

Åtgärder i hanteringen av jord- och bergmassor

Ekonomisk Nytt

Status:	Slutversion
Datum:	2014-08-25
Författare:	Sandra Frosth
Projektnummer:	184 314 53 – G340
Uppdragsgivare:	Optimass

SAMMANFATTNING

I dagsläget har samhället svårt att strukturera och effektivisera hanteringen av massor som uppkommer i samband med byggandet av våra städer och dess infrastruktur. I enskilda byggprojekt påverkar jord- och bergmassor i hög grad kostnader och resurser i både planering och genomförande. I Stockholmsregionen produceras årligen 5-15 miljoner ton jord och bergmassor. Entreprenadberg återvinns i relativt stor utsträckning, dock kan systemen och främst transportmönstren i samband med denna återvinning rationaliseras. Det finns goda exempel på hur byggherrar och entreprenörer kan hantera materialet. I Tyresö kommun ger samhällsbyggnadsförvaltningen till exempel entreprenörerna i de respektive projekt som pågår i kommunen en möjlighet att hålla till på ett näraliggande upplag där man utför krossning av det uppkomna berget. Denna rapport behandlar huruvida det innebär kostnadsbesparingar att rationalisera hanteringen av entreprenadberg på en kommunal nivå, där Tyresö kommun använts som typexempel. Metoden som använts är scenarioanalys och LCCA. Resultatet visar på att det förhållningssätt som används i Tyresö innebär stora vinster i relation till scenariot att transportera iväg de uppkomna massorna av entreprenadberg för att sedan köpa in nytt. Dessa besparingar har sedan skalats upp till en regional nivå för att visa på besparingspotentialen i ett större perspektiv.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INTRODUKTION	4
1.1. Bakgrund och problemställning	4
1.2. Frågeställning	5
1.3. Syfte och målsättning	5
2. TILLVÄGAGÅNGSSÄTT OCH METOD	6
2.1. Studerat system, scenarier och avgränsningar	6
2.1.1. Scenario 1: En Stockholmskommun utan kommunalt upplag.....	6
2.1.2. Scenario 2: En Stockholmskommun med kommunalt upplag.....	7
2.1.3. Avgränsningar	8
2.1.4. Funktionell enhet	8
3. LIFE CYCLE COSTING ANALYSIS (LCCA)	9
3.1. Net Present Value (NPV).....	9
3.2. Annuitetsmetoden.....	10
4. EKONOMISK NYTTA KOMMUNALT UPPLAG.....	11
4.1. Scenarier resultat.....	11
4.1.1. Kostnader scenario 1	11
4.1.2. Kostnader scenario 2	13
4.1.3. Jämförelse	15
4.1.4. Osäkerhetsanalys.....	15
4.2. Uppskalning resultat	16
5. ALTERNATIVA VERKTYG	18
6. SLUTSATSER	20
7. REFERENSER	21
APPENDIX 1	23

1. INTRODUKTION

1.1. Bakgrund och problemställning

I dagsläget har samhället svårt att strukturera och effektivisera hanteringen av massor som uppkommer i samband med byggandet av våra städer och dess infrastruktur. Dagens arbetssätt upplevs som ineffektivt och det finns ett stort behov att effektivisera masshanteringen (Trafikverket, 2011) för att kunna spara resurser samt minska kostnader och transporter. I enskilda byggprojekt påverkar jord- och bergmassor i hög grad kostnader och resurser i både planering och genomförande. Detta samtidigt som transporterna av dessa massor innebär stor energiförbrukning och stora koldioxidutsläpp (Vägverket, 2009). Enligt Länsstyrelsen (2003) är de viktigaste aspekterna i en mer hållbar materialförsörjning bland annat att användningen av naturgrus måste minska eftersom att grusåsarna är viktiga för grundvattenförsörjningen. Samtidigt måste återvinningen av jord- och schaktmassor öka och transporten av detta material bör förkortas.

Jord- och bergmassor delas ofta in i primärt och sekundärt material. Primärt material är till exempel naturgrus som brutits i tillståndsgivna täkter och som därmed nyproducerats för byggnation. Sekundärt material kan förklaras som material med samma användningsområde men som inte brutits ur en täkt (Lundberg et. al, 2012). Sekundärt material utgörs således av bland annat entreprenadberg det vill säga bergmaterial som uppkommer vid exempelvis väg- eller tunnelbyggen och/eller producerats i mobila krossar i icke-tillståndsgivna täkter (SGU, 2014). I Stockholmsregionen produceras årligen 5-15 miljoner ton jord- och bergmassor i samband med väg- och husbyggnation samt ledningsarbeten (Carstens & Magnusson, 2011). Det finns stor potential att återvinna entreprenadberg för att ersätta primärt material, exempelvis för att minska förbrukningen av naturgrus. Entreprenadberg återvinns redan i nuläget i relativt stor utsträckning. 2002 utgjordes cirka 40 % av den totala ballastförbrukningen i Stockholms län av återvunnet material, och då främst av överskottsberg från byggen (Länsstyrelsen, 2003). Dock kan systemen och främst transportmönstren i samband med denna återvinning rationaliseras.

Det finns goda exempel på hur byggherrar och entreprenörer kan ta hantera materialet. I Tyresö kommun ger man till exempel entreprenörerna i de respektive projekt som pågår i kommunen en möjlighet att hålla till på ett upplag. Dessa projekt omfattar omvandlingsprojekt, det vill säga bygge av vägar samt dragning av vatten och avlopp. På upplaget krossas och sorteras entreprenadberget för att sedan användas igen i

byggprojekten. Därmed stannar materialet närmare byggprojektet vilket innebär mindre påverkan på miljö och minskade kostnader eftersom att transportersträckorna minskas väsentligt.

Enligt beräkningar har Tyresö kommun kommit fram till att de genom detta angreppssätt jämfört med att de istället bortskaffar entreprenadberget och köper in nytt material, sparar cirka tre miljoner per år i samband med anbud och upphandling, samtidigt som man skär ner på koldioxidutsläppet. Dessa beräkningar är dock inte satta i ett större perspektiv.

1.2. Frågeställning

Hur mycket kan en Stockholmskommun tjäna på en mer rationaliserad hantering av jord- och bergmassor i samband med omvandlingsprojekt?

Vilka ekonomiska effekter medför en mer rationaliserad hantering av jord- och bergmassor i Stockholmsregionen i samband med omvandlingsprojekt?

1.3. Syfte och målsättning

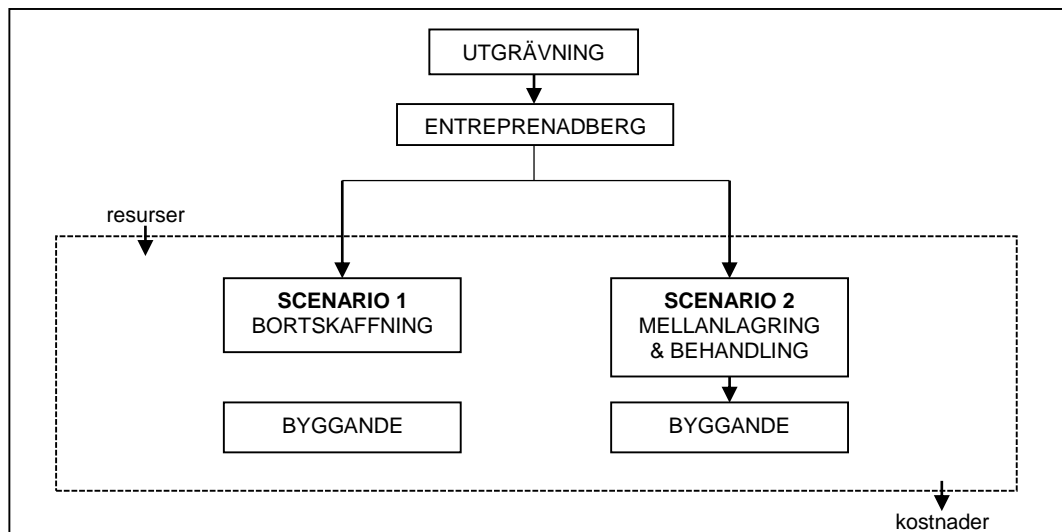
Syftet i detta projekt består i att jämföra två masshanteringsscenarier i ett livscykelperspektiv med fokus på medföljande kommunala kostnader. Beräkningar görs utifrån Tyresö kommuns sätt att hantera materialet. Dessutom skalas dessa kostnader till en regional nivå för att visa på besparingspotentialen i ett större sammanhang. Målsättningen är följaktligen att undersöka hur stor kostnadsbesparing en kommun kan uppnå genom att ändra hanteringen av entreprenadberg och således förkorta transportererna.

2. TILLVÄGAGÅNGSSÄTT OCH METOD

För att kunna visa på en skillnad i totalkostnader i en jämförelse mellan att bortskaffa och köpa in entreprenadberg och att krossa själv på eget upplag har scenarier satts upp som kommer att representera respektive angreppssätt. Metoden som användes för att jämföra de olika scenarierna är Life Cycle Costing Analysis (LCCA) och Net Present Value (NPV).

2.1. Studerat system, scenarier och avgränsningar

I systemet ingår transport samt åtgärd gällande omhändertagande av entreprenadberg i scenario 1 och 2. I figur 1 redovisas systemet för entreprenadberg med indelning i de två scenarierna. I scenario 1 bortskaffas det uppkomna entreprenadberget, medan det i scenario 2 omhändertas lokalt och krossas för att sedan återanvändas i närliggande projekt. Med ”resurser” avses aktiviteter som sker inom respektive scenario vilka genererar de kostnader som går ut ur systemet.



Figur 1. Översikt över systemet för entreprenadberg med valda scenarier.

2.1.1. Scenario 1: En Stockholmskommun utan kommunalt upplag

Scenario 1 bygger på det förhållningssätt man tidigare hade i Tyresö kommun. Den årligen uppkomna mängden jord- och bergmassor är cirka 120 000 ton varav cirka 30 % av de uppkomna massorna (finberg, grus samt jord- och mjukmassor) återvinns direkt i kommunens byggprojekt. 70 % av de uppkomna massorna vid byggprojekten transporteras fyra mil bort till antingen deponering (lösa leror, cirka 30 %) eller till olika mellanlager (entreprenadberg, cirka 40 %, det vill säga ca 48 000 ton) för att sedan användas i andra byggprojekt. Massorna som bortskaffas faller i entreprenörernas händer vilka oftast vill bli av med det så fort som möjligt, ofta säljs det vidare, transporteras till olika upplag eller till deponering. Detta samtidigt som

bergmaterial i olika fraktioner från täkter köps in för att kunna möta behovet vid byggprojekten. De bergmassor som blir över efter respektive byggprojekts slut faller även det i entreprenörens händer.

Transportavståndet antas här vara 4 mil en väg, det vill säga 8 mil fram och tillbaka. Detta baserat på typexemplens uträkningar till ett upplag i Haninge. Lastbilen uppskattas vara lastad med 14 ton entreprenadberg och drar fullastad 3,9 liter per mil och tom 2,9 liter per mil (SGU, 2013).¹ Priset för diesel är satt till 13,95 kr per liter (bensinpriser.se, 2014). Lastbilen antas köra 60 km i timmen vilket tillsammans med lastning och lossning (15 minuter vardera) innebär en transporttid på 110 minuter fram och tillbaka till schaktplatsen, utslaget på åtta timmars arbetsdag innebär detta 4,5 transporter om dagen.

Den rörliga tidsberoende kostnaden innebär personalkostnad vilken är satt 225 kr per timme (3,8 kr per minut). Fasta kostnader uppskattas till 310 000 kronor per år. Detta innebär en kostnad per minut på 2,6 kronor. Den totala mängden entreprenadberg per år uppgår till 48 000 ton, vilket innebär 3 428,5 transporter om 14 ton årligen.

Kostnaden att köpa in krossat berg istället för att krossa själv har beräknats utifrån Trafikverkets prisberäkning 70-100 kr/m³ (inkl. transport) (Trafikverket, 2011). Detta innebär en kostnad på 129,5-185 kr/ton om man antar att en kubik väger 1,85 ton (Josef Mácsik, 2014), (70x1,85, 100x1,85). Kostnaden per ton antas därav vara cirka 157 kr ((129,5+185)/2). Mängden krossat berg som köps in för att täcka behovet uppgår till 48 000 ton årligen.

2.1.2. Scenario 2: En Stockholmskommun med kommunalt upplag

Scenario 2 bygger på det nya förhållningssätt man antagit i Tyresö kommun, där man har ett upplag kopplat till en eller flera omvandlingsetapper. Detta upplag upplåts temporärt i cirka fem år för krossning av entreprenadberg, vilket är den aspekt som skiljer scenario 2 från scenario 1. Entreprenadberget som krossas, har schaktats från kommunens omvandlingsprojekt och transporteras sedan en mil till det temporära upplaget, där kommunen under tre veckor per år krossar berget till mer lämpliga fraktioner. Man krossar under tre veckor på grund av att krossningen av den uppkomna mängden entreprenadberg inte täcker en längre period på grund av den begränsade mängden. Att ha ett lokalt upplag leder till lägre transportkostnader men också att man inte behöver köpa in lika mycket primärt bergmaterial från täkter. Då entreprenadberget utgör cirka 40 % av de uppkomna massorna kan man med detta förhållningssätt öka återvinningsgraden till cirka 70 %. Entreprenadberget transporteras efter krossning tillbaka till byggarbetsplatsen. 30 % av massorna (lösa leror) som uppkommer vid schaktning transporteras som i scenario 1 till deponering. Transportavståndet antas här vara 1 mil en väg, det vill säga 2 mil fram och tillbaka (1 mil fullastad och 1 mil tom). Lastbilen antas även i detta scenario köra 60 kilometer i timmen vilket tillsammans med lastning och lossning (15 minuter

¹ 0,39 liter per kilometer (fullastad) och 0,29 liter per kilometer (tom) (SGU, 2013).

vardera) innebär en transporttid på 50 minuter fram och tillbaka till schaktplatsen. Utslaget på åtta timmars arbetsdag innebär detta 9,5 transporter om dagen. Övriga förutsättningar är detsamma som i transportkostnaden för scenario 1. Då entreprenadberget krossats transporteras det tillbaka till byggarbetsplatsen för användning, vilket innebär att antalet transporter fördubblas i förhållande till scenario 1. Följaktligen uppgår antalet transporter av 14 ton entreprenadberg till 6 857 st.

Upplaget i typexemplet har en area på cirka 15 000 m². Utöver grundinvesteringen att upplåta detta tillkommer fasta kostnader vilka innefattar hyra, el, dammbindning etcetera samt kostnaden för hjullastare som lastar massorna för transport.

2.1.3. Avgränsningar

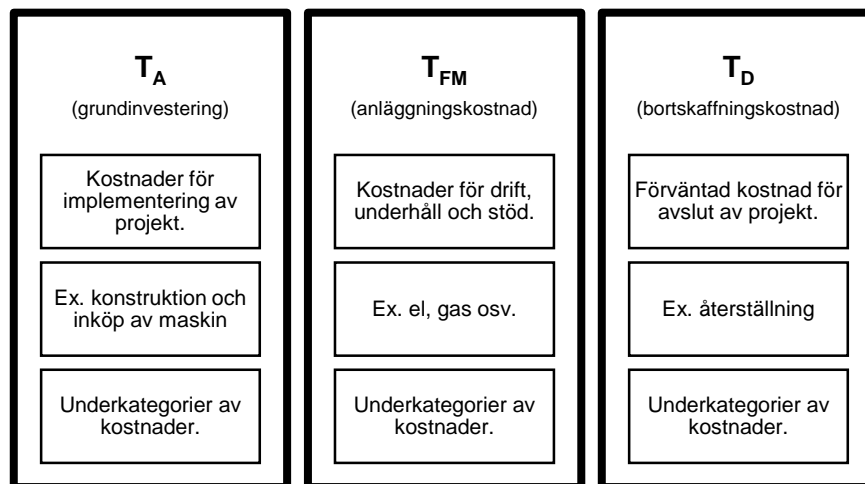
De aktiviteter som är lika för utformade scenario 1 och 2 exkluderas ur studien. Följaktligen beaktas inte kostnader för utgrävning av varken entreprenadberg eller övriga massor. Således exkluderas även kostnader för att köra bort övriga massor till deponering och kostnader för att återvinna dessa obehandlade. Deponering av entreprenadberg bortses då det i scenario 2 antas att både högkvalitativt och lågkvalitativt entreprenadberg återvinns (i byggprojekt eller till dekoration, vattenrening etcetera) inom kommunen. Transport till upplag och deponering i scenario 1 likställs under rubriken bortskaffande. Kostnader för bortskaffande är inte medräknade på grund av att upplagsplatsen efter tidsperioden kommer att bli en byggarbetsplats. Den tidsmässiga avgränsningen är fem år då detta är den ungefärliga tidsperioden för ett temporärt upplag i typexemplet (Tyresö kommun).

2.1.4. Funktionell enhet

Den valda funktionella enheten är 48 000 ton berg vilket är den genomsnittliga uppkomna mängden entreprenadberg per år i typexemplet.

3. LIFE CYCLE COSTING ANALYSIS (LCCA)

Life Cycle Costing eller livskostnadsanalys (LCC) innebär den totala projektkostnaden (Ellis, 2007). Här ingår kostnader för tre övergripande faser: Acquisition (T_A ; förvärv, eller grundinvestering), Facility Management (T_{FM} ; anläggning) och Disposal (T_D ; bortskaffande). Dessa tre kategorier kan med fördel delas in i underkategorier, Cost Breakdown Structure (CBS), detta för att underlätta identifieringen av kostnaderna i alla faser. Kostnader som vid jämförelse investeringar emellan är gemensamma för alla alternativ kan exkluderas från LCCA.



Figur 2. Figur över CBS.

För att LCC ska kunna redovisas så sanningsenligt som möjligt kräver denna också att tillgångens livstid och diskonteringsränta identifieras samt att en osäkerhetsanalys, angående bland annat datainsamlingen, bör redovisas (Woodward, 1997).

3.1. Net Present Value (NPV)

Net present value (NPV) är en metod för att bestämma LCC och innebär nettonuvärdet för en investerings framtida kassaflöde subtraherat med den inledande investeringen (Ellis, 2007). Vid jämförelser av olika investeringar är den investering som visar på högst NPV den som ”ger” mest tillbaka i förhållande till den initiala grundinvesteringen. Många livskostnadsanalyser innebär dock ett negativt NPV, således föredras det NPV som är minst negativt vid jämförelse investeringar emellan.

För att räkna ut NPV används följande formel:

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

där C_0 är grundinvesteringen och C är kassaflödet (*inbetalning - utbetalning*) samt att T innebär den totala tidsperioden, i tidsperiod och r ränta (Ross et. al., 2002).

3.2. Annuitetsmetoden

För att fördela NPV årligen använder man sig av annuitetsmetoden, denna innebär att man räknar om nettonuvärdet (NPV) till en annuitet, det vill säga att nettonuvärdet fördelas jämnt över livslängden (Ekblom & Ernér, 2010). Detta årliga belopp kan sedan med fördel jämföras med andra investeringar med annan livslängd (vilket dock inte är fallet i denna rapport där scenarierna innebär lika lång livslängd).

Första steget innebär att räkna ut annuitetsfaktorn vilket görs som följer:

$$AF = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-i}}$$

där AF är annuitetsfaktor, r är ränta och i tidsperioden (Stigeborn, 2014).

Därefter använder man annuitetsfaktorn (AF) för att beräkna annuiteten (A).

$$A = NPV * AF$$

4. EKONOMISK NYTTA KOMMUNALT UPPLAG

De kostnader som påverkas av att upplåta ett kommunalt upplag för entreprenadberg är främst transportkostnaderna. Utöver dessa tillkommer kostnader för att upplåta och driva upplaget. Dessutom påverkas priset per ton för själva materialet då man krossar berget själv istället för att köpa in redan behandlat berg.

Diskonteringsräntan är satt till 3,5 %² baserat på rekommendationer från ASEK (PTS, 2013). Tidsperioden är satt till fem år då detta är den ungefärliga tidsperioden som ett upplag används i typexemplet innan man byter plats att upplåta upplag på.

4.1. Scenarier resultat

4.1.1. Kostnader scenario 1

Här presenteras de kostnader som skiljer scenario 1 från scenario 2. Dessa är transportkostnader och kostnaden att köpa in krossat berg.

Kostnad transporter

Kostnad per transport (14 ton entreprenadberg) redovisas i tabell 1. I scenario 1 innebär en transport 4 mil fullastad lastbil och 4 mil tom. Kalkylen för transportkostnad baseras på Sveriges Åkeriföretags översikt (Aspholmer, 2004).

Tabell 1. Kostnad per transport (14 ton entreprenadberg) scenario 1.

	Antal:	Enhet:	Kostnad/enhet:	Nettopris/ transport:
Rörliga sträckberoende kostnader fullastad transport (diesel):	4	mil	54,5 kr/mil	218 kr
Rörliga sträckberoende kostnader tom transport (diesel):	4	mil	40,5 kr/mil	162 kr
Övriga rörliga sträckberoende kostnader (däck, reparation & service):	8	mil	23,4 kr/mil	187 kr
Rörliga tidsberoende kostnader (personalkostnad, 225 kr/h):	110	min	3,8 kr/min	413 kr
Fordonets fasta kostnader 310 000 kr/250 arbetsdagar per år:	110	min	2,6 kr/min	284 kr
KOSTNAD PER TRANSPORT 14 ton entreprenadberg, tur och retur (8 mil):				1 264 kr

Som tabell 1 visar kostar en lastbilstransport för 14 ton entreprenadberg 1 264 kronor. Den årliga kostnaden för bortskaffning (transport) av entreprenadberg blir följaktligen 3 689 066 kronor för scenario 1 (redovisas i tabell 2).

² Diskonteringsräntan diskuteras i kapitel 4.1.4 Osäkerhetsanalys.

Tabell 2. Årlig transportkostnad (48 000 ton entreprenadberg) scenario 1.

	Antal:	Enhet:	Kostnad/enhet:	Total kostnad:
Transport 48 000 ton entreprenadberg:	3 428,5	transporter	1 264 kr/transport	4 333 624 kr

Kostnad köpa in krossat berg

Den årliga kostnaden för att köpa in krossat berg redovisas i tabell 3. För att täcka upp behovet för de bortskaffade 48 000 ton entreprenadberg köps materialet in från en återförsäljare för ett genomsnittligt pris av 157 kronor.

Tabell 3. Årlig kostnad köpa in 48 000 ton krossat berg scenario 1.

	Kostnad/enhet:	Total kostnad:
Inköp 48 000 ton krossat berg:	157 kr/ton	7 536 000 kr

Net Present Value

Då scenario 1 inte innebär någon inledande investeringskostnad (C_0) stryks denna från den ursprungliga formeln. Den årliga kostnaden uppgår till 11 869 624 kr (årlig kostnad för transport och att köpa in krossat berg). Räntan är satt till 3,5 % och tidsperioden är fem år.³

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i} =$$

$$= \frac{-11869624}{1,035} + \frac{-11869624}{1,071225} + \frac{-11869624}{1,108717875} + \frac{-11869624}{1,147523000625} + \frac{-11869624}{1,187686305646875}$$

$$= -11468235,7 - 11080421 - 10705720,8 - 10343691,6 - 9993904,9 = -53591974$$

Nuvärdet (NPV) för de kostnader som särskiljer scenario 1 är således 53 591 974 kr.

Annuitet

Annuitetsfaktor:

$$AF = \frac{r}{1 - (1+r)^{-i}}$$

³ $i = 1-5$, $r = 3,5\%$

Annuitet:

$$A = NPV * AF =$$

$$0,2215 * -53\,591\,975 = -11\,869\,611$$

Utslaget på tidsperiodens antal år innebär de totala särskiljande kostnaderna för scenario 1 11 869 611 kronor per år.

4.1.2. Kostnader scenario 2

Här presenteras de kostnader som skiljer scenario 2 från scenario 1. Dessa är transportkostnader och kostnaden att själv krossa berg samt upplåtelse av upplag.

Kostnad transporter

Kostnad per transport (14 ton entreprenadberg) redovisas i tabell 4. I scenario 2 innebär en transport 1 mil fullastad lastbil och 1 mil tom.

Tabell 4. Kostnad per transport (14 ton entreprenadberg) scenario 2.

	Antal:	Enhet:	Kostnad/enhet:	Nettopris/ transport:
Rörliga sträckberoende kostnader fullastad transport (diesel):	1	mil	54,5 kr/mil	54,5 kr
Rörliga sträckberoende kostnader tom transport (diesel):	1	mil	40,5 kr/mil	40,5 kr
Övriga rörliga sträckberoende kostnader (däck, reparation & service, avskrivning):	2	mil	23,4 kr/mil	46,8 kr
Rörliga tidsberoende kostnader (personalkostnad, 225 kr/h):	50	min	3,8 kr/min	188 kr
Fordonets fasta kostnader 310 000 kr/250 arbetsdagar per år:	50	min	2,6 kr/min	129 kr
KOSTNAD PER TRANSPORT 14 ton entreprenadberg, tur och retur (2 mil):				459 kr

En transport av 14 ton entreprenadberg har i detta scenario en kostnad på 459 kronor per transport. Den årliga kostnaden för transport av 48 000 ton entreprenadberg blir således 3 147 363 kronor för scenario 2 (redovisas i tabell 5).

Tabell 5. Årlig transportkostnad (48 000 ton entreprenadberg) scenario 2.

	Antal:	Enhet:	Kostnad/enhet:	Total kostnad:
Transport 48 000 ton entreprenadberg:	6 857	transporter	459 kr/transport	3 147 363 kr

Kostnad krossa själv

Den årliga kostnaden för att krossa berg redovisas i tabell 6. Priset på 35 kronor per ton omfattar krossmaskin, anställda och hjullastare.

Tabell 6. Årlig kostnad krossa berg scenario 2.

	Kostnad/enhet:	Total kostnad:
Kostnad krossa 48 000 ton berg:	35 kr/ton	1 680 000 kr

Den totala kostnaden att krossa 48 000 ton berg landar på en årlig kostnad av 1 680 000 kronor.

Kostnad upplag

Att investera i att upplåta ett upplag innebär en kostnad på 1 141 916 kronor⁴ och de årliga fasta kostnaderna innebär en kostnad på 200 000 kronor. Dessa innefattar bland annat hyra, el och dammbindning.

Tabell 7. Grundinvestering och årlig kostnad för upplag scenario 2.

	Grundinvestering:	Årlig fast kostnad:
15 000 m ² upplag:	1 141 916 kr	200 000 kr

Net Present Value

Den årliga kostnaden som särskiljer scenario 2 uppgår till 5 027 363 kr (årlig totalkostnad för transport och att krossa berg samt årliga kostnader för upplaget). Den inledande grundinvesteringen (C_0) är 1 141 916 kronor. Räntan är satt till 3,5 % och tidsperioden är fem år.⁵

$$\begin{aligned}
 NPV &= -C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i} = \\
 &= -1141916 + \frac{-5027363}{1,035} + \frac{-5027363}{1,071225} + \frac{-5027363}{1,108717875} + \frac{-5027363}{1,147523000625} \\
 &\quad + \frac{-5027363}{1,18768630564688} \\
 &= -1141916 - 4857355,5 - 4693097,2 - 4534393,4 - 4381056,4 - 4232904,7 = -23840723,3
 \end{aligned}$$

Nuvärdet (NPV) för de kostnader som särskiljer scenario 2 är således cirka 23 830 863 kronor.

⁴ För kalkyl över kostnaden att upplåta upplag se appendix 1.

⁵ $i = 1-5$, $r = 3,5\%$

Annuitet

Annuitetsfaktor:

$$AF = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-i}}$$

$$AF = \frac{0,035}{1 - (1 + 0,035)^{-5}} = \frac{0,035}{0,158027}$$

Annuitet:

$$A = NPV * AF =$$

$$0,2215 * -23\ 840\ 723 = -5\ 280\ 720$$

Utslaget på tidsperiodens antal år innebär de totala särskiljande kostnaderna för scenario 2 5 280 720 kronor per år.

4.1.3. Jämförelse

Tabell 8. Skillnad i särskiljande kostnaders nuvärde och annuitet scenario 1 och 2.

	Scenario 1:	Scenario 2:	Skillnad:
NPV särskiljande kostnader, femårsperiod, diskonteringsränta 3,5 %	53 591 975 kr	23 870 723 kr	29 751 252 kr
Annuitet (NPV särskiljande kostnader utslaget på en femårsperiod)	11 869 611 kr	5 280 720 kr	6 588 891 kr

Som redovisas i tabell 8 innebär scenario 2 vid jämförelse scenarierna emellan 29 751 252 kr i lägre kostnader, det vill säga att detta är besparingen man kan uppnå under en femårsperiod givet typexemplets förutsättningar. Annuiteten för scenario 1 uppgår till cirka 11 869 611 kronor medan annuiteten för scenario 2 uppgår till cirka 5 278 087 kronor. Detta innebär en skillnad i annuitet (per år) på 6 588 891 kronor till scenario 2's fördel.

4.1.4. Osäkerhetsanalys

Det finns ett antal osäkerheter som bör nämnas i samband med att resultatet presenterats. Först och främst kan räntan diskuteras, här används den ränta (3,5 %) som ASEK rekommenderar i sin rapport "Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn" (ASEK, 2012). Reporäntan, statens avkastnings- och utlåningsränta har för 2014 fastställts till 1,99 % (Riksgälden, 2013). Vid en för hög ränta läggs för liten vikt vid kostnader långt in i framtiden (Lindblom, 2008),

emellertid kan tidsperioden i detta fall (fem år) anses vara relativt kort. I PTS's rapport (2013) hänvisar man till Storbritanniens finansdepartement vilken föreslår att diskonteringsräntan för offentliga projekt med en tidsperiod på 0-30 år bör vara 3,5 % för att sedan sänkas med tiden. För att visa på räntans påverkan redovisas skillnaden i NPV i särskiljande kostnader med olika räntesatser i tabell 8. 1,99 % är reporäntan och 3,5 % är den ränta som ASEK rekommenderar vilken har använts i denna rapport. 10 % är vad ett privat företag skulle kunna tänkas sätta som ränta, detta då de kan antas ha högre utlåningsränta samt högre krav på avkastning från företagets ägare. Vad som kan uttydas är att ju högre räntan är desto mindre blir skillnaden scenarierna emellan, dock kan vinsten fortfarande anses vara stor.

Tabell 9. Skillnad i särskiljande kostnaders nuvärde scenario 1 och 2 vid olika räntesatser.

Diskonteringsränta:	1,99 %	3,5 %	10 %
Skillnad NPV särskiljande kostnader mellan scenario 1 och scenario 2:	31 128 027 kr	29 751 252 kr	24 805 496 kr

Andra osäkerheter i samband med denna beräkning är hur framtiden kommer att se ut, förutsättningar som teknologi eller lagar och bestämmelser kommer med all säkerhet att förändras och därmed påverka kostnaderna. Ett fåtal av kostnaderna i beräkningarna är baserade på typexemplens egna uträkningar. Dessa kostnader har kontrollerats och ansetts vara realistiska.

4.2. Uppskattning resultat

Enligt Carstens och Magnussons mängduppskattning (2011) genereras årligen 5-15 miljoner ton jord- och schaktmassor i samband med väg- och husbyggnation och ledningsarbeten i Stockholms län. Denna uppskattning är resultatet av en sammanställning av tillgänglig data för byggande och dragning samt uppskattningar och antaganden beträffande de massor som uppstår i samband med dessa. Om man antar att dessa jord- och schaktmassor består av samma andel entreprenadberg som de uppkomna massorna i Tyresö (40 %) uppgår besparingen i Stockholms län till cirka 274-824 miljoner (se tabell 9). Detta kan sättas i relation med till exempel ett avtal tecknat mellan Skanska Hyresbostäder och Sigillet Fastighets AB, vilket gällde uppförandet av 35 lägenheter där avtalet var värt 83 miljoner kronor (Fastighetsvärlden, 2014). I och med detta skulle detta resultat betyda att besparingen innebär avtal gällande uppförande av cirka 115-340 lägenheter, då avtalet gäller cirka 2,4 miljoner per lägenhet.

Tabell 10. Besparing entreprenadberg Stockholmsregionen i relation till typexemplets besparing.

	Tyresö kommun	Stockholmsregionen	
Årligen uppkomna jord- och bergmassor:	120 000 ton jord- och schaktmassor	5 miljoner ton jord- och schaktmassor	15 miljoner ton jord- och schaktmassor
Varav antal ton entreprenadberg (40 %):	48 000	2 miljoner	6 miljoner ton
		$2\,000\,000 / 48\,000 = 41,67$	$6\,000\,000 / 48\,000 = 125$
		$41,67 \times 6\,598\,890 =$	$125 \times 6\,598\,890 =$
Årlig besparing:	6 588 890 kr	274 668 805	823 940 500

Då den ursprungliga årliga besparingen (6 588 890 kronor) baseras på ett upplag per 48 000 ton entreprenadberg. Detta förhållningssätt förutsätter alltså ett uppförande av 41-125 upplag om man sätter dessa 48 000 ton i relation till 2 respektive 6 miljoner ($2\,000\,000/48\,000$ resp. $6\,000\,000/48\,000$). Dock kan det diskuteras om dessa 48 000 ton entreprenadberg som krossas tre veckor per år vid ett enda upplag är representativa för verkligheten om man tar hänsyn till de mängder jord- och schaktmassor som uppstår årligen. Det vill säga, här kan man överlägga huruvida upplag som är kopplade till en större mängd entreprenadberg än i fallet Tyresö och med högre kapacitet och längre krossperioder kan vara relevanta för att effektivisera förädlingen av massorna ytterligare.

Å andra sidan har just Tyresö kommun fördelaktiga topografiska och geologiska förutsättningar där en stor mängd berg uppstår, vilket kanske inte är verkligheten i andra projekt. Dock kan dessa skillnader i kostnader visa på en indikation, särskilt i fallet transportkostnader, detta då man oavsett topografiska och geologiska förutsättningar behöver transportera de massor som uppstår i samband med schaktning samtidigt som användningsområdena för olika typer av massor kan utforskas vidare. Därav kan utvecklingspotentialerna för återvinning av jord- och bergmassor komma att betyda större möjligheter att återvinna i närheten av byggarbetsplatsen.

5. ALTERNATIVA VERKTYG

Det finns ett antal verktyg för att bedöma den ekonomiska nyttan i samband med att rationalisera hanteringen av jord- och bergmassor. I denna studie har verktygen LCCA och NPV använts, vilka fokuserar på ett projekts finansiella kostnader över projektets livstid.

Andra verktyg som är vanligt förekommande då det gäller kapitalutvärdering (bedömning av finansiell lönsamhet) är internräntemetoden och pay-backmetoden (Lindblom, 2008). Den tidigare utgår från investeringens internränta, det vill säga den ränta som utfaller då $NPV=0$. Om internräntan är högre än avkastningskravet (den procentuella andel av det egna kapitalet som företaget betalar ut till sina ägare), anses investeringen vara lönsam. Vid en jämförelse där båda investeringsalternativen är högre än avkastningskravet, prioriteras det med högst internränta.

Pay-backmetoden tar endast hänsyn till antalet år det tar att betala tillbaka grundinvesteringen, det vill säga hur lång tid det tar tills det sammanlagda årliga kassaflödet överstiger den initiala investeringen (Lindblom, 2008). Den investering som har en återbetalningstid som är kortare än vad som krävts på förhand och som vid jämförelse med andra investeringar har kortast återbetalningstid anses vara mest lönsam. Internräntemetoden och pay-backmetoden har inte använts i denna studie på grund av att avkastningskrav från ägare vanligtvis inte existerar då det gäller kommuner (så länge det inte handlar om kommunalägda bolag). Scenarierna innebär inte heller något inbetalningsöverskott, vilket betyder att en investering aldrig kan betalas tillbaka, något som således krävs för att pay-backmetoden ska kunna användas.

Ett verktyg som används flitigt inför statliga projekt är kostnads-nyttoanalys (cost-benefit analysis) (Lindblom, 2008). Syftet med denna analys är att beskriva alla kostnader; privata och sociala, direkta och indirekta samt mätbara och icke-mätbara som ett projekt innebär, i ekonomiska termer. Därmed ska en kostnads-nyttoanalys inbegripa samtliga effekter för alla individer och organisationer i samhället, dock kan det ofta vara så att inte alla effekter redovisas på grund av att många konsekvenser ”speglas på olika sätt på olika ställen i produktions-konsumtions-kedjan” (Trafikverket, 2012, s. 12). En kostnads-nyttoanalys främsta uppgift är att undersöka skillnaden mellan kostnad och nytta ett projekt innebär och således utreda om projektet är värt att genomföra. Denna analys är mycket komplex och omfattande att genomföra, detta då det gäller att sätta pris på resurser så som naturmiljö eller offentlig grundskola samtidigt som vissa befintliga priser inte speglar produktionskostnad eller värdet för alternativa användare, exempelvis subventioneringar eller avgifter för offentliga tjänster (Trafikverket, 2012).

Möjligen hade en kostnads-nyttoanalys gett ett mer holistiskt perspektiv i denna studie, då även sociala och miljömässiga kostnader hade inkluderats. Exempelvis kunde detta påvisa alternativkostnaderna för transportnäring (hur påverkas branschen av ett minskat antal transporter?) eller gällande de boende i området där upplaget uppförts i scenario 2 (bland annat finns en risk för förlorade skatteintäkter om dessa väljer att

bosätta sig i någon annan kommun) samt kostnaden för koldioxidutsläpp och dess påverkan i respektive scenario. Man kan alltså dra slutsatsen att utfallet av en kostnads-nyttoanalys hade utfallit annorlunda än den livscykelkostnadsanalys som gjorts i denna studie, detta då en kostnads-nyttoanalys i sin idealiska form ska redovisa alla effekter ett projekt innebär i monetära termer och inte endast de finansiella kostnadsposterna.

Å andra sidan kan man anse att en LCCA är lämpad för att väga investeringar mot varandra, detta då kostnads-nyttoanalyser oftast används för att utvärdera oberoende projekt (Hoogmartens et al, 2014). Dessutom kan man påstå att vissa finansiella kostnader i denna studie och miljökostnader hänger samman på det sättet att den största kostnadsposten här utgörs av transporter, vilken kan sammankopplas med koldioxidutsläpp och annan negativ miljöpåverkan. Dock redovisas här inte på vilket sätt denna påverkan ter sig gentemot samhälle och miljö.

6. SLUTSATSER

Syftet i detta projekt är att jämföra två masshanteringsscenarier i ett livscykelperspektiv med fokus på medföljande kommunala kostnader utifrån Tyresö kommuns sätt att hantera materialet. Resultaten har även skalats upp till en regional nivå för att visa på den eventuella besparingspotentialen i ett större sammanhang. Målsättningen är således att undersöka huruvida det går att visa på kostnadsbesparingar genom att ändra hanteringen och förkorta transporter.

Resultatet av studien visar att genom att upplåta ett upplag närmare byggarbetsplatsen kan betydliga vinster erhållas där minskade transportkostnader spelar en stor roll. Kostnaderna att uppföra ett upplag för att sedan krossa berget är förhållandevis små om man jämför med de kostnader som uppstår i samband med ett stort antal längre transporter.

I Tyresö kommun krossas berg under tre veckor per år, detta då den uppkomna mängden entreprenadberg är begränsad och således behövs inte längre tid för att krossa. Upplag som är kopplade till en större mängd entreprenadberg, vilket skulle kunna vara fallet i den regionala uppskalningen av besparingen, kan troligtvis krossa under en längre period per år och således effektiviseras Tyresös sätt att hantera materialet. Görs här en avvägning mellan krosskapacitet och transportsträcka kommer troligtvis besparingen att öka.

7. REFERENSER

Aspholmer, L. (2004). *Prissättning vid lastbilstransporter – en översikt*. Sveriges Åkeriföretag

Bensinpriser.se (2014). *Bensin och dieselpriser i Stockholms län*.
<http://www.bensinpriser.se/stockholms-l%C3%A4n> [2014-05-06]

Carstens, C. & Magnusson S. (2011). *Jord- och schaktmassor i Stockholms Län – Marknadspotential för återbruk och förädling*, EcoLoop intern rapport, 2011

Ekblom, A., & Ernér, A. (2010). *Passivhus-lönsamt eller ej?: En jämförelse mellan ett passivhus och ett konventionellt hus*. Examensarbete, bygg- och fastighetsekonometriprogrammet, Högskolan i Halmstad.

Ellis, B. A. (2007). *Life cycle cost*. In International Conference of Maintenance Societies.

Fastighetsvärlden (2014). *Sigillet förvärvar bostadsprojekt för 83 miljoner*.
<http://www.fastighetsvarlden.se/notiser/sigillet-forvarvar-bostadsprojekt-for-83-miljoner/> [2014-08-13]

Hoogmartens, R., Van Passel, S., Van Acker, K., & Dubois, M. (2014). *Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools*. Environmental Impact Assessment Review, 48, 27-33.

Lindblom, N. (2008). *Att värdera en hamnutbyggnad: en översikt av ekonomiska verktyg samt en värdering av föreningar*. Examensarbete, nationalekonomiska institutionen, Uppsala Universitet.

Lundberg et al. (2012). *Hållbar materialförsörjning i Stockholms län 3*. KTH/EcoLoop rapport.

Länsstyrelsen (2003). *Krossat berg och återvunnet material ersätter grus*. Faktablad 2003:06. http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2003/F2003_06_Krossat_berg_webb.pdf

Nilsson, P., & Wall, M (2009). *Hantering och mellanlagring av jordmassor*. Examensarbete: Högskolan i Jönköping

PTS (2013). *Samhällsekonomisk bedömning av radiospektrum*.
<http://www.pts.se/upload/Rapporter/Radio/2013/Samh%C3%A4llsekonomisk%20bed%C3%B6mning%20av%20spektrum%202013-06-19.pdf>

Riksgälden (2013). *Ny räntesats fastställd för statens avkastnings- och utlåningsränta*.
<https://www.riksdagen.se/sv/myndigheter/Aktuellt/Nyheter-och-pressemeddelanden/Nyheter/2013/Statens-avkastnings--och-utlaningsranta-2014/>
[2014-05-25]

Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. (2002). *Corporate finance*. New York: McGraw-Hill.

SGU (2014). *Grus, sand och krossberg*. Periodiska publikationer 2004:1.
http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/perpubl_2014-1.pdf

SGU (2013). *Underlag till material – försörjningsplan för Uppsala län*. SGU-rapport 2013:19. <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1319-rapport.pdf>

Trafikverket (2012). *Introduktion till samhällsekonomisk analys*. Samhällsekonomi och modeller PM 2012:01

Trafikverket (2011). *Rapport: Handelsplats för jord- och bergmassor – nuläge, marknad och affärsplan*. http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6428/2011_046_handelsplats_for_jord_och_schaktmassor.pdf

Umea.se (2014). *Investera och etablera i Umeå!*
<http://www.umea.se/naringsliv/investeraochetableraiumea.4.722cda1f139592141ce1c05.html> [2014-06-12]

Stigeborn, P. (2014). *Projektering av solceller: En studie av solcellsteknikens tillämpning i byggbranschen*. Examensarbete, samhällsbyggnad, KTH. Stockholm: KTH

Woodward, D. G. (1997). *Life cycle costing—theory, information acquisition and application*. *International Journal of Project Management*, 15(6), 335-344.

Muntliga källor:

Josef Mácsik (2014), Ecoloop, 2014-05-08

APPENDIX 1

Kalkyl, upplåtelse av upplag (Nilsson, P., & Wall, M (2009).

Slitlager av grus	15000	m2	15544	163 439	0	43 049	14,8	222 032
Väggrus 0-18	751	m3		163 439			217,6	163 439
Hjullastare L70C	50	tim				29 834	595	29 834
Envalsvält, självgående, 5-7 ton	6	bd				13 215	2100	13 215
Anläggningsarbetare	50	tim	15544				310	15 544
Bärlagergrus	15000	m2	23284	160 923	0	83 716	21,3	320 086
Bärlagergrus 0-30	1019	m3		213 085			209,1	213 085
Hjullastare L70C	75	tim				44 690	595	44 690
Lastbil 2-axlad med vattentunna	38	tim				19 416	517	19 416
Envalsvält, självgående, 5-7 ton	9	bd				19 610	2100	19 610
Anläggningsarbetare	75	tim	23284				310	23 284
Förstärkningslager	6309	m3	48897	0	0	135 201	302,19	184 098
Förstärkningsgrus 0-150	6309	m3		0			0	0
Hjullastare L70C	158	tim				93 850	595	93 850
Envalsvält, självgående, 5-7 ton	20	bd				41 351	2100	41 351
Anläggningsarbetare	158	tim	48897				310	48 897
Avtagning av matjord, till upplag	1502	m3		45 066	0	58 517	69	103 583
Hjullastare L70C	20	tim				12 079	595	12 079
Lastbil 3-axlad	87	tim				46 438	532	46 438
Tippavgift, jordmassor	1502	m3		45 066			30	45 066
Terassering jord, massor i väglinjen	406	m3 (tf)	1888	23 357		33 798	99	40 334
Terassering jord, massor i väglinjen trsp. 0-1 km.	406	m3		20312		20312	50	20 312
Tippavgift, jordmassor	102	m3		3045			30	3 045
Grävmaskin	6	tim				4135	679	4 135
Bandschaktare	6	tim				5481	900	5 481
Tandemvält, ramstyrd, 5-7 ton.	0,8	bd				2233	2750	2 233
Anläggningsarbetare	6	tim	1888				310	1 888
Lastbil, 2-axlad	6	tim				1637	532	3 240

Kalkyl, upplåtelse av upplag fortsättning.

Stängsel med 3 taggtrådar	490	m1		33 320	171 500	0	418	204 820
<i>Industristängsel med 3 taggtrådar</i>	490	m1			171 500		350	171 500
<i>Industristängsel, tillägg för höm</i>	0						720	0
<i>Stolpe</i>	98	st		33320			340	33 320
Materialskiljande lager, fiberduk klass 3	1502	m2	7552	7211		3624	12,14	18 386
<i>Hjullastare L70C</i>	6	tim				3624	595	3 624
<i>Anläggningsarbetare</i>	24	tim	7552				310	7 552
<i>Fiberduk, bruksklass 3</i>	1502	m2		7211			4,8	7 211
Trumma av plast	8	m1	629	2019	0	876	769	6 248
<i>Vägtrumma av PEH</i>	8	m1		2436			300	2 436
<i>Skarvmuff för PEH</i>	2	st		729			359	729
<i>Fyllnadssand</i>	6	m3		560			92	560
<i>Tippavgift, jordmassor</i>	6	m3		183			30	183
<i>Grävmaskin</i>	2	tim				1378	679	1 378
<i>Lastbil, 2-axlad</i>	0	tim				213	532	213
<i>Vibratorplatta</i>	0	bd				120	300	120
<i>Anläggningsarbetare</i>	2	tim	629				310	629
Anslutningsavgift el	1	st		23 000			23000	23000
<i>Anslutningsavgift, tillfällig el</i>	1	st		23000			23000	23000
Nätavgift	1	år		9470			9470	9470
<i>Anslutningsavgift, tillfällig el</i>	1	kr		9130			9130	9130
Tillstånd	2	st		9 860				9 860
<i>Tillstånd upplag</i>	1	kr		3 420				3 420
<i>Tillstånd manskapsbodar</i>	1	kr		6440				6 440
TOTALT:								1 141 916

Luleå Tekniska Universitet
Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser
971 87 LULEÅ
SWEDEN

www.ltu.se, www.optimass.se