar. De olika sätt som Lekvall & Wahlbin (2001), Karlsson (2016), Blomkvist & Hallin (2019) och Patel & Davidsson (2003) rekommenderar att strukturera studier på, har sina respektive karaktäristiker och styrkor. De olika sätt som Lekvall & Wahlbin (2001), Karlsson (2016), Blomkvist & Hallin (2019) och Patel & Davidsson (2003) rekommenderar att

strukturera studier på, har sina respektive karaktärsticker och styrkor. Dessutom är de passande i olika situationer. Trots att Lekvall & Wahlbins (2001) studiedesign är framtagen för marknadsföringsbeslut, som är långt från ämnet för denna studie, har det Wahlbinska U:et använts i logistikforskning vid Linköping universitet. Designen som delar upp stegen i en planerande och en utförande del gör det möjligt att klargöra förutsättningar innan studiens utförande påbörjas vilket Oskarsson et al. (2013) presenterar som en modell för logistikstudier. Blomkvist & Hallin (2019) är skriven för att stödja ingenjörer i deras exjobb. Något som med andra ord skulle lämpa sig för denna studie, men de har en något bredare ämneskontext som innefattar hela teknikområdet. Karlsson (2016) har en metod avsedd för verksamhetsstyrning med exempel från logistiken medan Patel & Davidson (2003) slutligen ger en mer generell studiedesign. Logistik, exjobbsituationen och allmän forskning är samtliga relevanta aspekter i denna studie, varför samtliga designmetoder ingår i denna studies design. Gemensamt för författarna är att de understryker att processen ska vara iterativ trots att designerna presenteras sekventiellt (Blomkvist & Hallin, 2019; Lekvall & Wahlbin, 2001; Karlsson, 2016; Patel & Davidsson, 2003). Designerna skiljer sig i frågan om antal steg och detaljeringsgraden, men ordningen i Figur 31 gäller i alla valda metodlitteratur.



Figur 31 Gemensam ordning i valda metodlitterära verk (Blomkvist & Hallin, 2019; Lekvall & Wahlbin, 2001; Karlsson, 2016; Patel & Davidsson, 2003)

Det kan alltså konstateras att ordningen är generell men att skillnaden ligger i detaljeringsgraden. Patel & Davidsons (2003) konstaterande att undersökningsdesignen ska varieras beroende på syfte och förutsättningar gör att denna studie kan designa sin egen metod utifrån given metodlitteratur. Denna studie har förutom stödet från metodlitteratur, kraven från akademien, och uppgiftsprecisering också att förhålla sig till den valda modellbyggnadsteori som presenteras i 3.1 (Bertrand & Fransoo, 2016; Robinson, 2014; Ackoff, 1972; Brooks, et al., 2001; Lave & March, 1975; Urban, 1974). Ordningen på aktiviteterna följer den valda metodlitteraturen och kalibern på fasindelningen följer Patel & Davidson (2003) och Blomkvist & Hallin (2019) med fasen *Producera* uppdelad i tre självständiga faser. Metodlitteraturens innehåll och ordning, konsekvensen av de akademiska kraven, den valda undersökningsmodellen samt de valda huvudfrågorna leder alla till skapandet av studiens design som kan ses i Figur 32. Specifikt kan nämnas akademiska kraven kring röd tråd som inneburit att en planering har gjorts innan studien genomförts.



Figur 32 Från rapportens undersökningsmodell via frågeställningar till studiens fasuppdelning

5.2 Inledande fas

Den första fasen kan likställas med Blomkvist & Hallins (2019) första och Patel & Davidsons (2003) två första faser. Detta inkluderar att få perspektiv och bakgrund till problemställningen samt att formulera studiens syfte.

Blomkvist & Hallin (2019) och Bell & Waters (2016) lyfter att litteratursökningen bör vara gjord utan förutfattade meningar men utvecklas med den kunskap som inhämtas. Samtidigt är det centrala ämnet masslogistik relativt outforskat och mycket av de artiklar som finns tillgängliga är från företaget Ecoloop, projektet Optimass och KTS på LIU. Ett explorativt sökande i den absolut inledande delen av den inledande fasen kan fokusera på artiklar från dessa avgränsade källor.

Att sedan i en senare del av den inledande fasen göra sökningar i Scopus med relevanta sökord som i Tabell 6 och samtidigt läsa de artiklar som tillhandahållits av kontaktpersoner är en kompromiss mellan att nyttja relevant teori och en teoriobjektivitet. Denna syftar till att dra nytta av den stora kunskapskälla som rapportens handledare och kundföretag besitter, samtidigt som objektiva källor tas in för att belysa ämnet från ett annat håll. Samtidigt skapar detta möjlighet till positiv växelverkan eftersom artiklar givna kan användas till litteratursökning och litteratursökning ger ett perspektiv på givna artiklar. Ej ännu publicerade artiklar har och ena sidan högt informationsvärde då dessa samlat relevanta referenser men kan samtidigt inte nyttjas till direktreferens. En intressant faktor är att båda rapportförfattarna har blivit influerade av

tidigare studier där logistiska teoretiska grundstenar gällande sådant som centralisering och kostnader redan lagts i tidigare universitetskurser.

Tabell 6 Exempel på en inledande litteratursökning i Scopus inledande fas, asterisk (*) innebär att både plural och singlar inkluderas. Se fullständig sökning i Bilaga C

Söktermer	Antal träffar	Lästa abstract	Lästa artiklar
Recycling site*	412		
Recycling site* + earth	52		
Recycling site* + rock	3	1	1
Recycling site* + earth + rock	0		
Recycling site* + rock + soil	3	1	1
Recycling site* + soil	166	2	2
Recycling site* + soil + earth	32	2	2

En problematik i syftesval som Eriksson och Wiedersheim-paul (2014) trycker på är *fel utredningsproblem*. Detta handlar om att rapporten i sin helhet ämnar utreda fel sak. Detta kan resultera i att studien försöker skapa en modell för något som egentligen är ett symptom på ett problem och inte dess ursprung. I detta fall kan det resoneras fram att den ursprungliga problematiken kan handla om fel byggteknik som kräver schaktning och ifyllning av så mycket massa. Det kan vid tiden för rapportförfattandet bland annat noteras att frågan om snabbtåg kan byggas på pelare diskuterats (Eklund, 2021; Näslund, 2021), vilket skulle förändra massaanvändningen vid rälsanläggningsarbeten. Med backning av flertalet rapporter bedöms dock behovet av cirkulär masshantering vara grundläggande (Axelsson, 2018; Magnusson, et al., 2015).

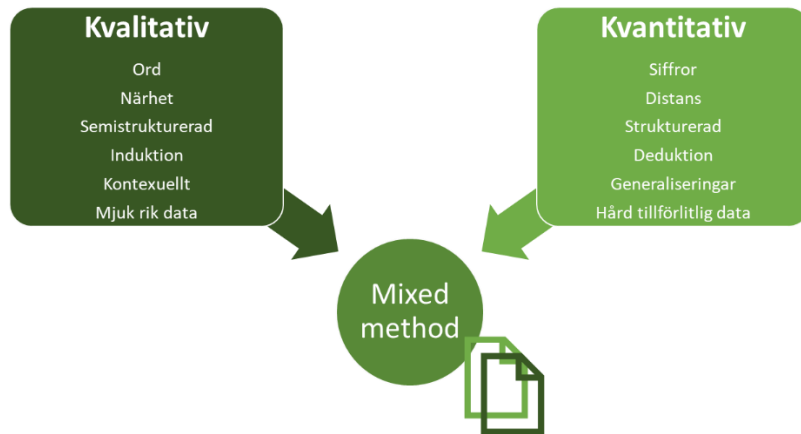
5.3 Förberedande fas

För att lägga grund inför att bryta ner syftet till frågeställningar behövdes här kunskap om modellbyggnad. Därför måste den teoretisk referensramen utökas med hjälp av modellbyggnadsteorier. Även om Robinsons (2014) modellbyggnad är välanpassad för den kontext som syfte och bakgrund beskriver, i det att den utvecklar en modell som omvandlas till en datamodell som sedan testas i en fallstudie, måste även annan modelleringslitteratur från Ackoff (1972), Bell, et al. (2019), Bertrand & Fransoo (2016), Hägg & Wiedersheim-Paul (1994), Lave & March (1975) och Eriksson & Wiedersheim-Paul (2014) läsas för att skapa en bredare bild av modellskapandet.

Enligt den givna studiens design har syftet, med hjälp av den teoretiska referensramen tillsammans med erfarenheter av MLC, brutits ner i uppgiftsprecisering till huvud- och underfrågor. Till detta följer enligt studiens design att välja en metod för genomförandet som valts enligt i metoden efterföljande beskrivningar. Både fasuppdelningen och frågeställningarna följer synkront rapportens undersökningsmodell, inspirerad av Mitroff et al. (1974) och Brooks, et al. (2001), samt upplagd efter Robinson (2014), som kan ses i Figur 21.

Utöver att knyta rapporten till tidigare vetenskap som karakteriserar en akademisk rapport (Björklund & Paulsson, 2012), krävdes ytterligare insamling eftersom det saknades information om nuläget kring MLC. Björklund & Paulsson (2012) pekar på att olika datainsamlingsmetoder passar vid olika tillfällen. Eftersom den inledande delen av denna metod är av kvalitativ karaktär menar såväl Bell et al. (2019) som Blomkvist och Hallin (2019) att intervjuer skulle vara en effektiv metod för att samla in data. Av den anledningen genomfördes intervjuer med en kvalitativ inriktning för att författarna skulle kunna knyta rapporten till ett nuläge. Blomkvist och Hallin (2019) menar också att många studier döper sina metoder antingen till kvantitativ eller

kvalitativ. Dessa två metoderna skiljer sig i hur tillvägagångssättet för att samla in data sker och vilka möjligheter som finns för analys. Hela studien brukar ofta tillskrivas en av dessa två men efter rekommendation av Blomkvist och Hallin (2019) har detta inte gjorts, utan endera kvalitativa och kvantitativa metoder har använts där så är lämpligt. Detta tillvägagångssätt kallas *mixed method* av Becker & Sempik (2006) och Bell et al. (2019). För vanliga associationer till kvalitativ och kvantitativ se Figur 33.



Figur 33 Vanliga associationer till kvantitativ respektive kvalitativ metod, enligt Blomkvist & Hallin (2019), bildar Becker & Sempiks (2006) och Bell et al. (2019) mixed method

Björklund & Paulsson (2012) lyfter specifik att en intervju kan ge tillgång till information som har direkt bäring på studiens syfte. Baksidan är som Bell et al. (2019) pekar på risken att intervjuer förmedlar delvis partiska data eftersom intervjuarens tolkning starkare spelar in i metodens genomförande. Bell et al. (2019) skriver vidare i kapitlet om intervjuer att dessa om möjligt ska standardiseras och spelas in för att varken frågor eller svar ska missuppfattas.

Blomkvist och Hallin (2019) menar att en kvalitativ intervju kan vara antingen ostrukturerad eller semistrukturerad, samt att valet beror på när den genomförs i studien.

Den ostrukturerade är till för början på ett arbete (Blomkvist & Hallin, 2019). Med grund i detta var den första intervjun med Fredriksson (2021) ostrukturerad eftersom den handlade om att skapa en första förståelse över kontexten. Graden av struktur handlar alltså om en vägning mellan att få vägledning av intervjuobjektet, och därigenom maximera intaget av dennes kunskap, mot att garantera opartiskheten. Blomkvist och Hallin (2019) fortsätter med att den semistrukturerade intervjuerna är de allra vanligaste. De bygger på en intervjuguide med frågor men följdfrågorna beror av intervjuobjektets svar (Blomkvist & Hallin, 2019; Bell & Waters, 2016)

Resterande intervjuer i studien har därför valts vara semistrukturerade.

Robinson (2014) och Eriksson & Widersheim-Paul (2014) presenterade i referensramen vikten av att hantera data efter hur den samlas in. För att skapa en trovärdighet för den data som samlats in presenteras också denna data enligt Robinsons kategorisering av datatillgänglighet. Som nämnts i 3.1.5 bör även aspekter som tillförlitlighet, relevans, balans, effektivitet och etik beaktas, även om de sinsemellan ofta är svåra att fullständigt kombinera (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014). Källornas tillförlitlighet försöker erhållas genom att intervjuer och litteratur tas så primärt nära det analyserade objektet som möjligt, men även att en underliggande källkritik kontinuerligt prövar källorna. Relevansen motiveras i tabellerna för redovisade intervjuer, exempelvis i Tabell 7. Genom att i studien intervjuar ett brett spektrum av aktörer kan en balans uppnås, detta är inte något som uppnås i denna fas men som förbättrats i senare faser. Effektivitet erhålls i litteraturläsning genom att först titel läses, om relevant sedan sammanfattning och först därefter hela rapporten; som kan ses i Bilaga D. Effektivitet i intervjuer

sker genom den semistrukturerade designen som möjliggör att diskussionen inte svävar iväg samtidigt som följdfrågor kan anpassas efter svaret (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014; Karlsson, 2016). I denna fas har även en undersökande processkartläggning av några MLC gjorts som utmyntat i Kapitel 2 och utgått från frågeformulär som redovisas i Bilaga F.

För att upprätthålla god etik och hög trovärdighet behöver vissa principer följas. Vetenskapsrådets (2017) God forskningssed har använts för att vägleda rapportskrivandet. Några allmänna inledande regler från Vetenskapsrådet (2017, p. 8):

1. ”Du ska tala sanning om din forskning.”
2. ”Du ska medvetet granska och redovisa utgångspunkterna för dina studier.”
3. ”Du ska öppet redovisa metoder och resultat.
4. ”Du ska öppet redovisa kommersiella intressen och andra bindningar.”
5. ”Du ska inte stjäla forskningsresultat från andra.”
6. ”Du ska hålla god ordning i din forskning, bland annat genom dokumentation och arkivering.”
7. ”Du ska sträva efter att bedriva din forskning utan att skada människor, djur eller miljö.”
8. ”Du ska vara rättvis i din bedömning av andras forskning.” (Vetenskapsrådet, 2017, p. 8)

Utöver att korrekt redovisa metod och resultat, tala sanning och inte plagiera (Vetenskapsrådet, 2017) har rapportförfattarna i linje med Vetenskapsrådet (2017) dragit slutsatsen att svåra etiska frågeställningar i denna studie främst framkommer i kontakten med studiens deltagare. Transparens och ärlighet har valts som viktigaste medlet för att hålla god etik på detta område (Vetenskapsrådet, 2017). Denna studie har vid alla intervjuer redovisat syfte för studien samt i vilken kontext den genomförs, och därefter givit möjlighet för intervjuobjektet att avböja. Detta förfarande överensstämmer med Vetenskapsrådets (2017) informationskrav och samtyckeskrav för samhällsvetenskaplig forskning.

Etiska vägval dyker dock upp när etik krockar med övriga viktiga aspekter (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014; Vetenskapsrådet, 2017). En sådan situation där etik och tillförlitlighet möter effektivitet är frågan om transkribering av intervjuer. Transkribering höjer trovärdigheten och ökar dokumentationen som i sin tur följer de allmänna etiska reglerna (Vetenskapsrådet, 2017). Men transkribering tar också mycket tid och är ineffektivt eftersom det inte för forskningen framåt därför är det val som gjorts med stöd av handledare på Ecoloop att transkribering inte utförs. Som ett komplement har istället intervjuer vid behov spelats in, och innan detta gjorts har intervjuobjektet frågats innan inspelning börjat med full möjlighet att tacka nej. Vidare har intervjuobjekt erbjudits anonymitet och känsliga detaljer har generaliserats till ungefärliga andelar som behåller den värdefulla informationen men utelämnar den känsliga uppgiften. Detta var ett etiskt vägval som genomfördes när etik krockat med andra viktiga aspekter (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014; Vetenskapsrådet, 2017). På så sätt har såväl tillförlitligheten som etik beaktats och en mellanväg har använts, efter denna praxis har även mindre vägval gjorts, som en kompromiss där båda aspekter beaktats men där konfidentialiteten hos studiens deltagare till sist prioriterats. Vidare har information inte använts till annat än att uppfylla syftet med rapporten. Detta ovan nämnda tillvägagångssätt motsvarar Vetenskapsrådets (2017) konfidentialitets- och nyttjandekrav och därmed har denna studie försökt följa samtliga fyra krav från Vetenskapsrådet (2017).

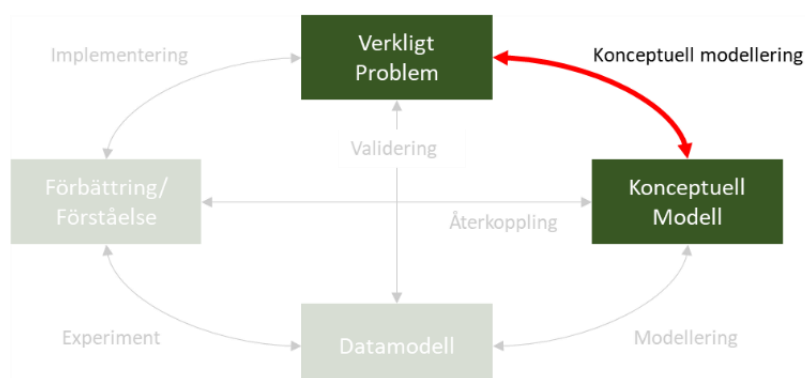
Tabell 7 Intervjuer och webinarium i förberedande fasen

Datum 2021	Kontext och relevans	Bidrag till studien	Referens
29/1	Professor vid KTS på LIU, skrivit flertalet vetenskapliga artiklar om bygg och anläggningslogistik,	Kunskap om bygg- och specifik massalogistikens karakteristik	(Fredriksson, 2021)
9/2	Webbinarium av Ecoloop om MLC	Massa som handelsvara och massas kvalitet	(Holmberg, et al., 2021)
9/2	Webbinarium av projektledare för NDS	Erfarenheter från MLC NDS	(Bergman, 2021)
18/2	Chef för Älvsjöanläggningen	Erfarenheter från MLC Älvsjöanläggningen	(SVOA, 2021)
9/3	Projektledare och driftledare för masshantering i Tyresö	Erfarenheter av MLC Strandallén Tyresö	(Lindberg & Gustavsson, 2021)
22/3	Platsbesök Norrköpings hamn med intervju	Kunskap om hamnens processer och deras roll i MLC	(Grimhed, 2021)
31/3	Chef för vatten och avloppsverksamheten Göteborg	Erfarenheter av MLC Bergsjön	(Hultén, 2021)

5.4 Utformande fas

Denna fas har byggts upp för att besvara nedanstående huvudfråga och därigenom följa den aktuella processen i rött i Figur 34:

A: Vilken utformning ska modellen ha?



Figur 34 Rapportens undersökningsmodell, inspirerad av Mitroff et al. (1974) och Brooks, et al. (2001). Aktuell process i rött

I Figur 34 ses att denna fas iterativt rört sig mellan det verkliga problemet och den konceptuella modellen i utförandet av konceptuell modellering. Likt nämnt i Nedbrytning huvudfråga A – Utformning bestod denna fas i att skapa förståelse för situationen. Genom båda de tidigare faserna har en förståelse för processen uppnåtts men som Robinson

(2014) rekommenderat har denna bild detaljerats och bekräftats genom intervjuer och litteraturstudier av mer praktisk karaktär.

Denna fas innebar alltså starten på genomförandedelen. När förståelsen skapats ska det närmare definieras vilken miljö som modellen ska verka i. Punkter som input, output och innehåll hjälper till att bygga den konceptuella modellen. Fasens intervjuer samt analysen av dessa har genomförts med stöd av Bell et al. (2019), Eriksson & Widersheim-Paul (2014) och Bell & Waters (2016). Datainsamling och dataanalys har genomförts i en mindre skala men då med stöd av Bell et al. (2019) och Eriksson & Widersheim-Paul (2014).

För att tydliggöra för läsaren hur varje underfråga ska besvaras anser Björklund & Paulsson (2012) att detta bör förklaras med ett praktiskt tillvägagångssätt för respektive underfråga, vilket ska i större detalj visa hur författarna ska gå tillväga för att svara på respektive frågeställning.. Detta stärks även genom att såväl Lekvall & Wahlbin (2001) som Patel & Davidsson (2003) menar på att någon slags detaljerad beskrivning av hur varje fråga besvaras bör redovisas i rapporten. Detta upplägg ämnar stärka trovärdigheten för att studien utförts på ett rimligt vis och också följa god forskningssed (Vetenskapsrådet, 2017).

Ytterligare ett område som beaktats för att styrka trovärdigheten av studien är ett kritiskt förhållningsätt mot insamlad information och teori. Förutom det redan diskuterade *fel utredningsproblem*, lyfter Eriksson & Widersheim-Paul (2014) de fyra ytterligare *punkterna tolkningsfel, mätfel, bearbetningsfel* och *rapporteringsfel*. Tre av dessa diskuteras under denna fas, medan rapporteringsfel lyfts under slutfasen.

Tolkningsfel kan, enligt Eriksson och Widersheim-paul (2014), uppstå när undersökning sker av ett urval istället för en hel population. Tolkningsfelet uppstår ofta när detta kombineras med något av bristerna bortfallsfel, urvalsfel eller ramfel. Bortfallsfel uppstår vid brist på svar, vilket skapar osäkerhet. Urvalsfel däremot framkommer då ett stickprovsresultat inte stämmer överens med den fullständiga populationens uppfattning. Den sista bristen ramfel innebär att litteratur, företag och annat som berörts i studien behandlats på ett sätt som resulterar i ett felaktigt resultat.

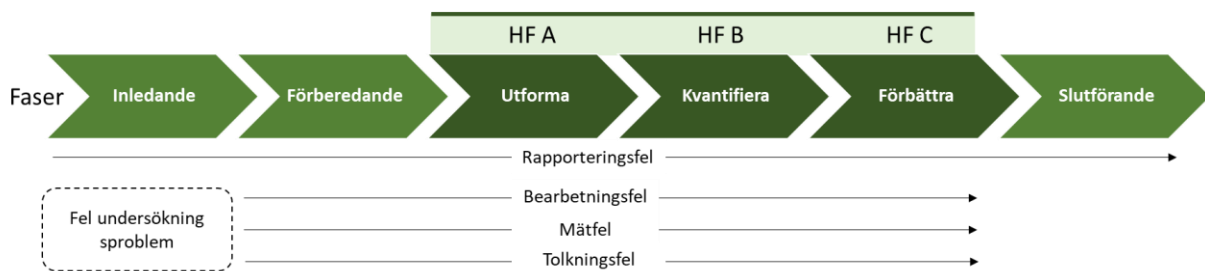
Risken för *tolkningsfel* i denna studie var närvarande under alla delar där informationsinsamling ägde rum. Masslogistikcentrum skiljer sig åt, både i utformning, mål och arbetssätt, vilket ökade risken att information *feltolkades*. För att minska risken diskuterades resultatet med sakkunniga och uppföljningsfrågor ställdes för att bekräfta svar under intervjuer. Att diskutera insamlad data med sakkunniga var något som utfördes kontinuerligt genom hela studien för att minimera risken att information används fel.

När det kommer till *mätfel* har Eriksson och Widersheim-paul (2014) delat ner detta i de tre underkategorierna *respondentfel, instrumentfel* och *intervjuareffekter*. Respondentfel lyfter ett scenario där den intervjuade inte vill eller kan svara på en fråga, exempelvis om en person inte vill avslöja en viss strategi. Medan instrumentfel istället fokuserar på risken att instrument som används för att samla in information är felkonstruerade. Detta kan involvera svårtolkade frågor ställda till en intervjuad eller i en enkät. Slutligen diskuteras intervjuareffekten, vilket berör relationen mellan intervjuare och den intervjuades effekt på intervjun.

Risken för *mätfel* bedömdes till hög, eftersom det är just en kostnadsmodell som ska tas fram fanns risken från början att de intervjuade inte kände sig bekväma med att dela med sig av exakt data. För att minimera riskerna med dessa fel jämfördes insamlad data med varandra för att bekräfta resultatet, samt rådfrågades med sakkunniga.

Bearbetningsfelet blir aktuellt när insamlad information används på ett sätt som resulterar i felaktiga slutsatser. Detta kan bero på att data bearbetas på ett sätt som gör den mindre tillförlitlig, eller att tolkningar av data leder till felaktiga antaganden. Något som av samma anledningar som det tidigare diskuterade mätfel riskerade att uppstå i samband med en ovillighet att diskutera alla kostnadsposter med författarna. Eftersom risken var störst bland data B & C lades fokus på att minimera risken här. Data B som kunde samlas in från flera källor användes för att verifiera varandra. Data B som inte kunde samlas in från mer än en källa, samt antaganden om data C diskuterades med sakkunniga för att fastställa rimligheten.

Dessa tre risker har arbetats med under den förberedande fasen och faser: Nedbrytning huvudfråga A – Utformning, 4.4 Nedbrytning huvudfråga B – Kvantifiering och 4.5 Nedbrytning huvudfråga C – Förbättring, se Figur 35.



Figur 35 Risk för olika fel (Eriksson & Widersheim-Paul, 2014)

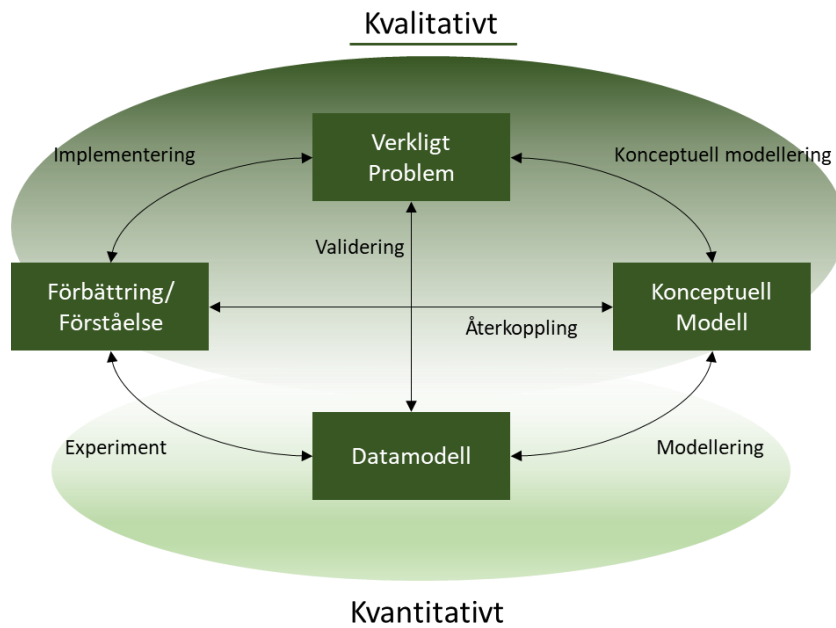
5.4.1 Praktiskt tillvägagångsätt A.1

Den första underfrågan ämnar skapa en problemförståelse över hur situationen kan se ut på ett MLC. Enligt Robinsons (2014) ramverk för framtagningen av en konceptuell modell redovisad i 3.1.4 är detta det första steget. Underfrågan lyder:

A.1 Vilka resurser och aktiviteter äger rum inom det studerade systemet?

Denna första underfråga är en prolog till modellbyggandet. Vid presentationen av olika modellframtagningar observerades det att problemförståelse var något som lyftes fram flera författare (Bertrand & Fransoo, 2016; Robinson, 2014; Ackoff, 1972; Urban, 1974). Därav ämnade denna underfråga att i första hand ge en grundläggande förståelse och dataunderlag för att stödja det fortsatta arbetet med studien. Det finns flera ingångar till att besvara fråga av denna typ. Ett insamlingsmoment består av att analysera information från artiklar och böcker redovisade i den teoretiska referensramen, dessas innehåll om såväl masshantering som centraliserad materialhantering ger en ledtråd vilka aktiviteter som genomförs. Viktigare är dock en analys de erfarenheter av MLC som redan redovisats samt semistrukturerade intervjuer och fältstudier som genomlysande processkartläggning. Syftet kan sägas vara att få ut maximalt med informationen om resurser och aktiviteter som det studerade systemet innehåller

Generellt kan sägas att studiens *mixed method* börjar som kvalitativ när den konceptuella modellen konstrueras men går över i mer kvantitativ när datamodellen skapas. Efter att data förts in i Case Norrköping och används för att förbättra modellen sluts cirkeln till att närma sig kvalitativa associationer. Detta förfarande ligger i linje med Blomkvist & Hallin (2019), Bell et al. (2019) samt Becker & Sempik (2006) och visas i Figur 36.



Figur 36 Rapportens undersökningsmodell, inspirerad av Mitroff et al. (1974) och Brooks, et al. (2001), uppdelad i kvalitativ kontra kvantitativ del med mixed method

Samtliga intervjuer i det tredje momentet finns redovisade i Bilaga C. Dessa har valts ut efter rekommendation av handledare på såväl EcoLoop som KTS, samt att de var och en representerar intressanta aspekter av hur processen på ett MLC görs. Intervjuer som genomfördes under steg fyra finns redovisade i Tabell 8. Aspekter kring hantering och analys av data har berörts i 5.3 men gäller fortsatt för denna och senare faser av studien. Resultatet av informationsinsamlingen redovisas i form av en kartläggning av identifierade resurser och aktiviteter.

Tabell 8 Empiriinsamling Fas A - Utformning

Datum	Kontext och relevans	Bidrag till studien	Referens
2021			
4/3	Kunnig i Optimass	Kunskap om vilken utdata Optimass ger	(Johansson, 2021 B)
5/3	Forskare på VTI – kunnig om cirkulära avfallsflöden inom byggbranschen	Kunskaper om avfallshantering inom byggbranschen	(Kjellsdotter Ivert, 2021)
8/3	Startat massbalans, jämkar ihop köpare och säljare av massor	Erfarenheter från virtuell massmäklare	(Zide, 2021)
17/3	Platsbesök MLC Strandallén Tyresö samt ute på projekten	Specifik processkartläggning av verksamhet på MLC	(Lindberg, et al., 2021)
22/3	Intervju MLC Norra djurgårdstaden	Specifik Processkartläggning	(Saeed, 2021)
22/3	Intervju med ansvarig för strategisk utveckling och samordning av arbetet med geo-frågor vid Norrköpings kommun	Behovet som ett MLC behöver uppfylla med kommunen som kund. Dessutom sprängt berg och leras egenskaper	(Cederbom, 2021)

23/3	Intervju med Trafikverket. En av respondenterna har gjort en modell för materialflödesanalys. Den andre projektledare masshantering Ostlänken	Behovet som ett MLC behöver uppfylla med Trafikverket som kund. Dessutom sprängt bergs egenskaper	(Martti & Holmberg, 2021)
29/3	Intervju med Swerocks affärsområdeschef för återvinning	Aktiviteter och resurser i byggindustrins masshanteringsplatser	(Jörnlind, 2021)
1/4	Operativ erfarenhet av masslogistik och deponering på Cleantech och Econova	Inspel till modellbyggnadsutformningen	(Rydberg & Hamilton, 2021)
6/4	Studiebesök Swerocks masshantering/deponi i Kjula	Praktiskt förklarande av aktiviteter och resurser i byggindustrins masshanteringsplatser	(Johansson, 2021 A)
8/4	Intervju med branschföreträdare Åkeriföretagen	Kostnadsstrukturer vid jord & bergmassatransport, intervju	(Svensson, 2021)
	Webbinarium Cirkulära material för hållbart byggande	En överblick för branschen	Tengsved, Martin; Bergman, Fredrik,

5.4.2 Praktiskt tillvägagångsätt A.2

Den andra underfrågan bygger vidare på Robinsons (2014) ramverk för framtagningen av en konceptuell modell och ämnar uppfylla de fyra resterande stegen. Underfrågan lyder:

A.2: Vad krävs för att designa en konceptuell modell?

Syftet med en konceptuell modell blir att sätta ramar och specifikationer för den framtida modellen. Att arbeta fram en konceptuell modell är något som tas upp både av Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016) som ett viktigt första steg för framställandet av en välbyggd modell. I den teoretiska referensramen kan vi dock se att detta skiljer sig från andra författares modellbyggnaden, som inte belyser den konceptuella modellen. Det kan istället upplevas som att dessa författare är snabbare med att påbörja byggandet av den faktiska modellen. Dock kan man se att exempelvis Urbans (1974) modellframtagningens första steg handlar om att förstå bakgrunden, problemet och specificera modellutvecklingskriterier. Något som i stor utsträckning liknar Bertrand & Fransoo och Robinsons tolkning av en konceptuell modell.

Att en konceptuell modell tagits fram trots avsaknaden av dessa i Lave & Marche (1975) och Ackoff (1972) modellbyggande kan också motiveras med att dessa metoder är betydligt äldre än de skrivna av Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016). Detta i kombination med tidigare diskussioner om Robinson i referensramen skapar en stark motivering för att använda en konceptuell modell även i detta arbete.

För att designa en konceptuell modell inom ramarna för denna studie grundades mycket av arbetet på Robinsons (2014) ramverk. En förståelse av problemsituationen kunde tas fram genom datainsamlingen från den föregående underfrågan. Resten av ramverket skapade förutsättningar

som ledde till att målbilden kunde skapas, input och output fastställas, samt innehåll, avgränsningar och förenklingar bestämmas.

5.4.3 Praktiskt tillvägagångsätt A.3

Denna tredje fråga slutför den konceptuella modelleringen (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016):

A3: Vilka egenskaper behöver modellen ha för att avspegla det studerade systemet?

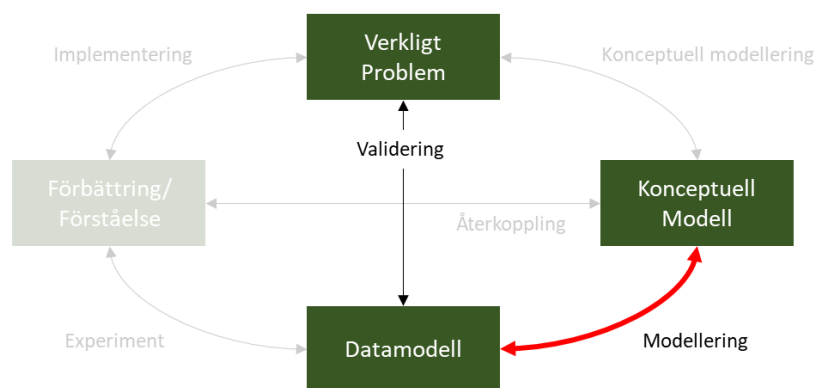
För att förstå ett MLCs interna och externa egenskaper behövs data från MLC och aktörer som är i kontakt med MLC. Dels har denna information erhållits i semistrukturerade intervjuer presenterade i Tabell 8. Dessutom har information fått genom ekonomiska och logistiska data från Norra Djurgårdstaden, som erhållits från Ecoloop efter förfrågan. Dessa data har analyserats utifrån de egenskaper de visar att ett MLCs struktur besitter. Om exempelvis en del kan utföras oberoende av de andra bör även en sådan modularitet vara möjlig i modellen.

5.5 Kvantifierande fas

Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016) anser att efter att den konceptuella modellen färdigställts kan arbetet med den riktiga modellen påbörjas. Denna fas har byggts upp för att besvara nedanstående huvudfråga och därigenom följa den aktuella processen i rött i Figur 37:

B: Vad krävs för att kvantifiera modellen?

Robinson (2014) anser att hela utvecklingsprocessen ska vara iterativ och att en modellerares ofta bör gå fram och tillbaka mellan de olika faserna av modellens utveckling. Som tidigare diskuterat i 4.4 Nedbrytning huvudfråga B – Kvantifiering, ligger fokus med denna fas dock om framställningen av den faktiska modellen. Men även om detta är fallet kan alltså modellerna välja att gå tillbaka och ändra på den tidigare fasen konceptuell modell om anledning för detta uppkommer.



Figur 37 Rapportens undersökningsmodell, inspirerad av Mitroff et al. (1974) och Brooks, et al. (2001). I rött den aktuella fasens genomförande, utan skugga aktuellt feedbacksteg

Denna fas ämnar alltså ta fram den faktiska modellen. Baserat på den konceptuella modellen och information insamlad under den föregående fasen diskuteras först vilka alternativa kalkyleringsmetoder som finns för modellen. Mer litteratur samlas in om de kalkyleringsmetoder som är mest intressanta och genom att analysera lämpligheten av kalkylerna kunde en fastställas.

Med en kalkyleringsmetod fastställd påbörjades arbetet med att fastställa program och uppbyggnad av modellen. Något som genomfördes med hjälp av vald kalkyl, den konceptuella

modellen och diskussion med uppdragsgivare. Avslutningsvis lyftes frågan om ytterligare datainsamling för att komplettera den framtagna modellen. För att validera datamodellen mot verkligheten har kortare uppföljningar från intervjuer med sakkunniga även behövts göras.

5.5.1 Praktiskt tillvägagångsätt B.1

Den första underfrågan fokuserar på att fastställa grunderna för den modell som skapas och lyder:

B1: Vilken kalkyleringsmetod bör användas till modellen?

För att undersöka vilka alternativ som fanns för detta genomfördes en undersökning i litteratur efter lämpliga metoder, vilka presenteras i 3.1.8 i referensramen. Målet är att använda den kalkyleringsmetod som lämpar sig bäst för modellen. Kalkyleringsmetoder har översiktligt beskrivits i 3.1.8 med syfte att ha ett underlag för detta steg. Beslut har fattats kring vald kalkyleringsmetod utifrån hur väl den kan omvandla den konceptuella modellen till en datamodell. Robinson (2014) nämner input, output och modellens innehåll som viktiga hållpunkter att beakta. Robinson (2014) såväl som Urban (1974) trycker dessutom på värdet i att modellerna kan användas av slutanvändarna och att val av metod bör ske med hänsyn till dem. Metoderna har därför bedömts med strukturen av fyra punkter:

- Input – Hur väl kan den konceptuella modellens input representeras i kalkyleringsmetoden?
- Output – Hur väl kan den konceptuella modellens output representeras i kalkyleringsmetoden?
- Innehåll – Hur väl kan den konceptuella modellens inre struktur representeras i kalkyleringsmetoden?
- Användarvänlighet – Hur väl kan slutanvändarna nyttja den datamodell som tagits fram?

För varje ovanstående punkt har respektive metod bedömts individuellt och en diskussion har förts kring den mest lämpade kalkyleringsmetoden enligt dessa fyra parametrar. Efter detta blev det möjligt att analysera den valda kalkylen i djupare och en kompletterande andra litteraturstudie har genomförts som presenteras i Bilaga D.

5.5.2 Praktiskt tillvägagångsätt B.2

Den fjärde frågan har syftet att bereda väg för den följande fasen med att knyta Fas A till litteratur:

B.2: Vilken teoretisk bakgrund finns för den valda kalkyleringsmetoden?

I detta steg har en ny litteraturstudie gjorts på samma sätt som i den förberedande fasen. Denna sökning redovisas i Bilaga D. Dessutom har läroböcker från tidigare kurser på Linköpings universitet fungerat som grund och dessutom har deras referenser använts.

5.5.3 Praktiskt tillvägagångsätt B.3

Denna underfråga ämnar skapa den riktiga modellen. Den konceptuella modellen och kalkylering sammanfogas med följande fråga:

B3: På vilket sätt kan den valda kalkylmetoden appliceras?

Robinson (2014) och Bertrand & Fransoo (2016) anser att efter att den konceptuella modellen färdigställts kan arbetet med den riktiga modellen påbörjas. Modellens kalkyleringsmetod är sedan tidigare vald och har studerats ytterligare. Det första steget handlade om att bestämma i vilket program som modellen skulle byggas inom. Att modellen konstrueras i en dator är något som Robinson (2014) ser som en förutsättning. Det är dock inga andra av de modeller som presenteras i referensramen som anser detta, utan istället ligger fokus på att ska anpassa det efter studien (Bertrand & Fransoo, 2016; Ackoff, 1972; Urban, 1974). För att avgöra vad som passade denna studie fördes en diskussion med uppdragsgivaren Ecoloop och de olika kalkyleringsalternativen i 3.1.8 övervägdes. Modellens uppbyggnad krävde en sammanfogning av den valda kalkyleringsmetoden och den information om aktiviteter och resurser som tidigare samlats in.

5.5.4 Praktiskt tillvägagångsätt B.4

Denna underfråga ämnar fylla de informationsluckor som uppstått i samband med framtagningen av modellen, vilket resulterar i följande fråga:

B4: Vilken ytterligare data krävs för att modellen ska färdigställas?

Att modellbyggande är en iterativ process är något som påpekats av flera författare och lyfts flera gånger i denna rapport (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016). Denna rapport beskriver därför ett steg tillbaka till en ny datainsamling. Den modell som tagits fram verifierades mot den konceptuella modellen och brister och förändringar dokumenterades. Att det hade skett förändringar som påverkat behovet av data var ingen överraskning för modellerarna, utan ett steg som förväntades uppkomma i samband med att modellen iterativt ändrade form.

Skillnaden mellan denna datainsamling och den förra är att det fanns information om vilken data som var intressant att få in. Samtidigt som feedback från intressenter förklarade vilka antaganden som behövdes förstärkas. Därför kunde information om intressanta områden återigen inhämtas via litteratur och intervjuer.

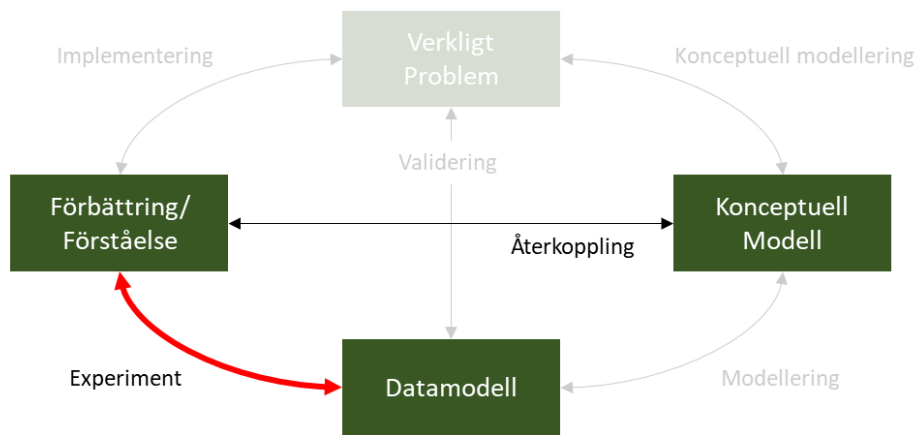
Tabell 9 Viktigaste empiriinsamlingen Fas B - Kvantifiering

Datum	Kontext och relevans	Bidrag till studien	Referens
2021			
17/3	Faktura från BST till JM och Tyresö	Exempel på kostnader för transport och deponering	(BST, 2021)
7/4	Nyckeltal från Åkerinäringen	Statistik för kostnadsuppskattningar vid transportresursberäkning	(Rementum, 2020)

5.6 Förbättrande fas

Vid modellbyggande är förbättring något som är gemensamt för samtliga modeller som nämns i denna rapport (Bertrand & Fransoo, 2016; Robinson, 2014; Lave & March, 1975; Urban, 1974; Ackoff, 1972). Av denna anledning handlar den sista fasen om hur denna förbättring av modellen gick till.

C: Vad kan förbättras i modellen?



Figur 38 Rapportens undersökningsmodell, inspirerad av Mitroff et al. (1974) och Brooks, et al. (2001). I rött den aktuella fasens genomförande, utan skugga aktuellt feedbacksteg

I rapporten har det tidigare diskuterats vikten av att modellbyggnadsprocessens förbättringsarbete inte bör ske i ett steg, utan ska vara en iterativ process genom hela uppbyggandet (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016; Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994). Av denna anledning har verifikation mellan modell och konceptuell modell redan att ha ägt rum tidigare. Denna fråga är istället mer riktad till hur den framtagna modellen anpassar sig vid under ett experiment vid en fallstudie, för att lämna en övergripande slutsats om hur modellen fungerar och vad som behöver förändras i framtiden. Att arbeta aktivt med förbättring är också något som är viktigt för att upprätthålla en högre grad av trovärdighet för modellen (Robinson, 2014; Bertrand & Fransoo, 2016). Experimentet kunde kommuniceras med sakkunniga och därigenom få återkoppling till den förbättrade modellen.

5.6.1 Praktiskt tillvägagångsätt C.1

Den första underfrågan riktar sig mot hur modellen i sin helhet fungerar när den används vid en fallstudie. Underfrågan lyder då:

C1: Vad blir resultatet av att testa modellen i en fallstudie?

Intressenter av masshantering i Norrköping har under en tid funderat över hur ett scenario med ett MLC skulle kunna fungera i form av kostnader (Lundberg, 2021). Platsen för detta MLC valdes till Malmölandet i Norrköping. Arbetet börjar med att hämta data från Optimass, över projektområden, beräknad mängd massa och tidslinje. Detta färdigställs med hjälp av information från Ecoloop, som till stor del redan har relevant data för anläggningsprojekt, kunskap om ett MLC:s räckvidd och verktyget Optimass (Johansson, 2021 B; Robinsson & Johansson, 2021). Dessutom levereras körtid och avstånd från en karttjänst. Från Cederbom (2021) erhöles och de deponierna i Norrköpings närområde. Med denna information går det sedan att sortera bort de projektområden som ligger längre bort i tiden än 15 år, eller fysiskt ligger för långt bort från platsen för MLC. De kvarvarande projekten och dess massor kommer att fungera som indata för modellen, vars resultat kommer att analyseras. Med hjälp av Mácsik (2021) kunde efterfrågan knytas ihop med utbudet för de specifika massorna i Norrköping.

Datum 2021	Kontext och relevans	Bidrag till studien	Referens
29/4	Lista med deponier i Norrköpings närhet	För att kunna välja ut deponier som indata till modellens test	(Cederbom, 2021)
21/4	Optimassutredning för Norrköping	Huvudsakliga indata till modellen	(Robinson & Johansson, 2021)
7/5	Beskrivning av Optimassutredningen i Norrköping	Förklaring av den huvudsakliga indatan till modellen	(Johansson, 2021 B)
7/5	Sakkunnig i återvinning av massor samt massors egenskaper	Beskrivning av hur utbud och efterfrågan kan matchas ihop på ett verklighetstroget sätt för massorna i Norrköpingsområdet	(Mácsik, 2021)

5.6.2 Praktiskt tillvägagångsätt C.2

Den andra underfrågan riktar sig mot vilka brister som tydliggjordes under fallstudien:

C2: Vilka brister kan identifieras vid användning av modellen?

Trovärdigheten av modellen bygger till stor del på hur mycket bevis det finns för att modellen ger svar som ligger i närheten till verkligheten. Att identifiera vilka brister som kan påträffas krävs därför både för att förbättra modellen och stärka trovärdigheten av det som fungerar (Robinson, 2014; Hägg & Wiedersheim-Paul, 1994). Bristerna identifieras med hjälp av sakkunniga, samt i relation till genomförda förenklingar och antaganden som tagits. Det är också områden där författarna, baserat på insamlad information och material, vet att det går att genomföra mer detaljerade lösningar som skulle bli mer verklighetstroga, men som av olika anledningar inte genomförts.

5.6.3 Praktiskt tillvägagångsätt C.3

Avslutningsvis riktar sig den sista underfrågan mot vilka förbättringar som kan genomföras i framtida arbeten med modellen. Underfrågan lyder:

C3: Vad kan göras för att förbättra modellen?

Såväl Blomkvist & Hallin (2019), Lekvall & Wahlbin (2001), Karlsson (2016) och Patel & Davidsson (2003) understryker värdet av den iterativa processen. Trots att arbetet med en rapport ofta ter sig sekventiell bör modellbyggandet göras med iterativa förbättringar. För att Vetenskapsrådets (2017, p. 8) regler om att hålla dokumentera forskning kan uppfyllas genom att brister och förbättringar tydligt dokumenteras och att detta ingår som del i studiens resultat. De brister som dokumenterades under den föregående underfrågan och används vissa för att direkt förbättra modellen och andra brister för att ta fram framtida förbättringar av modellen.

5.7 Slutfas

En enklare kalkyl av nuläget samt investeringskostnader används också för att jämföra resultatet av den applicerade fallstudien med. Detta både med syftet att analysera rimligheten i

experimentresultaten från Förbättra modell och för att kunna beräkna och när ett MLC enligt studiens modell kan betala av sig.

Eftersom slutfasen skulle summera och avsluta rapporten ökade här risken för Eriksson & Widersheim-Pauls (2014) *rapporteringsfel*. Detta kan innebära att en selektiv del av resultatet lyfts fram, oklar rapportdisposition eller att rörig redigering av diagram eller tabeller. Detta är alla faktorer som påverkar hur lätt det är för läsaren att ta in innehållet av rapporten. Denna risk har minskats genom intern korrekturläsning och extern opponering.

6 Utformning av modell

I detta kapitel utformas modellen utgående från det studerade systemets aktiviteter. Därefter identifieras de resurser som dessa aktiviteter använder. Detta presenteras tillsammans med de parametrar som kan mäta resursanvändningen. Kapitlet avslutas med modellens in- och utdata samt modellens struktur.

6.1 Aktiviteter i det studerade systemet

Aktiviteter som äger rum har inte alltid samma betydelse för verksamheten och att presentera varje aktivitet enskilt kan innebära en risk i att förstå hur och när den aktiviteten äger rum. För att förtydliga detta kommer aktiviteterna presenteras i så kallade aktivitetsgrupper. En aktivitetsgrupp är enbart en samling aktiviteter som äger rum inom samma ramar för att förtydliga var i systemet aktiviteten äger rum. De aktivitetsgrupper som sammanställts är följande: Inlastning, utlastning, sortering, krossning, lagring, deponitransport från MLC, transportprojekt till MLC, transport MLC till projekt och deponitransport från projekt.

6.1.1 Transport projekt till MLC och transport MLC till projekt

Flödet i det studerade systemet påbörjas normalt med transporten från projekt till MLC. Detta är en aktivitet som samtliga källor med en mellanlagring använder (Hultén, 2021; Johansson, 2021 A; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; SVOA, 2021). Aktivitetsgruppen Transport projekt till MLC består naturligt dels av en transportaktivitet och en tippning på MLC. Denna aktivitet är alltså åkarens aktivitet. Aktivitetsgruppens grad av högre effektivitet är avhängig av om samlastningar av transporter mellan projekt och MLC tillsammans med tillbakafärden (Lindberg & Gustavsson, 2021; Johansson, 2021 A; SVOA, 2021) eller med andra transporter (Hultén, 2021; Johansson, 2021 A) är möjlig. Detta höjer fyllnadsgraderna på masstransporterna, vilket är viktigt ur en transportkostnadssynpunkt. För att skapa denna situation lagrar Älvsjö och Tyresö inköpta massor på MLC för att kunna fylla returtransporter (Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021). En aktivitet som i högre grad praktiseras vid en centraliserad massahantering är transportplanering (Fredriksson, 2021). I byggbranschen generellt utförs transporter relativt ad hoc, speciellt av lågvärdiga produkter som massa, lastbilar kommer när de kommer (Lindberg, et al., 2021; Saeed, 2021; Fredriksson, 2021). Ett MLC som del i en kedja gör att transportsystemet blir mer komplext och att en större transportplanering krävs för att systemet ska fungera som önskat (Hultén, 2021; Fredriksson, 2021; Svensson, 2021). Denna transportplanering måste dessutom fungera i kombination med lagerplaneringen vid återvinning och lagring på MLC (Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). Aktivitetsgrupperna MLC till projekt innehåller naturligt transporten, dessutom innehåller den påfyllning som är den tid det tar för bilen att få sitt flak påfyllt.

Tabell 10 Aktiviteter i det studerade systemet per aktivitetsgrupp i olika MLC/MLC-liknande anläggningar

Aktiviteter	Norra Djurgårdstaden	Tyresö	Älvsjö	Bergsjön	Inkluderas i modellen
Transport Projekt till MLC					
Transport	X	X	X	X	X
Tippning	X	X	X	X	X
Transportplanering	X	X	X	X	X
Transport MLC till Projekt					
Transport	X	X	X	X	X
Påfyllning	X	X	X	X	X

6.1.2 In- och utlastning

Aktivitetsgruppen inlastning är processen som sker internt på MLC när en lastbil inkommer med massa. Inom inlastning sker någon form av identifiering av den inkommande transporten (Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; SVOA, 2021; Johansson, 2021 A). Därefter kan personal på masshanteringsytan dirigera transporten till en avsedd yta (Saeed, 2021; SVOA, 2021). Denna dirigering är lösningen i ett system där fack med olika roterande föreningegrader används, och om dessa fack varken är uppmärkta eller förarna är informerade om verksamheten. Dirigeringen är även resultatet av antingen en okulär försortering (SVOA, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Hultén, 2021) eller markprover ute på projekten (Saeed, 2021; Hultén, 2021; Johansson, 2021 A) men dessa två aktiviteter ligger utanför studerat system och de ses som en förutsättning till systemet att det finns kunskap om vilka massor som skickas.

Vägning är ett sätt att få mer exakt flödesdata och vara ett stöd i fakturering (Saeed, 2021; Johansson, 2021 A; Svensson, 2021), men om endast en part levererar till MLC kan vägning ersättas med enkel räkning av antal lastbilar. I bygg och anläggningsbranschen är mätbarheten generellt låg, order hanteras generellt på papper och via telefonsamtal (Svensson, 2021). En MLC-liknade anläggning behöver samla in data på mängd massor in och ut för att upprätthålla sin affär. Denna data kan sammanställas i statistik (Svensson, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021) och höja mätbarheten för branschen. Aktivitetsgruppen utlastning fungerar likt inlastning men bilen måste även lastas till skillnad från vid inlastning när bilen kan tömmas av chauffören oberoende av MLC-personalen. Dessa aktiviteter genererar alltså MLCs kostnad.

Tabell 11 Aktiviteter i det studerade systemet per aktivitetsgrupp i olika MLC/MLC-liknande anläggningar

Aktiviteter	Norra djurgårdstaden	Tyresö	Älvsjö	Bergsjön	Inkluderas i modellen
Inlastning					
Vägning	X				X
Statistikhantering	X			X	X
Identifiering	X	X	X	X	X
Dirigering	X		X ⁶		X
Utlastning					
Lastning	X	X	X	X	X
Vägning	X				X
Statistikhantering	X			X	X

⁶ Ej nattetid

6.1.3 Lagring

Det finns lite lika resonemang gäller mellanlagring av massor. Zide (2021) menar på att lagring ofta kan undvikas om förmedlingen mellan projekt sker virtuellt och varje extra förflyttning av massor bör undvikas. Hans lösning är att förädlingen av massor antingen kan ske innan ivägskickande eller hos kunden. Ett annat perspektiv är de massmottagningsplatser som större byggföretag har. Jörlind (2021) menar att dessa platser har mycket stora lagringsytor för att kunna jämna ut de stora variationerna i inflöde och utflöde samt att klara av driftstopp i kross och sortering. Aktiviteten lagring används för att kunna behandla massor utanför projekten samt att matcha ihop efterfrågan med utbud vid olika tider.

Dessa massmottagningsplatser innebär en relativt stor ytkostnad. De olika erfarenheterna från MLC-liknande verksamhet har varierande stor yta vilket flera menar påverkar flexibiliteten i deras verksamhet (Saeed, 2021; SVOA, 2021). Jörlinds (2021) och Saeeds (2021) erfarenhet är att projektens behov av avsättning för massor respektive av nya massor varierar oförutsägbart vilket Jörlind menar löses mest ekonomiskt av större lagringsutrymme för att man inte ska sitta på överkapacitet i krossning och sortering. Johanssons (2021 A) större ytor möjliggör längre lagringstider och att vänta in kunder, detta minskar då även kostnader för kvittblivning när mer massa kan återvinnas. Dock har såväl teori (Frosth, 2014; Magnusson, et al., 2019) som empiri (Lindberg & Gustavsson, 2021; Martti & Holmberg, 2021; SVOA, 2021) pekat på att MLC bör ligga nära projekten för att minimera transporter som är en stor kostnadsdrivare (BST, 2021). Där är ofta utrymmet begränsat och dyrt (Agapiou, et al., 1998; Jörlind, 2021). Därför tycks ytkostnad i vägas mot transportkostnad, kostnad för överkapacitet inom MLC-verksamheter samt kostnad för kvittblivning i det studerade systemet. SVOA (2021) och Hulten (2021) påvisar ett betydligt jämnare både in- och utflöde än andra. De har en verksamhet med många av varandra oberoende rörläggningsteam som kan sägas utjämnar variationerna.

Variationer i behov och tillgång på massa tillsammans med begränsad lagringsplats gör att en viss lagerplanering behövs utföras. Detta handlar om att matcha utbud och efterfrågan på MLC så att en så stor andel av massorna som möjligt kan återvändas. Frågeställningar som ställs är vilka fraktioner som ska lagras, hur länge och vilka som ska förädlas genom krossning och sortering (Johansson, 2021 A; Jörlind, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021). När en massa väl ligger på MLC finns en stor ekonomisk vinst i att kunna återvinna så mycket som möjligt (Bergman, 2021; Johansson, 2021 A). Eftersom värdet av massan är lågt blir varje flytt av massa dyr, trots detta sker intern flytt av massor på MLC för att optimera sortering, krossning eller lagring (Saeed, 2021; Lindberg, et al., 2021; SVOA, 2021). För att minska transporter av massor kan också processer (Zide, 2021) och maskiner (SVOA, 2021) flyttas till där massan ligger.

Tabell 12 Aktiviteter i det studerade systemet per aktivitetsgrupp i olika MLC/MLC-liknande anläggningar

Aktiviteter	Norra djurgårdstaden	Tyresö	Älvsjö	Bergsjön	Inkluderas i modellen
Lager					
Omflyttning maskiner			X		
Omflyttning massor	X	X	X		X
Lagring	X	X	X	X	X
Lagerplanering	X	X	X		X

6.1.4 Sortering och krossning

För att kunna återvinna produkter är en viktig del att sortera materialet på ett tillfredställande sätt. Denna sortering kan uppkomma under olika moment i verksamheten, men alltid med syftet att separera olika material från varandra. Sortering sker ofta för att separera material med olika föroreningsgrader, för att förhindra att de mindre förorenade massorna blandas med de mer förorenade massorna (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021). Sortering sker även för att separera ett finare material från ett mindre rent material. Denna sortering kan ske på olika sätt, men de huvudsakliga aktiviteterna är harpning (Johansson, 2021 A; Lindberg & Gustavsson, 2021) och användning av sorteringsverk (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A).

Aktivitetsgruppen krossning innefattar alla aktiviteter som på ett eller annat sätt bryter sönder större komponenter till mindre delar. Exakt hur detta äger rum beror mycket på hur materialet sedan tidigare sorterats ut, samt vilken typ av material det handlar om. På de verksamheter som berörs av denna rapport har det för det mesta skett någon form av förkross och i vissa fall en efterkross (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). Förkrossen innebär att materialet har krossats ner till en viss storlek som sedan kan användas, sorteras mer noggrant eller köras genom en efterkross, vilket krossar ner materialet ytterligare till mindre fraktioner (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). Vid uppkomst av skut, vilket är större stenar större än 800mm sker en annan form av krossning för att bryta ner den, vilket är knackning (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). I modellen kommer dock allt inkommande material antas vara mindre än 800mm och av denna anledning kommer knackning inte att tas med i modellen. Med tanke på indatas karaktär sett från Optimass, kommer inte heller det att bli någon form av särskiljning mellan förkross och efterkross, utan enbart presenteras som krossning i modellen.

Tabell 13 Aktiviteter i det studerade systemet per aktivitetsgrupp i olika MLC/MLC-liknande anläggningar

Aktiviteter	Norra djurgårdstaden	Tyresö	Älvsjö	Bergsjön	Inkluderas i modellen
Sortering					
Harpning ⁷		x ⁸			
Sorteringsverk	x		x	x	x
Krossning					
Knackning	x	x	x	x	
Förkross	x	x	x	x	x
Efterkross	x		x	x	x
Kvalitetssäkring			x		

6.1.5 Deponitransporter

Att transportera massor till deponi är ett naturligt sätt att bli av med oönskade schaktmassor även för de masslogistikcenter som diskuterats i denna rapport (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). Dock lyfts också frågan kring vad poängen är att lägga till ett extra stopp i MLC för massorna som ändå kan transporteras direkt till deponi (Zide, 2021). I dessa anseenden skiljer sig det från respektive MLC. I Tyresö handlar det mycket om att det kan ske en omlastning av massorna som skapar möjligheten att transportera en större volym av massor per transport (Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021). Medan

⁷ Ett såll som hjullastare tippas schaktmassa i mekaniskt.

⁸ Ej använt ännu av Tyresö men de har plan att göra det inom kort

det i andra fallen även handlar om att ta vara på så mycket material som möjlig även om delar av massorna sedan kommer att åka till deponi (Saeed, 2021), eller att en viss slutförvaring kan ske på plats (Hultén, 2021). Hur som helst äger transporter till deponi rum och därför kommer det också vara en aktivitet i denna modell.

Provtagning för kontroll av föroreningsgrad i massorna äger rum. Detta kan äga rum på plats vid projekten, vid inleverans till MLC, vid utleverans eller på plats på deponin (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). Det kan också ske egna tester eller skickas iväg för provtagning vid labb. Efter att resultatet av provtagningen analyserats kan en deponi bokas. Vilken deponi som väljs är beroende av vilka massor det är och vilken föroreningsgrad som uppmätts (Saeed, 2021; SVOA, 2021; Johansson, 2021 A).

Kvittblivning innebär i detta fall att massor överlämnas till en deponi eller ekvivalent verksamhet som tar hand om massorna istället. Denna aktivitet involverar själva överlämningen av massorna och berör inte transportavgifter eller liknande. Kvittblivning i form av att lämna massor på deponi har under de senare åren ökat i pris (Cederbom, 2021; Johansson, 2021 A) och är en stor motivation till att istället återanvända massor (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A).

Utan ett MLC sker de flesta transporter direkt från projekten till en deponi, något som äger rum även när det finns ett MLC närvarande. Ofta används detta alternativ när deponin ligger nära projekt samt om en samlastning till större transporter inte kan erhållas på ett MLC (Hultén, 2021; Johansson, 2021 A). Denna transport följer samma aktivitetsmässiga logik som deponitransport från MLC med provtagning, transport och kvittblivning.

Tabell 14 Aktiviteter i det studerade systemet per aktivitetsgrupp i olika MLC/MLC-liknande anläggningar

Aktiviteter	Norra djurgårdstaden	Tyresö	Älvsjö	Bergsjön	Inkluderas i modellen
Deponitransport från MLC					
Transport	x	x	x	x	x
Kvittblivning	x	x	x	x	x
Provtagning	x	x	x	x	x
Deponibeställning	x	x		x	x
Deponitransport från projekt					
Transport	x	x		x	x
Kvittblivning	x	x		x	x
Provtagning	x	x		x	x
Deponibeställning	x	x		x	x

6.2 Resurser i det studerade systemet

Inom och runt ett MLC finns det flera resurser som de olika aktiviteterna driver förbrukningen av. En resurs som används av flera aktiviteter som äger rum inom MLC är yta (Hultén, 2021; Johansson, 2021 A; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; SVOA, 2021). Denna resurs är helt enkelt kostnaden av marken som ett MLC står på. Det kan vara hyra eller inköpskostnad. Oavsett sätt denna resurs anskaffats kommer denna kostnad att fördelas på de aktiviteter som tar upp och kräver yta. Exempelvis kommer lagring av massor att ta upp delar av ytan och därför

bära en del av den kostnaden. Drivare är flera gånger relativt logiskt utifrån aktiviteter och resurser. Centrala drivare är massavikt samt den typ massa som kommer in respektive efterfrågas som produkt ut.

Planeringsaktiviteterna som finns inom det studerade systemet förbrukar resursen administrativt arbete (Saeed, 2021). En annan vanligen återkommande resurs är personal som betyder arbetskapacitet på marken. Denna resurs används i flera aktiviteter. Inom exempelvis utlastning krävs det personal som använder en hjullastare för att fylla lastbilar som kommer in och behöver lastas (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Johansson, 2021 A; Lindberg, et al., 2021). De resurser som används kan sedan omvandlas till en kostnad. Aktivitetsgrupperna inlastning samt utlastning förbrukar resurserna på MLC så som maskin och maskinförare medan transportererna förbrukar resurser av bilar och chaufför. Dessa förbrukas alltså parallellt tidsmässigt vid den faktiska pålastningen av massa.

Vid aktiviteterna inom krossning krävs det resurser i form av personal, yta och krossmaskiner. Dessa krossar har olika egenskaper men likheten är att kostnadsdrivarna för dessa är ungefär samma. Dessa parametrar är mängden massa som ska krossas, från vilken råvara det görs, till vilken slutprodukt som ska erhållas samt en uppstartskostnad för krossning (Hultén, 2021). I sig är kostnaden både beroende av hur snabbt krossningen kan göras, alltså på krossens kapacitet, som i sin tur påverkar inköpskostnaden för krossen som är den andra faktorn som påverkar kostnaden. Detaljerat kostnadsmässigt är det alltså en vägning mellan en hög inköpskostnad med lägre rörlig kostnad per ton om kapaciteten kan fyllas. Därav har flera outsourcat krossningen till externa krosskampanjer (Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021). Görs krosskampanjer innebär det också större uppstartskostnad för att etablering (Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021). Alternativet av kross på plats innebär bättre kapacitetsutjämning av personalen på MLC men innebär att krosskapaciteten ofta står oanvänd (SVOA, 2021). Exempel på krossar är käftkross, konkross och slagkross (SVOA, 2021). Samtidigt som antalet krosskampanjer drar upp resursanvändningen för krossarna med uppstartskostnader kan antalet omvänt påverka kostnaden för lagring alternativt deponering. Desto större mängd massor som ska krossas varje gång ökar lagerbehovet (Oskarsson, et al., 2013).

Lagringsaktiviteten förbrukar resursen yta men binder också kapital. Massas tåliga egenskaper gör att den normalt inte behöver kasseras (Johansson, 2021 A). Det intressanta infinner sig med kapitalbindning när massan har negativt värde för säljaren, alltså att MLC får betalt för att ta emot den. Då kan aktiviteten lagring, om ytkostnaden är tillräckligt låg, generera en faktisk vinst (Johansson, 2021 A; Hultén, 2021). Dock måste ett tillstånd för att fylla ett markavsnitt finnas och denna tillståndsgivna yta är en begränsad resurs (Hultén, 2021; Lindberg, et al., 2021).

Transport är en viktig och resurskrävande aktivitet för systemet (BST, 2021). De resurser som förbrukas är förare och lastfordon (Svensson, 2021). Förarens kostnad drivs av vilken kompetens som krävs men framförallt vilken tid transporten tar. Lastbilens kostnad drivs av både transportarbete som påverkar drivmedelkostaden och av kilometer som påverkar lastbilens avskrivningskostnad (Svensson, 2021). Dessutom påverkar även tiden lastbilens avskrivningskostnad (Sveriges Åkerier, 2021), detta eftersom en längre användning måste bära en större del av lastbilens totala kostnad. Den administrativa transportplaneringen i sin tur ämnar minska det totala transportarbetet och alltså minska användandet av transportresursen. Vid påbörjad transportaktivitet i MLC görs en påfyllning av lastfordonet vilket kräver resurser av förare och lastfordon, speciellt eftersom en viss köbildning uppstår om inte transportplanering gjorts eller kunnat följas. På motsvarande sätt görs en tippning när en transport ankommer MLC.

Provtagningsaktiviteten förbrukar personalresurs om ska ta provet, ett labbtest och administrativt arbete som ska analysera labbresultatet. Utöver total mängd massa påverkar även kostnaden av den ledtid som ges till labbet (Saeed, 2021; SVOA, 2021). Kvittblivningen i sig förbrukar endast deponiresursen men är en viktig post som har drivarna massavikt, massasort och föroreningsgrad. Anslutna deponier bokas så att det finns plats. Desto smutsigare och besvärligare massorna är som behöver kvittblivning desto mer kostar det (BST, 2021; SGU, 2017; Cederbom, 2021; Martti & Holmberg, 2021).

Tabell 15 Aktiviteter och drivare av resurser i det studerade systemet. Ej radberoende

Aktiviteter	Drivare	Resurser
Identifiering	Antal inpassage	Personal
Dirigering	Antal inpassage	Personal
Lastning	Massavikt Massasort	Yta Personal Hjullastare
Vägning	Antal passage	Våg Yta
Sortering	Massavikt Massasort in Massasort ut	Sorteringsverk Personal Hjullastare Yta
Statistik och rapportering	Per vecka	Administrativt arbete
Krossning	Massavikt Massasort in Massasort ut Antal krosskampanjer	Krossmaskin Personal Yta
Omflyttning massor	Massavikt Avstånd	Yta Hjullastare Personal
Lagring	Massavikt Massasort Antal krosskampanjer	Yta Kapitalbindning
Lagerplanering	Massavikt Massasort in Massasort ut	Administrativt arbete
Transport	Massavikt Transportavstånd Väggklass Slingkompabilitet	Lastfordon Förare
Transportplanering	Massavikt Massasort in Massasort ut	Administrativt arbete
Kvittblivning	Massavikt Massasort	Deponiavgift

Föreningensgrad		
Deponibeställning	Massavikt Massasort Föreningensgrad	Administrativt arbete
Provtagning	Massavikt Behövd tid	Labbttest Administrativt arbete Personal
Tippning	Massavikt Köbildning	Lastfordon Förare Yta
Påfyllning	Massavikt Köbildning	Lastfordon Förare Yta

6.3 Modellens förutsättningar

Modellens mål är att omvandla data kring massor, projekt och deponier till en driftkostnadsberäkning. Detta definierar såväl indata som utdata. Det finns olika anledningar till vilka deponier och projekt som använder en viss masslogistikplats. Det kan vara organisatorisk tillhörighet i kombination med närhet (SVOA, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Martti & Holmberg, 2021). Zide (2021) och Jörnlinde (2021) pekar på att eftersom transportkostnaden är stor bör massorna handlas på en öppen marknad och köras direkt till kund i så stor utsträckning som möjligt för att dessa kostnader ska minimeras. Denna organisatoriska fråga kommer inte modellen att behandla eftersom detta studien inte syftar till det, men modellen måste ändå kunna beräkna kostnad för kvittblivning samt för transporter till deponi och till och från projekt. Indata måste därför vara geografisk plats för anslutna projekt samt tillgängliga deponier. Utöver geografisk plats för projekten behöver lägsta bärighetsklassen mellan MLC och anslutna projekt samt deponier anges. Dessutom projektens behov och utbud av massor fördelade på sort och tidsperiod. Slutligen kommer indata även vara deponiernas kapacitet och prisbild. I Tabell 16 redovisas vilken typ av indata som kommer att användas från Optimass. Indata som exempelvis sträcka och väglklass kommer att behövas läggas in manuellt. I Tabell 16 presenteras vilka alternativa massor som presenteras som uppgrävda massor respektive behov från Optimass.

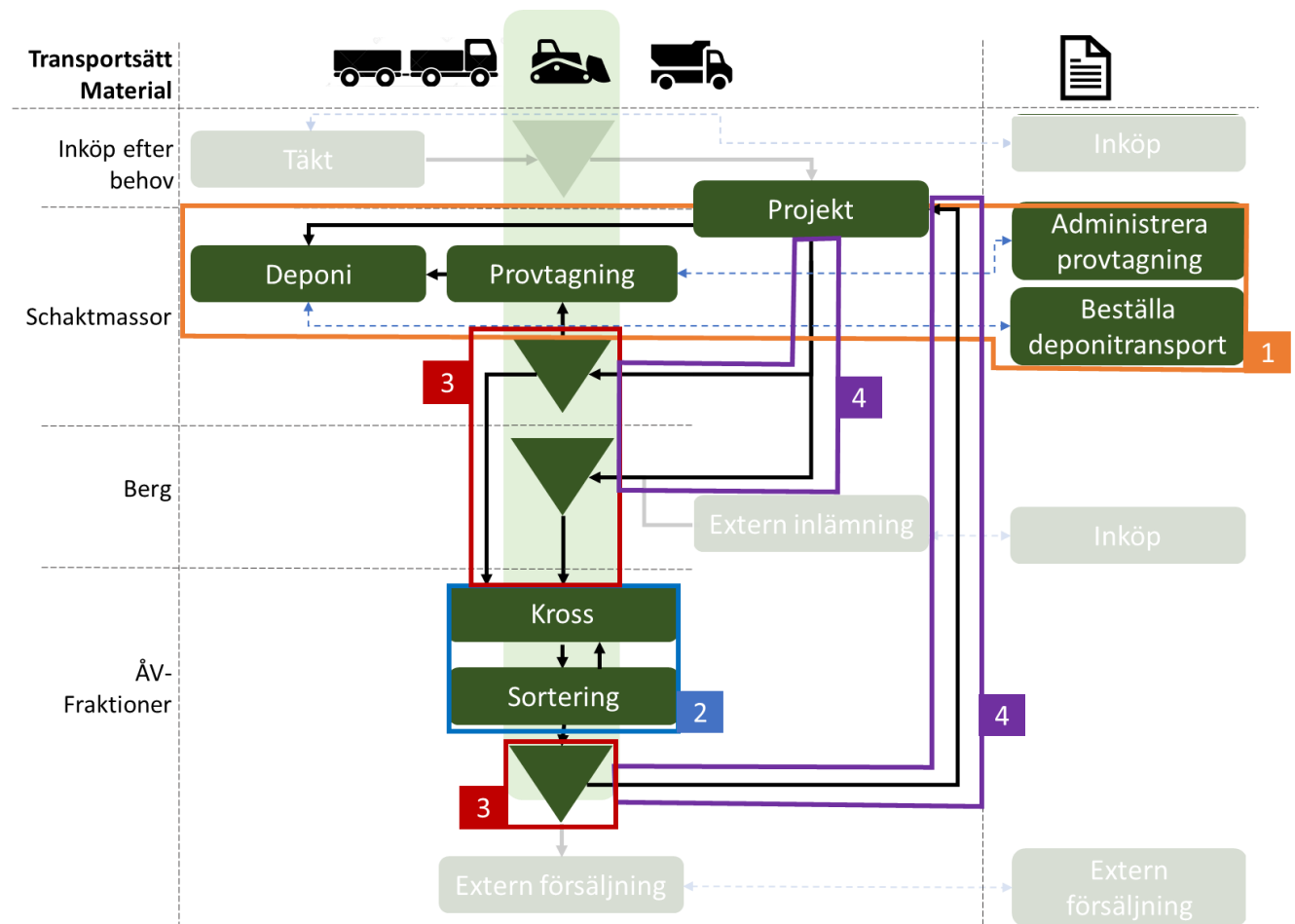
Tabell 16 Data från Optimass

Uppgrävda massor	Behov
Kristallint berg	Permeabelt skikt klass I
Kalk- och sedimentberg	Permeabelt skikt väg klass I
Kalkmorän/Lermorän	Ensgraderade grusfraktioner
Morän klass II	Mångsgraderad urban morän
Sand/grus	Fyllmaterial
Fyllning	

Modellen innehåller ett antal samband mellan flöden samt processer och dessas påverkan på kostnader. För att göra dessa samband har systemet förenklats och faktorer antagits enligt den aktivitetsreducering som presenterats. Utdata korrelerar med studiens syfte och är systemets driftkostnad. Modellens utdata är alltså den kostnad som masshanteringen via ett MLC genererar givet de projekt som valts att anslutas. På detta sätt uppfylls modellens mål.

6.4 Modellens strukturella egenskaper

Som nämnt av Agapiou et al. (1998) är byggarbetsplatsen en industri med temporära försörjningskedjor och samarbeten. Dessutom präglas det studerade systemet av att olika delar av verksamheten ofta outsourcas (Jörnlind, 2021; Fredriksson, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021). Detta gör att enskilda aktörer som slutanvändare av modellen behöver kunna avgränsa sina snittytor mot modellens kostnadsutdata. Detta görs praktiskt genom att modellen delas in i moduler som kan beräknas oberoende av varandra. Dessa indelningar följer de erfarenheter och intervjuer som gjorts och följer därför den branschstandard som noterats (Jörnlind, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021; Johansson, 2021 A). Transporter mellan MLC och projekt samt tillbaka är två aktivitetsgrupper som slås samman i en modul eftersom de gemensamt görs antingen internt eller outsourcad för att få samlastningslogik (Jörnlind, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021; Johansson, 2021 A). All deponitransport bakas in i en modul eftersom dessa samtliga har outsourcats i någon mån (Jörnlind, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021; SVOA, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021; Johansson, 2021 A). En modul är krossningen med tillhörande sortering som vissa outsourcat i krosskampanjer (Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Hultén, 2021) och andra genomför internt (Jörnlind, 2021; SVOA, 2021; Johansson, 2021 A). Sist av allt inkluderas kvarvarande aktivitetsgrupper i en modul som enligt studien kan anses vara kärnverksamheten för ett MLC: inlastning, utlastning och lagring. Se Figur 39 och dess beskrivning för illustration.



Figur 39 Modellens moduler: 1. Deponitransporter, 2. Återvinning, 3. Lagring, in- och utlastning, 4. MLC-projekt-transporter

7 Kvantifiering av modellen

I detta kapitel kvantifieras modellen utifrån den tidigare konceptuella modellen. Kapitlet väljer kalkyleringsmetod, utvecklar denna metod till modellens kvantifiering, slutligen avslutas kapitlet med antaganden och en sammanställning av datamodellen.

7.1 Modellens kalkyleringsmetod

Fyra alternativa kalkyleringsmetoder har tidigare i 3.1.8 förklarats genom relevanta källor. Utifrån denna förklaring samt den konceptuella modellens uppbyggnad väljs en lämplig kalkyleringsmetod. Initialt analyseras metodernas fördelar och nackdelar.

Tabell 17 Några alternativa kalkyleringsmetoder för kostnader med tillagda fördelar och nackdelar

Metod	Fördelar/ Nackdelar
Aktivitetsbaserad (ABC-) kalkyl	+ Kostnader appliceras där de inträffar + Tillåter mer specifik analys - Tidskrävande - Komplicerad - Kräver djupare samarbete
Totalkostnadsanalys	+ Naturlig logistikkontext + Sammanfattar kostnader - Ger ensamt ett trubbigt resultat
Påläggskalkylering	+ Enkel + Tidseffektiv - Ofta missvisande bild av kostnader
Simulering	+Avspeglar verklighetens komplexitet +Skalbar - Slut användare har inte förkunskap för att använda detta - Ej direktkompatibelt med Optimass

En aktivitetsbaserad kalkyl skulle innebära att olika aktiviteter kostnader skulle kunna räknas fram mer precist och ge en mer verklig bild över respektive aktivitetens kostnad. Nackdelen som kommer är dock ett krav på mycket god information om kostnader för resurser som kan spridas ut över de aktiviteter som drar nytta av just den resursen (Gerdin, 1994). Eftersom det saknas en verklig motsvarighet, samt ska vara en generell modell för att beräkna kostnaderna för ett helt MLC och inte enbart en produkt som rör sig genom systemet blir det där också ytterligare problem. Detta skulle dock kunna lösas med några justeringar i den aktivitetsbaserade modellen vilket gör den mer anpassningsbar för just denna modell. Eftersom det saknas en verklig motsvarighet skulle eventuellt en simulering att passa denna modell bättre (Robinson, 2014), dock saknas det även i detta fallet tillräckligt goda data för att statistiskt kunna skapa en verklighetsbaserad simulering, det finns också en risk att simuleringen sänker den användbarhet som önskas av framtida användare av denna modell. En totalkostnadsanalys passar bra för att sammanställa kostnader och skulle fungera för studien, dock delas kostnaderna in i kostnadsposter i stället för specifika aktiviteter kostnader (Oskarsson, et al., 2013), vilket skulle skapa en annan redovisningsform för studien, exempelvis skulle personalkostnader redovisas och inte vilka kostnader som finns av en specifik aktivitet. Slutligen finns det även påläggskalkylering. En påläggskalkylering är förvisso enkel, men skulle också innebära att det blir svårt att representera olika aktiviteter unika kostnader. Det kan också tilläggas att påläggskalkylen ofta representerar bikostnaders samlade kostnad fördelat på en produkt och inte en verksamhet (Oskarsson, et al., 2013). Eftersom denna studie ämnar beräkna kostnaden för en

verksamhet, där aktiviteter som utförs kan förändras och bytas ut är det viktigt att även få med respektive aktivitets kostnad för att visa var kostnaderna är lokaliserade i verksamheten. Av denna anledning kommer en aktivitetsbaserad kalkyl att väljas för denna studie.

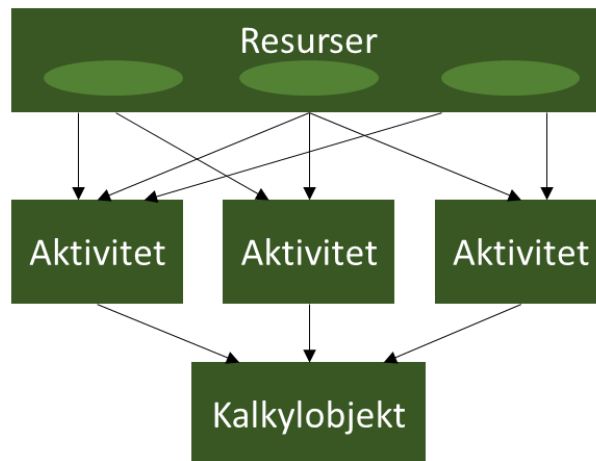
7.2 Teoretisk referensram för kvantifiering

Modellen har delats upp i moduler och aktivitetsbaserad kalkylering har valts som metod för kostnadskalkylering. Därför görs nedan en mindre teoretisk referensram till dessa ämnen inför den faktiska kvantifieringen av modellen.

7.2.1 Aktivitetsbaserad kalkylering

Det har tidigare konstaterats att en stor del av kostnaden för massahantering kan härledas till transport av den tunga, men billiga, massan (SCB, 2020). Dessa transporter genererar omkostnader för parten som genomför transporterna. Likaså gäller för massa flera andra poster i totalkostnadsmodellen. Problemet att allokera kostnaden för exempelvis en stenkross på olika sorters massor finns det en metod för: ABC-kalkylen. För att beräkna kostnaderna för respektive kalkylobjekt, eller i rapportens fall varje modul, behövs olika aktiviteter och resurser att kartläggas.

En aktivitetsbaserad kalkyl är en metod som används för att på ett mer rättvist sätt kunna fördela de kostnader som uppstår indirekt i samband med någon aktivitet. En föregångare till detta var en så kallad påläggskalkylering, där indirekta kostnader fördelas jämnt mellan olika produkter som en extrakostnad. Den aktivitetsbaserade metoden fördelar dessa indirekta kostnader baserat på vilka resurser som är förknippade med olika aktiviteter och kan då ge en mer verklig bild över specifika kostnader av en produkt (Oskarsson, et al., 2013; Gerdin, 1994).



Figur 40: ABC-kalkylering illustrerad av Gerdin (1994, p. Framsida)

Gerdin (1994) beskriver en ABC – kalkyl utifrån de tre fundamentala byggstenarna *resurs*, *aktivitet* och *kalkylobjekt*. Där resurs kan definieras som en produktionsfaktor som används för att utföra en aktivitet. En handling utförd av människor eller maskiner räknas som en aktivitet och kalkylobjektet är den sista härledningen av kostnaderna. För att kalkylobjektets användning av en aktivitet används aktivitetsdrivare, medan aktivitetens förbrukning av en resurs beskrivs som en resursdrivare.

En tio-steps metod för att utföra en aktivitetsbaserad kalkylering presenteras nedan baserad på Gunasekaran (1999). En kontextanpassning till bygg- och anläggningsbranschen bör göras men principerna gäller fortfarande.

1 Mål

Syftet med studien måste klargöras för att utförarna av kalkylen vet hur de ska arbeta och att det är en ABC-kalkyl som ska utföras. Exempelvis att förse information för att kunna skapa en strategi för prissättning (Gunasekaran, 1999).

2 ABC – Team

Det andra steget handlar om att sätta samman ett team av personer med rätt kompetens för att utföra kalkylen. Storleken av teamet kommer att bero på organisationens storlek, tillgänglig personal och hur brådskande resultatet är. Men för en organisation bör teamet bestå av minst följande fyra medlemmar:

- En ingenjör som arbetar inom strategisk planeringen bör fungera som team-ledare
- Ekonomiarbetare som har erfarenhet av kalkylobjektet
- Produktionsansvarig för kalkylobjektet
- Ingenjör inom industrin med flera års erfarenhet av arbetet

3 Organisatoriska problem

Ett ABC-system kommer att kunna påverka många delar av en organisation. Därför är det också viktigt att ta hänsyn till att företaget som undersöks fungerar på ett sätt som gör det nya systemet applicerbart. Detta kan vara saker som undersöka om produkter säljs genom olika kanaler, att kunder tar upp olika mycket tid, att produkterna är väldigt kundanpassade och andra faktorer som kan påverka kalkylen. För att minska riskerna att kalkylen blir missvisande är det viktigt att undersöka dessa faktorer som kan skapa osäkerhet (Gunasekaran, 1999).

4 Identifiera aktiviteter

Identifieringen av aktiviteter är enligt Gunasekaran (1999) det grundläggande steget i en abc kalkyl. Detta eftersom aktiviteter skapar strukturen och definierar det undersökta systemet. Hur en aktivitet definieras skiljer sig dock från kalkyl till kalkyl. Kalkylen bör anpassa sig efter syftet och ligga på en passande detaljnivå. En för hög detaljnivå kan göra kalkylen svårhanterad, medan en för låg detaljnivå kan göra resultatet tveksamt. Gunasekaran (1999) menar dock på att aktiviteter som inköp, orderhantering, kvalitetskontroll, materialhantering, produktionskontroll, inspektion, leverans och underhåll är något som är gemensamt för de flesta verksamheter. Intervjuer och data från produktion kan vara ett bra underlag för att bestämma aktiviteter (Bell, et al., 2019).

5 Identifiera primära kostnadsdrivare (resursdrivare)

Kostnadsdrivare är en fördelningsnyckel för kostnader som inte direkt kan kopplas till aktiviteten (Gerdin, Jonas, 1994). En drivare som kopplar samman aktivitetens konsumtion till specifika resurser kallar Gerdin (1994) för resursdrivare. Eftersom olika typer av resurser används och i olika mängder för respektive aktivitet är det viktigt att noggrant analysera vilka resursdrivare som kan kopplas till respektive aktivitet. Kostnaden för dessa drivare bör vara så exakt som möjlig. För att förstå hur mycket tid som läggs på varje element av en aktivitet bör intervjuer hållas med anställda (Gunasekaran, 1999). När man behandlar personal är det viktigt att beakta att den praktiska maxkapaciteten inte är lika stor som den teoretiska maxkapaciteten. Exempelvis kan det antas att lite tid ägnas åt toabesök och fika, vilket är i sin ordning (Gerdin, Jonas, 1994).

6 Aktivitetskostnadspool

Aktivitetskostnadspoolen är den totala kostnaden som en viss aktivitet gör upphov till. Det vill säga att varje primär kostnadsdrivare som kan kopplas till en aktivitet blir en kostnad för just denna aktivitets kostnadspool. Om resursen är delad mellan olika aktiviteter kommer kostnaden

att fördelas med hjälp av den primära kostnadsdrivaren och med ett lämpligt mått. Detta mått ska vara så nära förankrat till verkligheten som möjligt för att ge en så rättvis bild av kostnad som är möjligt.

7 Sekundära kostnadsdrivare (aktivitetsdrivare)

Den sekundära kostnadsdrivaren, enligt Gerdin (1994) kallad för aktivitetsdrivare, speglar hur mycket av aktivitetens kostnad som är förankrat med kalkylobjektet. Gunasekaran (1999) exemplifierar detta nedan:

$$\text{aktivitetsdrivare} = \frac{\text{aktivitetskostnad för perioden}}{\text{aktivitetsdrivarvolym för perioden}}$$

Aktivitetsdrivaren ska ha en stark korrelation med kostnaden i aktivitetskostnadspoolen och bör vara kvantifierbara och homogena. Gunasekaran (1999) påstår att de i praktiken vanligaste formerna av aktivitetsdrivare är volym, vikt eller situationsberoende.

8 Kalkylobjekt

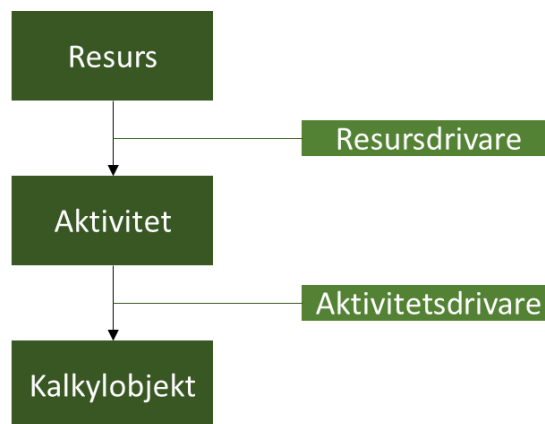
Kalkylobjektet är den kostnadsbärare vars kostnad skall beräknas med hjälp av denna metod. Det är alltså till detta objekt som direkta och indirekta kostnader skall härledas till (Gerdin, Jonas, 1994). Ett kalkylobjekt kan därför vara en kund, tjänst, produkt, kontrakt, eller annat som bär kostnader (Gunasekaran, 1999).

9 Jämförelse

En jämförelse av kalkylens resultat bör göras mot den ursprungliga kalkylen av kalkylobjektets kostnad. Problemet med en ABC – kalkyl är att den kan skapa nya kostnader i form av mätkostnader. Det vill säga att kostnaden stiger enbart på grund av att man gör en mer detaljerad kalkylering av kostnaden. Om mätkostnaden är hög, bör komplexiteten i kalkylen ifrågasättas och eventuellt simplificeras.

10 Implementering

Att implementera ett ABC-system handlar om att övergå från ett traditionellt sätt att mäta kostnader till att på ett mer rättvist sätt fördela indirekta kostnader. Ett system som kräver mer i form av mätning och uppföljning av kostnader. Att implementera detta på ett flera kalkylobjekt kommer att kräva övertalning och noggrann planering för att ske på ett lyckat sätt (Gunasekaran, 1999).



Figur 41: ABC-kalkylering efter illustration av Gerdin (1994, p. 69)

7.2.2 Moduläritet

Erikson et al. (2014) menar att användarbarheten är en viktig del i modellen. Författarna anser att för att uppnå en högre nivå av användarbarhet bör modellen vara robust, vilket innebär att modellen ska kunna fungera i olika miljöer och organisationer. Massahantering följer byggbranschens karakteristik (Agapiou, et al., 1998) av tillfälliga strukturer, både fysiskt i försörjningskedjor och mellan företag. Denna dynamik gör att det finns ett behov av att kunna anpassa modellen efter det perspektiv och den roll en aktör för tillfället har.

Moduläritet är ett mångfacetterat begrepp men som många kan enas om i en modellkontext sammanfattas med ett systems komponenters förmåga att kunna separeras, alltså att interaktionen minimeras mellan komponenterna (Hellström, 2006). Hellströms avhandling utgår från ett projektbaserat arbetssätt inom tillverkande industrin, men koncepten bör kunna föras över på den likaså projektbaserade byggindustrin. Moduläritet ska användas för att hantera komplexitet och en av de största fördelarna är att man enkelt kan klargöra skillnaderna för olika produktionsdelar och olika aktörer (Hellström, 2006). I en byggkontext kan det exempelvis handla om att kunna räkna bort redan outsourcade transportsträckor ur en kostnadsanalys. Hellström sammanfattar vidare att en modulärt förhållningsätt kan underlätta att organisera aktiviteter effektivare eftersom en liknande aktivitet kan återkomma i ett senare steg i processen.

7.3 Metod för modellens kvantifiering

Kalkylobjekt är de objekt som kostnader fördelas på (Gerdin, 1994). Denna studies syfte och kontext gör att kostnader kommer fördelas per ton på de olika massatyperna som tas emot. På detta sätt beräknas också en total kostnad för hela MLC-processen, men med de drivare av kostnader som finns i verksamheten, detta är ABC-kalkylens mål. Ett organisatoriskt problem som finns är att mätbarheten i bygg och anläggningsverksamheter är låg (Svensson, 2021; Johansson, 2021 A), detta gör att detaljeringsgraden i kalkylen minskar. Identifikation av såväl aktiviteter som aktiviteternas resursdrivare är gjord redan i kapitel 6.1 respektive 6.2.

Vissa av dessa resursdrivare är triviala att identifiera och direkt fördelningsbara. Exempelvis att antal passager lätt kan fördela vågens kostnader på aktiviteterna inlastning och utlastning. Andra är svårare att fördela och kräver djupare kalkyl såsom exempelvis de olika aktiviteternas ytfördelning. Aktivitetsdrivare är genomgående det antal ton som en aktivitet hanterar av en viss sort, dessa sammanfaller ibland med resursdrivare vilket gör att steget över själva aktiviteten då kan negligeras. Antal ton massa och dess sort har alltså en stor vikt i modellen.

För att kunna genomföra en ABC-kalkyl i denna studie på ovan nämnda sätt kommer därför en del anpassningar av kalkylen att ske. Det första steget är att klargöra målet med kalkylen, vilket besvaras med studiens syfte och kommer inte att lyftas mer än så. Det andra och tredje steget handlar om vilka som ska genomföra beräkningarna och vilka organisatoriska problem som finns. Eftersom det redan är nämnt att författarna kommer genomföra kalkylen och det nu är fastställt att en ABC-kalkyl kommer att genomföras exkluderas dessa steg.

Det fjärde steget involverar identifieringen av aktiviteter, något som behövs för att kunna räkna ut kostnader för respektive aktivitet. Identifieringen av aktiviteter i denna rapport har dock redan ägt rum och kommer inte att behöva identifieras ytterligare en gång. Även nästa steg är något som redan blivit identifierat i denna rapport, dvs identifieringen av primära kostnadsdrivare. Eftersom kostnadsdrivarna är fördelningsnyckeln som identifierar kostnaden av en aktivitet kommer även dessa att inkluderas.

Aktivitetskostnadspoolen är det sjätte steget och ämnar skapa en förståelse över hur resurserna som delas mellan olika aktiviteter spelar in i respektive aktivitets kostnad. Eftersom en total kostnad i många avseenden saknas kommer dock detta inte att tas med, utan i stället blir det enbart aktivitetens användning av en resurs som kommer att spegla kostnaden av den aktiviteten.

Att ta fram sekundära kostnadsdrivare är det sjunde steget och ämnar fördela kalkylobjektets en viss aktivitets kostnad genom att identifiera hur mycket kalkylobjektet använder just denna aktivitet. I denna studie är kalkylobjektet en verksamhet som har alla aktiviteter kopplade till sig. Därav finns det ingen anledning till att fördela aktiviteternas kostnader mellan kalkylobjektet och något annat. Av samma skäl kommer inte heller steg åtta att inkluderas, eftersom kalkylobjektet redan är identifierat som ett masslogistikcenter.

Gunasekarans (1999) nionde steg Jämförelse kommer inte att göras då ingen tidigare kalkyl gjorts. Varje modul kan agera oberoende av de andra modulerna i att räkna ut kostnader. Därför kan en utförare som endast gör en del utesluta de andra modulerna. Det ligger också utanför studiens ramar att genomföra fler kalkyler över samma område, vilket också gör att steg tio, implementering, exkluderas eftersom även detta ligger utanför studiens ramar.

Ett exempel på hur uträkningen av en aktivitets kostnad ser ut i modellen.

Tabell 18 Aktivitetsbaserad kalkylering

Aktivitet	Kostnad för aktivitet	Primär kostnadsdrivare	Antal enheter av kostnadsdrivare	Kostnad per enhet
Provtagning	600kr	Per 750ton	750ton	600kr
	126kr	Tid administrativt	0,5h	252kr
	139kr	Tid personal	0,5h	277kr
Totalt kostnad:	865kr			

7.4 Ytterligare data för modellens kvantifiering

Ett antal data har samlats och bildar tillsammans med antaganden den grund varpå beräkningarna vilar. Uppdelat i olika underområden presenteras de viktigaste av dessa nedan. Fler antaganden och data är samlade i Bilaga I.

7.4.1 Lagring

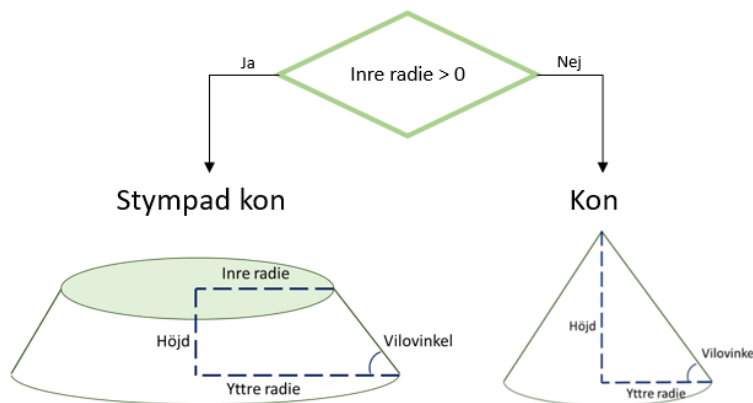
Sätt att lagra massa har skiljt sig mellan olika verksamheter. Inlastning och utlastning sker ofta i fack (SVOA, 2021; Saeed, 2021; Johansson, 2021 A). Detta görs både för att separera massorna på ett bra sätt och för att minska den behövda ytan per volymenhet massa, speciellt vid mindre mängder. Men även lagring på hög används för lite större mängder massor (Lindberg, et al., 2021; Johansson, 2021 A; Hultén, 2021). Det sätt att lagra som valts till kvantifieringen är uteslutande på hög eftersom mängderna är så pass stora (Robinsson & Johansson, 2021) att detta varit rimligt (Johansson, 2021 B). Ett exempel på ett antagande kring lagringsyta är att 1 miljon kubikmeter grus blir 10 hektar lagringsarea enligt Martti & Holmberg (2021), men en formel har krävts för de mest använda massasorterna i de vanligaste viktintervallen. Ytan som krävs för lagring på hög skiljer sig mellan olika sorters massor eftersom vilovinkeln på högen beror av materialtypen (Axelsson & Mattsson, 2016), dessutom kan formen på högen variera.



Figur 42: Generisk hög av massa

Högarnas höjd kan endast öka högre än hjullastarens maxtipp höjd om hjullastaren kör upp på högen (Johansson, 2021 A), om en sorteringsmaskins band sänder upp massan (Lindberg, et al., 2021) eller om en höjdskillnad finns där massan kan tippas ner (Lindberg, et al., 2021). I denna rapport antas högarna därför inte vara högre än en hjullastares maxtipp höjd på ca fem meter (Caterpillar, 2012). Det antagande som gjorts gällande högarnas form är att det är stympade koner med fixerad höjd (Axelsson & Mattsson, 2016). Detta antagande fungerar väl för massavikter från ca 50 ton och uppåt till ca 500 ton, beroende på materialets vilovinkel, se Figur 43. Såväl Optimass (Johansson, 2021 B) som boken Geoteknik (Axelsson & Mattsson, 2016) har stött de ytterligare antaganden kring massornas egenskaper som presenteras i Bilaga B.

Figur 43 Högens antagna former vid olika mängd massa



7.4.2 Transporter

Det finns ett antal olika möjliga lastbils kombinationer för frakt av massa (Carlsson & Forslund, 2020). I intervjuer används i olika situationer har tridembil med släp respektive utan (Hultén, 2021), kassettbil med släp (SVOA, 2021) och boggilastbil (Saeed, 2021; SVOA, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021). Som förenkling har endast två standardlastfordon använts i modellen: boggilastbilen och kassettbil med släp, laster antas till 15 respektive 32 ton om (Saeed, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021) körning kan begränsas till BK2⁹ eller tåligare (Trafikverket, 2021). Skillnaden i studien är deras maxlaster, lastningstider samt kostnaderna av deras bränsleförbrukning och fordonskostnaden, vilket kan ses i Bilaga A. Slutliga antaganden kring transportkostnader har gjorts med stöd av Carlsson & Forslund (2020) samt Magnusson & Melby (2016).

⁹ Bärighetsklass som definierar hur stora fordonsvikter en väg klarar

7.4.3 Återvinning

Den återvinning som modelleras utgår från Optimass definitioner kring vad som kan återvinnas. Det handlar alltså om Optimass sammankoppling av massa in respektive ut ur ett givet system (Johansson, 2021 B). Den kross samt sorteringsmaskin som modelleras med antas klara att utföra dessa produktionsprocesser.

Massorna som inkommer sorteras i modellen på liknande sätt som i NDS, där samtliga massor förutom berg sorteras i över och under storlek på 30mm. En andel av materialet sand och grus kommer också antas vara rent och inte behöva genomgå denna sortering. Inget material under 30mm kommer att återvinnas och skickas efter provtagning direkt till deponi. Antaganden kring siktkurvor av de olika massorna redovisas i Tabell 19. Dessa antaganden är baserade på ett snitt mellan olika siktkurvor i Bilaga J.

Tabell 19: Antaganden kring siktkurvor av inkommande material

Område	>30 snitt	<30 snitt
Morän klass II	0,21	0,79
Sand och Grus	0,08	0,92
Kalk- och lermorän	0,05	0,95
Fyllning	0,21	0,79

Provtagningen av materialet kommer att ske under en veckas period och i en batch av 750ton. Det vill säga att material sorteras ut, av dessa kommer 750ton att provas och lagras under en vecka innan det skickas till deponi.

Samtliga Optimass materialsporter utöver Lera och Silt antas köras till MLC för återvinning. Lera och Silt däremot som är oerhört svåra att återvinna körs direkt från projekten till kvittblivning (Cederbom, 2021; Martti & Holmberg, 2021). Modellens kvantifiering antar att en krosskampanj genomförs i ett antal veckor när en viss mängd massa finns i lager. Krosskampanjen kör så många veckor tills råvarulagret är slut. Eftersom detta tycks vara en vanlig lösning i de fall där arbetet struktureras i krosskampanjer (SVOA, 2021; Hultén, 2021; Lindberg & Gustavsson, 2021).

I Bilaga B redovisas förhållandet mellan olika massor och de produkter som kan skapas via dessa massor. I Tabell 20 redovisas vilka antaganden som tagits i modellen. Ett antagande har gjorts gällande krossning i modellen. Detta antagande bygger på att det sker krossningskampanjer när råmaterial har uppnått en viss nivå. Denna nivå är i modellen 20 000 ton råmaterial antaget utifrån Hultén (2021) och Lindberg & Gustavsson (2021) . När en krossningskampanj sker, genomförs den också under en tre veckor lång period och krossar allt material som går.

Tabell 20: Massor till produkt (Johansson, 2021 B; Mácsik, 2021)

Massor	Metod	Produkt	Andel
Kristallint berg	Krossning	Permeabelt skikt klass I	1
	Krossning	Fyllningsmaterial	0
	Krossning	Ensgraderade grusfraktioner	0
Kalk- och sedimentberg	Krossning	Permeabelt skikt klass II	1
	Krossning	Fyllmaterial	0
Kalkmorän/Lermorän	-	Ensgraderade grusfraktioner	-
Morän klass II	Sortering	Mångsgraderad urban morän	1/2

		Permeabelt skikt klass II	1/2
Sand/grus	Sortering	Permeabelt skikt klass I	1/3
	Sortering	Permeabelt skikt klass II	1/3
	Sortering	Ensgraderade grusfraktioner	1/3
Fyllning	Sortering	Se Morän klass II	Se Morän klass II

Den sorteringsmaskin som valts till modellen är i samma produktserie som den som används i NDS (Saeed, 2021). Månadskostnad och kapacitet har fått av tillverkare (Maskin mekano, 2021). Det antas att maskinen körs med diesel trots att möjlighet till eldrift finns (SVOA, 2021)

7.4.4 Övriga antaganden

En aktivitet från den konceptuella modellen som varit svår att kvantifiera på ett riktigt trovärdigt sätt är Omflyttning av massa. Drivaren avstånd i denna aktivitet beror fullständigt på hur MLC är fysiskt upplagt och ett generellt antagande måste därför göras. Utifrån SVOAs (2021) beskrivning antas varje ton flyttas 100 meter internt på området.

Modellens kostnad för kvittblivning är beroende av antagen förorening och massasort. Är massan ren kan den återvinnas enligt ovan. Är den från ren till KM finns en avgift, en annan avgift för material från KM till MKM och dessutom läggs en avgift för blöta massor som lera. I denna modell kommer alla massor antas vara mellan ren och KM, medan lera kommer antas vara KM och blöt. Undantaget blir dock berg, samt hälften av sand och grus (Johansson, 2021 B)

Personaltimmarna är beräknade efter praktisk maxkapacitet, det vill säga ca 80 % av personalens totala arbetstid finns till förfogande (Gerdin, 1994).

7.5 Modellens kvantifiering

Ett antal antaganden har gjorts utifrån insamlade data och intervjuer. Dessa redovisas nedan som del i modellen men kan ändras utifrån användarnas önskemål. Det är också viktigt att komma ihåg att alla antaganden i siffror som gjorts är förändringsbara i modellen. Det vill säga att om exempelvis användaren vill förändra andelen material som krossas är detta möjligt på ett smidigt sätt. Användaren behöver inte in i beräkningsmodellen för att förändra vare sig indata eller antaganden. Likaså är resultatet möjligt att dela upp mellan modulerna.

Modellens input är uppdelad i två delar. Den första delen innehåller den information som behövs från programmet Optimass och ett utklipp av detta visar hur det ser ut i modellen i Figur 44. Denna information hämtas manuellt och formateras och sorteras med hjälp av en Macro-operation i Excel-filen för att anpassas till resten av modellen. Som tidigare nämnt består detta av massor som uppstår vid projektområden, behov av massor som material, byggnadsperiod och plats.

Delområde	Startår och Slutår och Antal år	Kristallint ber	Sediment	Sand och grus	Morän klass II	Kalk- och Lera och silt	Fyllning	Fall B tota
Himmelstalund N	2021 2025 5	6787	0	22093	2740	0	32216	774
Inre Hamnen II	2021 2025 5	3303	0	10753	1334	0	15680	377
Sandtorp etapp III	2021 2025 5	13574	0	44186	5481	0	64432	1549

Figur 44: Utklipp från modellen över input från Optimass

Den andra delen av inputen består av kompletterande information som behövs läggas in manuellt och redovisas i Figur 45. Denna information består av avstånd till närliggande deponier och avstånd till tänkt plats för ett MLC. Samt om respektive projektområde ska tas med i modellens beräkning.

Körtid till MLC [min]	Distans till MLC [km]	Tagits med i test	Närmsta deponi	Körtid deponi	avstånd deponi
16	14				
14	10		1 Skärlunda	11	11
42	44				
16	14				

Figur 45: Utklipp från modellen över input från användaren

Tillsammans med denna input finns också en del antaganden kring kostnader, siktcurvor och annat som är viktigt för att modellen ska beräkna enligt förväntan. Dessa antaganden fungerar som förändringsbara variabler i modellen och kan också justeras om användaren önskar. Ett utklipp av dessa antaganden visas i Figur 46.

Område	Underområde	Källa	objekt	kostnad	enhet
Transportkostnad	leasad	Tyresö faktura	Schaktbil 3 axl	695 kr	Timme
Transportkostnad	leasing	Tyresö faktura	Schaktbil 3 axl	695 kr	Timme
Transportkostnad	rörliga kostnader	SÅ-kalkyl	Fordon	6,85 kr	Km
Transportkostnad	fasta kostnader	SÅ-kalkyl	Fasta kostnader	1132 kr	dag
Transportkostnad	personalkostnader	SÅ-kalkyl	Personal	277 kr	timme
Transportkostnad	leasing	Carlsson & Forslund + Magusson & Melby	Boggi	620 kr	timme
Transportkostnad	leasing	Carlsson & Forslund + Magusson & Melby	Tridem	700 kr	timme
Transportkostnad	leasing	Carlsson & Forslund + Magusson & Melby	Bil med släp	950 kr	timme
Transportkostnad	km-kostnad full	Optimass	4-axlad tridem utan släp (lastbil)	15,5	/km
Transportkostnad	km-kostnad tom	Optimass	Kassetbil med släp (lastbil)	17	

Figur 46: Utklipp från modellen över förändringsbara antaganden

Beräkningarna av modellen äger alla rum i en större flik där antaganden och input kombineras för att med den valda kalkylmetoden ta fram ett resultat. För att göra beräkningar mer rättvisande är även all data i denna flik nerbrutet till veckor, vilket sträcker sig 15år fram i tiden. Ett utklipp från detta kan ses i Figur 47.

År	Vecka	Råmaterial - inkommande							Kvittblivet	Behov				
		Kristallint berg	Sedimentberg	Sand och grus	Morän klass II	Kalk- och lermorän	Fyllning	Lera och silt		Permeabelt skikt klass I	Permeabelt skikt klass II	Ensgraderade grusfraktioner	Urban morän	Fyllmaterial
2021	1	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	2	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	3	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	4	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	5	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	6	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	7	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	8	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	9	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	10	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	11	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	12	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	13	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	14	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	15	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	16	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	17	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196
2021	18	173	0	562	70	0	20	819	175	175	175	87	188	196

Figur 47: Utklipp från modellen

Avslutningsvis presenteras användaren av ett resultat i form av kostnader. Dessa kostnader kan ses per aktivitet, totalt eller uppdelat per modul. Summerat handlar det om komprimerade indata som behandlas stegvis beroende av statistik och dess inneboende egenskaper. Sedan summeras kostnader som behandlingen genom drivare på resurser producerat.

8 Test i Norrköping och förbättring av modellen

Följande kapitel är fokuserat på fallstudien som görs i Norrköping och de förbättringsåtgärder som identifierats därefter. Kapitlet inleds med en beskrivning av den indata som varit tillgänglig för testet, och vilka antaganden som gjorts.

8.1 Indata och testspecifika antaganden

Optimassdata från ett antal områden i Norrköping har sammanställts och använts som input till testet av modellen. Enligt det studerade systemet innefattar modellens test endast projekt i norra Norrköping under tidsperiod från 2021 till 2035. Utvalda projektområden presenteras i Tabell 21.

Tabell 21 Projektområden anslutna till MLC i testet av modellen. Geografisk studie har endast gjorts för de projekt som tidsmässigt ligger inom studerat system. Kommentarer motiverar varför projektet inte kan vara aktuellt

Projektområde	Startår	Slutår	Körtid till MLC [min]	Distans till MLC [km]	Tagits med i test	Kommentar
Himmelstalund N	2021	2025	16	14		Motsatt sida av Norrköping
Inre Hamnen II	2021	2025	14	10	x	
Sandtorp etapp III	2021	2025	42	44		Sydöst om Norrköping
Västra staden	2021	2025	16	14		Motsatt sida av Norrköping
Vilbergen N	2021	2025	17	15		Motsatt sida av Norrköping
Kolmården	2021	2025	20	20		Nordost om Norrköping
Björkalund	2021	2025	18	16		Söder om Norrköping
Smedby IP	2021	2025	17	11		Motsatt sida av Norrköping
Söderport	2021	2025	17	11		Motsatt sida av Norrköping
Sylten	2026	2030	9	8	x	
Inre Hamnen II	2026	2030	14	10	x	
Butängen	2026	2030	10	8	x	
Himmelstalund N	2026	2030	16	15		Motsatt sida av Norrköping
Västra staden	2026	2030	16	14		Motsatt sida av Norrköping
Åby Humpegården	2026	2030	8	6	x	
Butängen	2031	2035	10	8	x	
Himmelstalund S	2031	2035	14	14		Motsatt sida av Norrköping
N Butängen	2036	2050	-	-		Efter 2035
Slottshagen	2036	2050	-	-		Efter 2035
Sandviken	2036	2050	-	-		Efter 2035
FÖP Krokek	2036	2050	-	-		Efter 2035
FÖP Kimstad	2036	2050	-	-		Efter 2035

Svärtinge	2036	2050	-	-		Efter 2035
Åby	2036	2050	-	-		Efter 2035
Ingelsta	2036	2050	-	-		Efter 2035
Marby	2036	2050	-	-		Efter 2035
Klinga III	2021	2025	15	16		Sydväst om Norrköping
Klinga IV	2021	2025	15	16		Sydväst om Norrköping
Sparrisen	2021	2025	19	17		Motsatt sida av Norrköping
Kungsängen	2021	2025	18	20		Motsatt sida av Norrköping
Malmölandet	2021	2025	1	1	x	
Åby Humpegården	2025	2030	8	6	x	
Malmölandet	2025	2030	1	1	x	
Klinga etapp V	2025	2030	15	16		Sydväst om Norrköping
Slottshagen?	2040	2050	-	-		Efter 2035
Ingelsta	2040	2050	-	-		Efter 2035

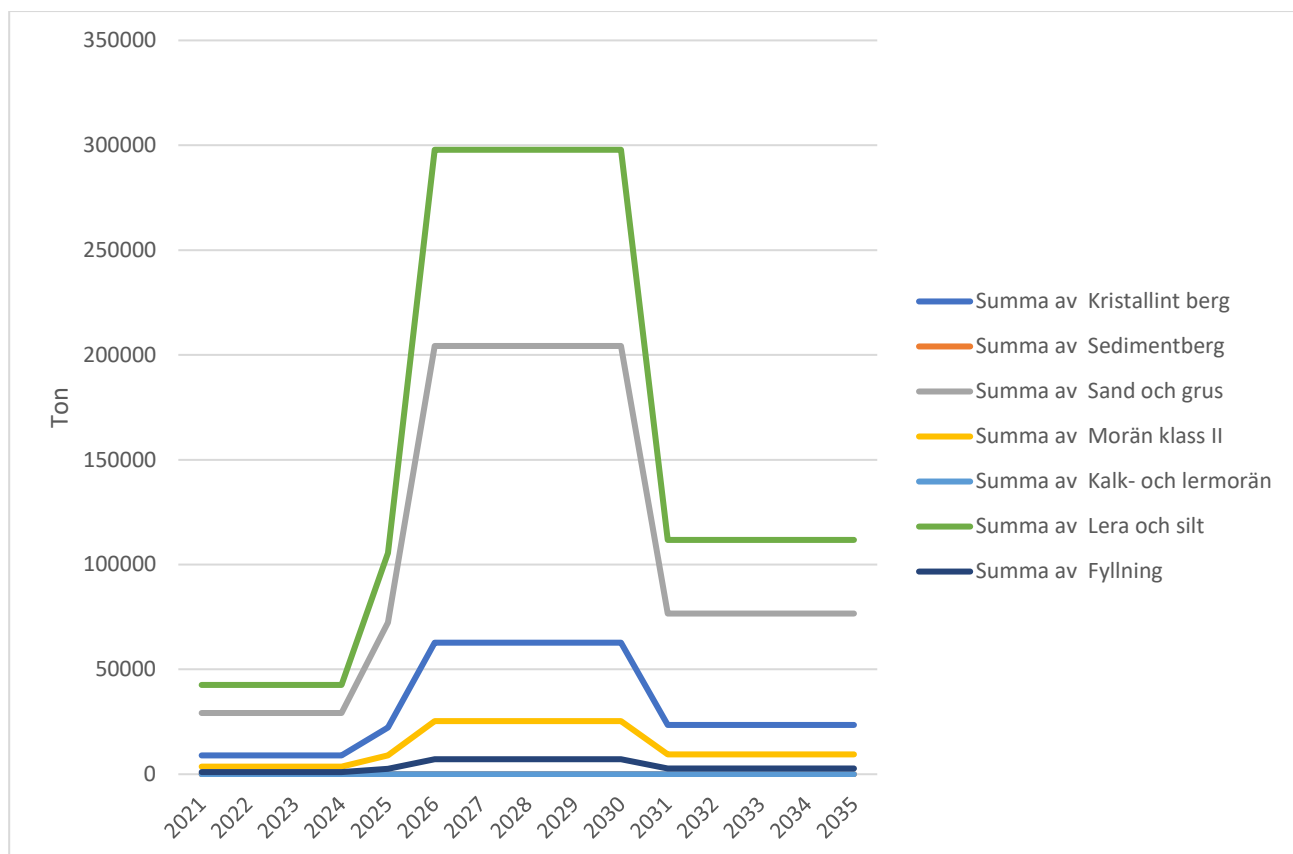
De två deponier som antas vara anslutna är Skärlunda samt Skogslotten. Dessa två är de närmsta respektive projekt. Kostnaden för deponier är hämtade från Saeed (2021).

Tabell 22 Valda projekt med deras deponier

Projektområde	Startår	Slutår	Deponi	Körtid till deponi [min]	Distans till deponi [km]
Inre Hamnen II	2021	2025	Skärlunda	11	11
Sylten	2026	2030	Skogslotten	8	7
Inre Hamnen II	2026	2030	Skärlunda	11	11
Butängen	2026	2030	Skogslotten	12	10
Åby Humpegården	2026	2030	Skogslotten	13	8
Butängen	2031	2035	Skogslotten	12	10
Malmölandet	2021	2025	Skogslotten	14	10
Åby Humpegården	2025	2030	Skogslotten	14	10
Malmölandet	2025	2030	Skogslotten	15	11

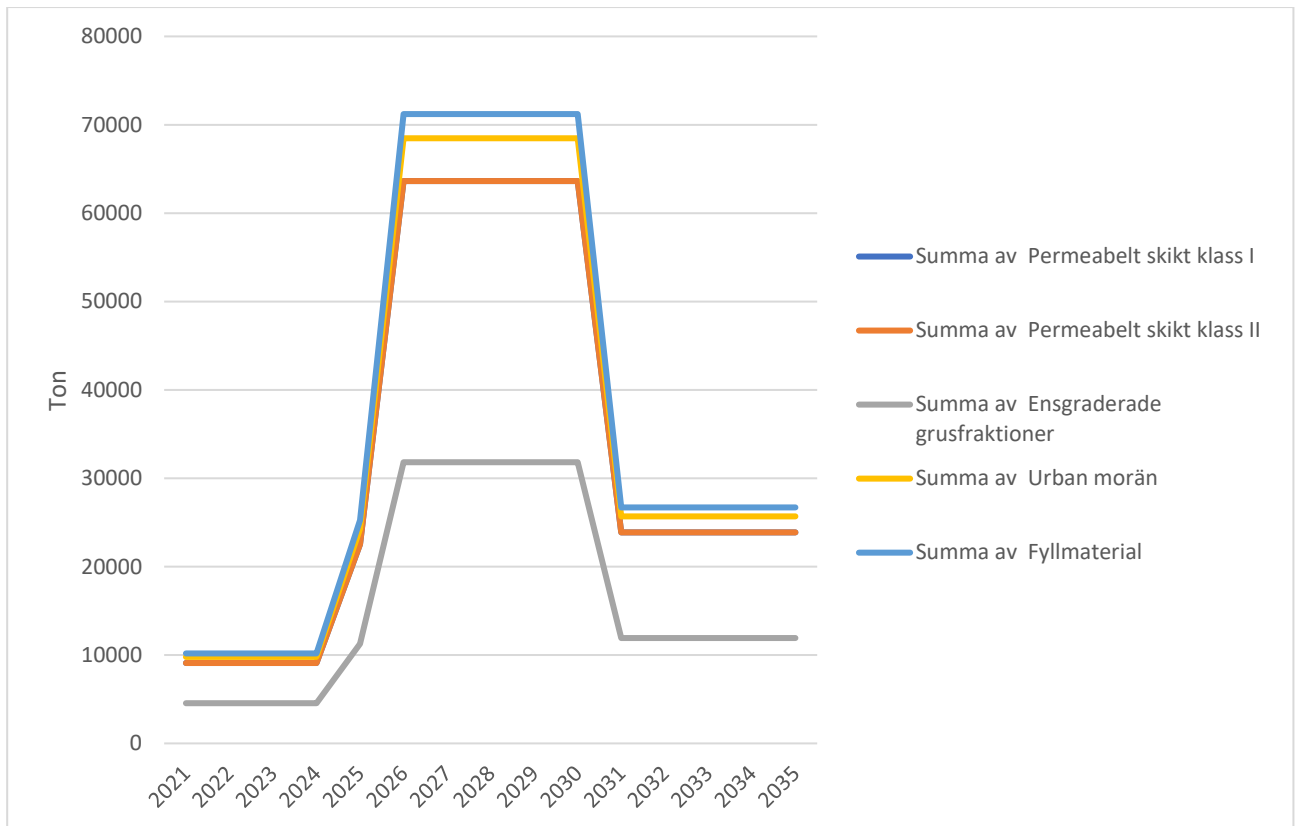
Enligt uppgift från Josef (2021) har antaganden gjorts kring återvinning och kvittblivning specifikt för massorna i Norrköping. De antaganden som gjorts gällande ytkostnad är utifrån rådande prisbild på industrimark strax utanför Norrköping. En snittkostnad har uppmätts via trivial sökning på industrimark till ca 8 kr/kvadratmeter/månad, se Bilaga I.

De massor som ska hanteras av det studerade systemet presenteras i Figur 48 uppdelat per år. Det kan noteras att en stor del av massorna är Lera och silt. Föreningensgraden på sand och grus approximeras till 50 % rent och 50 % KM enligt stöd från Mácsik (2021) och Johansson (2021 B).



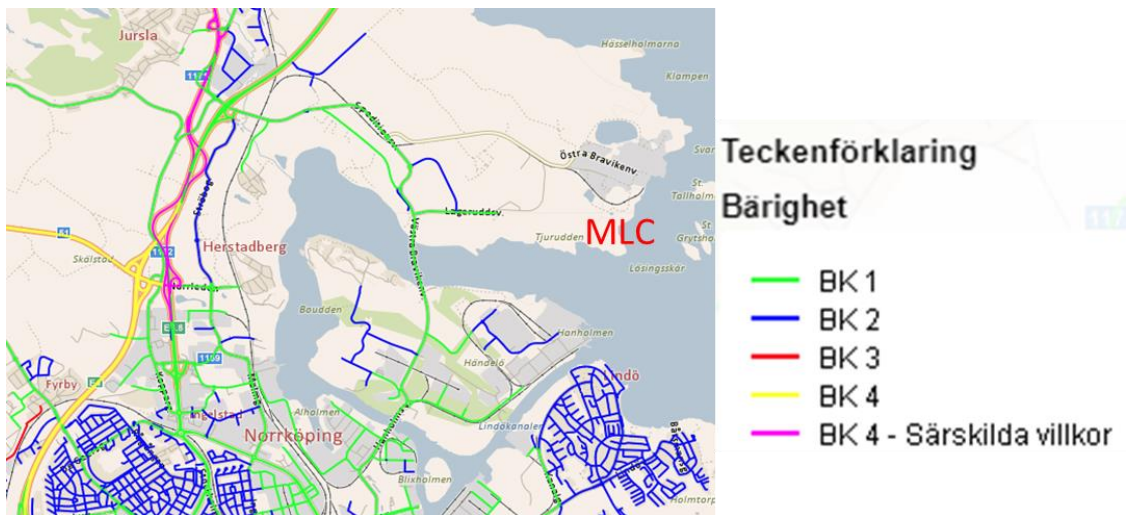
Figur 48 Mängden utbud av olika sorter som systemet ska hantera, presenterat per år

Dessutom presenteras Figur 49 den andra sidan av byggandet, en efterfrågan på massor. Modellen har verktyg för att matcha dessa två enligt råd från Mácsik (2021) och Johansson (2021 B) i översiktligt presenterat i Tabell 20. Figur 48 och Figur 49 är den massa som det studerade systemet hanterar ut och in. Beroende på var modellen appliceras skulle framför allt andelarna i utbudet i Figur 48 förändras. I ett skogsområde skulle morän vara vanligare och ett område med berg i dagen skulle generera mer berg.



Figur 49 Efterfrågan på olika typer massor systemet ska hantera, presenterat per år

Den bärighetsinformation som finns kring MLC är att körning till projekt och deponier är möjliga enligt reglerna för BK1¹⁰. Ett urklipp från kartan med bärighetsklasserna kring MLC finns i Figur 50.



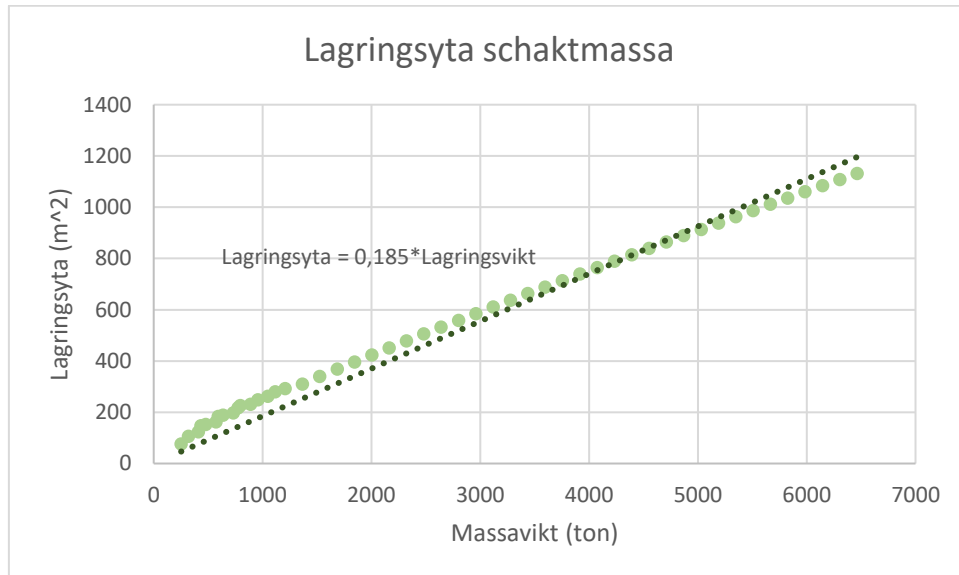
Figur 50 Bärighetsklasser runt det antagna MLCs placering (Trafikverket, 2021)

8.2 Identifierade brister och förbättringar från konceptuella modellen

Brister som identifierats beskrivs nedan. Respektive brist följs av direkt av åtgärder som gjorts för att förbättra modellen. Dessa brister har uppkommit under experimenterade av modellen.

¹⁰ Bärighetsklass som definierar hur stora fordonsvikter en väg klarar

En brist som identifierades i den ursprungliga datamodellen var att de funktioner som beräknade ytan för lager innehållande en viss mängd massa hade en mycket lång beräkningstid per uträknad cell. Eftersom varje vecka under 15 år, samt varje sort av massa har en egen cell tog uträkningen lång tid. För att minska tiden det tog att räkna ut ytan gjordes en linjär regression av resultatet från funktionen för lagringsytan. Ett exempel på denna regression och tillhörande funktion som erhållits ges exempel på i Figur 51.



Figur 51 Beräknad lagringsyta för schaktmassor så som jord utifrån regression av lagringsytaformel

Det fanns även brister i källunderlaget för att bedöma transportkostnader för framför allt lastbil med släp uppdelat på sträcka och körtid. Den kalkyl från Sveriges Åkerier som kunde användas till boggilastbil fanns inte överförbar till lastbil med släp. Därav valdes att alla transportkostnader endast kalkyleras per timme för att göra lastbil med släp och boggilastbil likvärdigt beräknade.

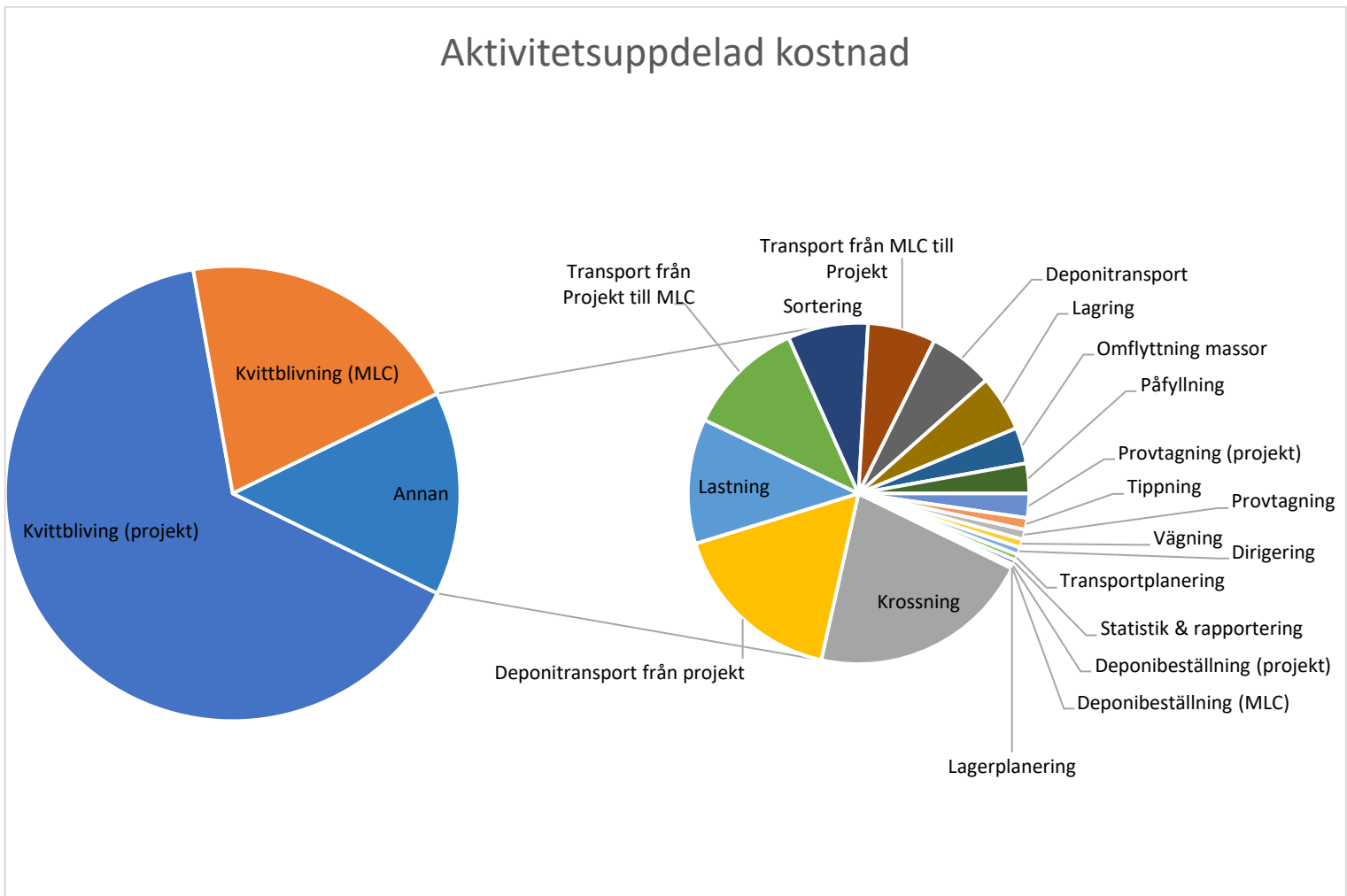
Utifrån den konceptuella modellen och insamlad information har massatyper stor betydelse, detta var då tänkt att inkludera siktkurvor och föroreningsgrad. Dock är den data som finns tillgänglig i Norrköping uppdelad i relativt breda kategorier. Vilket också gör användningen av siktkurvor, och antaganden om föroreningar till bredare och högst troligt mindre verklighetstroga. Samma sak gäller detaljnivån över schaktad massa och det behov av massa som uppstår vid projekt. Exempelvis gjorde denna typ av indata det omöjligt att dela upp produktion och behov av material i fraktionsnivåer, utan i stället får bredare begrepp användas. Denna skillnad mellan konceptuell modell och verkliga indata har gjort att beräkningar fått byggas upp mer av antaganden utifrån Axelsson & Mattssons (2016) samt Johansson (2021 B). Förbättringar inom detta område genomfördes inte inom ramarna för denna rapport.

I testet har bristen i detaljering av indata märkts. Ett snitt per år och projekt ger en för jämn fördelning av massa per vecka. På detta sätt dimensionerar modellen aktiviteternas användning på resurser jämnt över tiden och överkapacitet behövs inte. Detta stämmer relativt dåligt med verkligheten där visserligen många projekt jämnar ut flödet men det ändå finns en viss variation (Jörlind, 2021). Denna brist är svår att korrekt avhjälpa i dagens informationsläge just på grund av bristen på korrekt kunskap om fördelningen. Därför lämnas bristen som förbättringspotential till en vidareutveckling av studien.

För att sammanfatta bristerna beror mycket på en relativt låg detaljnivå när det kommer till den indata som finns tillgänglig. Antaganden har fått göras tillsammans med sakkunniga, men att säga hur mycket det avspeglar verkligheten blir omöjligt att säga. Antaganden som gjorts kan förändras av en användare, men för att förändra detaljnivån på indata kommer mer arbete att krävas.

8.3 Driftkostnader i fallstudie Norrköping

Driftkostnader för fallstudien i Norrköping har räknats ut av modellen, se Figur 52. Liksom Johansson (2021 B) bekräftar korrelerar med sina studier är kostnad för kvittblivning totalt dominerande i kostnadsbilden kring ett MLC.



Figur 52 Aktivitetsuppdelad kostnad för systemet

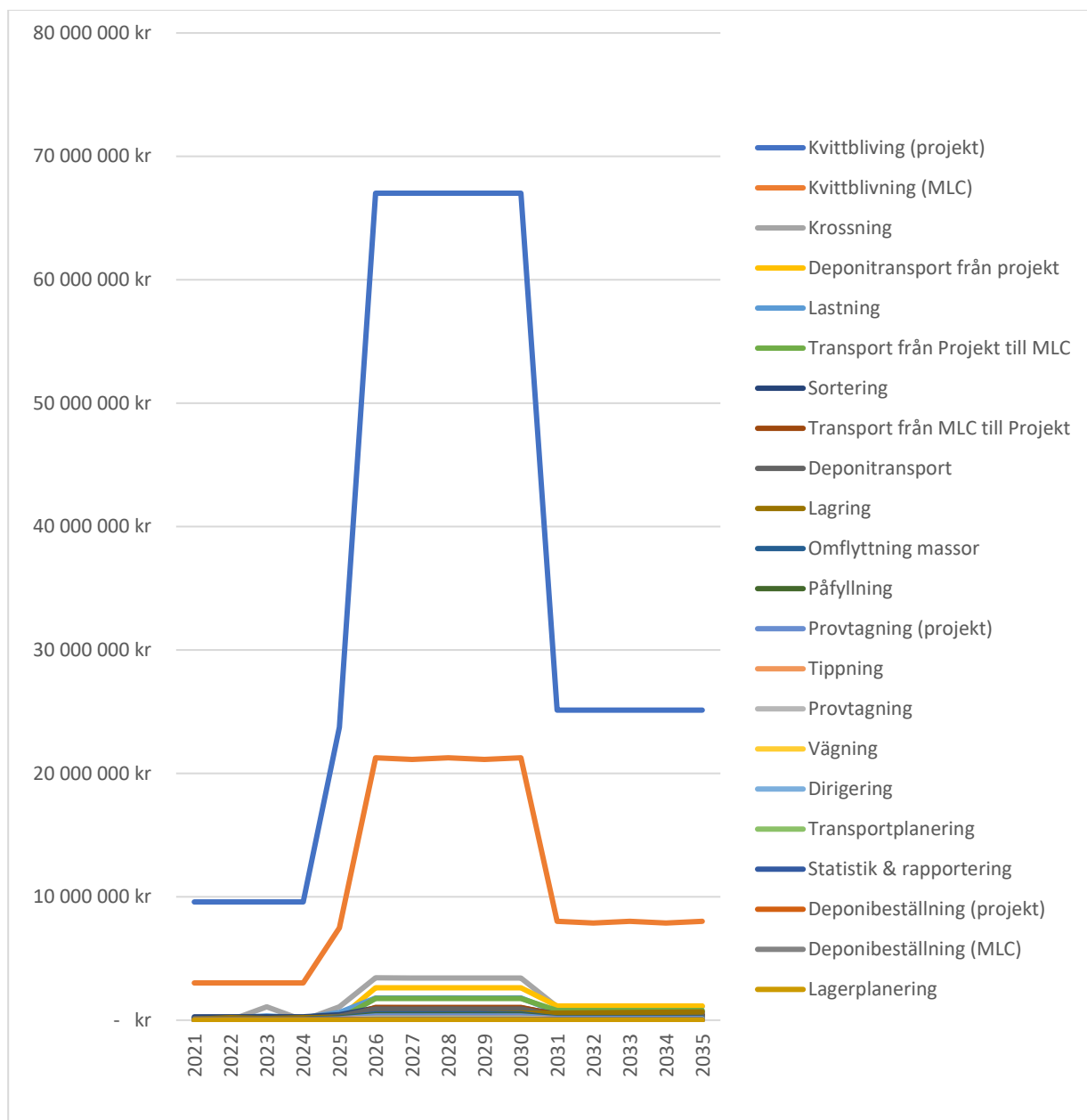
Samma kostnader presenteras i

Tabell 23. Dessa är kostnader summerade från samtliga år MLC är i drift.

Tabell 23 Aktivitetsuppdelad kostnad för hela perioden

Aktiviteter	
Kvittblivning (projekt)	482 578 750 kr
Krossning	193 253 276 kr
Kvittblivning (MLC)	152 643 750 kr
Lagring	52 268 598 kr
Deponitransport från projekt	18 058 430 kr
Lastning	12 194 714 kr
Transport från Projekt till MLC	12 038 953 kr
Sortering	8 341 726 kr
Transport från MLC till Projekt	6 661 569 kr
Deponitransport	6 562 363 kr
Omflyttning massor	3 653 668 kr
Påfyllning	3 059 776 kr
Provtagning (projekt)	2 472 386 kr
Provtagning	1 005 476 kr
Tippning	1 194 169 kr
Vägning	932 375 kr
Dirigering	746 893 kr
Transportplanering	607 410 kr
Statistik & rapportering	507 996 kr
Deponibeställning (projekt)	268 746 kr
Deponibeställning (MLC)	146 600 kr
Lagerplanering	19 418 kr

Kostnader uppdelade per år i fallstudien kan i stället beskådas i Figur 53. Det kan ses att samtliga kostnader jämnt följer den variation i efterfrågan och utbud som presenteras.



Figur 53 Totala driftkostnader uppdelade per år

För att fördjupa analysen av modellen finns även ett intresse av hur stor driftkostnaden är fördelat på omhändertagen massa. Kvittblivning kostar enligt modellen linjärt med deponerad mängd massa och håller sig därför i princip konstant utöver fluktuationer i fördelning mellan massatyper då lera kostar mer att deponera och vissa massor kan återvinnas i sin helhet. Den aktivitet som kraftigast fluktuerar med tiden i testet är krossning som i modellen görs i kampanjer. Kostnaden per ton omhändertagen massa blir totalt ca 250 kronor.

8.4 Färdigställd modell

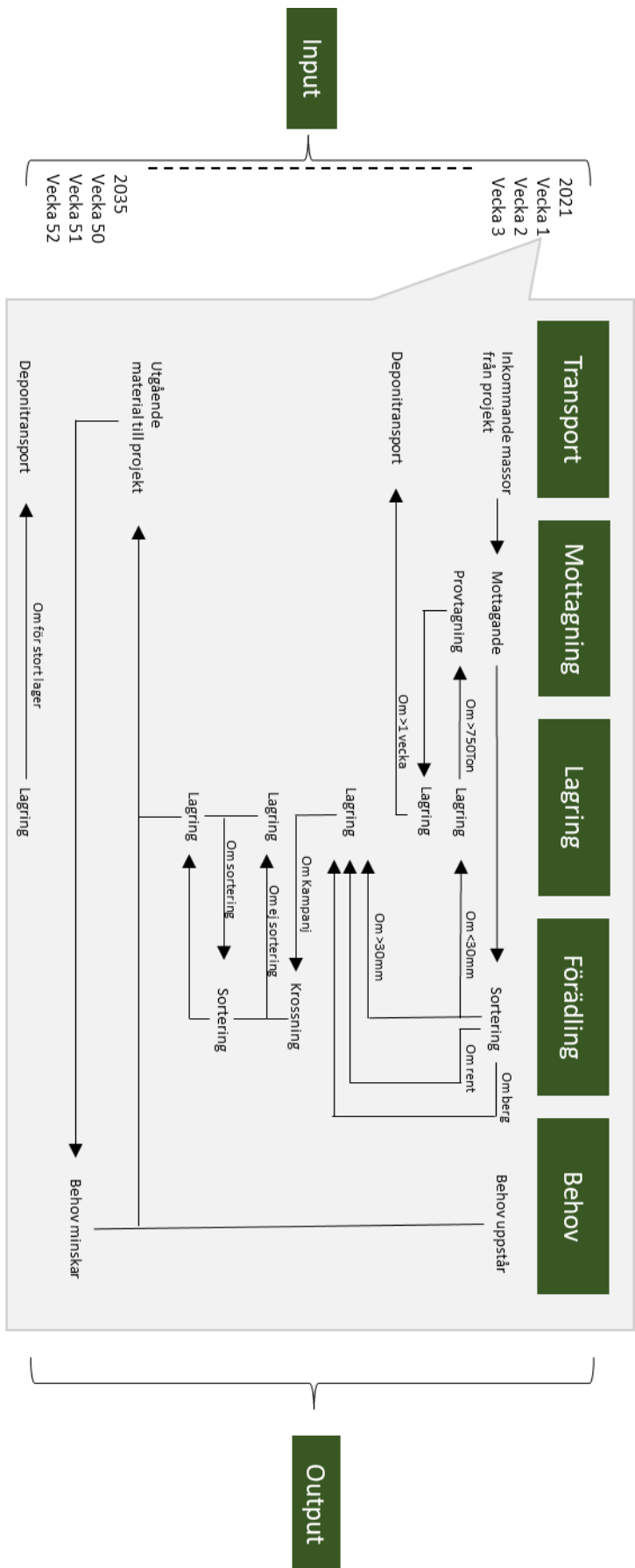
Den färdigställda modellen kan efter förbättringar genomföra beräkningar enligt den givna konceptuella modellen. En enklare representation kan ses i Figur 54. Modellen bygger på att ett antal givna faktorer, anslutna projekt och deponier samt deras respektive transportavstånd, matas in. Dessutom behövs en större mängd data kring projektens utbud och efterfrågan, denna data överförs enklast som utdata från verktyget Optimass, direkt in i denna modell. Detta fungerar tillsammans som input till modellen som liksom det verkliga studerade systemet startar flödet

ute på projekten. Per projekt skickas boggilastbilar med Lera och silt till deponi för kvittblivning. Övrig massa skickas också den med boggilastbil till MLC där den tippas av efter vägning, identifiering och inregistrering av personal på MLC. Därefter görs en första uppdelning där massor sorteras i antingen misstänkt förorenade under 30 mm respektive massor över 30 samt antaget rena massor vilket hälften av sand och grus, och allt berg antagits (Mácsik, 2021). De förorenade materialen transporteras till en hög och de övriga massorna till råmaterialhögar.

När en hög med fraktion >30 av misstänkt förorenat fyllts till en övre gräns för provtagning görs denna provtagning. Under ledtiden för provsvar påbörjas en ny hög parallellt. När provsvaren kommit kan en deponibeställning göras. Den första högen lastas på lastbil med släp och körs i väg till deponi för kvittblivning efter vägning.

Av råmaterialhögarna förädlas Kristallint berg, Sedimentberg, Sand och grus, Morän klass II, Kalk och lermorän samt Fyllning enligt Tabell 20 till olika färdigmaterial som lagras. Krossning av kristallint berg och sedimentberg görs i krosskampanjer när lagringen kommit upp i ett reglerbart max på råmateriallagret. Sortering görs kontinuerligt i sorteringsverk. Slutligen matchar modellen projektens efterfrågan mot producerad massa så att varje projekt får samma andel av sin efterfrågan av varje produkt tillgodosedd. Transport till projekten sker med boggilastbil och planeras liksom annan transport för att kunna öka fyllnadsgrader och komma vid lämpliga tillfällen.

Den färdigställda beräkningsmodellen redovisas nedan i Figur 54.



Figur 54: Den färdigställda modellen

9 Slutsats och diskussion

Rapporten avslutas med ett diskussionskapitel som syftar till att knyta ihop säcken. Här tas känslighetsanalys, slutsats, metodkritik, studiens bidrag, reflektion kring avgränsningar och direktiv, samt förslag till vidare forskning upp. Kapitlet sätter alltså resultatet i ett helhetsperspektiv.

9.1 Känslighetsanalys

Vissa antaganden som gjorts, och data som samlats in, har en stor påverkan på den kvantifierade modellen. Genom en känslighetsanalys kan de mest betydelsefulla antagandena testas i fallstudien Norrköping.

Eftersom aktiviteten kvittblivning har en så oerhört stor påverkan på den kvantifierade resultatet, vilket kan ses i Figur 52, är antaganden bakom denna kostnad värd att analysera. I sig är aktiviteten beroende av massavikt, massasort och massans föroreningsgrad. Dessa driver i sin tur deponiavgiften. De antaganden som gjorts med stöd av sakkunniga är att massor under 30 mm av fyllning, morän klass II, kalk och lermorän samt halva mängden sand och grus kan klassificeras som upp till KM. All Lera och sikt har direkt belagts med tillägg för blöta massor. Dessutom har deponiavgiften erhållits ifrån (Saeed, 2021). Det är högst oklart ännu vilken föroreningsgrad som massan verkligen kommer ha (Mácsik, 2021; Johansson, 2021 B), därför testas detta antagande både mot högre förorening och mot lägre. Ytterligare en massaegenskapsrelaterad antagande är hur väl materialen förhåller sig till Axelsson & Mattssons (2016) siktkurvor, vilket också detta är osäkert (Johansson, 2021 B).

Själva prislistan hos deponin är ett antagande som inte kan påverkas av MLC-ägaren men väl påverkar resultatet. Dessutom finns det tecken som tyder på att kostnad för kvittblivning ökar på flera platser i landet när utbudet på ej sluttäckta deponier minskar (Jörnlind, 2021; Hultén, 2021; Cederbom, 2021; Johansson, 2021 A). Som kan ses i Tabell 24 förändras modellens totala driftkostnad nästan lika mycket som ökningen av deponiavgiften. Ett scenario med ökade deponikostnader skulle innebära att ett referensscenario utan återvinning blir mer olönsamt och möjliggör för MLC-verksamhet att investera i exempelvis en våtsiktsanläggning för öka återvinningsgraden ytterligare. På liknande sätt skulle en eventuell ökning av beviljade deponier innebära att lönsamheten att återvinna sjunker. Om 50 % mindre mängd massa både efterfrågas och behövs tas hade emot, skulle kostnaden minska med 49%. Detta är intressant, både utifrån modellens ABC-konstruktion, men också för att NDS endast hanterat en tredjedel mo vad det var beräknat för.

Tabell 24 Olika massarelaterade antagandens påverkan på driftkostnaden

Händelse	20 % Högre deponiavgift	20% lägre deponiavgift	All massa KM	20% av all övrig massa ren (sand/grus 50%)	50% mindre massa
Förändring total driftkostnad	17%	-17%	1%	-4%	-49%

9.2 Slutsats

Rapportens syfte har varit att skapa en modell för att beräkna kostnaden av att driva ett MLC. Den konceptuella modellen har ökat förståelsen för MCL:s kostnadsstruktur och kan lägga grund för hållbara affärsmodeller. Denna generella representation vidareutvecklats till en datamodell för att specifikt kunna beräkna kostnader utifrån givna data. Denna modell kunde testas med data från Norrköping och testet utmynnade i en driftkostnad för ett MLC i Norrköping.

9.3 Metodkritik

Enligt den metod för modellframtagning som författarna följde för att skapa beräkningsmodellen var validering och verifiering ett viktigt element. Detta för att skapa en trovärdighet för den framtagna modellen. I denna studie kunde modellen återkopplas mot den konceptuella modellen, däremot kunde den inte valideras med samma enkelhet. Eftersom modellen testades på ett fall i Norrköping kommun där det vid tidpunkten för denna studie saknar en verklig motsvarighet till modellen är det omöjligt att säga hur väl den stämmer överens med verkligheten. Av denna anledning är det av stor vikt att innan denna modell används fullt ut först testa den på ett scenario där en verklig motpart existerar och genom det kunna avgöra hur starkt anknuten resultatet är mot verkligheten.

I denna studie undersöks också enbart driftskostnader av ett MLC, medan investeringskostnader och intäkter inte undersöks i samma utsträckning. Detta ger enbart en bild av ett MLC, då det finns fler vinster att hämta i form av intäkter från extern försäljning, samtidigt som de stora kostnaderna av att etablera ett MLC inte tas med i denna kostnadsberäkning. Författarna menar därför på att denna studie saknar ett helhetsperspektiv och belyser enbart utvalda delar av ett MLC.

Flera av de utvalda delar modellen ämnar undersöka är inte heller helt trovärdiga eftersom de saknar en statistisk grund. Stora delar av den insamlade data kommer från intervjuer, approximationer gjorda av sakkunniga eller data från ett specifikt fall. Denna data kan valideras med hjälp av att testa modellen på ett verkligt scenario, men som tidigare diskuterat har inte detta varit möjligt under denna studie. Vilket gör att frågan kring hur generell den insamlade data egentligen är kvarstår. Författarna har valt att tackla detta problem på två sätt. Det första handlar om att modellen gör det tydligt vilken typ av data det handlar om, var data kommer ifrån och om det är A, B eller C data. Det andra är att användaren också kan ändra data för att anpassa den efter sitt eget projekt. Med detta finns det en viss förändlighet i modellen som kan användas för att stärka trovärdigheten under användning i specifika fall.

Givet ovanstående kan det styrkas att studien verkligen uppfyllde syftet, men att övriga ekonomiska förutsättningar för ett MLC behövs presenteras innan en jämförelse mot ett referensscenario kan redovisas.

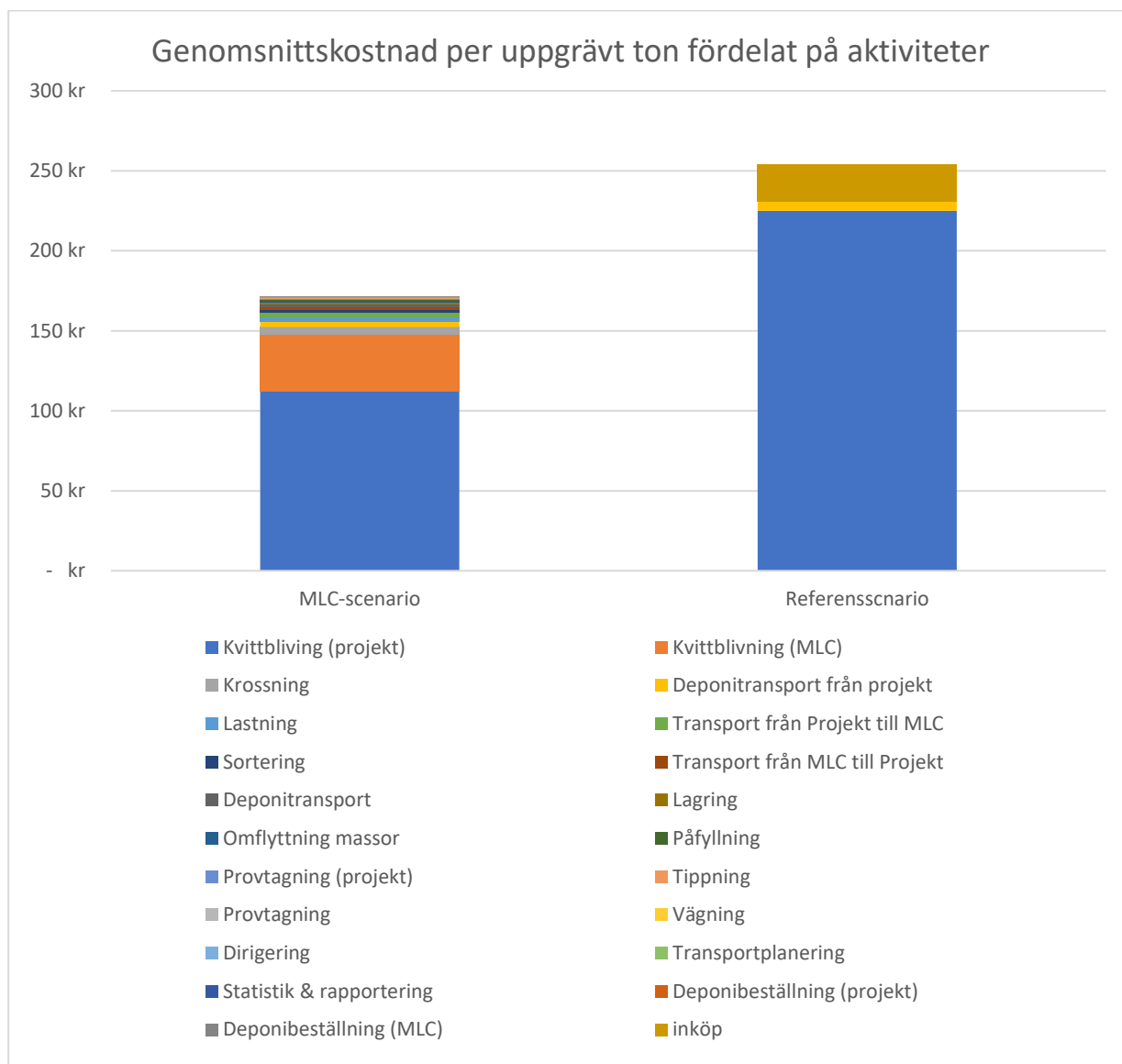
9.4 Förutsättningar för ett MLC

Flera exempel har tagits upp på anpassningar som måste göras på en yta för att bedriva ett MLC. Det kan handla om bullerskydd, stendammhantering, vattenhantering och tillståndsansökningar, något som blir en ännu större fråga om MLC ligger nära bebyggelse (Lindberg & Gustavsson, 2021; Saeed, 2021; Bergman, 2021; Holmberg, et al., 2021). MLC i Tyresö investerade enligt Lindberg et al. (2021) runt fem miljoner kronor för att starta upp sin verksamhet. Ett ytterligare problem vid anläggande av ett MLC är att tillståndet för hantering av massa på platsen bara gäller ett visst antal år. Detta gör att investeringarna på platsen behöver tjänas tillbaka under en fast tidsperiod om verksamheten ska bli lönsam.

9.5 Jämförelse mot ett referensscenario

Ett förenklat referensscenario har gjorts. I detta scenario har aktivitetsgruppen deponitransporter från projekt använts till samtliga massor från projekten. Dessutom har inköp gjorts av de behövda massorna från täkt. Från första dagen har ett scenario med ett MLC generellt lägre driftskostnader. Under veckor med krossning stiger driftkostnaden högre scenariot med ett MLC

men genomsnittligt kan ett MLC-scenario minska ca 30 % av driftkostnaderna över den aktiva brukandetiden.

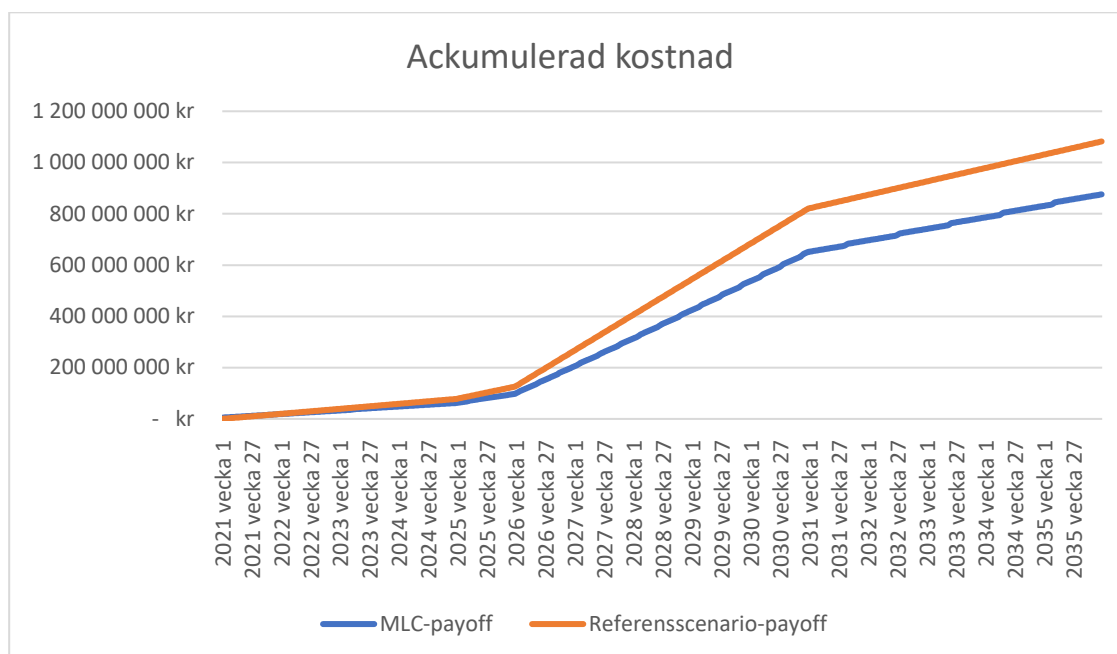


Figur 55 Genomsnittskostnad per uppgrävt ton fördelat på aktiviteter. MLC-scenario mot ett referensscenario utan MLC

Dock har denna studies intervjuer konstaterat att det ofta behövs kostsamma uppstartkostnaden för att anlägga ett MLC. Den MLC-liknande anläggningen i Tyresö hanterar en mindre mängd massa men har bostäder angränsande. Antas lika stora engångsinvesteringar som gjordes i Tyresö krävas i Norrköping, 5 miljoner kronor (Lindberg & Gustavsson, 2021), skulle det trivialt beräknas att det tar knappt år för ett MLC i Norrköping att betalas tillbaka, enligt payoffmetoden¹¹. Efter detta skulle ett MLC-scenario totalkostnadsmissigt vara lönsamt i jämförelse mot referensscenariot. Dock bör särskild vikt sättas vid att fördelningen av denna vinst via avvägda avgifter sker så att alla parter har incitament av att vara med i systemet. Det kan tilläggas att i Scenariot med MLC tas transporter från MLC tillbaka till projekt med material med i beräkningarna, medan en liknande kostnad för samma material till projekt från annan plats

¹¹ Investeringen delat på årlig vinst, under förutsättningen att varje år har ungefär samma vinst

saknas i referensscenariot. Vilket i denna jämförelse indikerar att referensscenariot bör bära mer kostnader än vad den gör.



Figur 56 Ackumulerad kostnad med en skattad uppstartskostnad för MLC

9.6 Studiens bidrag

Denna rapport påvisar alltså flertalet positiva egenskaper och ekonomiska fördelar med att etablera och driva ett MLC. Bland annat den triviala kalkylen att ett MLC med givna förutsättningar i Norrköping kan betala tillbaka sig gentemot ett referensscenario på knappa ett år. Men svårigheterna när det kommer till ett MLC ligger ofta i ansökningsprocessen, merkostnader som exempelvis bullerskydd och en kort tidshorisont.

Modellen erbjuder en förenklad kostnadsbild. För den som ska driva ett MLC är det dessutom stor prioritet är att få massflöden så pass jämnt att kapaciteten kan fördelas på ett ekonomiskt sätt över året, exempelvis genom att flera projekt av olika typ är anslutna. I den större bilden finns även att alla massaprodukter som produceras ska kunna användas, vilket kräver förtroende från de olika projekten som är anslutna. Slutligen är det viktigt att även motivera medarbetare att jobba aktivt med återvinningsprocessen för att hålla upp kvalitén på massorna, stora mängder billig massa kan ses som en oändlig resurs men måste hållas borta från kvittblivning så länge som möjligt för att en god totalekonomi ska erhållas.

9.7 Reflektion kring avgränsningar och vidare forskning

Det har i studien visats att dimensionerna i ett MLC:s kostnadsstruktur är beroende av dess placering. En smart placering nära projekten kan minska transportkostnader men om marken där är dyrare kommer det öka ytkostnaderna eller minska effektiviteten i processer om en mindre yta används. Lokaliseringsbeslutet har inte tagits upp i modellen och avgränsats bort i testet av den men är ett utmärkt ämne för vidare forskning på ämnet.

Byggbranschen karaktäriseras av kortsiktiga projekt som flyttas från plats till plats. När då en ansökningsprocess för att etablera ett MLC tar flera år kan det skapa en osäkerhet för företagen.

Företagen vet inte alltid inom vilka områden de kommer att arbeta om fem år och detta i sig skapar en viss osäkerhet. Denna osäkerhet förstärks ytterligare med den korta tidshorizonten som flera MLC har. Med en tillåtelse att driva ett MLC under en 10-15års period skapar det osäkerhet i om investeringen kommer att betala av sig. Speciellt om man ser till andra kostnader så som bullerskydd eller större investeringar som våtsiktanläggningar. Det behövs alltså ytterligare klargöras hur de ekonomiska förutsättningarna att etablera ett MLC på företagsekonomiska grunder. Detta innefattar investeringskostnader både innan MLC etableras i form av ansökningar och liknande, samt de kostnader som det kostar att skapa MLC på plats i form av täkt, mark och anläggningar. Det är först efter dessa kostnader är tydliga som det egentligen blir intressant att kolla på driftkostnader och den potentiella vinsten kan beräknas.

Ytterligare motsättningar mot att etablera ett MLC kommer från vissa som uttrycker att dess existens är onödig i jämförelse mot att köra direkt från ett projekt till ett annat projekt som har ett behov av utgrävda massor. I detta fall ses ett MLC bara som ett extra stopp på vägen. Författarna ser dock detta som ett bra alternativ i kombination med ett MLC, där massor kan lagras, samt förädlas till andra produkter vid behov. I områden där det finns gott om billig och lättillgängliga täkter och deponier kan dock alternativet att enbart samordna massor mellan projekt vara en mer ekonomisk hållbar lösning än med MLC. Även här krävs det mer forskning kring när det blir mer hållbart att undvika ett MLC snarare än att främja det.

Under denna studie diskuteras återvinning av berg och jordavfall som uppstår vid framförallt byggprojekt. Dock är det vad författarna sett inget som hindrar att ett MLC även återvinner andra avfall som asfalt eller betong. Dessa material kan också krossas i olika fraktioner på liknande sätt som annat material. Svårigheten med detta material ligger dock i att separera de olika materialen. Eftersom sorteringsmetoder som används är anpassade efter storlekar och inte separerar olika sorters material. Därav finns det svårigheter i att skapa rena högar av exempelvis asfalt. Även lera är ett avfall som är betydligt svårare att återanvända än många andra massor som nämnts i denna rapport. Eftersom lera inte kan återvinnas kan man ställa sig frågan om lera över huvud taget ska köras till ett MLC, eller direkt till någon form av deponi. Författarna tolkar detta som lite situationsberoende. Om det är långväga till en deponeringsplats för leran och finns gott om plats för en omlastning till större fordon på ett MLC finns det goda förutsättningar för att minska lerans transportpåverkan. Dock i ett motsatt scenario där deponeringsplatsen ligger nära projektet och det finns begränsat med plats på MLC, kan lera bli mer av en belastning för verksamheten. Men oavsett vilken påverkan MLC har handlar mycket om att hitta nya användningsområden för lera. Några exempel på användningsområden som har kommit upp under denna studie är exempelvis landutfyllnad, bullervallar, pulkabackar och tegeltillverkning. Dessa material har självklart en viss återvinningspotential, det handlar om att identifiera hållbara lösningar som fungerar under ett längre perspektiv, vilket idag till stor del saknas.

Som tidigare nämnt har denna studie ett kostnadsperspektiv. Det har i systemet antagits att avsättning kan hittas till allt material som fysiskt kan återvinnas med givna medel. Dock är den indata som används i modellen väldigt bred. Exempelvis specificeras det inte vilka fraktioner som materialet som efterfrågas bör vara, utan mer vilken funktion materialet ska vara. Detta beror till stor på att marknaden inte har undersökts av författarna, utan i stället lutar sig på data från annat håll. Frågor som vilka fraktioner och massatyper som ett MLC kan få avsättning för ställs inte. Inte heller vilken verksamhet och vilka massor som bör prioriteras i ett lönsamhetshänseende. Både marknadsperspektivet och en investeringsperspektivet är goda framtida forskningsområden.

Avslutningsvis vill författarna belysa att transportera massor med hjälp av lastbilar är något som denna studie har antagit är det enda transportmedlet för den framtagna modellen. Dagens verklighet ställer dock detta påstående på sin spets och andra alternativ har lyfts för att kunna transportera massor. Dessa alternativ är ofta transport med fartyg eller med tåg. Transportmedel som är fördelaktiga då de kan transportera betydligt större mängder, samtidigt som de har potentialen att erbjuda lägre kostnader, lägre miljöpåverkan och mindre trafikpåverkan. Det ställer dock krav på högre investeringar för att knyta dessa transportmedel till ett MLC, en plats som kan ta hand om de inkommande massorna, samtidigt som det kräver bra planering för att få samarbeten långt bort att kunna hantera dessa mängder massor. Fördelen med att transportera dessa massor längre sträckor är att det möjliggör exempelvis deponering på platser där det är lättare och billigare att deponera.

Referenser

- Abrahamsson, M., 1992. Time-Based Distribution. *The International Journal of Logistics Management Vol. 4 No. 2*, pp. 75-84.
- Ackoff, R. L., 1972. *Vetenskaplig metod*. Stockholm: Beckmans.
- Afzelius, A., 2020. *Från schaktmassa till ballastprodukt Om möjligheten att uppgradera schaktmassor med våtsiktning*, Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Agapiou, A. et al., 1998. The role of logistic in the materials flow control process. *Construction Management and Economics Vol 16*, pp. 131-137.
- Åkerlund, D., 2017. *Guide till akademiskt skrivande*. Karlstad: Creative Commons.
- Aronsson, H., Hüge-Brodin, M. & Kohn, C., 2008. Logistics Structures - drivers of environmental impact. In: *Northern Lights in Logistics and Supply Chain Management*. Köpenhamn: Copenhagen Business School Press, pp. 183-198.
- Axelsson, K. & Mattsson, H., 2016. *Geoteknik*. Lund: Studentlitteratur.
- Axelsson, S., 2018. *Bergmaterialindustrin - Färdplan för fossilfri konkurrenskraft*, s.l.: Sveriges bergmaterialindustri (SBMI); Fossilfritt Sverige.
- Becker, S. & Sempik, J., 2006. Quality Criteria for Quantitative, Qualitative and Mixed Methods Research: A View from Social Policy. *International Journal of Social research methodology*, pp. 261-276.
- Beitoei, A., 2007. *Citylogistics: International Experience of Urban Logistics Projects, with Reference to Classification and Evaluation*. , s.l.: s.n.
- Bell, E., Bryman, A. & Harley, B., 2019. *Business Research Methods*. 5:e ed. Oxford: Oxford University Press.
- Bell, J. & Waters, S., 2016. *Introduktion till forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Bergman, F., 2016. *Bygglogistikcenter i Norra Djurgårdsstaden – delavstämning* , Stockholm: Stockholm stad.
- Bergman, F., 2020. *Teknisk beskrivning Masshanteringsyta Norra Djurgårdsstaden*, Stockholm: Stockholms stad.
- Bergman, F., 2021. *Webbinarium cirkulär masshantering - Norra Djurgårdsstaden*. s.l.: Ecoloop.
- Bertrand, J. W. M. & Fransoo, J. C., 2016. Modelling and simulation. In: Karlsson & Christer, eds. *Research Methods for operations management*. 327: Routledge, p. 291.
- Björklund, M., 2012. *Hållbara logistiksystem*. Lund: Studentlitteratur.
- Björklund, M. & Paulsson, U., 2012. *Seminarieboken: att skriva, presentera och opponera*. s.l.:Lund: Studentlitteratur .
- Blomkvist, P. & Hallin, A., 2019. *Metod för teknologer - Examensarbete enligt 4-fasmodellen*. Lund: Studentlitteratur.
- Brooks, R. J., Robinson, S. & Lewis, C., 2001. *Simulation*. 1:a ed. s.l.:Palgrave macillan.
- Bryman, A. & Bell, E., 2015. *Business Research Methods*. Oxford: Oxford University Press.
- BST, 2021. *Faktura JM Entreprenad Tyresö Kommun*. Södertälje: BST Berges Schakt & Transport AB.
- Carlsson, C.-O. & Forslund, J., 2020. *BERÄKNINGSMODELL SOM AVSER TRANSPORT AV MASSOR*, Örebro: Örebro Universitet.
- Caterpillar, 2012. 950K Hjullastare. [Online] Available at: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10132841> [Accessed 10 04 2021].
- Cederbom, C., 2021. *Intervju Norrköpings kommun* [Interview] (22 03 2021).
- Denscombe, a., 2014. *The good research guide*, s.l.: s.n.

- Devore, J., 2012. *Probability and Statistics for Engineering and the*. s.l.:Brooks.
- Duran, X., Lenihan, H. & O'Regan, B., 2006. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling - The case of Ireland. *Resources Conservation and Recycling* 46(3), Volume 46(3), pp. 302-320.
- Ecoloop, 2021. *MASSHANTERING*. [Online] Available at: <http://www.ecoloop.se/cirkular-masshantering/> [Accessed 03 02 2021].
- Ecoloop, 2021. *Om oss*. [Online] Available at: <http://www.ecoloop.se/om-oss/> [Accessed 12 02 2021].
- Ekeskär, A. & Rudberg, M., 2020. *Third-party logistics in construction: perspectives from suppliers and transport service providers*, Norrköping: Production Planning & Control.
- Eklund, H., 2021. *Ny Teknik*. [Online] Available at: <https://www.nyteknik.se/fordon/ska-sveriges-nya-snabbtag-ga-pa-20-meter-hoga-broar-7009726> [Accessed 24 02 2021].
- Eriksson, L. T. & Widersheim-Paul, F., 2014. *Att Utreda, Forska och Rapportera*. Stockholm: Liber AB.
- Ferrero, F. & Guerlain, C., 2018. *Solutions evaluation and comparison*, Luxemburg: Luxembourg Institute of Science and Technology.
- Fredriksson, A., 2021. *Om masshantering* [Interview] (24 02 2021).
- Frosth, S., 2014. *Åtgärder i hanteringen av jord-och bergmassor - Ekonomisk Nytt*, Stockholm: Optimass.
- Gammelgaard, B., 2004. Schools in logistics research? A methodological framework for analysis of the discipline. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(6), pp. 479-491.
- Gerdin, Jonas, 1994. *ABC - Kalkylering*. 1 ed. Lund: Studentlitteratur AB.
- Gerdin, J., 1994. *ABC - Kalkylering*. 1 ed. Lund: Studentlitteratur AB.
- Grimhed, M., 2021. *Platsbesök och intervju Norrköpings hamn* [Interview] (22 03 2021).
- Guerlain, C., Renault, S. & Ferrero, F., 2019. *Understanding Construction Logistics in Urban Areas and Lowering Its Environmental Impact: A Focus on Construction Consolidation Centres*, Luxemburg: Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST).
- Gunasekaran, A., 1999. A framework for the design and audit of an activity-based costing system. *Managerial Auditing Journal*, Volume 14, pp. 118-127.
- Hägg, I. & Widersheim-Paul, F., 1994. *Modeller som redskap - att hantera företagekonomiska problem*. 1:1 ed. Malmö: Liber Hermods.
- Handfield, R. B., Monczka, R. M., Giunipero, L. C. & Patterson, j. L., 2011. *Sourcing and supply chain management*. 5 ed. s.l.:Cenage learning.
- Heinold, A. & Meisel, F., 2018. Emission rates of intermodal rail/road and road-only transportation in Europe: A comprehensive simulation study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 65*, pp. 421-437.
- Hellström, M., 2006. *Business Concepts based on Modularity*. Åbo: Åbo akademis förlag.
- Holmberg, C., Robinson, T., Macsik, J. & Johansson, M., 2021. *Webinarium med Ecoloop: Cirkulär masshantering - Masslogistikcenter*. s.l.: Ecoloop.
- Hultén, J., 2021. *Intervju MLC Göteborg* [Interview] (31 03 2021).
- Janné, M. & Fredriksson, A., 2018. *Cost modelling construction logistics centres*. Kolding, Proceedings of the 30th annual Nofoma conference; Relevant Logistics and Supply Chain Management Research.
- Johansson, M., 2021 A. *Studiebesök Kjula* [Interview] (06 04 2021 A).
- Johansson, M., 2021 B. *Om Optimass* [Interview] 2021 B.

- Jörnlinde, F., 2021. *Aktiviteter och resurser i byggindustrins masshanteringsplatser* [Interview] (29 03 2021).
- Karlsson, C., 2016. Research in operations management. In: C. Karlsson, ed. *Research methods in operations management*. s.l.:Routledge, pp. 8-45.
- Kjellsdotter Ivert, L., 2021. *Om cirkulära byggavfallsflöden* [Interview] (05 03 2021).
- Kjellsdotter Ivert, L. et al., 2020. *Effektivitet i insamlingen av byggavfall*, Göteborg: s.n.
- Kohn, C. & Huge Brodin, M., 2008. Centralised distribution systems and the environment: how increased transport work can decrease the environmental impact of logistics.. *International Journal of Logistics*, 11(3), pp. 229-245.
- Lave, C. & March, J. G., 1975. *An introduction to Models in the social sciences*. New York: Harper & Row.
- Lekvall, P. & Wahlbin, C., 2001. *Information för marknadsföringsbeslut*. 3:e ed. Göteborg: Studentlitteratur.
- Lindberg, C. & Gustavsson, R., 2021. *Om Masshanteringsyta Strandallén i Tyresö* [Interview] (09 03 2021).
- Lindberg, C., Gustavsson, R. & Nilsson, T., 2021. *Platsbesök i Tyresö* [Interview] (17 03 2021).
- Lindén, S. & Josephson, P.-E., 2013. In-housing or out-sourcing on-site materials handling in housing?. *Journal of Engineering, Design and Technology*, Volume 11, pp. 90-106.
- Linköping kommun, 2020. *Schaktmassor för anläggningsändamål*. [Online] Available at: <https://www.linkoping.se/naringsliv-och-arbete/tillstand-regler-och-tillsyn/avfall-och-atervinning---verksamhet/schaktmassor-for-anlaggningsandamal/> [Accessed 25 Januari 2021].
- Lumsden, K., 2006. *Logistikens grunder*. 2 ed. Lund: Studentlitteratur.
- Lundberg, K., 2017. *Energieffektivt logistiksystem för transport av jord-och bergmassor på Södertörn*, Luleå: Luleå Tekniska Universitet.
- Lundberg, K., 2021. *Studiens inledande direktiv* [Interview] (13 02 2021).
- Lundberg, K. et al., 2017. *Ökad kust-och inlandssjöfart för transporter av jord och berg*, Stockholm : Ecoloop.
- Lundberg, K., Joansson, M. & Frosth, S., 2020. *Scenario- och kostnadsanalys av klimatsmarta masstransporter*, Stockholm: Ecoloop.
- Mácsik, J., 2021. *Om återvinning* [Interview] (07 05 2021).
- Magnusson, S., Johansson, M., Frosth, S. & Lundberg, K., 2019. Coordinating soil and rock material in urban construction - Scenario analysis of materialflows and greenhouse gas emissions. *Journal of Cleaner Production*.
- Magnusson, S., Lundberg, K., Svedberg, B. & Knutsson, S., 2015. Sustainable management of excavated soil and rock in urban arease - a literature review. *Journal of Cleaner Production*, Volume 93, pp. 18-25.
- Magnusson, G. & Melby, J., 2016. *Transport av överskottsmassor för återställning*, Göteborg: Chalmers.
- Manjunath, C. & Umrigar, F., 2017. *IMPROVING THE RECYCLING RATE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN SWEDEN – A REVERSE LOGISTICS PERSPECTIVE*, Göteborg: CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Marti, K. & Holmberg, H., 2021. *Trafikverket om masslogistik* [Interview] (22 03 2021).
- Maskinmekano, 2021. *LV302*. [Online] Available at: https://www.maskinmekano.se/uploaded_files/broschyr_lv302t3.pdf?v20210202090504 [Accessed 05 05 2021].
- Mitroff, I. I., Bets, F., Pondy, L. R. & Sagasti, F., 1974. On Managing Science in the Systems Age: Two Schemas for the Study of Science as a Whole Systems Phenomenon. *Interfaces*, 4(3), pp. 46-58.

- Murray, A. & Regan, N., 2013. Remediation of Four Sites in Northwest England: A Successfully Completed Multi-Site, Multi-Consultant Cluster Project. *CL:AIRE*.
- Mustonen, M., 2021. *Angående NDS* [Interview] (04 03 2021).
- Näslund, L., 2021. *DN*. [Online] Available at: <https://www.dn.se/ekonomi/skanska-hoghastighetsjarnvagen-kan-byggas-pa-baranio-ar/> [Accessed 18 02 2021].
- Naturvårdsverket, 2016. *Hantering av massor vid infrastrukturprojekt*, Östersund/Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket, 2016. *Tabell över generella riktvärden för förorenad mark*. [Online] Available at: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/berakning-riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf> [Accessed 21 03 2021].
- Naturvårdsverket, 2020. *Avfall i Sverige 2018*, Bromma: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket, n.d. *Avfallsbehandlingsanläggningar*. [Online] Available at: <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/avfall/avfallsplanen/avfallsplan-bilaga-3-behandlingsanlaggningar.pdf>
- Norrköping kommun, 2019. *Reviderad övergripande mål och måluppfyllelse 2019-2022*, s.l.: s.n.
- Norrköpings kommun, 2017. *Ostlänken ger unikt tillfälle till utveckling*. s.l.:s.n.
- Optimass, 2019. *Lokal och cirkulär masshantering i Tyresö kommun*. [Online] Available at: <https://www.optimass.se/goda-exempel/lokal-och-cirkular-masshantering-i-tyreso-kommun/> [Accessed 07 03 2021].
- Oskarsson, B., Aronsson, H. & Ekdahl, B., 2013. *Modern logistik - för ökad lönsamhet*. 4:3 ed. Stockholm: Liber AB.
- Osterwalder, A., 2004. *The Business Model Ontology – A Proposition in a Design Science Approach*, Lausanne: Université de Lausanne.
- Patel, R. & Davidsson, B., 2003. *Forskningsmetodikens grunder – att planera, genomföra och rapportera en undersökning.*, s.l.: Lund: Studentlitteratur.
- Rementum, 2020. *Åkerinäringen med verksamhetsområden*, Stockholm: Sveriges Åkeriföretag.
- Robinson, S., 2014. *Simulation, The Practice of Model Development and Use*. 2:a ed. New York: Palgarve Macmillan.
- Robinson, T. & Johansson, M., 2021. *Optimassutredning Norrköping*, Stockholm: Optimass.
- Rydberg, J. & Hamilton, I., 2021. *Intervju MAshanterings möjligheter samt operativt arbete på Cleantech och Econova* [Interview] (01 04 2021).
- Saeed, I., 2021. *Intervju om MLC NDS* [Interview] (22 03 2021).
- Sandberg, E. & Abrahamsson, M., 2019. *Logistikdriven affärsutveckling*. Lund: Studentlitteratur.
- SCB, 2020. *Prognos: Stora lokala skillnader när Sveriges befolkning växer*. [Online] Available at: <https://www.scb.se/om-scb/nyheter-och-pressmeddelanden/prognos-stora-lokala-skillnader-nar-sveriges-befolkning-vaxer/> [Accessed 29 01 2021].
- Segerborg-Fick, A., 2020. *Förstudie HCT City*. Stockholm: EcoLoop.
- SGU, 2017. *Hantering av förorenade ord- och muddringsmassor*, s.l.: SGI och Avfall Sverige.
- SGU, 2020. *Grus, sand och krossberg 2019*, Stockholm: Sveriges geologiska undersökning.
- SGU, 2021. *Jordarter 1:25000 - 1:100000*. [Online] Available at: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html> [Accessed 15 02 2021].

Sofic, H., 2020. *Nyttan av distributionscentraler i modern bygglogistik*, Lund: Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för bygg- och miljöteknologi.

Stockholm Stad, 2019. *Masshantering med sjötransport, Delavstämning 2016-2018 av slutrapport*, Stockholm: Stockholm Stad.

Svensk Byggtjänst, 2020. *AMA anläggning 20 : allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Svensson, P., 2021. *Kostnadsstrukturer vid jord & bergmassatransport, intervju* [Interview] (08 04 2021).

Sveriges Åkerier, 2021. *SÅ Webb kalkyl*. [Online] Available at: <https://sacalc.akeri.se/jobs> [Accessed 12 04 2021].

Svevia, 2021. *Makadam*. [Online] Available at: <https://www.svevia.se/dina-behov/grus--kross/makadam.html> [Accessed 08 04 2021].

SVOA, 2020. *Älvsjö grus och kross – Materialsorter och priser*. [Online] Available at: <https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/pdf1/informationsmaterial/vatten/vattentjanster/alvsjo-grus-och-kross/alvsjoanlaggningen-prislista-2020.pdf> [Accessed 18 02 2021].

SVOA, 2021. *Älvsjö Grus & Kross*. [Online] Available at: https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/pdf1/informationsmaterial/vatten/vattentjanster/alvsjo-grus-och-kross/sv_grus_kross_4.pdf [Accessed 18 02 2021].

SVOA, 2021. *Intervju gällande Älvsjöanläggningen* [Interview] (18 02 2021).

Trafikverket, 2021. *NVDB på webb*, Borlänge: Trafikverket.

Transport for London, 2008. *London Construction Consolidation Centre Final Report*, London: s.n.

Transport for London, 2016. *The Directory of London Construction Consolidation Centres*, London: Mayor of London.

Trendsetter, 2006. *Evaluation report –New Concepts for the Distribution of Good*, Bryssel: CIVITAS EU Kommissionen.

Urban, G. L., 1974. *Building models for decision makers*. s.l.:Interfaces.

Vetenskapsrådet, 2017. *GOD FORSKNINGSSSED*, s.l.: Vetenskapsrådet.

Zide, C., 2021. *Om massbalans* [Interview] (08 03 2021).

Ordlista

Boggi - Ett lastfordon som har två bakaxlar och en framaxel.

Bärighetsklass (BK) - Bärighetsklass som definierar hur stora fordonsvikter en väg klarar

Deponi – Plats som har tillstånd att lagra massor och annat avfall för evigt. Olika Deponier har olika tillstånd.

Entrepnadberg – Berg som uppkommer vid sprängning.

Ensgraderade grusfraktioner - används vid väg, siktad morän eller krossat berg

Fraktion – Kornstorlek på massa.

Fyllmaterial - mångsgraderat material utan för mycket silt och lera (mindre än 30%); sand/grus, morän

Fyllning - risk för förorening, i övrigt behandla som morän

Kalkmorän/Lermorän - kan användas som stabiliseringsmaterial pga kalken

KM - Känslig Mark, klassning för att massa har en föroreningsgrad lägre än farligt avfall.

Kristallint berg - permeabelt skikt klass I efter krossning, ensgraderade grusfraktioner, delmängd i mångsgraderade material

Kvittblivning - Deponering alternativt lågvärdig fyllning

Lera/silt - går till deponi eller som tätskiktmaterial exempelvis dammar

MKM - Mindre Känslig Mark, klassning för massa som har lägre föroreningsgrad än KM men högre än MRR.

Morän - torrsiktning eller våtsiktning till mångsgraderad urban morän, permeabelt skikt klass II

MRR – Mindre än Ringa risk, schaktmassor klassas ej som förorenade, de är vardagligt sagt alltså rena.

Mångsgraderad urban morän - tvättad morän eller blandning av krossberg

Projekt – Kan vara rörläggning, anläggningarbete eller byggnation

Permeabelt skikt klass I – används vid väg och hus, sand och grus av kristallint ursprung (inkluderar sand till rörgravar), kristallint krossberg

Permeabelt skikt klass II - används vid hus, sand och grus samt krossberg (kristallint eller kalksten)

Sand/grus - till permeabelt skikt I och II, ensgraderad grusfraktion efter siktning

Schaktmassor – Det blandmaterial som schaktas upp vid byggnation.

Sedimentberg - permeabelt skikt klass II efter krossning

Tridem - Ett lastfordon som har tre bakaxlar och en framaxel.

Täkt – Från en täkt kan material av olika fraktioner köpas in

ÅV-massa – Återvunnen massa

Bilaga A

Tabell A Olika maskiners kostnad inklusive bränsle samt personal när annat ej anges (Saeed, 2021; Carlsson & Forslund, 2020; Magnusson & Melby, 2016; Maskin mekano, 2021)

Maskin	Approx. kapacitet	Figur	Kostnad
Boggiebil	15 ton	A	620 kr/timme
Lastbil med släp	32 ton	B	950 kr/timme
Hjullastare	3 ton	C	120 000 kr/månad exklusive personal
Sorterare	90 ton/timme		12500 kr/ månad exklusive personal



Figur A Boggi



Figur B Lastbil med släp



Figur C Hjullastare

Bilaga B

Tabell B1 Kategorier schakt Optimass enligt Johansson (2021 B)

Kategori Optimass schakt	Återvinning (Johansson 2021 B)
Kalk- och sedimentberg	”Fyllmaterial efter krossning, permeabelt skikt klass II efter krossning”
Kristallint berg	”Fyllmaterial efter krossning, permeabelt skikt klass I efter krossning, ensgraderade grusfraktioner, delmängd i mångsgraderade material”
Kalkmorän/Lermorän	”Kan användas som stabiliseringsmaterial pga kalken”
Morän klass II	”Torrstiktning eller våstiktning till mångsgraderad urban morän, permeabelt skikt klass II”
Lera/silt	”Torrstiktning eller våstiktning till mångsgraderad urban morän, permeabelt skikt klass II”
Sand/grus	”Till permeabelt skikt I och II, ensgraderad grusfraktion efter siktning”
Fyllning	”Risk för förorening, i övrigt behandla som morän”

Tabell B2 Kategorier fyllning Optimass enligt Johansson (2021). Högre upp i listan betyder högre värde på fyllningsprodukt

Kategori Fyllningsprodukt	Material behövt (Johansson 2021 B)
Permeabelt skikt klass I	”Sand och grus av kristallint ursprung (inkluderar sand till rörgravar), kristallint krossberg”
Permeabelt skikt klass II	”Sand och grus samt krossberg (kristallint eller kalksten)”
Ensgraderade grusfraktioner	”Siktad morän eller krossat berg”
Mångsgraderad urban morän	”Tvättad morän eller blandning av krossberg”
Fyllmaterial	”Mångsgraderat material utan för mycket silt och lera (mindre än 30%); sand/grus, morän klass II”

Tabell B3 Massvärden enligt Optimass

Bulk densitet material	och per	Bulkfaktorer medel	Krympfaktor	Bulkdensitet uppgrävt material (ton/m³)
Kristallint berg		0,6		1,8
Sedimentberg		0,5	0,25	1,6
Sand och grus		0,25	0,25	1,5
Morän klass II		0,1		1,85
Kalk- lermorän	och	0,1		1,85
Lera och silt		0,25		1,3
Fyllning		0,15		1,8
Permeabelt skikt klass I			0,15	1,6
Permeabelt skikt klass II			0,15	1,6
Ensgraderade grusfraktioner			0,15	1,6
Mångsgraderad Urban morän			0,1	1,8
Fyllmaterial			0,1	1,8
Permeabelt skikt			0,25	1,47
Fyllning			0,28	1,5

Prislista för krossprodukter

Priserna gäller tom 2021-03-31

Varuslagnummer	Makadami	Pris (t/ton)	Volymvikt (ca ton/m ³)
1005146	Stenmjöl 0-2mm SS-EN 13043	113	1,5
1006334	Stenmjöl 0-8mm	113	1,5
1005168	Bergkross 0-16mm	102	1,6
1005147	Bärlager 0-32mm	99	1,6
1005167	Förstärkningslager 0-90mm	96	1,6
1003096	Förstärkningslager 0-150mm	87	1,7
1005148	Makadam 2-4mm SS-EN 13043	200	1,5
1005151	Makadam 4-8mm SS-EN 13043	136	1,5
1005150	Makadam 4-8mm SS-EN 12620	136	1,5
1005152	Makadam 8-11mm SS-EN 13043	165	1,5
	Makadam 8-16mm okubiserad	165	1,5
1005156	Makadam 11-16mm SS-EN 13043	146	1,5
1005155	Makadam 11-16mm SS-EN 12620	146	1,5
1005158	Makadam 16-22mm SS-EN 13043	144	1,5
1005157	Makadam 16-22mm SS-EN 12620	144	1,5
1005160	Makadam 16-32mm kubiserad	140	1,5
	Makadam 16-32mm okubiserad	130	1,5
1005162	Makadam kl 1 32-63mm (sj)	175	1,5
1001081	Osorterat Bergmaterial	62	
1000736	Schakt- / fyllnadsmassor	24	

För denna prislista gäller allmänna leveransbestämmelser enligt ABM 07 - Ballast, med följande tillägg:

- * Till samtliga priser tillkommer gällande mervärdesskatt.
- * Priserna gäller fritt lastat på bil i mån av tillgång och ordinarie arbetstid.
- * Om inte annat avtalats gäller anläggningens tillverknings-/produktionskontroll som kvalitetskontroll mellan parterna.
- * För leverans önskas beställning senast kl. 14,00 dagen innan.

Vi är kvalitetsssäkrade enligt ISO 9002, miljösäkrade enligt ISO 14001 och arbetsmiljö enligt OHSAS 18001

Figur B1 Skanska materialdata

Atle

Ordertelefon: 019-36 02 78

Öppettider: Helgfri vardag 06.30 - 15.45

Frukost: 9.00 - 9.30 Lunch: 13.00 - 13.30

Materialsort	Dimension	Volymvikt ~ton/m ³	Kronor/ ton
Bergkross	0/16	1,60	106
Bärlager, CE	0/32	1,65	104
Bergkross	0/90	1,65	96
Bergkross	0/150	1,65	84
Makadam, kubiserad	2/4	1,40	234
Makadam, dränering	4/8	1,40	176
Makadam, halkbekämpning kubiserad	4/8	1,40	204
Makadam	8/16	1,40	173
Makadam	16/32	1,40	134
Makadam	32/90	1,50	139
Sorterad sprängsten	90/150	1,60	139
Stenmjöl	0/4	1,50	100
Stenmjöl	0/8	1,50	100
Leksand (ring för info)	0/2	1,50	*
Mursand (ring för info)	0/4	1,50	*
Sand	0/8	1,50	150 *
Sand, strid	0/8	1,50	165 *
Sand, strid	0,1/5	1,50	225 *
Singel (Gårdsgrus)	8/16	1,60	250 *
Singel tvättad	16/32	1,50	195 *
Fältsten (ring för info)	90/250	1,60	*
Anläggningsjord, ogödsblad		1,20	205
Planteringsjord, ogödsblad		1,20	245
Täckbark (ring för info)			
Mottagning asfalt. Fri från PAH			15
*Naturgrusskatt om fn 16:-/ton tillkommer			

Terminal Atle

Ordertelefon: 019-24 79 90

Öppettider: Helgfri vardag 06.30 - 15.45

Frukost: 9.00 - 9.30 Lunch: 13.00 - 13.30

Materialsort	Dimension mm	Volymvikt ~ton/m ³	Kronor/ ton
Bergkross	0/16	1,60	126
Bärlager, CE	0/32	1,65	124
Bergkross	0/90	1,65	116
Makadam	8/16	1,40	193
Makadam	16/32	1,40	154

Figur B2 Materialdata Swerock

Bilaga C

Tabell C Litteratursökning Scopus inledande och förberedande fas utförd 12/1 - 20/2 2021

Söktermer	Antal träffar	Lästa abstract	Lästa artiklar
Construction consolidation center*	3	2	2
Construction logistic*	219	1	1
Construction logistic* solution*	4	4	2
Construction logistic* center*	1	1	1
Constuction logistic* setup*	2	1	1
Mass balance	38 208		
Mass balance + construction	1556		
Mass balance + construction + recycling	185	1	
Recycling site*	412		
Recycling site* + earth	52		
Recycling site* + rock	3	1	1
Recycling site* + earth + rock	0		
Recycling site* + rock + soil	3	1	1
Recycling site* + soil	166	2	2
Recycling site* + soil + earth	32	2	2
Centralised distribution system*	20	3	
Centralised logistic structure*	1	1	
Modelling	2 556 905		
Modelling + conceptual	144 614		
Modelling + evaluation	722 864		
Modelling + quantitative	285 048		
Excavated soil	428		
Excavated soil + recycling	63	2	1
Wet sieving	1128		
Wet sieving + recycling	40		
Wet sieving + recycling + process	23	3	1

Bilaga D

Tabell D Litteratursökning Scopus utförd 9/4 – 15/4 2021

Söktermer	Antal träffar	Lästa abstract	Lästa artiklar
Activity based costing	2444		
Activity based costing + Logistic*	425		
Activity based costing + Logistic* + construction*	62	1	1
Modularity	25 919		
Modularity + Business Concept*	16	2	1

Bilaga E

Tabell E Älvsjöanläggningen prislista 2020 (SVOA, 2020)

Materialtyp	Pris per ton	Kommentar
Återvunnet 0-63	95	I mån av tillgång
Återvunnet 0-10	150	I mån av tillgång
Återvunnet 8-16	185	I mån av tillgång
0-8 Stenmjöl	265	I mån av tillgång
Ärtsingel 8-16	225	I mån av tillgång
Kross 0-16	165	I mån av tillgång
Kross 0-32	175	I mån av tillgång
Kross 0-63	170	I mån av tillgång
Kross 0-150	140	I mån av tillgång
	Pris per lass, boggi/tridem	
Tippavgift berg max 600mm	0	I mån av plats
Tippavgifter återvinningsbart	450	I mån av plats

Bilaga F – MLC-representanter

Allmänt:

- Hur ser olika flöden ut i er verksamhet?
 - Inlastning
 - Krossning
 - Utlastning
 - Förflyttning av material
 - provtagning
- Hur många arbetar på ert MLC?
- Vad för arbetsuppgifter finns det?
- Är arbetet uppdelat bland anställda eller gör en person alltid samma typ av arbete?
- Hur fungerar försäljningsarbetet av produkter?
- Finns det arbetsmoment som är mer tidskrävande än andra?

Transport

- Hur ser det interna transportarbetet ut?
 - Vad är det som tar mest tid?
 - Hur sker planeringen av verksamheten?
- Hur mycket vikt massa kan ni få ni in i olika lastbilstyper, är det vikt eller volym som sätter gränserna?
 - Berg/Sand/Grus/Lera?
- Vem hanterar transporten av massa till och från MLC? Om ni, hur är kostnaden för att transportera massor i stort strukturerad?
 - Beroende av sträcka?
 - Beroende av vikt?
 - Beroende av tid på dygnet/året?
 - Beroende av sort/fraktioner?
- Hur stor andel tomtransporter kör ni efter/före massatransporter?
- Hur lång tid tar det att hämta/lämna massa?
 - hur sker arbetet kring att hantera den massa som kommer in/ut?

Masshantering

- Hur fungerar återvinningen av massor i er verksamhet?
 - Maskiner
 - Flöden
 - Vilka massor återvinns

Verksamhet

- Hur många anställda har ni på MLC idag och hur är arbetet uppdelat?
- Hur mycket kostar olika resurser i er verksamhet vid masstransport i förhållande till varandra?
- Vad driver kostnader för det administrativa och provtagning?
 - Antal kunder?
 - Behov av provtagning?
 - Dokumentering för deponi?
 - Dokumentering för försäljning?

Övrigt

- Vet du någon som du tror vi kan ha nytta av att prata med?

Bilaga G

Totalkostnad

En totalkostnad inom logistiken innebär att samtliga kostnader som påverkas av ett visst beslut summeras för att ge en övergripande bild av vad detta beslut innebär. Totalkostnadsmodellen kommer användas som ett stöd för att få med alla kostnader som kan tänkas påverkas, även om uppdelningen som sådan inte behålls i senare konstruerad modell. Oskarsson et al. (2013) har sammanfattat de vanligaste elementen att ta med i en totalkostnadsmodell. Eftersom förutsättningarna inte ser ut på samma sätt och vilka kostnader som bör tas upp skiljer sig alltså beroende på kontext. Oskarsson et al. menar på att även om det skiljer sig från författare till författare vad som tas med i en totalkostnadsmodell finns det fem kostnadsposter som är aktuella i de flesta fallen. Nämligen lagerförning, lagerhållning, transport, administration och övrigt. Där kostnadsposten övrigt ger utrymme för förändring mellan olika kontexter.

Lagerföringskostnader

De kostnader som uppstår av att ha en produkt i lager kallas för lagerföringskostnader. Detta kan vara kostnader som kapitalbindning och riskkostnad. Att binda kapital innebär en kostnad eftersom de pengar som nu är bundna i en produkt skulle kunna användas till andra investeringar, men istället ligger stilla i en produkt och går inte att röra förens produkten är omsatt till pengar. Risker som uppstår av att lagervålla produkter kan vara skador, svinn, försäkringar eller inkuranskostnader. Dvs, att produkten på ett eller annat sätt kan minska i värde eller innebära ökade kostnader enbart genom att finnas i ett lager.

Lagerhållningskostnader

För att hantera de produkter som ska lagervållas uppstår en del kostnader, i en totalkostnadsmodell ses detta som lagerhållningskostnader. Kostnader som personal, maskiner och lokaler. Det kan ytligare delas upp som exempelvis kontroll av gods, eller hantering av ingående/utgående gods från ett lager.

Transportkostnader

Transporter inkluderar av alla kostnader för utförandet av själva transporten så väl som den tillhörande administrationen. Transporter inom en anläggning läggs på lagervållning, men all övrig så som mellan anläggningar och externa transporter räknas hit.

Administrativa kostnader

Kostnader som orderhantering, leveransavisering och planering av olika verksamheter räknas som administrativa kostnader.

Övriga logistikkostnader

I denna kategori kan exempelvis kostnader för informationssystem, emballage och påverkan på det övriga systemet inkluderas som kostnaderna är av stor betydelse. Kategorin kommer i arbetet användas snarare som en punkt för reflektion om alla kostnader är täckta av tidigare punkter.

Bilaga H

Tabell H Svevia materialdefinitioner

Bergstorlekar (Svevia, 2021)		
	Storlek	Förklaring
Makadam	2-4	Makadam 2/4 är dränerande, kan användas vid halkbekämpning. Är mindre känslig mot frost och tjäle på grund av bristen av finmaterial.
	4-8	Makadam 4/8 är dränerande, kan användas vid halkbekämpning, grusgångar, husgrunder, garageuppfarter. Är mindre känslig mot frost och tjäle på grund av bristen av finmaterial.
	8-16	Makadam 8/16 är dränerande. Används exempelvis till platta på mark, dränering och garageinfarter.
	16-32	Makadam 16/32 är dränerande. Används exempelvis till platta på mark och även till täckdikning.
	32-64	Makadam 32/64 kallas även Järnvägsmakadam och används till järnvägar, erosionsskydd vid exempelvis brunnar för vattenavrinning
Stenmjöl	0-2	De finaste storleken 0-2 stenmjöl används till fogning till plattor. Används även till kringfyllnad för skydd runt rör och ledningar.
	0-4	Används med fördel till underlag vid marksten och plattsättning, hårdgöring eller justering av gångvägar, planer, körbanor, fotbollsplaner.
	0-8	Stenmjöl 0/8 används med fördel till underlag vid marksten och plattsättning. Hårdgöring eller justering av gångvägar, planer, körbanor, fotbollsplaner. Kan även användas vid halkbekämpning
Samkross	0-16	Används med fördel för underhållsgrusning av vägar, planer och parkeringsplatser. Fungerar bra som slitlager.
	0-32	Används som bärlager till bland annat vägar, uppställningsplaner och parkeringsplatser.
	0-63	Är ett förstärkningslager som används för att göra en stabil grund tillsammans med bärlager och slitlager. Används till vägar, planer och parkeringsplatser etc.
	0-90	Är ett förstärkningslager som används för att göra en stabil grund tillsammans med bärlager och slitlager. Används till vägar, planer och parkeringsplatser etc.
	0-150	Är ett förstärkningslager som används till vägar, planer parkeringsplatser.

Bilaga I

Tabell 11 Markpriser

Plats	Storlek kvm	Pris per kvm och år	Länk
Händelö	4000	100	https://objektvision.se/Beskriv/199015771
Klinga		90	https://objektvision.se/Beskriv/199012525

Tabell 12 Antaganden

Område	Gällande	Givet	Antagande	Enhet
Lagring	Grus	45	45	grader
Lagring	Schaktmassa (Jord)	30-45	37,5	grader
Lagring	Sand (dry)	34	34	grader
Lagring	Sand (water filled)	15-30	22,5	grader
Lagring	Sand (wet)	45	45	grader
Lagring	Lera (dry lump)	25-40	32,5	grader
Lagring	Lera (wet excavated)	15	15	grader
Densitet	Gråberg	2,5-3	2,75	Ton/m ³
Densitet	0-2 Stenmjöl	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	0-5 Stenmjöl	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	0-8 Bergkross	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	0-16 Bergkross	1,7	1,7	Ton/m ³
Densitet	0-25 Bergbärlager	1,7	1,7	Ton/m ³
Densitet	0-45 Bergbärlager Väg	ABT 1,8	1,8	Ton/m ³
Densitet	0-90 Förstärkning Väg	ATB 1,8	1,8	Ton/m ³
Densitet	2-5 makadam	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	4-8 makadam	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	8-11 makadam	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	8-16 makadam	1,4	1,4	Ton/m ³
Densitet	11-16 makadam	1,4	1,4	Ton/m ³
Densitet	16-22 makadam	1,4	1,4	Ton/m ³
Densitet	16-32 makadam	1,4	1,4	Ton/m ³
Densitet	32-64 makadam	1,43	1,43	Ton/m ³
Densitet	0-100 Btg återvinning	1,7	1,7	Ton/m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-2 Stenmjöl	0,47	0,47	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-5 Stenmjöl	0,47	0,47	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-8 Bergkross	0,47	0,47	m ³ /m ³

Volymåtgång gråberg per produkt	0-16 Bergkross	0,62	0,62	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-25 Bergbärlager	0,62	0,62	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-45 Bergbärlager ABT Väg	0,65	0,65	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-90 Förstärkning ATB Väg	0,65	0,65	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	2-5 makadam	0,47	0,47	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	4-8 makadam	0,47	0,47	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	8-11 makadam	0,47	0,47	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	8-16 makadam	0,51	0,51	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	11-16 makadam	0,51	0,51	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	16-22 makadam	0,51	0,51	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	16-32 makadam	0,51	0,51	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	32-64 makadam	0,52	0,52	m ³ /m ³
Volymåtgång gråberg per produkt	0-100 Btg återvinning	0,62	0,62	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-2 Stenmjöl	2,1	2,1	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-5 Stenmjöl	2,1	2,1	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-8 Bergkross	2,1	2,1	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-16 Bergkross	1,6	1,6	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-25 Bergbärlager	1,6	1,6	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-45 Bergbärlager ABT Väg	1,5	1,5	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-90 Förstärkning ATB Väg	1,5	1,5	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	2-5 makadam	2,1	2,1	m ³ /m ³

Svällningsfaktor	4-8 makadam	2,1	2,1	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	8-11 makadam	2,1	2,1	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	8-16 makadam	2	2	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	11-16 makadam	2	2	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	16-22 makadam	2	2	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	16-32 makadam	2	2	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	32-64 makadam	1,9	1,9	m ³ /m ³
Svällningsfaktor	0-100 Btg återvinning	1,6	1,6	m ³ /m ³
Krossningssteg	4-8 makadam	3	3	krossningar
Krossningssteg	8-11 makadam	3	3	krossningar
Krossningssteg	8-16 makadam	3	3	krossningar
Krossningssteg	16-32 makadam	2	2	krossningar
Krossningssteg	32-63 makadam	2	2	krossningar
Krossningssteg	80-250 makadam	1	1	krossningar
Krossningssteg	0-2 Stenmjöl	1-4		krossningar
Krossningssteg	0-4 stenmjöl	1-4		krossningar
Krossningssteg	0-8 stenmjöl	1-4		krossningar
Krossningssteg	0-16 samkross	2-3		krossningar
Krossningssteg	0-32 samkross	2	2	krossningar
Krossningssteg	0-63 samkross	2	2	krossningar
Krossningssteg	0-125 samkross	1	1	krossningar
Krossningssteg	0-250 samkross	1	1	krossningar
Energianvändning vid kross och siktning	4-8 makadam	5,6	5,6	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	8-11 makadam	5,1	5,1	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	8-16 makadam	4,7	4,7	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	16-32 makadam	4	4	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	32-63 makadam	3,3	3,3	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	80-250 makadam	1,7	1,7	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-2 Stenmjöl	7,5	7,5	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-4 stenmjöl	6,7	6,7	Kwh el/ton

Energianvändning vid kross och siktning	0-8 stenmjöl	5,7	5,7	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-16 samkross	4,2	4,2	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-32 samkross	3,5	3,5	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-63 samkross	2,8	2,8	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-125 samkross	2	2	Kwh el/ton
Energianvändning vid kross och siktning	0-250 samkross	1,2	1,2	Kwh el/ton
Hjullastare	Tipphöjd Max 45grader	2*2758	5000	mm
Krossning	Kapacitet kross	1500-2000	1750	Ton/dag
Lastning	Boggi	2- 4	3	min
Lastning	kassettbil med släp	7	7	min
Tippning	boggi	försumbar	0,5	min
Tippning	kassettbil med släp	försumbar	2	min
Lagring	Inlastningsficka kapacitet	500-600	550	Ton
Återvinning	Minsta fraktion för återvinning	30<	30<	-
Transport	Boggi	12	15	ton
Transport	Boggi	15	15	ton
Transport	Kassettbil med släp	32	32	ton
Transport	Kassettbil med släp	23	15	ton
tid	Arbetsdag		8	timmar
tid	timmar per månad		168	timmar
tid	dagar per månad		21	dagar
administrativt	timkostnad	42354	252	kr/timme
provtagning	batchar	500-1000	750	ton
yta	våg bodar etc	2000	2000	m2
yta	kross, sortering, hantering	15000	15000	m2
yta	Tillägg för marginal, köryta mm, cirka 10 m varje sida	10	10	m
tid	veckor per år	48	48	Veckor
transport	deponi tomtransport faktor		1,5	
Densitet	Kristallint berg	1,8	1,8	Ton/m ³
Densitet	Sedimentberg	1,6	1,6	Ton/m ³
Densitet	Sand och grus	1,5	1,5	Ton/m ³

Densitet	Morän klass II	1,85	1,85	Ton/m ³
Densitet	Kalk och lermorän	1,85	1,85	Ton/m ³
Densitet	Lera och silt	1,3	1,3	Ton/m ³
Densitet	Fyllning	1,8	1,8	Ton/m ³
Densitet	Permeabelt skikt klass I	1,6	1,6	Ton/m ³
Densitet	Permeabelt skikt klass II	1,6	1,6	Ton/m ³
Densitet	Ensgraderade grusfraktioner	1,6	1,6	Ton/m ³
Densitet	Mångsgraderad Urban morän	1,8	1,8	Ton/m ³
Densitet	Fyllmaterial	1,8	1,8	Ton/m ³
tid	timme		60	minuter
Identifiering	tid per inleverans		0,008	timmar
Dirigering	tid per inleverans		0,008	timmar
Transportplanering	tid per transport		0,017	
Lagerplanering	Tid per inlevererat ton		0,005	per ton
Statistik och rapportering	tid per vecka		2,583	per vecka
Återvinning	kostnad sorteringsverk		12500	per månad
Återvinning	sorteringsverk kapacitet	30-150 ton/timme	90	ton/timme
Återvinning	sorteringsverk bränslekostnad		50,37	kr/timme
Bränsle	dieselpriis		16,79	/per liter
Intern logistik	Omflyttning av massor		100	meter
Förädling	Kristalint berg -> permiabelt skikt klass I	100%	100%	av total mängd
Förädling	Kristalint berg -> permiabelt skikt klass II	0%	0%	av total mängd
Förädling	Kristalint berg -> Ensgraderade grusfraktioner	0%	0%	av total mängd
Förädling	Sedimentberg -> permeabelt skikt klass II	100%	100%	av total mängd
Förädling	Sedimentberg -> Fyllmaterial	0%	0%	av total mängd
Förädling	Morän klass II -> månggraderade grusfraktioner	30%	30%	av total mängd
Förädling	Sand och grus -> Permeabelt skikt klass I	0%	0%	av total mängd
Förädling	Sand och grus -> Permeabelt skikt klass II	50%	33%	av total mängd
Förädling	Sand och grus -> Ensgraderade grusfraktioner	50%	33%	av total mängd
Förorening	Sand och grus -> Fyllningsmaterial	50%	33%	av total mängd

Förädling	Morän klass II --> 70% Mångsgraderad Urban morän	70%	av total mängd
Krossning	I lager innan kross	20000	ton
Återvinning	Andel av sand och grus som är rent	50%	
Återvinning	KM till deponi	30	mm

Tabell 13 Kostnader

Område	Underområde	Källa	objekt	kostnad	enhet
Transportkostnad	leasad	Tyresö faktura	Schaktbil 3 axl	695 kr	Timme
Inköp - täkt	Bergkross	kontrakterad Tyresö	- 0-16	119 kr	Ton
Inköp - täkt	Bergkross	kontrakterad Tyresö	- 0-32	112 kr	Ton
Inköp - täkt	Bergkross	kontrakterad Tyresö	- 0-63	107 kr	Ton
Inköp - täkt	Stenmjöl	kontrakterad Tyresö	- 0-4	85 kr	Ton
Inköp - täkt	Stenmjöl	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	0-2	102 kr	Ton
Inköp - täkt	Stenmjöl	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	0-4	102 kr	Ton
Inköp - täkt	Stenmjöl	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	0-8	102 kr	Ton
Inköp - täkt	Makadam	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	2-5	185 kr	Ton
Inköp - täkt	Makadam	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	4-8	125 kr	Ton
Inköp - täkt	Makadam	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	8-16	110 kr	Ton
Inköp - täkt	Makadam	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	16-32	100 kr	Ton
Inköp - täkt	Makadam	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	32-63	100 kr	Ton
Inköp - täkt	Makadam	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	90-150	110 kr	Ton
Inköp - täkt	Bergkross	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	0-16	94 kr	Ton

Inköp - täkt	Bergkross	Klinga bergtäkt - 0-32 Norrköping (moms 25%)	0-32	90 kr	Ton
Inköp - täkt	Bergkross	Klinga bergtäkt - 0-63 Norrköping (moms 25%)	0-63	86 kr	Ton
Inköp - täkt	Bergkross	Klinga bergtäkt - 0-90 Norrköping (moms 25%)	0-90	78 kr	Ton
Inköp - täkt	Bergkross	Klinga bergtäkt - 0-150 Norrköping (moms 25%)	0-150	69 kr	Ton
Inköp - MLC	Bergkross	Prislista NDS	0-150	85 kr	Ton
Inköp - MLC	Bergkross	Prislista NDS	0-63	95 kr	Ton
Inköp - MLC	Bergkross	Prislista NDS	0-32	100 kr	Ton
Inköp - MLC	Bergkross	Prislista NDS	0-16	106 kr	Ton
Inköp - MLC	Makadam	Prislista NDS	8-16	120	Ton
Inköp - MLC	Makadam	Prislista NDS	16-32	120	Ton
Inköp - MLC	Stenmjöl	Prislista NDS	0-8	115	Ton
Deponeringsavgifter - MLC	Skut för intippning	Prislista NDS	skut	80 kr	Skut
Deponeringsavgifter - MLC	Skut	Prislista NDS	skut	20 kr	Skut
Deponeringsavgifter - MLC	Föreordnad schaktmassa	Prislista NDS	Schaktmassa	300 kr	Gång
Deponeringsavgifter - MLC	Siktkurva	Prislista NDS	siktkurva	3 100 kr	Gång
Deponeringskostnader - Deponi	leasad	Tyresö faktura	Torra schaktmassor	120 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	leasad	Tyresö faktura	Blöta Schaktmassor	225 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	DA mattsson	Rena torra schakt jordmassor	130 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	DA mattsson	Rena blöta schaktmassor, lera	220 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Skut	DA mattsson	skut/berg över 800mm	65 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Berg	DA mattsson	berg under 800mm	0 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Klinga bergtäkt - Norrköping (moms 25%)	Rena Schaktmassor	45 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Dalby Maskin AB - 55:an	Rena torra deponimassor	55 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Dalby Maskin AB - 55:an	Rena blöta deponimassor	99 kr	Ton

Deponeringskostnader - Deponi	Förorenad schaktmassa	Dalby Maskin AB - 55:an	Förorenade schaktmassor	225 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Berg	Dalby Maskin AB - 55:an	Rent berg	12 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Skut	Dalby Maskin AB - 55:an	Skut 700mm	40 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Blandat material	Dalby Maskin AB - 55:an	Blandat material	500 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Dalby Maskin AB - 55:an	Rena torra deponimassor	70 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Dalby Maskin AB - 55:an	Rena blöta deponimassor	-	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	förorenad schaktmassa	Dalby Maskin AB - 55:an	Förorenade schaktmassor	225 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Berg	Dalby Maskin AB - 55:an	Rent berg	12 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Skut	Dalby Maskin AB - 55:an	Skut 700mm	40 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Blandat material	Dalby Maskin AB - 55:an	Blandat material	500 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Skelleftea	jord och schaktmassor rena (moms)	0 kr	-
Deponeringskostnader - Deponi	Schaktmassa	Skelleftea	jord och schaktmassor rena	0 kr	-
Deponeringskostnader - Deponi	Förorenad schaktmassa	Skelleftea	jord och schaktmassor rena(moms)	1 944 kr	-
Deponeringskostnader - Deponi	Förorenad schaktmassa	Skelleftea	jord och schaktmassor rena	1 555 kr	-
Krossning	Bergkross	Tyresö	Bergkross 0-150	25 kr	Ton
Inköp MLC	Bergkross	Tyresö	Bergkross 0-150	147 kr	Ton
Krossning	Bergkross	Tyresö	finkross	25 kr	Ton
krossning	Etablering av kross	Tyresö	Krossmaskin	55 000 kr	Gång
Intern logistik	Hjullastare	Tyresö	Hjullastare begagnad	2 800 000 kr	Inköpspris
Deponeringskostnader - Deponi	Bk1	NDS	Bk1 material	175 kr	Ton

Deponeringskostnader - Deponi	Bk2	NDS	Bk2 material	300 kr	Ton
Deponeringskostnader - Deponi	Blöta massor	NDS	tilläggskostnad	50 kr	Ton
Provtagning	3-4 dagar väntetid	NDS	kostnad provtagning	600 kr	prov
Provtagning	1 dag väntetid	NDS	kostnad provtagning	6 000 kr	prov
Intern logistik	Hjullastare	NDS	Hjullastare tält	110 000 kr	månad
Intern logistik	Hjullastare	NDS	Hjullastare utomhus	120 000 kr	månad
Krossning	Bergkross	Bergsjön	0-10	15 kr	Ton
Krossning	Bergkross	Bergsjön	0-18	15 kr	Ton
Krossning	Bergkross	Bergsjön	0-40	35 kr	Ton
Deponeringsavgifter - MLC	Berg	Älvsjö	0-400	0 kr	Ton
Deponeringsavgifter - MLC	ÅV	Älvsjö	ÅV-massor	450 kr	lass
Transportkostnad	leasing	Tyresö faktura	Schaktbil 3 axl	695 kr	Timme
Transportkostnad	rörliga kostnader	SÅ-kalkyl	Fordon	6,65 kr	Km
Transportkostnad	fasta kostnader	SÅ-kalkyl	Fasta kostnader	1 132 kr	dag
Transportkostnad	personalkostnader	SÅ-kalkyl	Personal	277 kr	timme
Transportkostnad	leasing	Carlsson & Forslund + Magusson & Melby	Boggi	620 kr	timme
Transportkostnad	leasing	Carlsson & Forslund + Magusson & Melby	Tridem	700 kr	timme
Transportkostnad	leasing	Carlsson & Forslund + Magusson & Melby	Bil med släp	950 kr	timme
Provtagning	Arbetstid	NDS	Personal	0,5	timmar
Provtagning	Administrativt	NDS	administrativt	0,5	timmar
Intern logistik	två vågar	nds	inköpspris	840 000 kr	

Bilaga J

Område	Sikt huvudområde	Sikt underområde	>30 max	>30 min	<30 max	<30 min	>30 snitt	<30 snitt
Morän klass II	Block och Stenmoräner	Grusig Stenmoräner	0,45	0,65	0,55	0,35	0,55	0,45
Morän klass II	Block och Stenmoräner	Grusig block och stenmorän	0,45	0,7	0,55	0,3	0,58	0,43
Sand & Grus, Morän klass II	Grovkorniga Moräner	Grusig sandmorän	0,01	0,05	0,99	0,95	0,03	0,97
Sand & Grus, Morän klass II	Grovkorniga Moräner	Grusig sandig morän	0,05	0,05	0,95	0,95	0,05	0,95
Sand & Grus, Morän klass II	Grovkorniga Moräner	Sandig grusmorän	0,1	0,2	0,9	0,8	0,15	0,85
Morän klass II, Kalk- och lermorän	finkornig morän	Slitmorän	0	0,1	1	0,9	0,05	0,95
Morän klass II, Kalk- och lermorän	finkornig morän	Lermorän	0	0,1	1	0,9	0,05	0,95

Fyllning antas ha samma egenskaper som Morän klass II.