



CHALMERS

Hantering av bergmassor för Västlänkens norra delentreprenader

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad

AHMAD AL-NAJJAR
TIM GUSTAFSSON
DESIRÉE PERSSON

Hantering av bergmassor för Västlänkens norra delentreprenader

AHMAD AL-NAJJAR
TIM GUSTAFSSON
DESIRÉE PERSSON

Institutionen för Bygg- och Miljöteknik
Avdelningen Geologi och Geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Kandidatarbete/rapport nr 2016;030
Göteborg, Sverige 2016

Hantering av bergmassor för Västlänkens norra delentreprenader

AHMAD AL-NAJJAR
TIM GUSTAFSSON
DESIRÉE PERSSON

© Ahmad Al-Najjar, Tim Gustafsson, Desirée Persson

Kandidatarbete/rapport nr 2016;030
Institutionen för Bygg- och Miljöteknik
Avdelningen Geologi och Geoteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-41296 Göteborg
Sverige
+46(0)31-7221000

Förord

Kandidatarbetet har genomförts under våren 2016 vid Chalmers tekniska högskola för institutionen för Bygg- och miljöteknik. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och syftar till att analysera masshanteringen för Västlänkens bergmassor.

Vi vill passa på och rikta ett varmt tack till Gunnar Lanner och Anders Markstedt som hjälpt oss med sin kunskap, stöd och eviga engagemang under arbetets gång. Vidare vill vi tacka Johan Bengtsson och Olle Olofsson på Trafikverket, Maria Johansson på Ecoloop och Bengt Sandinge på Sandinge Bogsering och Sjötransport för att ni tagit er tid och bidragit med värdefull information till rapporten.

Göteborg juni 2016

Ahmad Al-Najjar
Tim Gustafsson
Desiree Persson

Sammanfattning

I Göteborg pågår nu projekteringen inför Västlänken som kommer att bli en åtta kilometer lång dubbelspårig järnväg under de centrala delarna av staden. Vid länsstyrelsens granskning av järnvägsplanen för Västlänken från februari 2015 efterfrågades ett förtydligande gällande hantering av schaktmassor.

Då masshantering utgör en stor del av anläggningsprojekts budget och ett optimalt val vid hanteringen av schaktmassor kan bidra till förbättrade ekonomiska, miljömässiga och sociala konsekvenser för projekt, vilket gör detta område intressant att studera. Arbetet syftar till att effektivisera masshanteringen för Västlänken och mer specifikt analysera möjliga omhändertagningsalternativ och transportmetoder för bergmassor från Västlänkens norra delentreprenader; Centralstationen, Kvarnberget och Haga.

I rapporten analyseras lastbils-, och sjötransport samt transportband som möjliga transportmedel för bergmaterial. En analys av potentiella mottagare av bergmassorna har genomfört vilket resulterat i att; Risholmen vid Göteborgs hamn, kombiterminalen i Gullbergsvass samt tre stycken krossanläggningar anses som lämpliga mottagare för Västlänkens bergmassor. Rapporten bygger på förenklade modeller och är skriven ur ett hållbarhetsperspektiv där miljö, ekonomi och tekniska aspekter tas i beaktning.

Studien visar att en väl utarbetad masshanteringsplan kan leda till miljömässiga och ekonomiska vinster. Kostnaderna för masshantering varierar stort beroende på val av mottagningsplats och transportalternativ. Genom att använda rapportens analys av transportalternativen kan en egen uppfattning bildas om hur masshanteringen för Västlänken bör genomföras. Ett masshanteringsförslag ur entreprenörens synvinkel har tagits fram med kravet att tillgodose Göteborgs hamn behov av bergmassor. Det ger en samhällsekonomisk vinst men är inte alltid det billigaste alternativet för entreprenören.

Nyckelord: Västlänken, Masshantering, Bergmassor

Mass management of bedrock material from the West Link project.

Bachelor Thesis

Building and Civil Engineering

Ahmad Al-Najjar

Tim Gustafsson

Desirée Persson

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Geoengineering and Geotechnical Engineering

Chalmers University of Technology

Bachelor Thesis, nr. 2016;030

Gothenburg, Sweden 2016

Abstract

Now a day, in Gothenburg, there is an ongoing planning process of the West Link project that will be an eight kilometer double tracked railway tunnel through central Gothenburg. In the revision of the railway plan from February 2015 the county administrative board in Västra Götaland, Sweden, requested complementary information on the mass management of bedrock material.

In an infrastructure project the mass management constitutes a large part of the projects budget. Optimizing the management can contribute to improve the economic, environmental and social consequences of a project. Hence, mass management is an interesting area to study.

This study aims to improve the mass management of the masses from Gullberget, Kvarnberget, Otterhällan, Kungshöjd and Haga in the northern parts of the West Link project. More specific the aim is to analyze possible alternatives of the mass transportation, the receivers of bedrock material and possible means of transportation. The report analyzes vehicle transport, sea cargo transport and conveyor belts as a possible means of transport.

An analyze of potential receivers of bedrock masses have been performed which have resulted in that; Risholmen in Gothenburg harbor, the intermodal terminal in Gullbergsvass and three crushing plants are considered as suitable recipients for the West Link projects bedrock masses. The report is based on simplified models and is written in a sustainable perspective where economic, environmental and technical aspects are taken in consideration.

The study shows that a well prepared mass management plan can lead to both environmental and economic benefits. The costs of mass management varies depending on choices of receiver and transport alternatives. By using the reports analysis of transport alternatives an own opinion can be formatted on how the Western links mass management should be designed.

A mass management plan from the contractor's point of view have been produced with the requirement to meet Gothenburg harbors need of bedrock material. It provides a social economic advantage but it not always the cheapest option for the contractor.

Key words: Mass management, Bedrock, The West Link project

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1.	Syfte	1
1.2.	Avgränsningar	2
1.3.	Metod.....	2
1.4.	Rapportens disposition	2
2.	Förutsättningar för masshantering i allmänhet.....	4
2.1.	Användandet och hanteringen av bergmaterial i byggbranschen.....	4
2.2.	Nuläget för masshantering i byggbranschen	4
2.2.1.	Projektet Optimass.....	5
2.2.2.	Projektet Energieffektiva Logistklösningar.....	5
3.	Referensobjekt – Tidigare och pågående anläggningsprojekt med omfattande masshantering	7
3.1.	Anläggandet av Götatunneln, Göteborg	7
3.1.1.	Götatunnelns förutsättningar för masshantering.....	8
3.1.2.	Götatunnelns masshantering.....	9
3.2.	Anläggandet av Citytunneln, Malmö	9
3.2.1.	Citytunnelns förutsättningar för masshantering	10
3.2.2.	Citytunnelns masshantering.....	11
3.3.	Anläggandet av E4 Förbifart Stockholm, Stockholm.....	12
3.3.1.	Förbifart Stockholms förutsättningar för masshantering.....	13
3.3.2.	Förbifart Stockholms masshantering.....	14
4.	Undersökta transportmedel för bergmassor.....	16
4.1.	Fordonstransport av bergmaterial.....	16
4.2.	Sjötransport av bergmaterial.....	16
4.3.	Bandtransport av bergmaterial	17
5.	Projektet Västlänken – En tågtunnel under Göteborg	18
5.1.	Upphandling och masshantering för Västlänken.....	19
5.2.	Bergkvalitén längs Västlänken samt användningsområden	19
5.3.	Förutsättningar för delentreprenad Centralstationen, bergschakt Gullberget.....	20
5.3.1.	Volymer och schaktningsmetod, bergschakt Gullberget.....	20
5.3.2.	Omgivande miljö, bergschakt Gullberget.....	20
5.4.	Förutsättningar för delentreprenad Kvarnberget, bergschakt Kvarnberget	21
5.4.1.	Volymer och schaktningsmetod, bergschakt Kvarnberget	23
5.4.2.	Omgivande miljö, bergschakt Kvarnberget.....	23
5.5.	Förutsättningar för delentreprenad Kvarnberget, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd....	24
5.5.1.	Volymer och schaktningsmetod, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd.....	24
5.5.2.	Omgivande miljö, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd.....	25

5.6.	Förutsättningar för delentreprenad Haga, bergschakt Haga	25
5.6.1.	Volymer och schaktningsmetod, bergschakt Haga.....	26
5.6.2.	Omgivande miljö, bergschakt Haga och Haga Station.....	26
6.	Potentiella mottagare av entreprenadberg från Västlänken	27
6.1.	Risholmen, Göteborgs Hamn	27
6.2.	Jehanders krossanläggning	27
6.3.	Tagenes krossanläggning.....	28
6.4.	Vikans krossanläggning	28
6.5.	Kombiterminalen, Gullbergsvass	28
7.	Analysmetod och analys av transportalternativen för Västlänken	29
7.1.	Analysmetod.....	29
7.1.1	Miljöaspekter.....	29
7.1.2	Tekniska aspekten	30
7.1.3	Ekonomiska aspekten	31
7.2.	Möjliga transportmetoder för delentreprenad Centralstationen, Gullberget.....	32
7.3.	Möjliga transportmetoder för delentreprenad Kvarnberget, bergschakt Kvarnberget.....	37
7.4.	Möjliga transportmetoder för delentreprenad Kvarnberget, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd	42
7.5.	Möjliga transportmetoder för delentreprenad Haga, bergschakt Haga.....	46
8.	Masshanteringsförslag.....	49
8.1.	Masshanteringsförslag för bergschakt Gullberg.....	49
8.2.	Masshanteringsförslag för bergschakt Kvarnberget	49
8.3.	Masshanteringsförslag för bergschakt Otterhällan	50
8.4.	Masshanteringsförslag för bergschakt Haga.....	50
9.	Diskussion	51
	Referenser.....	53

BILAGOR

Definitioner och förkortningar

Ballast	Ett material som ingår i betong och asfalt och som används i de översta lagren vid väg- och järnvägskonstruktioner.
BK1	Bärighetsklass 1
Bulk -	Last som transporteras oförpackad.
Delentreprenad	En indelning av en större entreprenad
Entreprenadberg	Bergmaterial som uppkommer i samband med tunnelarbeten, byggnation av bergrum eller bergschakt.
Koldioxidekvivalent	Ett mått på hur stort bidrag utsläpp av en gas ger till växthuseffekten.
Petrografisk analys	En petrografisk analys används för att bedöma ett bergmaterials kvalité, användningsområde, tekniska egenskaper och eventuella brister.
Tfm3	Teoretiskt fast massor, då menat som berg i fast form.
Tlm3	Teoretiskt lösa massor, då menat som volym sprängsten.
Terminalkostnader	På- och avlastningskostnader
Återanvändning	En produkt eller komponent används igen utan omvandling.
Återvinning	Åtgärd som innebär att en produkt eller komponent omvandlas och får ett nytt användningsområde

1. Inledning

I Göteborg pågår ett par stora infrastrukturprojekt, ett av dem är projektet Västlänken. Västlänken kommer att bli en åtta kilometer lång dubbelspårig järnväg som till större delen går i tunnel under de centrala delarna av staden (Trafikverket, 2014a). Järnvägstunneln gör det möjligt för genomgående pendeltågstrafik vilket ökar kapaciteten samt minskar sårbarheten i järnvägsnätet. Avsikten är att Västlänken ska öka tillgängligheten till arbete, utbildning, kultur, evenemang och shopping vilket kommer att gynna utvecklingen och tillväxten i västra Sverige (Trafikverket, 2014a).

Västlänken beräknas kosta totalt 20 miljarder kronor och kommer då ge cirka 100 000 boende och cirka 130 000 arbetare gång- eller cykelavstånd till en pendeltågstation i centrala Göteborg (Trafikverket, 2014a). I projektet planeras det för tre nya underjordiska stationer vid Centralstationen, Haga och Korsvägen (Trafikverket, 2014a).

För att möjliggöra byggnationen av tunneln behövs både arbets- och servicetunnlar för bland annat utschaktning av ler- och bergmassor, servicearbeten och evakuering vid nödsituationer (Trafikverket, 2014b). Byggnationen kommer att ge upphov till stora volymer av schaktmassor och uppskattningsvis kommer cirka 2 090 000 tfm³ jordmassor och cirka 1 710 000 tfm³ bergmassor behöva transporteras bort (Trafikverket, 2014c).

Vid länsstyrelsens granskning av järnvägsplanen för Västlänken från februari 2015 efterfrågades kompletteringar inom en rad områden. Länsstyrelsen ansåg bland annat att ett förtydligande gällande hantering av schaktmassor krävdes (Länsstyrelsen Västra Götalands Län, 2015). Därför arbetar Trafikverket i nuläget med att ta fram en masshanteringsplan för Västlänken där det framgår specifika lösningar för transport och omhändertagandet av schaktmassorna¹.

Masshantering utgör en stor del av ett anläggningsprojekts budget. Optimala val vid hanteringen av schaktmassor kan bidra till förbättrade ekonomiska, ekologiska och sociala konsekvenser för projekt (Statens Geotekniska Institut, 2016a). Att Västlänken går under de centrala delarna av Göteborg och att byggnationen påverkar Göteborgs innerstads trafik, miljö och invånare under en lång tidsperiod gör projektet komplext. Med tanke på projektets komplexitet och storlek är masshanteringen inom projektet Västlänken intressant att studera och analysera.

1.1. Syfte

Kandidatarbetet syftar till att undersöka alternativ för hanteringen av bergmassor från Västlänkens norra sträckning beträffande delentreprenaderna Centralstationen, Kvarnberget och Haga. Kandidatarbetet kan delas in i tre mer specifika delsyften:

- Beskriva förutsättningar för bergschakten i de olika delentreprenaderna.
- Analysera möjliga transport- och mottagningsalternativ för bergmassorna.
- Rekommendera ett omhändertagningsalternativ för bergmassorna från respektive bergschakt med mottagare och rekommenderat transportsätt.

¹ Johan Bengtsson, Massamordnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016.

Rapporten behandlar masshanteringen av berg utifrån ett hållbarhetsperspektiv och analyserar transport- och omhändertagningsalternativen utifrån ekonomiska, tekniska och miljömässiga aspekter. Dessa kommer att studeras översiktligt med enkla analyser.

1.2. Avgränsningar

Innehållet i rapporten är avgränsat till att behandla hanteringen av bergmassor för de norra delentreprenaderna av Västlänken. Till dessa delentreprenader räknas Centralstationen, Kvarnberget och Haga.

I rapporten studeras transport- och mottagningsalternativ för bergmassor från Gullberget, Kvarnbergets öppna schakt samt bergmassor som tas ut via arbetstunnel Stora Badhusgatan och arbetstunnel Haga. Rapporten är avgränsad till att inte studera transport- och mottagningsalternativ för bergmassor från Otterhällan och Kungshöjds öppna schakt eller Hagas öppna schakt då volymen entreprenadberg som tas ut vid dessa är förhållandevis liten.

På grund av att upphandlingen av mottagare för Västlänkens bergmassor ligger under sekretess kommer denna rapport avgränsas till endast att studera teoretiskt möjliga mottagare. Rapporten är även avgränsad till att studera transportmedlen fordons-, sjö- och bandtransport.

1.3. Metod

För att uppfylla studiens syfte har en litteraturstudie genomförts. Information har främst hämtats från Trafikverket, Göteborgs stad och Länsstyrelsen. För att få ytterligare information beträffande omhändertagningsmetoder och transportalternativ har tre olika referensobjekt undersökts; Götatunneln i Göteborg, Citytunneln i Malmö och Förbifart Stockholm. Som komplement till litteraturstudien har en rad intervjuer genomförts med personer som har erfarenhet och kunskap av masshantering vid anläggningsprojekt samt även med personer som besitter mer ämnesspecifik kunskap.

Informationen har därefter bearbetats och resulterat i ett flertal anpassade transport- och omhändertagningsalternativ för bergmassorna för respektive bergschakt. Mottagarna har valts utifrån information från intervjuer, geografiskt läge, mottagningskapacitet samt ett tidsperspektiv som syftar på mottagarens möjlighet att ta emot bergmassorna samtidigt som tunneldrivningen för Västlänken pågår.

För att få fram ett rekommenderat förslag har de olika alternativen viktats gentemot varandra utifrån miljö-, tekniska-, och ekonomiska aspekter. Resultatet presenteras som ett rekommenderat masshanteringsförslag för bergschakten var för sig.

För analysen av effektivitet och kostnader har intervjuer samt kartverktyg använts för att uppskatta tiden samt kostnaden för transportmedlen.

Vid miljöanalysen används miljökalkylen Nätverk för Transport och Miljön, NTM, som komplement till litteraturstudien. Den erbjuder enkla beräkningar av koldioxidutsläpp.

1.4. Rapportens disposition

Rapporten inleds med hur användandet och hanteringen av bergmaterial fungerar idag i samhällsbyggnadssektorn. I kapitel 3 studeras både tre genomförda eller pågående anläggningsprojekt och hur masshanteringen har planerats och/eller genomförts i projekten. I kapitel 4 presenteras fordonstransport, sjötransport och bandtransport för transport av bergmaterial.

I kapitel 5 beskrivs förutsättningarna för hanteringen av bergmassor för projektet Västlänken. Kapitel 5 är uppdelat i underkapitel, ett för varje bergskärning Västlänken går igenom. I kapitel 6 presenteras teoretiskt möjliga mottagare för bergmassor från Västlänken. I kapitel 7 presenteras och analyseras vilka transportalternativ som är möjliga för respektive bergschakt för Västlänkens norra delentreprenader.

2. Förutsättningar för masshantering i allmänhet

I följande kapitel beskrivs hur användandet och hanteringen av bergmaterial ser ut idag i samhällsbyggnadssektorn. I kapitlet presenteras även två projekt som utreder möjliga sätt att effektivisera och optimera masshanteringen inom branschen.

2.1. Användandet och hanteringen av bergmaterial i byggbranschen

Sveriges storstadsregioner tillhör Europas snabbast växande områden och i takt med att samhället växer ökar behovet av byggnadsmaterial. (Sveriges Geologiska Undersökningar, 2015) Ballast, i form av krossat berg, naturgrus och morän, är Sveriges största naturresurs näst efter vatten och uppskattningsvis används över 100 miljoner ton ballast årligen. Ballast används både för husbyggnad och anläggning och används exempelvis till vägöverbyggnader, betong, asfalt och järnvägsmakadam och hämtas till större delen från Sveriges berg- och naturgrustäcker (Statens Geotekniska Institut, 2016a).

Europeiska Unionen driver utvecklingen mot ett resurseffektivare samhälle och har infört ett flertal förordningar och direktiv gällande detta (Statens Geotekniska Institut, 2016b). År 2008 infördes avfallsdirektivet som syftar till att skydda miljön och människor genom att effektivisera resursanvändningen och minska konsekvenserna av att avfall skapas och hanteras.

Europeiska Unionens direktiv och förordningar har successivt implementerats i svensk lagstiftning och flera förordningar som införts har påverkat samhällsbyggnadssektorn i stor grad (Statens Geotekniska Institut, 2016b). Bland annat infördes en skatt på naturgrus år 1996 med avsikt att åstadkomma en bättre hushållning av materialet. Naturgrus användes tidigare som ballast vid väg- och järnvägsbyggnation och som ballast i betong men materialet anses numer vara en ändlig resurs som är viktigt att spara (Göransson, 2011). Införandet av skatten har lett till att man i allt större grad har övergått till krossbergsprodukter som ballast.

Vid anläggningsprojekt såsom ett tunnel- eller vägprojekt frigörs ofta stora mängder berg som en restprodukt, vilket kallas entreprenadberg (Sveriges Geologiska Undersökningar, 2015). Vid vägprojekt eftersträvas oftast massbalans där befintliga jord- och bergmassor i väglinjen räcker till de fyllnadsmassor och överbyggnadsmaterial som krävs för den nya vägen (Granhage, 2009). I vissa projekt är massbalans svårt att uppnå och då kan överskottsmassorna användas i andra projekt som har ett massunderskott eller säljas till exempelvis krossanläggningar¹. Krossmaterialet kan sedan användas som ballast i bär- och förstärkningslager i vägkonstruktioner eller som ballast i betong (Hellman, Åkesson, & Eliasson, 2011).

År 2013 stod transportererna av jord- och bergmaterial för cirka 25 % av alla godstransporter i Sverige (Statens Geotekniska Institut, 2016a). Transporterna sker oftast med lastbil vilket resulterar i en ökad belastning på trafikanätet och miljön¹. En väl utarbetad masshanteringsplan kan minska antalet transportkilometer och i sin tur minskar miljöpåverkan samtidigt som det stärker ekonomin i projektet (Trafikverket, 2014d).

2.2. Nuläget för masshantering i byggbranschen

I detta avsnitt presenteras två projekt som syftar till att undersöka och effektivisera hanteringen och transporten av material inom samhällsbyggnadssektorn. Projekten är ledda av EcoLoop som arbetar med utredning, rådgivning och utvecklingstjänster inom resurshantering i samhällsbyggnadssektorn (EcoLoop, 2016).

¹ Johan Bengtsson, Massamördnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016

2.2.1. Projektet Optimass

Optimass är ett projekt som fokuserar på frågor rörande masshantering och är lett av EcoLoop tillsammans med Luleå tekniska Universitet¹. Projektet startade 2013 och är avgränsat till att studera Södertörnsområdet, de södra regionerna av Stockholms län.

Optimass och Luleå Tekniska Universitet arbetar ihop med Sveriges Geologiska Undersökningar i ett arbetspaket som syftar till att fördjupa kunskapen om hur Södertörnsområdet ser ut, vad som byggs och vad som planeras att byggas¹. Ytterligare ett syfte med projektet är att ta fram ett prognosverktyg som analyserar hur mycket massor som genereras, var de genereras samt hur mycket massor som behövs i närområdets planerade projekt.

Prognosverktyget är viktigt då Optimass vill planera och samordna transporter och således behöver veta hur situationen kommer att se ut i framtiden¹. Exempelvis kan det i vissa fall vara lämpligt att införa materialterminaler som hanterar den omgivande regionens material. Prognoserna för framtiden tas fram genom information som finns i projektplaner på kommunerna och genom informationen i dessa kan schablonartade översiktsberäkningar av massvolymer utföras. Prognosverktyget är baserat på massor från bostadsbyggelse, kommunala vägar, statliga vägar och handelsområden.

Vid en intervju med Maria Johansson¹, konsult på EcoLoop, konstaterade hon att det inte finns en generell lösning för att förbättra materialhanteringen i samhällsbyggnads-sektorn. Vidare förklarade hon att lösningen är en förbättring inom en rad områden där i bland att inte generera problematiska massor som inte kan återanvändas. Redan i projekteringen bör ett fokus finnas på att använda metoder som gör att massorna lätt går att återanvända.

Enligt Maria Johansson är ytterligare en viktig aspekt uppgraderingsmetoder av de massor som uppstår i projekt². Entreprenadberg har inget större värde utan kostar 5 till 14 kronor per ton¹ och på grund av detta är transporten och transportsträckan avgörande för vad som är lönsamt att använda entreprenadberget till¹. På grund av detta behöver materialet uppgraderas och få ett större värde direkt på plats vilket kan ske genom exempelvis krossning. Krossat berg kostar runt 50 till 60 kronor per ton².

Maria Johansson konstaterade även att en tredje part, exempelvis en materialsamordnare på kommunen, kan vara till stor nytta för att få en bättre samordning mellan företag¹. I dagsläget sker viss samordning inom entreprenadföretagen själva men om en tredje part styrde masshanteringen och samordningen redan vid upphandlingen skulle samordningen mellan företag bli enklare¹.

Ytterligare åtgärder kan göras på transportfordonen och genom att nyttja andra transportmedel¹. Detta har studerats närmare i projektet Energieffektiva Logistik-lösningar som presenteras nedan.

2.2.2. Projektet Energieffektiva Logistklösningar

Projektet Energieffektiva logistklösningar startade i januari 2016 och befinner sig i uppstartsfasen¹. Projektet är en avsats från Optimass och finansieras av energimyndigheten. Tanken är att undersöka energiåtgången för jord- och bergmaterialtransporter och om det finns energivinster att göra om transporter samordnas.

¹ Maria Johansson, Konsult för Optimass (EcoLoop) Intervjuad av författarna den 8 mars 2016

² Peter Nilsson, Linjeförstärkning (Peab Industri) Intervjuad av författarna den 7 mars 2016

Till skillnad från Optimass är detta projekt mer inriktat på transporter, vart transporterna går, vilka vägar de går på och mer specifikt på transportfordonen. Till exempel studeras fordonens fyllnadsgrad och längden på fordonens axlar¹. Projektet undersöker dagens transportfordon, lastbilar, för att sedan kunna ställa upp scenarion på möjliga förbättringar av transportsätten för jord- och bergmaterial. Ett scenario utöver åtgärder på lastbilar skulle kunna vara att nyttja sjötransporter i större utsträckning då det är möjligt¹.

¹ Maria Johansson, Konsult för Optimass (Ecoloop) Intervjuad av författarna den 8 mars 2016

3. Referensobjekt – Tidigare och pågående anläggningsprojekt med omfattande masshantering

I följande kapitel har tre genomförda och pågående anläggningsprojekt studerats närmre. Fokus har varit att studera projektens masshanteringsmetoder och transportlösningar. Referensobjekten har både en geografisk- och tidsmässig spridning med olika försättningar för att få en bred bild över möjliga masshanteringsalternativ i landet. Projekten som studerats närmre presenteras kort nedan:

- Götatunneln i Göteborg. Götatunneln byggdes mellan 2000 och 2006 (Vägverket region Väst, 1994a) och har en liknande sträckning som Västlänken vid Kvarnberget och Otterhällan (Trafikverket, 2014e). En stor del av förutsättningarna för masshanteringen antas vara lika i projekten samtidigt som tekniken har gjort framsteg sedan Götatunneln byggdes.
- Citytunneln i Malmö. Citytunneln invigas år 2010 och går i likhet med Västlänken under de centrala delarna av staden (Allt i Malmö, 2016). Tillskillnad från Göteborgsregionens gnejs byggdes Citytunneln i kalksten vilket kan ha påverkat potentiella mottagare och omhändertagningsalternativ för massorna i projektet (Sveriges Geologiska Undersökning, 2016).
- E4 förbifart Stockholm är ett av Sveriges genom tiderna största infrastrukturprojekt som påbörjades år 2006 (Trafikverket, 2014a). Med tanke på dess aktualitet, storlek och likhet med Västlänken torde projektet använda moderna och effektiva masshanteringsmetoder.

3.1. Anläggandet av Götatunneln, Göteborg

Götatunneln är en 1,6 kilometer lång vägtunnel i Göteborg som sträcker sig från folkets hus vid Järntorget i väster till Lilla bommen i öster, se figur 1, (Vägverket region Väst, 1994b). Projektet kostade 1,8¹ miljarder kronor och byggnationen pågick från år 2000 till 2006, då tunneln invigdes².

Tunneln består två separata tunnelrör, ett för respektive trafikriktning, med tre filer vardera. Av de totalt 1,6 kilometer tunnel består 1100 meter av bergtunnel och 500 meter av betongtunnel. Projektet omfattade även två planskilda trafikplatser, en vid vardera tunnelmynning (Vägverket region Väst, 1997).

¹ (Vägverket region Väst, 1994a)

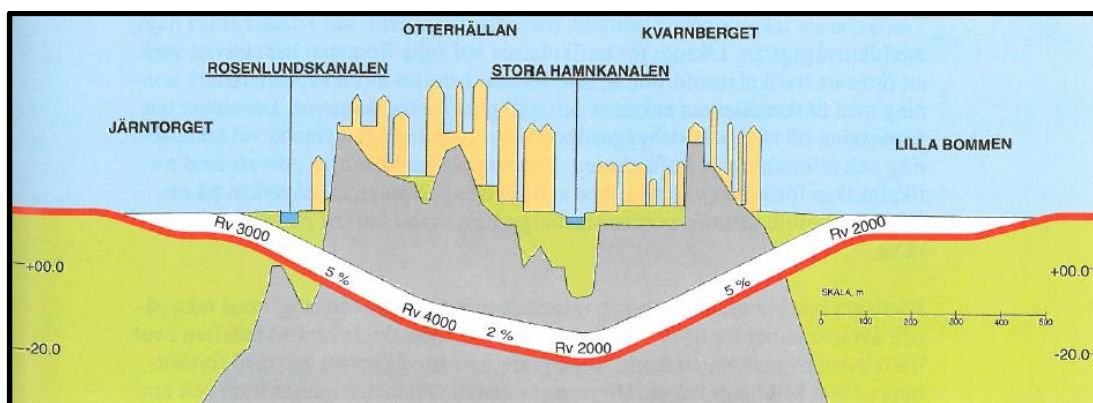
² Peter Svenningsson, dåvarande arbetschef på Vägverket produktion (Veidekke) Intervjuad av författarna den 7 mars 2016



Figur 1. Illustration över Götatunnelns sträckning genom Göteborg (Vägverket region Väst, 1997). Återgiven med tillstånd

3.1.1. Götatunnelns förutsättningar för masshantering

Vid projekteringen av Götatunneln valdes plan och profil för att få längsta möjliga bergtunnel. Tunnelsträckningen går ungefär parallellt med bergsryggarna Kungshöjd, Otterhällan och Kvarnberget (Vägverket region Väst, 1994a). Tunneln har sitt södra bergtunnelpåslag under Rosenlundshuset, passerar under Kungsgaraget och når sin lägsta punkt under Stora Hamnkanalen, se figur 2. Därefter passerar tunneln under Kvarnberget och övergår till betongtunnel i korsningen Sankt Eriksgatan – Torggatan (Trafikverket, 1998).



Figur 2. Typsektion över Götatunnelns sträckning under Göteborg (Vägverket region Väst, 1997). Återgiven med tillstånd

Enligt geologiska mätningar från 1991 förväntades bra bergskvalitet utmed större delen av tunnelsträckningen (Ludvig, 1991). Under Kungsgatan och Stora Hamnkanalen förväntades dock sämre bergskvalitet. Berggrunden ansågs bestå av grå, medel- till grovkornig gnejs och med varierande inslag av sprickzoner.

Berguttaget för bergtunneldelarna beräknades totalt uppgå till cirka 275 000 tm^3 inklusive utrymmen för pumpar, transformationsstationer och arbetstunnlar (Trafikverket, 1998). Bergmaterialet ansågs vara en värdefull naturresurs och föreslogs användas på ställen där bergmaterialets goda egenskaper kunde komma till användning (Trafikverket, 1998).

3.1.2. Götatunnelns masshantering

För att göra bergtunnelns byggnation oberoende av trafikplatserna vid Lilla Bommen och Järntorget planerades drivningen av Götatunneln ske via två arbetstunnlar placerade vid Stora Badhusgatan samt Smedjegatan. För att minska störningarna på omgivningen föreslogs även transporter till och från bergtunneln ske via arbetstunnlar (Vägverket region Väst, 1997).

Enligt Götatunnelns vägutredning från december 1994 planerades sprängningsarbetet samt borttransporten av berg- och jordmassor ske dagtid mellan klockan 07.00-22.00 (Vägverket region Väst, 1994a). Det beräknades krävas 16 fordon per timme för borttransporten av bergmassor och förslag på användningsområden av bergmaterialet var förstärkningsarbeten längs med Göta Älv eller återanvändning i andra anläggningsprojekt.

Efter krossning och eventuell mellanlagring inne i utsprängda delar av Götatunneln föreslogs materialet användas till provisoriska vägar inom projektet i övrigt eller inom andra vägprojekt. (Vägverket region Väst, 1997). Ytterligare ett alternativ var att obearbetat berg såldes och lastades om sydväst om Arendal för att sedan transporteras vidare. Transporten av bergmassor angavs kunna ske med truckar till Skeppsbrokajen för att sedan skeppas på pråm (Vägverket region Väst, 1997).

Vid intervju med Roy Barrensten¹, ansvarig byggleddare för bland annat projekten vid lilla Bommen för Götatunneln, har det framkommit att dåvarande Vägverket ingick ett avtal med Vikans krossanläggning på Hisingen. Avtalet förutsatte att Vikans krossanläggning tog emot bergmassor från Götatunneln och levererade krossmaterial till entreprenörerna i projektet¹.

I samband med intervju med Peter Svenningsson², dåvarande arbetschef på Vägverket produktion, har det framkommit att det som planerades ske med bergmassorna inte följdes. Svenningsson förklarade vidare att det planerades byggas en utsiktsplats vid Vädermotet med hjälp av de lermassor som uppkom från angränsande entreprenader runt bergtunneln. Då lermassorna var blöta behövdes bergkross för att stabilisera leran och dessutom behövdes vägar för att få leran på plats. Ihop med Trafikverket bestämdes det att bergmassorna skulle köras till Vädermotet istället för till Vikans krossanläggning².

Bergmassorna lastades på lastbilar med släp eller semitrailers inne i tunneln med hjälp av en hjullastare². Dessa fordon tog cirka 32 till 36 ton per vända och åkeriet som upphandlats fick själva bestämma vilka vägar de ville köra på till Vädermotet, så länge de följde trafik- och miljöregler².

3.2. Anläggandet av Citytunneln, Malmö

I Malmö invigdes år 2010 Citytunneln som omfattar en 12 kilometer dubbelspårig järnväg från Malmö central, i norr, till Lernacken söder om centrala Malmö se figur 3, (Sweco, 2002). Under centrala Malmö förlades spåret i en cirka 6 kilometer lång tunnel med två underjordiska stationer, en utbyggnad av Malmö central, Malmö Central Nedre, och en ny station vid Triangeln. Byggnationen startade 2005 och pågick i 5 år fram till invigningen 2010 (Allt i Malmö, 2016).

¹ Roy Barrensten, dåvarande ansvarig byggleddare för Götatunneln (Trafikverket), Intervjuad av författarna den 29 februari 2016

² Peter Svenningsson, dåvarande arbetschef på Vägverket produktion (Veidekke) Intervjuad av författarna den 7 mars 2016



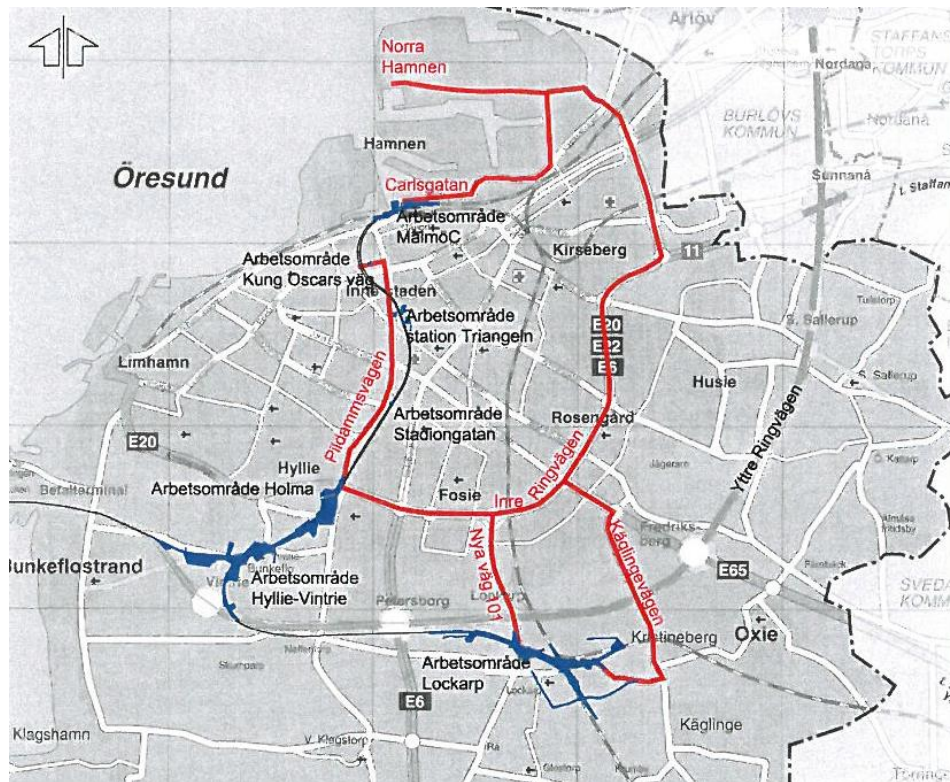
Figur 3. Karta över centrala Malmö med Citytunnelns sträckning (Sweco, 2002). Återgiven med tillstånd

3.2.1. Citytunnelns förutsättningar för masshantering

Berggrunden under Malmö utgörs av ett 60 till 80 meter mäktigt kalkberg med ett 5 till 15 meter mäktigt jordlager ovanpå (Sweco, 2002). Kalkberget är av varierande hårdhetsgrad och tunneln borrades med en så kallad Tunnel Borr Maskin, TBM.

De två järnvägsspåren förlades i två separata tunnelrör förbundna med 13 stycken tvärtunnlar. Av de sex kilometer tunnel borrades fyra kilometer med TBM medan resterande del anlades genom sprängning i öppna schakt som täcktes när betongelementen var på plats (Ramböll, 2016).

Tunneldrivningen startade vid arbetsområdet Holma, sydväst om Malmö central, och fortsatte norrut för anslutning vid Malmö CN, se figur 4, (Sweco, 2002). Vid tunneldrivning användes ibland tillsatser för att mjuka upp berget inför borrningen vilket resulterade i att massorna behövdes läggas på upplag för vidare behandling (Sweco, 2002).



Figur 4. Illustration över arbetsområden och transportvägar för bergmassorna från byggnationen av Citytunneln i Malmö (Sweco, 2002). Återgiven med tillstånd

3.2.2. Citytunnelns masshantering

Vid byggnationen av Citytunneln frigjordes stora mängder kalkberg. Större delen av tunneldrivningens bergmassor schaktades ut vid arbetsområdet Holma. (Sweco, 2002). Bergmassor frigjordes även när bergrummen för Malmö CN och station Triangeln sprängdes ut.

Bergmassorna från Citytunneln transporterades på lastbil till Norra Hamnen i Malmö (Sweco, 2002). Vid Norra Hamnen planerades den norra hamnbassängen att fyllas igen för att öka hamnens kapacitet, se figur 5. Eftersom bergmassorna från tunneldrivningen kunde innehålla vissa tillsatser lades de på upplag i anslutning till bassängen för att sedan fylla ut den inre bassängen. Bergmassorna som var fria från tillsatser kunde direkt fylla ut den yttre hamnbassängen.



Figur 5. Illustration över Norra Hamnområdet dit schaktmassorna transporterades (Sweco, 2002). Återgiven med tillstånd

Malmö CN och sträckan fram till norra mynningen av Citytunneln byggdes som en platsgjuten betongtunnel i ett öppet schakt. Totalt var arbetsområdet cirka 80 000 kvadratmeter och 330 000 tfm³ kalkberg frilades (Sweco, 2002). Schaktmassorna transporteras direkt efter lastning på lastbilar till Norra Hamnen via Carlskatan, se rödmarkerad väg i figur 4 (Sweco, 2002). Bergmassorna från arbetsområdet Malmö CN var fria från tillsatser och föroreningar och kunde således fylla ut den yttre hamnbassängen utan mellanlagring. Transporten av schaktmassor pågick under totalt 2 år.

Vid arbetsområde station Triangeln bedrevs arbetet via två vertikala cirkulära schakt från gatunivå. Det ena vid Sankt Johannes kyrka och det andra vid Pildammsskolan (Sweco, 2002). Det beräknades att totalt 110 000 tfm³ kalkberg behövde tas ut från arbetsområde Triangeln för vidare transport till Norra hamnen. Transporterna beräknades pågå under cirka 1,5 år och planerades köras via Pildammsgatan ut på Ringvägen mot Norra hamnen, se rödmarkerad väg i figur 4 (Sweco, 2002). Bergmassorna var fria från tillsatser och föroreningar och kunde således direkt fylla ut den yttre hamnbassängen.

Arbetsområdet Holma är till ytan 180 000 kvadratmeter stort och var startplats för tunneldrivningen med TBM (Sweco, 2002). Den totala volymen bergmaterial som togs ut beräknades uppgå till 660 000 tfm³ och vartefter tunneldrivningen fortskred transporterades schaktmassorna till tunnelmynningen vid Holma. I direkt anslutning till tunnelmynningen fanns en 10 000 kvadratmeter stor yta för omlastning av bergmassor innan de transporterades vidare till Norra hamnen via den inre Ringvägen, se rödmarkerad väg i figur 4. Eftersom bormassorna kunde innehålla borkemikalier efter tunneldrivningen lades de på en hårdgjord yta i direkt anslutning till hamnbassängen för vidare behandling innan de kunde användas som utfyllnad, då till den inre hamnbassängen, se figur 5, (Sweco, 2002). Transportarbetet till Norra hamnen pågick under totalt 4 år.

3.3. Anläggandet av E4 Förbifart Stockholm, Stockholm

Projektet E4 Förbifart Stockholm omfattar en 25 kilometer lång motorväg runt Stockholm som sträcker sig från Kungens kurva i söder till Häggvik i norr, med syftet att förbinda de södra och norra delarna av Stockholms län, se figur 6 (Trafikverket, 2011e) Motorvägen planeras gå i två, 18 kilometer långa, parallella tunnlar som till större delen går i berg. Byggnationen påbörjades i augusti 2014 och har en förväntad byggtid på cirka 8 till 10 år (Trafikverket, 2011b). Tunnelarbetet påbörjades i januari 2016 och förväntas fortlöpa i 6 år (Trafikverket, 2016a).



Figur 6. Översiktskarta över E4 Förbifart Stockholm med indelning i delsträckor (Trafikverket, 2011c). Återgiven med tillstånd

3.3.1. Förbifart Stockholms förutsättningar för masshantering

Tunneldrivningen sker med hjälp av sprängning och borrhning både under- och ovanjord, vilket kommer att resultera i att cirka 7,9 miljoner tm^3 entreprenadberg behöver transporteras bort (Trafikverket, 2011a). Berget består mestadels av gnejs och granit med en densitet på cirka 2600 kg/m^3 vilket motsvarar ungefär 20,1 miljoner ton bergmassor.

Enligt regeringens tillåtlighetsbeslut bör man sträva efter en ändamålsenlig användning av bergmassorna (Länsstyrelsen i Stockholms Län, 2012). I projektet Förbifart Stockholm kommer cirka 5 - 7 % av bergmassorna att återanvändas för nya vägöverbyggnader, breddning- och omläggning av befintliga vägar och cirkulationsplatser (Trafikverket, 2011a). Bergmassorna kommer även att användas som ballast i betongen till tunneln samt till landskapsmodellering. Resterande del av bergmassorna lagras för senare nyttjande i andra projekt.

Ytterligare ett villkor i regeringens beslut om tillåtlighet avser att undvika tunga transporter på väg 261 förbi världsarvet Drottningholm samt på Lovös lokala vägnät (Länsstyrelsen i Stockholms Län, 2012). Anledningen är att skydda kulturvärden och för att vägnätet på Lovön inte tål belastningen av tung trafik (Trafikverket, 2011g). För att uppnå detta hänvisar villkoret till att använda sjötransport i den utsträckning det är möjligt (Länsstyrelsen i Stockholms Län, 2012). Detta gäller främst bergmassor som kommer från arbetstunneln vid Sofiero på norra

Lövö, se figur 7 (Trafikverket, 2011g). Genom att bygga ett cirka 1000 meter långt transportband från arbetstunneln vid Sofiero till hamnen i norra Lovön kommer antalet lastbilstransporter minskas ytterligare.



Figur 7. Lägen för tillfälliga hamnar för hantering av bergmassor från E4 Förbifart Stockholm. (Trafikverket, 2011g). Återgiven med tillstånd

Även Edeby på södra Lovö där en arbetstunnel för uttag av bergmassor kommer att anläggas, omfattas av regeringens tillåtlighetsbeslut eftersom den ligger i Riksintresset och anses ha kulturhistoriska och upplevelsemässiga värden (Vägverket, 2009). På grund av detta kommer ett transportband att ansluta arbetstunneln med tillfällig hamn i Malmvik eftersom bandtransport ger liten eller måttlig påverkan på kulturlandskapet. Störningar på närliggande bostäder bedöms vara liten från hamnen i Malmviken.

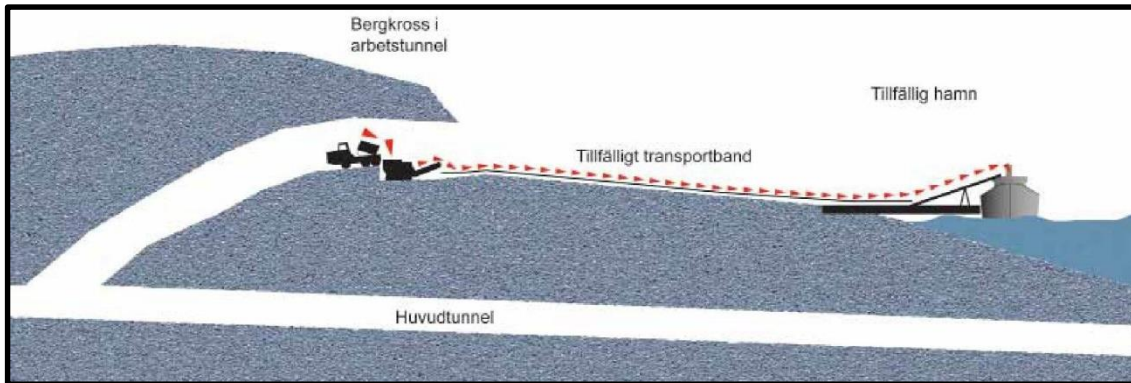
Förutom regeringens tillåtlighetsbeslut beaktades miljö-, arbetsmiljö- och produktionstekniska krav samt förutsättningar i mark- och bergförhållanden vid valet av masshanteringsalternativ (Trafikverket, 2011g). Från arbetstunneln vid Sätra varv passerar vägtransporter ett naturreservat, bostäder, gång- och cykelvägar och en ridskola (Trafikverket 2011b). Detta innebär bland annat störningar och risker för friluftsliv, boende, ryttare och andra trafikanter (Trafikverket 2011a). Vägen korsas även av motionsstigar och bilar med fritidsbåtar, därför bedöms denna miljö som känslig och bör undvikas. Därför planeras det att anläggas en tillfällig hamn i närheten av arbetstunneln vid Sätra och anpassa fordonstransporterna av bergmassor till miljökraven innan etableringen av den nya hamnen är klar.

3.3.2. Förbifart Stockholms masshantering

Hantering av bergmaterialet från projektet kommer att ske genom två olika processer. Den första processen avser en del bergmassor från under jord. Processen börjar med fordonstransport av de sprängda massorna till närmsta krossanläggning, se figur 8 (Trafikverket 2011a). Mobila krossanläggningar kan användas och förläggs i en utsprängd, bullerskyddad del av tunneln eller ovan mark i direkt anslutning till arbetstunnlarna. Från krossanläggningarna

transporteras sedan det krossade berget som tidigare nämnts med täckt bandtransportör direkt till tillfälliga hamnarna för vidaretransport sjövägen till östra Mälaren, se figur 8.

Processen ovan gäller för hälften av den totala mängden bergmassor och hanteras via de tre tillfälliga hamnarna, Malmviken, Norra Lovö och Sättra varv, se figur 7 (Trafikverket 2011a). Bergmaterialet från resterande fem bergschakt transporteras uteslutande bort med lastbil. Denna process kräver inte krossning av bergmaterialet utan massorna skickas direkt till mottagare.



Figur 8. Principskiss över masshanteringen vid tillfällig hamn. Bergmassan från arbetstunneln töms för krossning innan den transporteras vidare via transportband (Trafikverket, 2011e). Återgiven med tillstånd

Fordonens lastkapacitet inom projektet varierar från 25 till 35 ton och valet av transportfartyg är beroende av tillgängligheten av fartyg samt mottagningshamnens och segelledens förhållande och villkor (Trafikverket 2011a). Valet av sjötransportmedel kommer att ske vid upphandling och de tänkbara båttransporter som diskuterats av Trafikverket är fartyg med en lastkapacitet mellan 1300 och 2000 ton (Trafikverket 2011a). I detta projekt har man även diskuterat andra transportstyper sjövägen som pråmar. De typer som används för transport av sten material är bland annat Split Barge, en maskindriven pråm utan behov av bogsering.

Behovet av mellanlagring av krossat berg innan vidare transport har studerats av Trafikverket (Trafikverket 2011a). Mellanlagring kommer att minska antalet onödiga stopp för lastbilarna i väntan mellan två fartygstransporter. Även återvinningen inom projektet av bergmassor kräver mellanlagring. I detta fall behövs det krossning i ett andra steg för att få önskad kornstorlek på stenen innan återvinningen. Krossningen i ett andra steg kan ske med mobila krossmaskiner som förflyttas mellan arbetsplatserna.

I Förbifart Stockholm studerades energianvändning och koldioxidutsläpp i projektet (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2009). I miljödata presenterades dessa två områden översiktligt med upplysning om osäkerheterna som uppkommer i beräkningarna. Studien begränsades till de aktiviteter och de emissioner som sker direkt på byggplatsen eller i anslutning till byggplatsen.

I Förbifart Stockholm utgör elanvändning en stor andel av den totala energianvändningen (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2009). Bland annat kommer transportbandet inom projektet att drivas med el och för att beräkna dess miljöbelastning i form av koldioxid krävdes kunskap om hur elenergin produceras. Olika produktionsmetoder släpper ut olika mycket koldioxid och i det här fallet utgick man från ett genomsnittsvärde för de olika produktionsmetoderna. Värdet på koldioxidemissionen beräknades till 18 gram CO₂ per kWh producerad el för år 2007 som är baserad på en livscykelanalys utförd av Vattenfall Sverige. Då Sveriges el till större delen produceras av vatten- och kärnkraft är utsläppen av koldioxid relativt låga.

4. Undersökta transportmedel för bergmassor

I följande kapitel ges en allmän beskrivning av lastbilstransport, sjötransport och bandtransport av bergmassor. Beskrivningen görs med avseende på transportmetodernas miljöpåverkan, kostnad, kapacitet, effektivitet och övriga tekniska aspekter.

4.1. Fordonstransport av bergmaterial

Fordonstransport av krossat berg sker i dagsläget mestadels med lastbil med släp och lastbil med trailer (Dennhed & Willig, 2015). Lastbil med släp har något större lastkapacitet jämfört med lastbil med trailer. Däremot så tar det lite längre tid för lastbil med släp att lasta av bergmaterialet beroende på utformningen på avlastnings plats.

En begränsning med lastbilstransport är bland annat vägens bärighetsklass som avgör den maximala vikten av krossat berg som får lastas på varje fordon (Pewe, 1993). För en lastbil med släp blir den maximala lasten 17 + 17 ton¹. Frånsett vägens begränsningar på lastbilstransport såsom bärighet, framkomlighet och så vidare ligger konkurrensfördelen med lastbilstransport i snabbhet och flexibilitet (Pewe, 1993). Med flexibilitet avses dörr till dörr transport från avsändare till mottagare. Ytterligare en fördel med lastbilstransport är att terminalkostnaderna är förhållandevis låga. Priset för en transporttimme med lastbil är cirka 1100 kr¹. Lastbilar drivs oftast med dieselmotorer som ger utsläpp, vilket påverkar miljön då främst genom koldioxidutsläpp men även andra gaser såsom kväve- och svaveloxider (Saxton, 2015).

4.2. Sjötransport av bergmaterial

För sjötransport av bergmaterial kan bulkfartyg och pråmar användas. Sjötransport är effektivt då det går att transportera stora mängder material per tur. En nackdel med sjötransport är dess väderberoende vilket dels innebär en säkerhetsrisk samt påverkar driftsäkerheten (Transportsyrelsen, 2014).

Ett bulkfartyg är speciellt utformat för att kunna transportera oförpackade laster, i torr eller fast form, såsom kol, sten, säd och malm (Taya, 2014). Det finns många olika typer av bulkfartyg beroende på vilken last och hur lastningen respektive lossning av lasten går till. I huvudsak finns två varianter, en som kan lossa sin egen last och en annan som är beroende av hamnanläggningar för lossning av lasten.

Transport på pråm är ytterligare ett möjligt sjötransportfordon för transport av bergmaterial. En pråm är en flatbottnad båt utan överbyggnad och som antingen är självgående eller beroende av bogserbåtar för förflyttning, se figur 9 (Taya, 2014). Pråmar som kräver bogserbåt varierar i storlek, från cirka 10 till 1000 meter i längd. De används främst för transport av gods såsom kol, stål, spannmål, grus och sten.

¹ Stefan Olsson, platschef (NCC) Intervjuad av författarna 19 april 2016



Figur 9. Exempel på pråm som kräver bogserbåt (Sandinge, 2016). Återgiven med tillstånd.

Sjöfartens utsläpp av koldioxid är låga jämfört med andra transportmedel, sett till mängden transporterat gods (Transportstyrelsen, 2016). Ett fartygs bränsleförbrukning påverkas av dess storlek, fartygstyp och hastighet. En minskning med bara några knop kan i vissa fall halvera bränsleförbrukningen och därmed också emissionerna i form av koldioxid, svavel, kväve och partiklar.

4.3. Bandtransport av bergmaterial

Transportband har använts i flera årtionden och är ett pålitligt sätt att transportera bland annat bergmaterial, se figur 10 och 11 (Institute of transportation engineers, 1982). Detta eftersom det transporterade materialet kan övervakas med hjälp av en kontrollenhet. Med kontrollenheten ser man bland annat till att inga oönskade föremål hamnar på bandet eller observera tekniska fel på transportbandet. En fördel med ett transportband är att det krävs förhållandevis lite personal för att hålla transportbandet i drift. Ytterligare en fördel med transportband är att det drivs med el och att man undviker tomtransport, vilket minskar driftkostnaderna.



Figur 10. Ett exempel på ett öppet transportband för krossmaterial som löper genom en skog i Mottisfont i Storbritannien (Pavey, 2007). CC-BY-SA-3.0



Figur 11. Exempel på bandtransportör på pelare. Foto av Kjell Windelhed. (Trafikverket, 2011d). Återgiven med tillstånd

Transportband har en lång livstid relativt andra transportmedel och underhållskostnader är låga (Institute of transportation engineers , 1982). Transportband består av mindre delar som är lättåtkomliga vilket gör att reparationer kan utföras snabbt. Lagring av reservdelar blir dessutom billigt eftersom det krävs mindre utrymme för små delar.

Anläggningskostnaden för transportband är oftast höga relativt andra transportmetoder (Svenska teknologförening, 1951). Däremot så krävs det avsevärt lägre driftkostnader vilket tillsammans med anläggningskostnaden sänker priset för transporten per tonkilometer (Hansson, 1951).

För ett transportband som transporterar krossat berg i 0-400 mm kornfraktion behövs det cirka 1400 mm brett band¹. Ett sådant transportband kan transportera 600 ton krossat berg per timme vid en hastighet på 1,6 meter/sekund. Elförbrukningen för ovan beskrivet band är 60 kWh¹. Eftersom detta transportmedel drivs av el så har den i stort sätt ingen direkt miljöpåverkan i form av utsläpp (Institute of transportation engineers , 1982). Transportbandet kan skyddas mot väder och för att inte släppa igenom damm och grus till omgivningen.

Transportbandet har en hög flexibilitet när det gäller på- och avlastning av materialen. Det kan lastas på och av material från ett eller flera platser vilket möjliggör ett kontinuerligt flöde (Institute of transportation engineers , 1982). I samband med transporten kan materialet vägas och separeras från oönskade material.

5. Projektet Västlänken – En tågtunnel under Göteborg

I följande kapitel presenteras förutsättningarna för Västlänken. Kapitlet inleds med en beskrivning av projektet samt hur trafikverket arbetar med masshanteringen. Efter följer ett kapitel om Västlänkens bergkvalité samt presentationer av förutsättningarna för de fyra bergschakt som ligger inom Västlänkens norra delentreprenader; Centralstationen, Kvarnberget och Haga. Kapitlet behandlar förutsättningarna för dessa med avseende på geografiskt läge,

¹ Ove Mörk (Kellve Group AB) Intervjuad av författarna 2 maj 2016

omgivande miljö, arbetsmetod för utschaktningen av bergmaterial samt mängden berg som behöver tas ut.

5.1. Upphandling och masshantering för Västlänken

Västlänken är en åtta kilometer lång järnväg som till större delen går i en tunnel under centrala Göteborg (Trafikverket, 2014a). Projektet inkluderar även tre nya underjordiska stationer vid Göteborgs Central, Haga och Korsvägen vilket gör att resenärer kan nå fler platser utan att byta färdmedel.

Förstudien för Västlänken påbörjades 2001 och därefter har järnvägsutredning, finansiering samt projektering pågått (Trafikverket, 2016b) I april 2016 fastställdes järnvägsplanen för Västlänken och byggnationen är planerad att starta i årsskiftet 2017/2018 (Trafikverket, 2016c).

Vid intervju med Johan Bengtsson¹, massamordnare för Västlänken, har det framkommit att försäljningen av Västlänkens entreprenadberg påbörjades i november 2015 och planeras att vara klar i juni 2016. Vidare förklarade han att försäljningen ligger under sekretess och att Trafikverket inte säljer berget till högsta bud utan tar hänsyn till den samhällsekonomiska nytta entreprenadberget ger hos respektive anbudslämnare. Johan Bengtsson har även uppgett att berget säljs i fraktionen 0-400 och att Trafikverket fört en dialog med Göteborgs Hamn om att leverera massor till dem för utbyggnad av hamnen.

Västlänken är ett stort projekt vilket medfört att Trafikverket delat in projektet i fem delentreprenader, Olskroken, Centralen, Kvarnberget, Haga och Korsvägen (Trafikverket, 2016d). Berguttag kommer ske vid alla delentreprenader utom Olskroken och enligt Johan Bengtsson är det upp till varje delentreprenör att välja metod för uttag och transport av bergmassorna.

5.2. Bergkvalitén längs Västlänken samt användningsområden

För att undersöka bergkvalitén längs Västlänkens sträckning har sju borrhävar från olika platser tagits och analyserats (Andersson, 2014). En petrografisk analys av borrhävarna, där bergets mineralogiska och mikrostrukturella parametrar studeras, har genomförts i syfte att undersöka bergmaterialets kvalitet och tekniska egenskaper (Hellman, Åkesson, & Eliasson, 2011).

Enligt analysen av borrhävarna utmed Västlänkens sträckning, består berget till större delen av tonalitisk- och granitisk gnejs (Eliasson & Lundqvist, 2013). De nytagna proverna visar, i likhet med provresultat från tidigare stora anläggningsprojekt i Göteborg, att bergskvalitén är god och inte skiljer sig nämnvärt längsmed Västlänkens sträckning (Andersson, 2014).

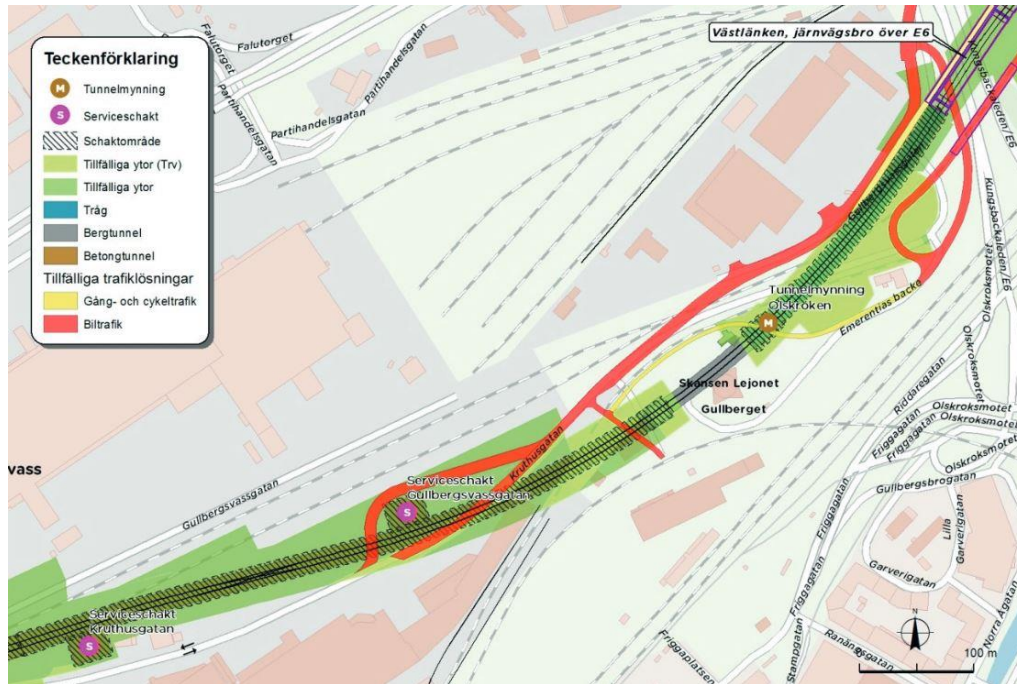
Det är viktigt att berget uppnår vissa hållfasthetskrav vid anläggandet av en bergtunnel och lämpligen även att entreprenadberget klarar de krav som är ställt på till exempel ballast. Enligt de geotekniska undersökningarna lämpar sig entreprenadberget till förstärkningslager vid järnvägs- och vägbyggnation samt även till utfyllnad vid anläggningsarbeten (Trafikverket, 2014c). Enligt Olle Olofsson, bergteknisk specialist för Västlänken, klarar även

¹ Johan Bengtsson, Massamordnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016

entreprenadberget de krav som ställs på ballasten i bärlager¹. Dock uppfylls inte kraven för användning som ballast i de översta slitlagren i vägkonstruktionen

5.3. Förutsättningar för delentreprenad Centralstationen, bergschakt Gullberget

Från norr startar Västlänken med en ny dubbelspårsbro över E6, se figur 13. Efter bron går järnvägen ner i ett betongtråg mot Gullberg och fortsätter med en cirka 120 meter lång bergtunnel under Gullberget med ingång på nordöstra sidan (Trafikverket, 2014b). Tunneln kommer att passera cirka 15 meter under Skansen Lejonet och kommer efter passagen av Gullberget fortsätta som betongtunnel i lera mot Station Centralen.



Figur 12. Planritning över Västlänkens sträckning vid Gullberget (Trafikverket, 2016f). Återgiven med tillstånd

5.3.1. Volym och schaktningsmetod, bergschakt Gullberget

Tunneldrivningen är planerad ske med borrhning och sprängning och byggnationen beräknas ta cirka ett år (Trafikverket, 2014e). Bergmassorna tas ut från nordöstra tunnelmyningen och totalt beräknas 25 000 tfm³ bergmaterial att tas ut (Trafikverket, 2014f).

5.3.2. Omgivande miljö, bergschakt Gullberget

Gullberget med Skansen Lejonet som förr en militärstrategisk plats är idag ett av Göteborgs mest välbevarade byggnadsminnen från Göteborgs äldsta historia (Ramböll Sverige, 2013). Gullberget ligger i anslutning till Gullbergsvass, se figur 13, som idag domineras av godshantering, järnvägar och trafikleder. I detta område ligger Kombiterminalen som är en potentiell plats för mellanlagring av bergmassor från Västlänken², läs mer om Kombiterminalen i avsnitt 6.5.

Väster om Kombiterminalen går Mårten Krakowgatan som nås via Gullbergsvassgatan. Gullbergsvassgatan har begränsad bärighet och är klassad som BK2 väg (Trafikverket, 2016e). Det innebär att det behövs ansökas om tillstånd från Trafikverket och Göteborg stad, eller köra med begränsad last på vägen (Trafikverket, 2015). Mårten Krakowgatan tillhör E45 och är klassad som en BK1 väg vilket tillåter tunga transporter (Trafikverket, 2016e). Norrut, längs

¹ Olle Olofsson, Bergteknisk specialist på Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 april 2016

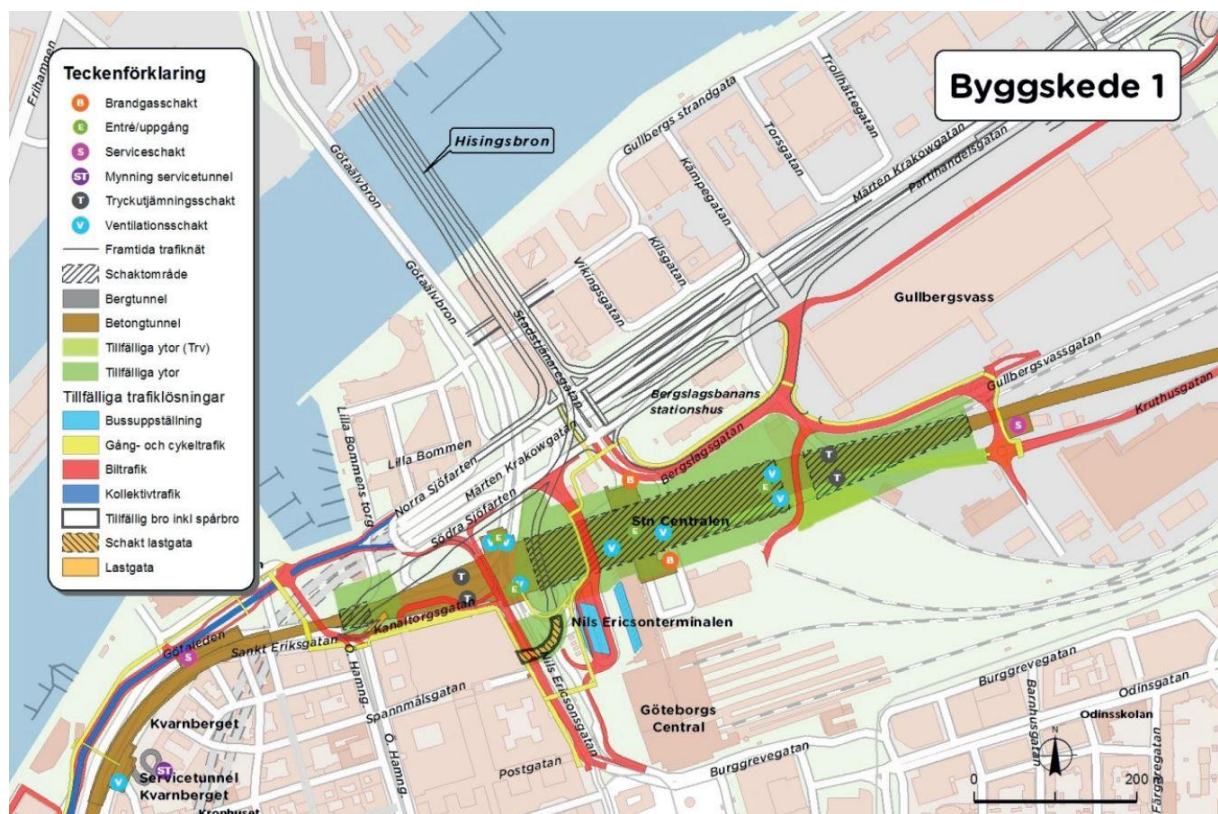
² Johan Bengtsson, Massamordnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016.

Mårten Krakowgatan, förbi Gullbergsmotet ligger E6 som tillåter tunga transporter och är BK1 klassad (Trafikverket, 2016e).

Nordväst om Gullberget, förbi Kombiterminalen, går Göta Älv. Vid Göta Älv ligger Gullbergskajen som är en potentiell kaj för sjötransport av bergmassor från Gullberget. Avståndet till Göta älv och Gullbergskajen är cirka 650 till 700 meter fågelvägen (Lantmäteriet (Kartograf), 2016).

5.4. Förutsättningar för delentreprenad Kvarnberget, bergschakt Kvarnberget

När tunneln passerat Gullberget fortsätter Västlänken i en betongtunnel till station Centralen och vidare i betongtunnel mot Kvarnberget (Trafikverket, 2014g), se figur 14. Strax väster om station Centralen, nära Sankt Eriksgatan, passerar Västlänken Götatunneln, vilket kräver ombyggnadsarbeten och förstärkningsåtgärder i Götatunneln¹. Efter passagen av Götatunneln svänger Västlänken söderut mot Packhusgatan och fortsätter under Stora Hamnkanalen, se figur 15.



Figur 13. Planritning över Västlänkens sträckning vid Station Centralen (Trafikverket, 2016f) Återgiven med tillstånd

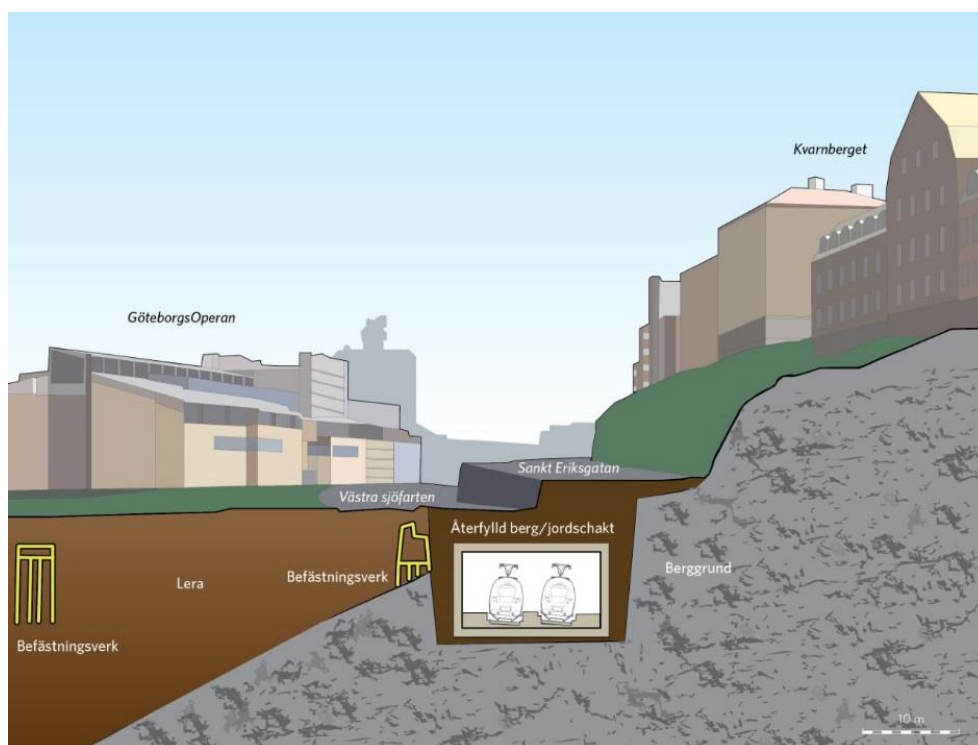
¹ Mikael Larsson, Delprojektledare Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 2 maj 2016



Figur 14. Planritning över Västlänkens sträckning vid Kvarnberget och Otterhällan (Trafikverket, 2016f) Återgiven med tillstånd

På en cirka 100 meter lång sträcka längs Sankt Eriksgatan och Packhusgatan är Kvarnbergets bergtäckning liten¹. Järnvägen planeras därför att förläggas i ett betongtråg i ett öppet bergschakt, se figur 16, för att sedan åter täckas med fyllnadsmaterial.

¹ Mikael Larsson, Delpjektledare Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 2 maj 2016



Figur 15. Sektion vid Sankt Eriksgatan, Västlänken. Bilden visar betongtråget som förläggs i ett öppet bergschakt som sedan täcks med fyllnadsmaterial. (Trafikverket, 2014b) Återgiven med tillstånd

5.4.1. Volym och schaktningsmetod, bergschakt Kvarnberget

Enligt Johan Bengtsson, massamordnare för Västlänken, är valet av arbetsmetod och transportsätt för att schakta och transportera bort bergmassor från det öppna bergschaktet upp till entreprenören själv¹. Trafikverkets uppskattning är att det kommer att tas ut 160 000 tfm³ bergmassor mellan station Centralen och station Haga (Trafikverket, 2014c).

Enligt Mikael Larsson, projektledare för delentreprenad Centralen, tillkommer även bergmassor från förstärkningsarbetet av Götatunneln¹. Volymen berg från det öppna bergschaktet vid Kvarnberget inklusive mängden från Götatunnelns förstärkningsarbeten uppgår till mellan 60 000 och 80 000¹ tfm³.

5.4.2. Omgivande miljö, bergschakt Kvarnberget

Bergschaktet vid Kvarnberget ligger i de centrala delarna av Göteborg. På Kvarnberget finns både bostäder och kontor. Kvarnberget ligger inom ett område som är av riksintresse för kulturmiljövård och ska skyddas från påtaglig skada (Ramböll Sverige, 2013). Två särskilt värdefulla delar runt bergschaktet är lämningar från 1600-talsstadens befästningsverk runt staden och Stora Hamnkanalen med omgivning.

I nära anslutning till det öppna schaktet vid Kvarnberget går Västra Sjöfarten som är BK1 väg, vilket tillåter tunga transporter, se figur 15 (Trafikverket, 2016e). Söder ut på Västra sjöfarten passeras Stora hamnkanalen via Residensbron och övergår till Stora Badhusgatan som även denna är klassad som BK1 väg (Trafikverket, 2016e).

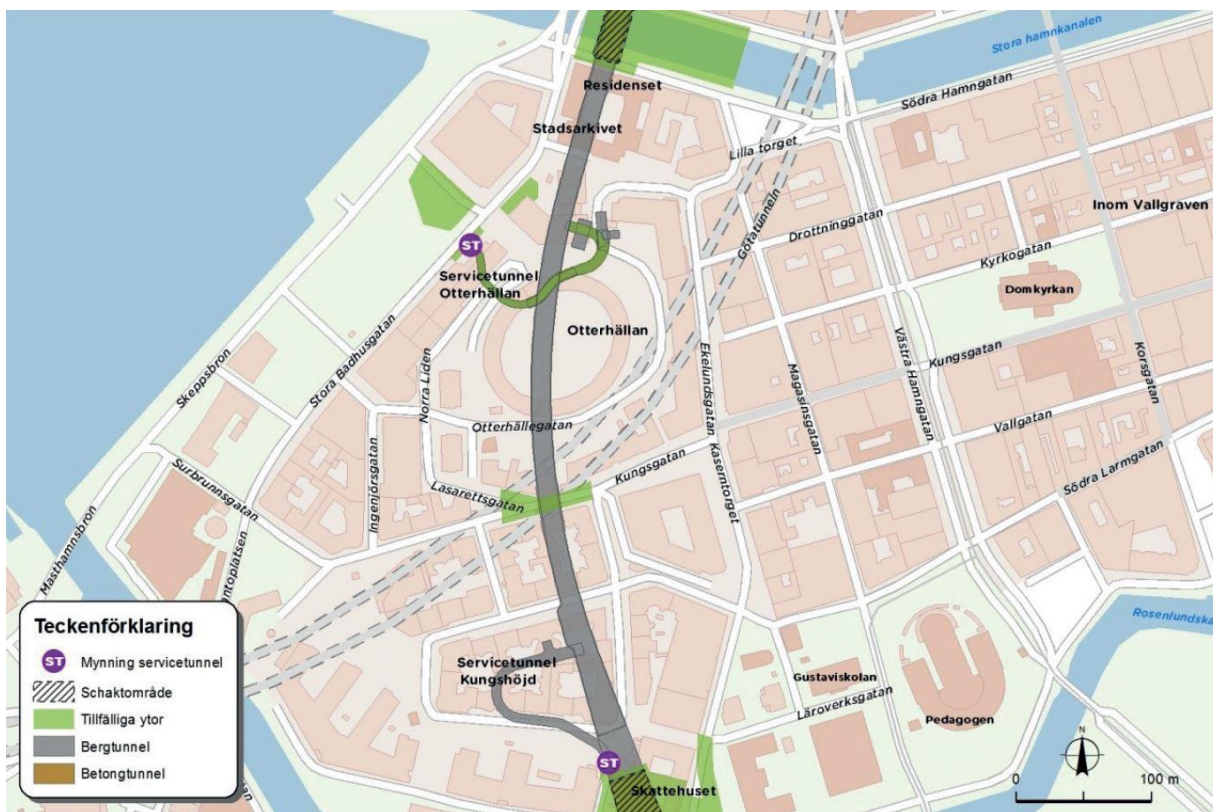
Söder om schaktet längs Sankt Eriksgatan och Packhusgatan ligger Stora Hamnkanalen som strax därefter mynnar ut i Göta Älv (Lantmäteriet (Kartograf), 2016). Intill Stora Hamnkanalens mynning ligger Stenpiren som är ett nybyggt resecentrum med buss, spår- och båttrafik

¹ Johan Bengtsson, Massamordnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016.

(Västrafik, 2016). Väster om Stenpiren ligger Skeppsbrokajen som är en potentiell kaj för sjötransport av bergmassor från omgivande arbetsområdets bergmassor. Skeppsbrokajen ägs av Göteborgs kommun och har ett djup på cirka 3 meter (Göteborgs Stad, 2015).

5.5. Förutsättningar för delentprenad Kvarnberget, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd

Efter Kvarnberget fortsätter Västlänken i en betongtunnel och passerar under Stora Hamnkanalen, se figur 17 (Trafikverket, 2014b). Efter passagen under Stora Hamnkanalen når tunneln Södra Hamngatan och övergår till bergtunnel som fortsätter vidare under Residenset och Stadsarkivet. Bergtunneln fortsätter genom den västra delen av Otterhällan, passerar under Kungsgaraget och fortsätter fram till Skattehuset där bergtunneln övergår till en betongtunnel.



Figur 16. Planritning över Västlänkens sträckning vid Otterhällan och Kungshöjd. (Trafikverket, 2016f). Återgiven med tillstånd

5.5.1. Volymer och schaktningsmetod, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd

Större delen av Otterhällan och Kungshöjds bergtunnel kommer att drivas från en befintlig arbetstunnel som startar vid Stora Badhusgatan (Trafikverket, 2014e). En mindre mängd berg, som inte tas i beaktning i denna rapport, tas ut vid ett öppet schakt vid Stora Hamnkanalen. Tunneldrivningen är komplex då det finns ett flertal befintliga berganläggningar och tunnlar under Otterhällan som ska bevaras. På grund av detta kommer tunnel byggas i mindre etapper på flera sträckor samtidigt. Arbetet planeras att pågå i cirka fyra år.

Bergmassor från den större delen av bergtunneln under Otterhällan och Kungshöjd kommer att tas ut via arbetstunneln som mynnar ut på Stora Badhusgatan (Trafikverket, 2014e). Det finns ingen uppskattad volym för de bergmassor som kommer att tas ut via denna arbetstunnel men den totala mängden bergmassor för sträckan mellan station Centralen och station Haga har beräknats uppgå till 160 000 tfm³ exklusive massor som tas ut vid förstärkningsarbetet i

Götatunneln (Trafikverket, 2014c). Totalt beräknas 240 000- 260 000 t_{fm}³ bergmaterial att tas ut ur schaktet.

5.5.2. Omgivande miljö, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd

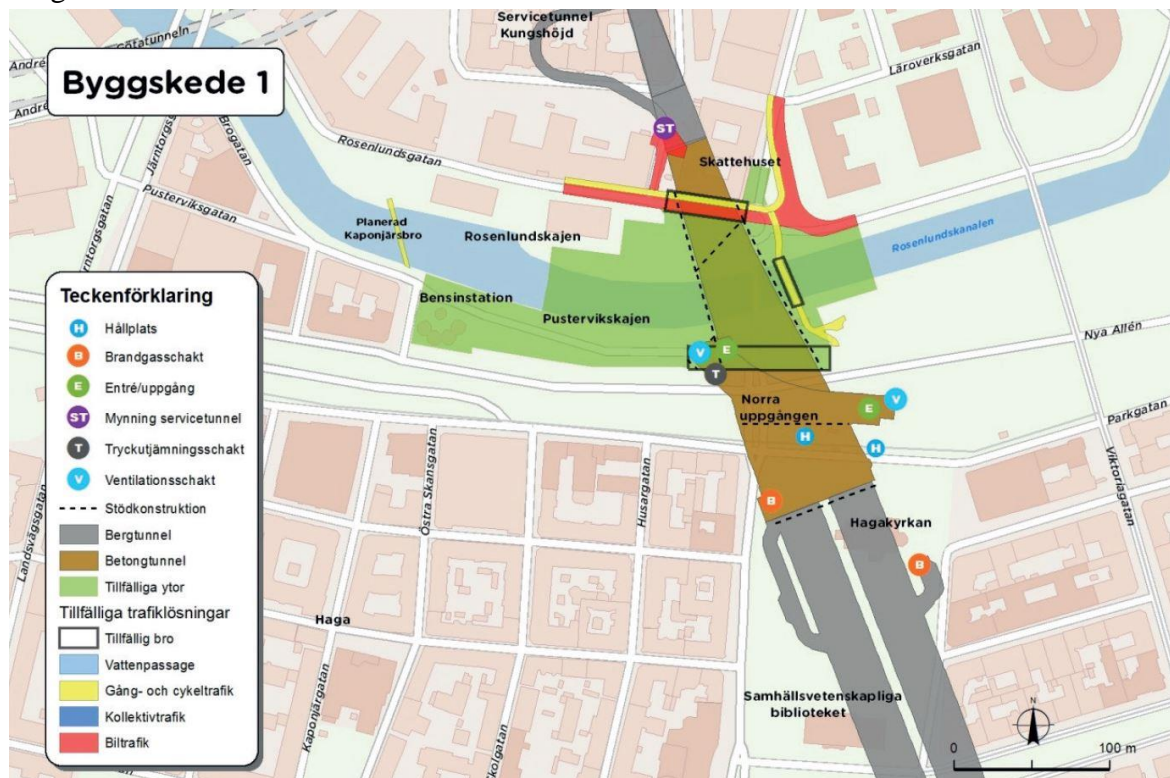
Otterhällan och Kungshöjd ligger i de centrala delarna av Göteborg och ligger inom ett område av riksintresse för kulturmiljövård (Ramböll Sverige, 2013). Ovan mark finns bebyggelse från flera tidsepoker som idag används för bostäder och olika typer av verksamheter. Områden som är av riksintresse för kulturmiljö och naturmiljö skyddas från påtaglig skada.

Rakt väster ut från Stora Badhusgatans tunnelmynning, över Stora Badhusgatans, finns en parkering som är möjlig att använda för mellanlagring av bergmassor, se figur 17 (Trafikverket, 2014b) Stora Badhusgatan är klassad som en BK1 väg vilket tillåter tunga transporter (Trafikverket, 2016e).

Ett par meter nordväst om parkeringen ligger Skeppsbrokajen som är en potentiell kaj för sjötransport av bergmassor från omgivande arbetsområdens bergmassor. Skeppsbrokajen ägs av Göteborgs kommun har ett djup på cirka 3 meter (Göteborgs Stad, 2015).

5.6. Förutsättningar för delentreprenad Haga, bergschakt Haga

Söder om Kungshöjd övergår Västlänken till en betongtunnel och passerar under Rosenlundskanalen och fortsätter mot Station Haga, se figur 18, (Trafikverket, 2014b). Station Haga planeras att ligga strax söder om Rosenlundskanalen och fortsätter in under Hagakyrkan. Stationen kommer till hälften förläggas i jord, i betongtunnlar, och till andra hälften i bergtunnlar.

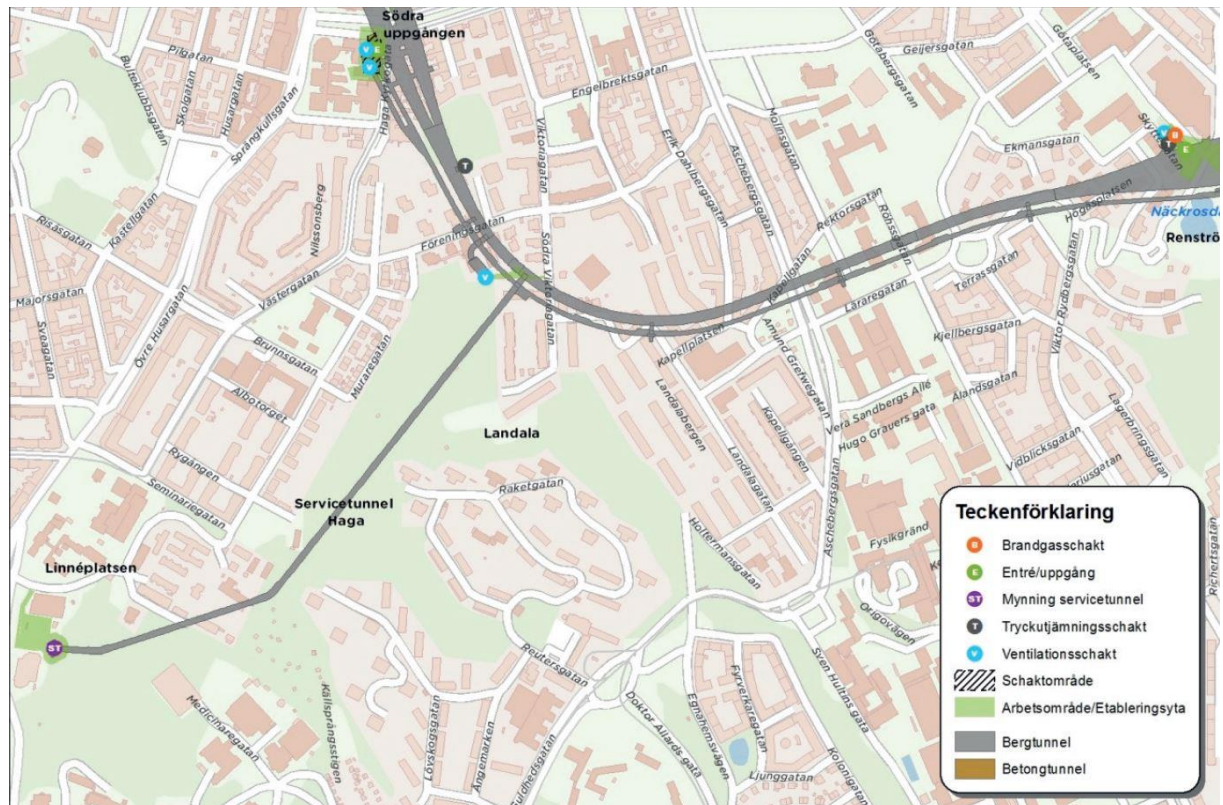


Figur 17. Planritning över Västlänkens sträckning vid Station. (Trafikverket, 2016f). Återgiven med tillstånd

Efter Station Haga fortsätter Västlänken i en cirka 1000 meter lång bergtunnel mot Station Korsvägen, se figur 19, (Trafikverket, 2014g). En servicetunnel löper parallellt med hela sträckan från Station Haga fram till Station Korsvägen. Servicetunneln förbinds med tvärtunnlar till spårtunneln och de båda bergtunnlarna beräknas ta cirka ett år att bygga.

5.6.1. Volymer och schaktningsmetod, bergschakt Haga

För denna delentreprenad studeras endast bergmassor som transporteras ut ur arbetstunnel Haga, som mynnar ut söder om psykologiska institutionen vid Linnéplatsen, se figur 19, (Trafikverket, 2014g). Servicetunnel Haga beräknas ta 2 år att bygga och totalt beräknas 445 000 tfm³ bergmassor tas ut via denna tunnel.



Figur 18. Planritning över Västlänkens sträckning söderut mot Korsvägen. (Trafikverket, 2016f). Återgiven med tillstånd

5.6.2. Omgivande miljö, bergschakt Haga och Haga Station

Norr om Linnéplatsen ligger Annedal och Olivedal som ligger inom ett område som är av riksintresse för kulturmiljövård och ska skyddas från påtaglig skada (Ramböll Sverige, 2013). I nära anslutning till arbetstunnel Hagas tunnelymning finns en parkeringsyta som kan tas i anspråk för eventuell mellanlagring av bergmassor (Trafikverket, 2014g).

Linnéplatsen är en vältrafikerad trafikplats med både fordon- och spårvagnstrafik och är klassad som en BK1 väg (Trafikverket, 2016e). Söder ut från Linnéplatsen går Dag Hammarsköldleden som är klassad som en BK1 väg. Via Dag Hammarsköldleden nås andra stora trafikleder i Göteborg.

Stigbergskajen, bakom Amerikaskjulet vid Göta Älv, är en potentiellt tillfällig hamn för bergmassorna som tas ut via arbetstunnel Haga¹. Stigbergskajen är cirka 500 meter lång och har ett djup på 7 till 9 meter (Göteborgs Stad, 2015)

¹ Johan Bengtsson, Massamördnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016.

6. Potentiella mottagare av entreprenadberg från Västlänken

I följande kapitel presenteras potentiella mottagare för Västlänkens entreprenadberg. Då Trafikverket arbetar med försäljningen av entreprenadberget fram till juni 2016 och då arbetet ligger under sekretess studerats endast teoretiskt möjliga mottagare¹. Mottagarna har valts utifrån information från intervjuer, geografiskt läge och mottagningskapacitet med ett tidsperspektiv som syftar på mottagarens möjlighet att ta emot entreprenadberget i samband med tunnelldrivningen för Västlänken. Kapitlet behandlar därför endast potentiella mottagare.

6.1. Risholmen, Göteborgs Hamn

Göteborgs hamn är Skandinavien största hamn och hanterar i dagsläget omkring 30 % av Sveriges importer och exporter (Göteborgs Hamn, 2016a). För att klara av framtida godsvolymer finns det planer på att bygga ut Göteborgs Hamn med två nya hamnterminalområden, Risholmen och Arendal. Totalt beräknas 60 (Göteborgs Hamn, 2016b) respektive 22 hektar havsområde fyllas ut och asfalteras för att ge plats åt de nya hamnterminalerna (Göteborgs Hamn, 2016c).

Vid planeringen av nya terminalområdet vid Risholmen strävar Göteborgs Hamn efter att utbyggnaden ska ge så liten miljöpåverkan som möjligt (Göteborgs Hamn, 2015). Därför strävar de efter att återanvända överskottsmassor från infrastrukturprojekt som pågår i Göteborg under de åren som utfyllnaden är planerad att genomföras. Göteborgs Hamn uppger att detta bidrar till att hushålla med jordens resurser och en samhällsekonomisk vinst (Göteborgs Hamn, 2015).

Utbyggnaden vid Risholmen är planerad att starta år 2018 vilket möjliggör för att återanvända entreprenadberg från Västlänken till utfyllnaden av det nya hamnområdet (Göteborgs Hamn, 2015). Enligt Göteborgs hamn behövs det totalt 500 000 tlm³ bergmassor i fraktionen 0-400 mm från Västlänken².

Risholmen angränsar till ett Natura 2000-område med ett antal rödlistade fågelarter vilket medför att Göteborgs Hamn föredrar transporter via sjövägen på pråm². De uppger att transport på pråm måste vara huvudalternativ för den större delen av transportererna men att en viss del av transportererna kan ske med lastbil².

6.2. Jehanders krossanläggning

Jehanders krossanläggning ingår i en större koncern och ligger på Sagsjövägen i Källered, söder om Göteborg (Jehander, 2016). Anläggningen omfattar en bergtäkt- samt krossverksamhet och tillhandahåller bland annat olika grus-, bergkross- och jordprodukter.

Varje år produceras mellan 800 000 och 1 000 000 ton bergmaterial i verksamheten. (Nilsson S. , 2015). Det kan med förenkling översättas till mottagningskapacitet vilket då motsvarar en mottagningskapacitet på 2190-2740 ton per dag¹.

Sand och Grus AB Jehander arbetar aktivt för att minska sin egen miljöpåverkan, bland annat för att anläggningarna ska vara centralt belägna för minskad transportsträcka och även för alternativa transportlösningar såsom sjö- och tågtransport (Jehander, 2016).

¹ Johan Bengtsson, Massamördnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016.

² Fredrik Ternström, Senior Manager (Göteborgs Hamn) Intervjuad av författarna den 22 april 2016.

6.3. Tagenes krossanläggning

På Tagenevägen, vid Bäckebo, ligger Tagenes krossanläggning som är ett dotterbolag till NCC (Ballast, 2016a). Varje år produceras cirka 500 000 ton bergprodukter på Tagenes krossanläggning och de saluför bland annat vägbyggnadsmaterial, olika makadamfraktioner och naturmaterial såsom kullersten och sand. Verksamheten omfattar lossställning, krossning och sortering av berg samt även mottagning av jord och schaktmassor med ringa föroreningsgrad (Ballast, 2016a).

På Tagenes krossanläggning är miljöarbetet högt prioriterat, dels för att minska sina miljöavtryck och dels för att anläggningen ligger inom skyddsområdet för Göteborgs råvattentäkt (Ballast, 2016a). Krossning och sortering av makadamfraktioner sker i en stationär anläggning medan krossning och sortering av entreprenadberg sker med mobila krossanläggningar.

Som en möjlig mottagare av bergmassor från västlänken uppskattar (Löfgren, 2016) att maxkapaciteten kan uppgå till maximalt 3000-4000 ton per dygn. Vidare uppger Löfgren att mottagningskapaciteten i grunden är en personalfråga som kan justeras vid behov.

6.4. Vikans krossanläggning

På Vikans industriväg i Göteborgs hamnområde ligger Vikans kross och asfalt AB, ett dotterbolag till Skanska (Skanska Sverige, 2008). Området förvärvades av Skanska under hösten 2014 och har en total yta på 170 000 kvadratmeter (Bergström, 2014). Verksamheten omfattar utvinning av sand, grus och berg samt utvinning av lera och kaolin (Solidinfo, 2016).

Årligen utvinns cirka 1 300 000 ton bergmaterial i verksamheten (Dennhed & Willig, 2015). Maxbegränsningen för uttag av bergmaterial är satt till 20 000 000 ton. Enligt Joakim Käpynen¹, produktionschef på Vikans krossanläggning, är mottagningskapaciteten för entreprenadberg från Västlänken cirka 5000-7000 ton per dygn.

6.5. Kombiterminalen, Gullbergsvass

Kombiterminalen ligger strategiskt och centralt placerat i Gullbergsvass (Jernhusen, 2011). Vid intervju med Johan Bengtsson, massamordnare för Västlänken, informerade han att Kombiterminalen skulle kunna användas som eventuell samordningscentral och mellanlagringsplats för bergmassor som sedan ska återanvändas inom andra samgående projekt i Västsvenska paketet². Vidare förklarar han att bergmaterialet då kan krossas i mobila krossanläggningar till önskvärd fraktion för projekten och att en sådan terminal skulle gynna både miljön och ekonomin för masshanteringen.

Vid intervju med Mira Andersson Ovuka, Miljöansvarig för Olskrokens planskildhet och Västlänken, har det framkommit att det finns ett par svårigheter med att använda Kombiterminalen för samordning eller mellanlagring av bergmassor. Dels krävs vidare utredning över vilka områden vid Kombiterminalen som kan användas och dels krävs tillstånd för att få nyttja området för krossverksamhet. Ytterligare ett problem är att det främst är vid Haga och Korsvägen som bergmassor uppkommer vilket är på andra sidan av staden.

Ytterligare aspekter att ta hänsyn till är att en mobil krossanläggning blir lönsam vid ett krossbehov på minst 2600 tfm³ entreprenadberg (Ballast, 2016b). En mobil krossanläggning tar ett par timmar att etablera vid arbetsplatsen.

¹ Joakim Käpynen, Produktionschef för Vikans Krossanläggning (Skanska) Intervjuad av författarna den 3 maj 2016

² Johan Bengtsson, Massamordnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 22 mars 2016.

7. Analysmetod och analys av transportalternativen för Västlänken

I följande kapitel presenteras och analyseras för olika transportalternativ för bergsmassor från Gullberget, Kvarnberget, Otterhällan och Kungshöjd och Haga. Ett syfte med kapitlet är att läsaren ska ha möjlighet att bilda sig en egen uppfattning av masshanteringen för Västlänken. I figur 20 visas en översiktlig karta över mottagare och möjliga transportvägar från bergschakten till mottagaren. Transportmetoderna har analyserats med avseende på ekonomi, teknik och miljöpåverkan. En utförligare beskrivning av hur analysen genomförts presenteras i kapitlet första avsnitt. Sedan presenteras de olika transportmetoderna för varje bergschakt var för sig.



Figur 19. Transport- och mottagningsmöjligheter för Västlänken från olika bergschakt. Triangelarna avser mottagningsstationer. Röd pil är transporter på land och blå pil representerar sjötransporter. Bergschakten visas i gula halv cirklar (Lantmäteriet (Kartograf), 2016). CC-BY

7.1. Analysmetod

Utifrån litteraturstudien och med hjälp av intervjuer har tre huvudgrupper av aspekter för bedömningen av masshanteringsalternativen identifierats: miljöaspekter, tekniska aspekter samt ekonomiska aspekter. En sammanfattning av analysen för respektive bergschakt redovisas i bilaga 1 till 4.

7.1.1 Miljöaspekter

Vid bedömning av miljöaspekten har påverkan på kulturmiljö och naturmiljö samt störningar på boende och arbetsplatser längs transportvägarna har analyserats. Dessutom har mängden utsläpp av koldioxidekvivalenter för respektive transportmedel och sträckning beräknats.

Bedömning av natur-, och kulturmiljö

Längs med transportalternativets sträckning har en bedömning gjorts på hur masstransporten påverkar kultur- och naturmiljön. Bedömningen av påverkan på kulturmiljön har genomförts med hjälp av Västlänkens Miljökonsekvensbeskrivning från 2013 där kartor över

kulturvårdsmiljöer och riksintressen i centrala Göteborg presenteras. Som komplement har Riksantikvarieämbetets rapport, Riksintressen för kulturmiljövården, Västra Götalands län använts.

För bedömning av masstransporternas påverkan på naturmiljön har Naturvårdsverkets karttjänst (Naturvårdsverket, 2016), skyddad natur, använts.

Uppskattning av störningar för boende, arbetsplatser samt trafik

För bedömning av masstransporternas störningar på boende och arbetsplatser utmed masstransportens sträckning har en uppskattning gjorts utifrån storlek på vägar samt närhet till bebyggelse. Detta har gjorts med hjälp av Lantmäteriets karttjänst.

Beräkning av koldioxidekvivalenter

För beräkning av koldioxidekvivalenter från lastbil- och sjötransport har en nätbaserad miljökalkyl kallad Nätverk för Transport och Miljön, NTM, använts (Network for transport measures, 2016). Det finns två olika beräkningsverktyg, en enkel version och en avancerad version. Skillnaden mellan de två beräkningsverktygen är att den enkla versionen innehåller mindre uppsättning av data att välja mellan samt att viss indata ej går att ändra. I denna rapport användes den enkla typen som heter NTMCalc Basic som är en gratis version för alla användare. Värden på koldioxidekvivalent utsläpp, CO_{2e}-utsläpp från denna analys omfattar emissioner som uppkommer vid förbränningen i motorn samt emissioner vid utvinning, produktion och distribution av bränslet. Indata i detta analysverktyg utgår från ungefärliga, mest förekommande eller standard värden för transportmedlen. Dessa omfattar även tomtransporter för hämtning av ny last. Transportmedeln som studerats i denna miljökalkyl och är relevanta för detta arbete är lastbil och pråmar.

I beräkningarna för lastbilstransport antas lastbil med trailer med en lastkapacitet på 28-34 ton användas. Lastbilarna antas vara miljöklassificerade enligt Euro 6 som är den standard som säljs idag i Sverige (Miljö Fordon, 2016). Indata som behövs för detta transportmedel är transportvägen och lastens vikt i ton. Utdata som fås är bland annat transportsträckan i kilometer och den totala mängden koldioxidekvivalenter i kilogram. Mängden CO_{2e} per ton fås genom att dividera den totala mängden CO_{2e} med lastens vikt. I denna rapport antas fordonen lastas med 34 ton krossat berg.

I beräkningarna för sjötransport antas pråm med en lastkapacitet på 4800 ton användas. Indata som krävs för beräkning av mängden CO_{2e} är transportvägen från hamnen till mottagare och lastens vikt i ton. Utifrån det får man bland annat transportsträckan i kilometer och den totala mängden koldioxidekvivalenter i kilogram. På samma sätt fås mängden CO_{2e} per ton genom att dela den totala mängden CO_{2e} med 4800 ton.

För koldioxidutsläpp från transportband antas 18 g CO₂ släppas ut per kWh. För ett 200 - 400 meters transportband drar det cirka 60 kWh el vilket ger 1080 g koldioxidutsläpp. Då effektiviteten är på 600 ton i timmen får vi ett utsläpp på $1,8 \cdot 10^{-3}$ kg CO₂ per ton. Ökning av elförbrukningen vid förlängning av bandet är liten och därför antas samma värde av utsläppen för alla transportbanden vidare i analysen.

7.1.2 Tekniska aspekten

I analysen av de tekniska aspekterna har effektivitet, behov av omlastning samt övrigt där konstruktionstekniska svårigheter och driftsäkerhet studerats.

Beräkning av effektivitet

Med effektivitet avses antalet transporterade ton bergmaterial per timme. Beräkningarna utgår från transporttid och last. För fordonstransport är transporttiden, t [min], framtagen med hjälp av Eniros vägbeskrivningsverktyg. För transporttiden har även på- och avlastningstid adderats på 10 respektive 2 minuter. För fordonstransport är lasten, m [ton], är antagen till 34 ton.

För sjötransport har ett koncept tagits fram genom kontakt med Bengt Sandinge¹ på Sandinge Bogsering och Sjötransport. Konceptet innebär att en bogserbåt och fyra stycken pråmar används och att två turer kan ske till Risholmen dagligen. En tur innebär att bogserbåten hämtar en lastad pråm, kör den till risholmen för avlastning och återvänder till lastningskajen. Detta arbete beräknas ta 12 timmar och då transporteras 4800 ton per dag vilket blir 400 ton per timme. Uppskattningsvis tar det även 10-12 timmar att lasta och lossa en pråm, varav föreslaget innebär att två pråmar står vid kajen för lastning.

Ekvationen som används vid beräkningarna av effektivitet, E , för respektive transportalternativ är följande:

$$E = \frac{m}{t/60} \text{ [ton/h]} \quad (1)$$

För bandtransport är effektiviteten antagen till 600 ton per timme.

Analys av antal omlastningar

Med antal omlastningar avses hur många gånger ett material behöver lastas om till ett nytt transportmedel för att nå mottagaren. Om alternativen innebär att mer än ett transportmedel används krävs omlastning.

Bedömning av övrigt

Under övriga tekniska aspekter studeras konstruktionstekniska svårigheter och driftsäkerhet. Med konstruktionstekniska svårigheter avses exempelvis om ett transportband behöver passera över en väg eller byggnad.

Med driftsäkerhet avses om transportmedlet kan påverkas av yttre faktorer, till exempel vädret.

7.1.3 Ekonomiska aspekten

I analysen kommer endast enklare ekonomiska modeller att användas med delvis uppskattade värden på indatan.

För fordonstransport är timpriset, p , uppskattat till 1100 [kr/h]. Lasten, m , är antagen till 34 ton och transporttiden, beräknas på samma sätt som för effektiviteten ovan.

Förslaget av sjötransport som nämnts ovan innebär en kostnad på 62 000 kronor för en arbetsdag på 12 timmar.

Ekvationen för beräkning av kostnaden per ton, K , som används för dessa transportalternativ är följande:

$$K = \frac{p}{m/(\frac{t}{60})} \text{ [kr/ton]} \quad (2)$$

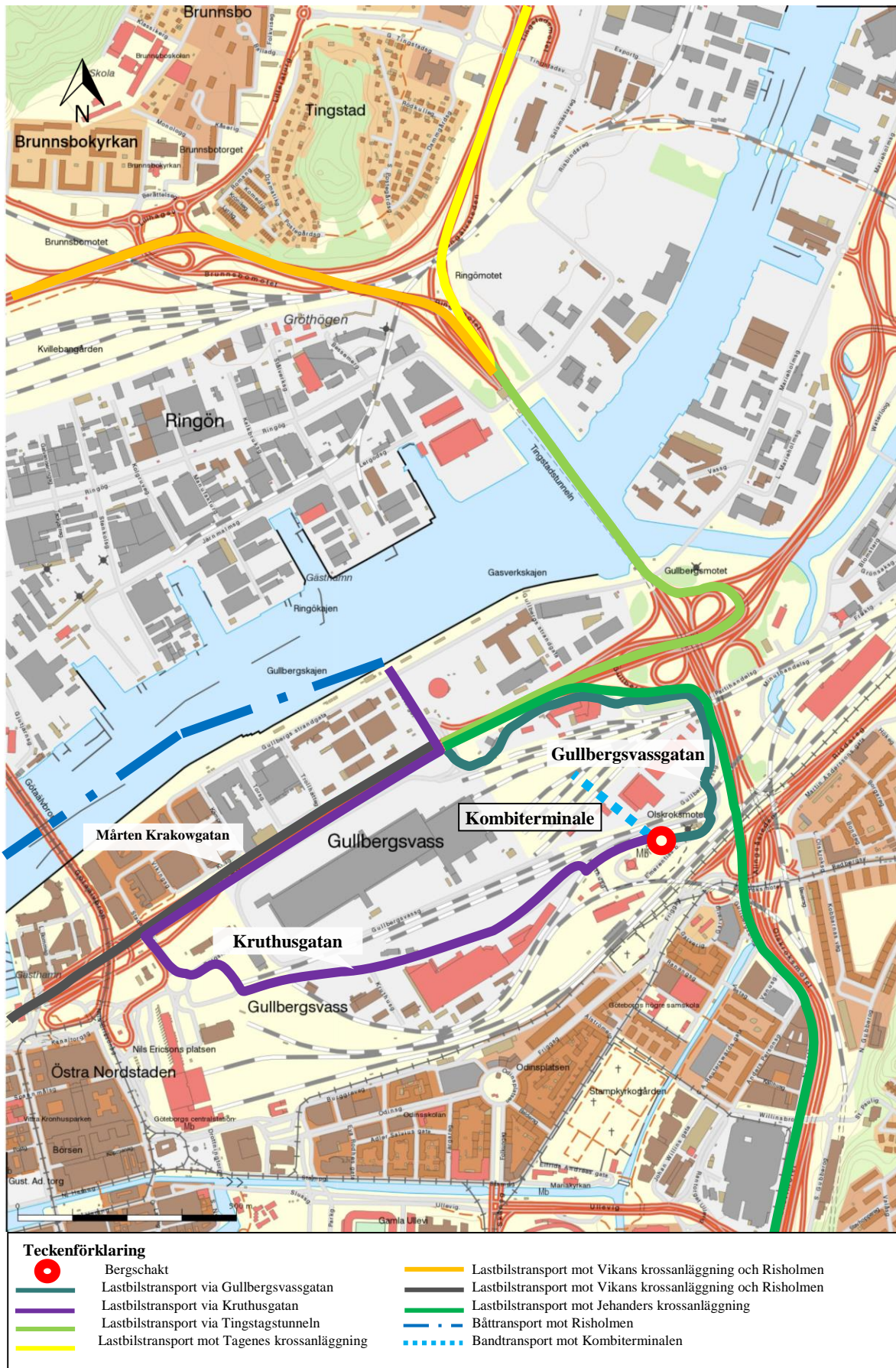
¹ Bengt Sandinge (Sandinge Bogsering och Sjötransport) Intervjuad av författarna den 4 maj 2016

För beräkning av kostanden för transportband används en driftkostnad på 60 kronor per timme. Tillsammans med effektivitet som är 600 ton per timme fås priset på bandtransport till 0,1 kr per ton.

7.2. Möjliga transportmetoder för delentreprenad Centralstationen, Gullberget

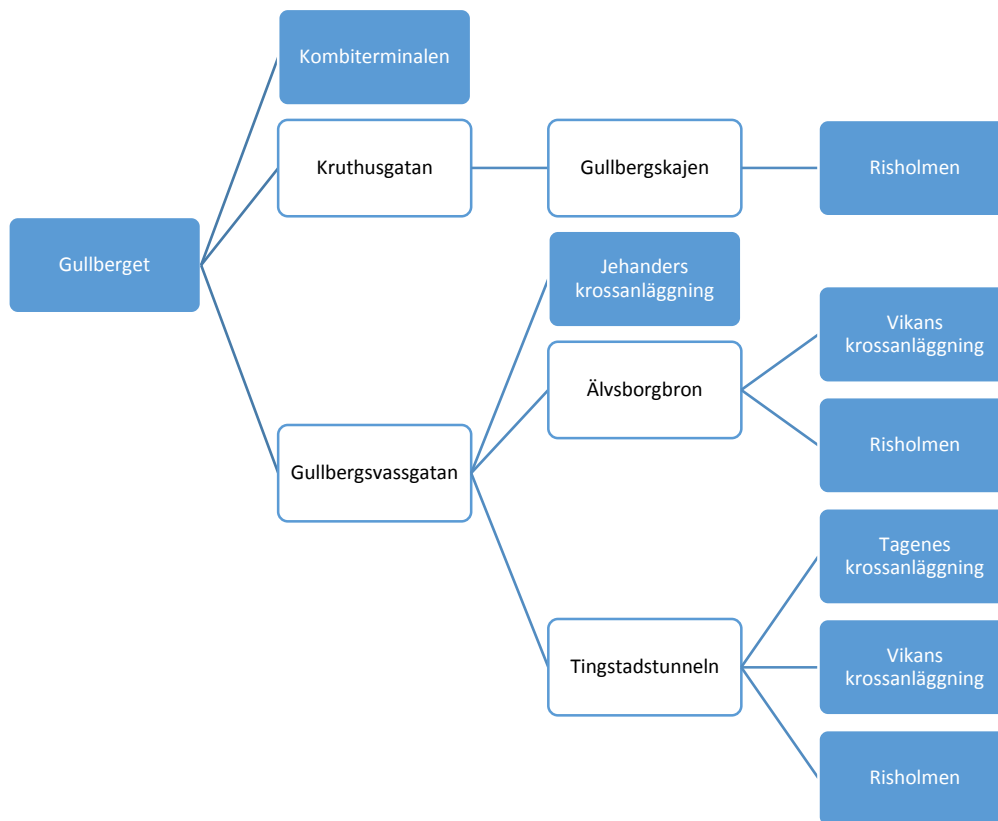
Bergmassorna från tunneldrivningen vid Gullberget kommer att tas ut från tunnelns nordöstra mynning (Trafikverket, 2014f). Lämpliga mottagare för bergmaterialet från Gullberget anses vara Kombiterminalen och Risholmen samt Vikans, Tagenes och Jehanders krossanläggningar. En sammanställning av analysen finns i bilaga 1 och kan användas för en snabb jämförelse mellan transportalternativen.

Beroende på mottagare av bergmassorna finns ett flertal olika transportalternativ. De möjliga transportvägarna för Gullbergets massor presenteras i figur 21 nedan.



Figur 20. Möjliga transportvägar för bergmassor från bergschakten Gullberget (Lantmäteriet (Kartograf), 2016). CC-BY

De möjliga transportalternativen från figur 21 är förenklade till ett flödesdiagram, se figur 22, nedan.



Figur 21. Flödesdiagram över bergschakt Gullbergets transportalternativ. Författarens egen figur.

Utifrån ovanstående flödesdiagram fås åtta transportalternativ för hantering av bergmassor från Gullbergets bergschakt. Alternativen är utförligare beskrivna i nedanstående avsnitt

Gullberget – Kombiterminalen

Alternativet innebär att ett cirka 200 meter långt transportband byggs från Gullbergets nordöstra tunnelmynning till Kombiterminalen i Gullbergsvass. Transportbandet behöver passera över Gullbergsvassgatan vilket innebär en hög konstruktion på pelare, som innebär byggtekniska svårigheter och kan innebära en risk för påkörning av stöden. Den höga konstruktionen kan även påverka stadsbilden negativt. Transportbandet kommer passera nära ett kontorshus vilket kan innebära störningar.

Transportbandet utgör en påverkan på klimatet och släpper ut cirka $1,8 * 10^{-3}$ kg CO₂ per ton transporterat berg vid en längd på 200 meter. Transportbandet är en fast konstruktion som kräver upp- och nedmontering vilket innebär en hög anläggningskostnad^{1,2}. Utöver den fasta anläggningskostnaden tillkommer driftkostnader, då främst för el och bemanning. Elkostnader har beräknats till 0,1 kronor per ton. Kostnader för bemanning är ej medräknad. Transportbandet har en hög effektivitet och kan maximalt transportera 600 ton entreprenadberg per timme.

¹ Olle Olofsson, Bergteknisk specialist för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 April 2016

² Johan Bentsson, Massamördnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 April 2016

Gullberget – Kruthusgatan - Gullbergskajen - Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras på lastbil med trailer till Gullbergskajen för att sedan omlastas till pråm för vidare transport till Risholmen. Lastbilstransporterna går längs Kruthusgatan och vidare på Mårten Krakowgatan mot Gullbergskajen.

Lastbilstransporten innebär en ökad belastning på vägnätet i Gullbergsvass och Mårten Krakowgatan vilket kan innebära ökad störning på kontor samt annan verksamhet i området. Vid omlastning till pråm krävs ytor för upplag av bergmassor vilket kan påverka stadsbilden i området kring kajen.

Lastbilstransporten ger ett utsläpp på 0,37 kg CO_{2e} per ton bergmassor. Transporten på pråm ger ett utsläpp på 0,11 kg CO_{2e} per ton vilket totalt ger 0,48 kg CO_{2e}.

Alternativets effektivitet är begränsad av transporten på lastbil som är beräknad till 78 ton per timme. Sjötransportens effektivitet uppgår till 400 ton per timme. För hela sträckan blir lastbilstransporten dimensionerande för effektiviteten.

Kostnaderna för lastbilstransporten uppgår till 14 kronor per ton. Kostnaderna för transport på pråm uppgår till cirka 13 kronor per ton vilket totalt ger en kostnad på 27 kronor per ton.

Gullberget - Gullbergsvassgatan - Jehanders krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras på lastbil med trailer till Jehanders krossanläggning i Källered, söder om Göteborg. Transporten går via Gullbergsvassgatan öster ut till Mårten Krakowgatan och vidare till Gullbergsmotet för att sedan fortsätta på E6 söderut mot Källered.

Sträckning innebär en ökad trafikbelastning på trafikinätet i Gullbergsvass och i områdena längs Mårten Krakowgatan och E6. Detta kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 2,62 kg CO_{2e} per körning. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 44 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 25 kronor per ton.

Gullberget – Gullbergsvassgatan - Älvsborgsbron - Vikans krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras på lastbil med trailer till Vikans krossanläggning. Transporterna går från Gullberget via Gullbergsvassgatan till Mårten Krakowgatan och fortsätter väster ut, via Götatunneln, för att sedan gå över Älvsborgsbron vidare mot Vikans krossanläggning.

Sträckningen innebär att transporterna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Sträckningen kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna har en påverkan på miljön i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 2,06 kg CO_{2e} per ton. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 46 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 24 kronor per ton.

Gullberget – Gullbergsvassgatan - Älvsborgsbron - Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras på lastbil med trailer till Risholmen vid Göteborgs hamn. Transporterna går via Gullbergsvassgatan till Mårten

Krakowgatan och fortsätter väster ut, via Götatunneln, för att sedan gå över Älvsborgsbron vidare mot Risholmen.

Sträckningen innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet. Vid Risholmen passeras ett Natura 2000 område som kan påverkas starkt av de förbipasserande lastbilarna (Ternström, 2016).

Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 2,86 kg CO_{2e} per ton. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 35 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 31 kronor per ton.

Gullberget – Gullbergsvassgatan - Tingstadstunneln – Tagenes krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras på lastbil med trailer till Tagenes krossanläggning norr om Göteborg. Transporterna går via Gullbergsvassgatan ut på Mårten Krakowgatan för att sedan fortsätta genom Tingstadstunneln och vidare norr ut på E6.

Sträckningen innebär en ökad trafikbelastning på främst Tingstadstunneln som redan idag är hårt belastad. Dock undviks de centrala delarna av Göteborg Stad. Sträckningen innebär en även ökad trafikbelastning på trafikinätet i Gullbergsvass och områdena längs E45 och E6. Detta kan innebära en ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet längs trafiklederna.

Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,43 kg CO_{2e} per ton. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 49 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 23 kronor per ton.

Gullberget – Gullbergsvassgatan - Tingstadstunneln - Vikans krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras på lastbil med trailer till Vikans krossanläggning på Hisingen. Transporterna går via Gullbergsvassgatan ut på Mårten Krakowgatan för att sedan fortsätta genom Tingstadstunneln och vidare väster ut på Lundbyleden mot Vikans krossanläggning.

Sträckningen innebär att transportererna leds på Göteborgs större trafikleder utanför Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan dock innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,95 kg CO_{2e} per ton. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 46 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 24 kronor per ton.

Gullberget – Gullbergsvassgatan - Tingstadstunneln - Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor från Gullberget transporteras med lastbil med trailer via norra Älvstranden till Risholmen på Hisingen. Transporterna går via Mårten Krakowgatan mot Gullbergsmotet och vidare norr genom Tingstadstunneln, för att sedan fortsätta väster ut på Lundbyleden mot Risholmen.

Alternativet innebär att transportererna leds på Göteborgs större trafikleder utanför Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan dock innebära ökade störningar på boende, kontor och annan

daglig verksamhet. Vid Risholmen passeras ett Natura 2000 område som kan påverkas starkt av de förbipasserande transporterna (Ternström, 2016).

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 2,75 kg CO_{2e} per ton. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 34 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 32 kronor per ton.

7.3. Möjliga transportmetoder för delentprenad Kvarnberget, bergschakt Kvarnberget

Massorna från det öppna schaktet vid Kvarnberget kommer att tas ut på en cirka 100 meter lång sträcka längs Sankt Eriksgatan¹. Lämpliga mottagare för bergmaterialet från Kvarnberget anses vara Risholmen och Kombiterminalen samt Jehanders, Tagenes, och Vikans krossanläggningar. En sammanställning av analysen finns i bilaga 2 och kan användas för en snabb jämförelse mellan transportalternativen.

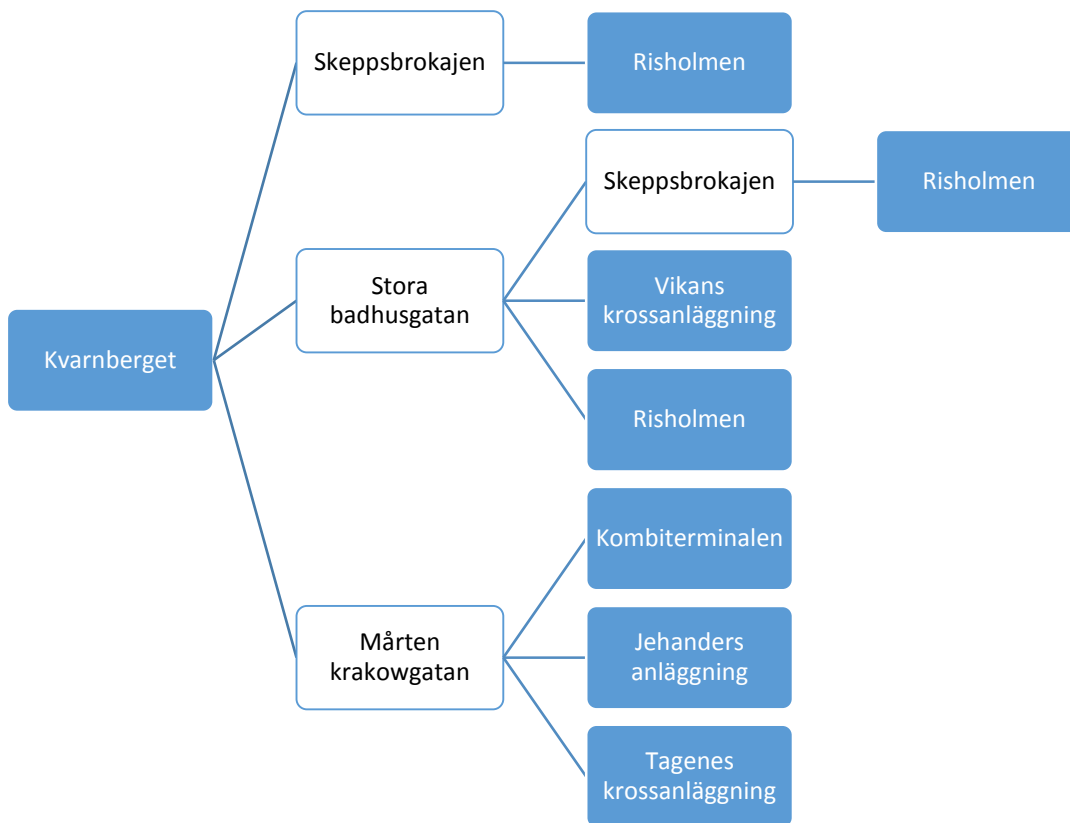
Beroende på mottagare av bergmassorna finns ett flertal olika transportalternativ. De möjliga transportvägarna för Kvarnbergets massor presenteras i figur 23 nedan.

¹ Mikael Larsson, Delprojektledare Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 2 maj 2016



Figur 22. Möjliga transportvägar för bergmassor från bergschakt Kvarnberget (Lantmäteriet (Kartograf), 2016). CC-BY

De möjliga transportalternativen från figur 23 är förenklade till ett flödesdiagram, se figur 24, nedan.



Figur 23. Flödesdiagram över bergschakt Kvarnbergets transportalternativ. Författarens egen figur.

Utifrån ovanstående flödesdiagram fås sju transportalternativ för hantering av bergmassor från Kvarnbergets öppna schakt. Alternativen är utförligare beskrivna i nedanstående avsnitt.

Kvarnberget – Skeppsbrokajen (transportband) – Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor från Kvarnbergets öppna schakt transporteras på ett 620 meter långt transportband som går till Skeppsbrokajen. Vid Skeppsbrokajen omlastas massorna till pråm för vidaretransport mot Risholmen.

Transportbandet startar vid det öppna schaktet vid Sankt Eriksgatan och fortsätter söder ut och passerar under Residensbron för att undvika störningar i trafiken i området. Transportbandet fortsätter sedan förbi Stenpirens resecentrum och vidare mot Skeppsbrokajen. Transportbandet behöver passera över Stenpirens resecentrum för att möjliggöra för gående och övriga trafikanters framfart, vilket innebär att konstruktionen blir hög och byggnadstekniskt komplext.

Transportbandet är en fast konstruktion som innebär att mark tas i anspråk, vilket påverkar stadsbilden. Transportbandet har en liten påverkan på klimatet och släpper ut $1,8 \cdot 10^{-3}$ kg CO₂ per ton transporterat bergmaterial vid en längd på 620 meter. Transportbandet kräver upp- och nedmontering vilket innebär en hög anläggningskostnad^{1,2}. Utöver den fasta anläggningskostnaden tillkommer driftkostnader, då främst för el och bemanning. Elkostnader har beräknats till 0,1 kronor per ton. Kostnader för bemanning är ej medräknad.

¹ Olle Olofsson, Bergteknisk specialist för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 April 2016

² Johan Bentsson, Massamördnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 April 2016

Transportbandet har en hög effektivitet och kan maximalt transportera 600 ton entreprenadberg per timme.

Transporten på pråm ger ett utsläpp på 0,16 kg CO_{2e} per ton vilket ihop med transportbandet ger ett totalt utsläpp på cirka 0,16 kg CO_{2e} per ton transporterat material.

Transportbandets effektivitet är beräknad till 600 ton per timme. Sjötransportens effektivitet är dimensionerande för hela sträckan och uppgår till 400 ton per timme.

Kostnaderna för pråm uppgår till 13 kronor per ton vilket ihop med transportbandets kostnader blir cirka 13 kronor per ton.

Kvarnberget – Stora Badhusgatan - Skeppsbrokajen (lastbilstransport) – Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från Kvarnbergets öppna schakt till Skeppsbrokajen för att omlastas till pråm för vidare transport till Risholmen. Lastbilstransporterna går längs Västra Sjöfarten, över Residensbron för att fortsätta på Skeppsbron till Skeppsbrokajen.

Lastbilstransporten innebär en ökad belastning på vägnätet vid Kvarnberget vilket kan innebära ökad störning på kontor samt annan verksamhet i området. Vid omlastningen till pråm kan en parkering intill Skeppsbrokajen användas för upplag av massor. Omlastningsplatsen kan påverka stadsbilden i området kring kajen negativt.

Transporten på lastbil ger ett utsläpp på 0,08 kg CO_{2e} per ton. Transporten på pråm ger ett utsläpp på 0,16 kg CO_{2e} per ton vilket ihop med lastbilstransporten ger ett totalt utsläpp på 0,24 kg CO_{2e} per ton transporterat material.

Lastbilstransportens effektivitet är dimensionerande och är beräknad till 78 ton per timme. Sjötransportens effektivitet uppgår till 400 ton per timme.

Kostnaderna för lastbils- och pråmtransporten uppgår till 14 respektive 13 kronor per ton vilket ger en total kostnad på 27 kronor per ton transporterat berg.

Kvarnberget – Stora Badhusgatan - Vikans krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från Kvarnbergets öppna schakt till Vikans krossanläggning. Lastbilstransporterna går väster ut längs Stora Badhusgatan, via Älvsborgsbron, för att sedan fortsätta mot Vikans krossanläggning på Hisingen.

Sträckningen innebär att transporterna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,98 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 46 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 24 kronor per ton.

Kvarnberget - Stora Badhusgatan - Risholmen

Alternativ innebär att bergmassor transporteras från Kvarnbergets öppna schakt på lastbil Risholmen vid Göteborgs hamn. Lastbilstransporterna går väster ut längs Stora Badhusgatan, via Älvsborgsbron, för att sedan fortsätta väster ut mot Risholmen.

Sträckningen innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet. Vid Risholmen passeras ett Natura 2000 område som kan påverkas starkt av de förbipasserande lastbilarna¹.

Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,4 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 35 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 31 kronor per ton.

Kvarnberget – Mårten Krakowgatan - Kombiterminalen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från Kvarnbergets öppna schakt till Kombiterminalen i Gullbergsvass. Lastbilstransportererna går öster ut längs Mårten Krakowgatan för att sedan fortsätta på Gullbergsvassgatan och vidare mot Kombiterminalen.

Alternativet innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,14 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 68 ton per timme vid användandet av en lastbil. Kostnaderna för alternativet uppgår till 16 kronor per ton.

Kvarnberget - Mårten Krakowgatan - Jehanders kross

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från Kvarnbergets öppna schakt till Jehanders krossanläggning, söder om Göteborg. Lastbilstransportererna går öster ut längs Mårten Krakowgatan till Gullbergsmotet för att sedan fortsätta söder ut längs E6.

Sträckningen innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,41 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 42,5 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 26 kronor per ton.

Kvarnberget - Mårten Krakowgatan – Tagenes krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från Kvarnbergets öppna schakt till Tagenes krossanläggning norr om Göteborg. Lastbilstransportererna går österut längs Mårten Krakowgatan till Gullbergsmotet, genom Tingstadstunneln, för att sedan fortsätta norrut längs E6.

Sträckningen innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

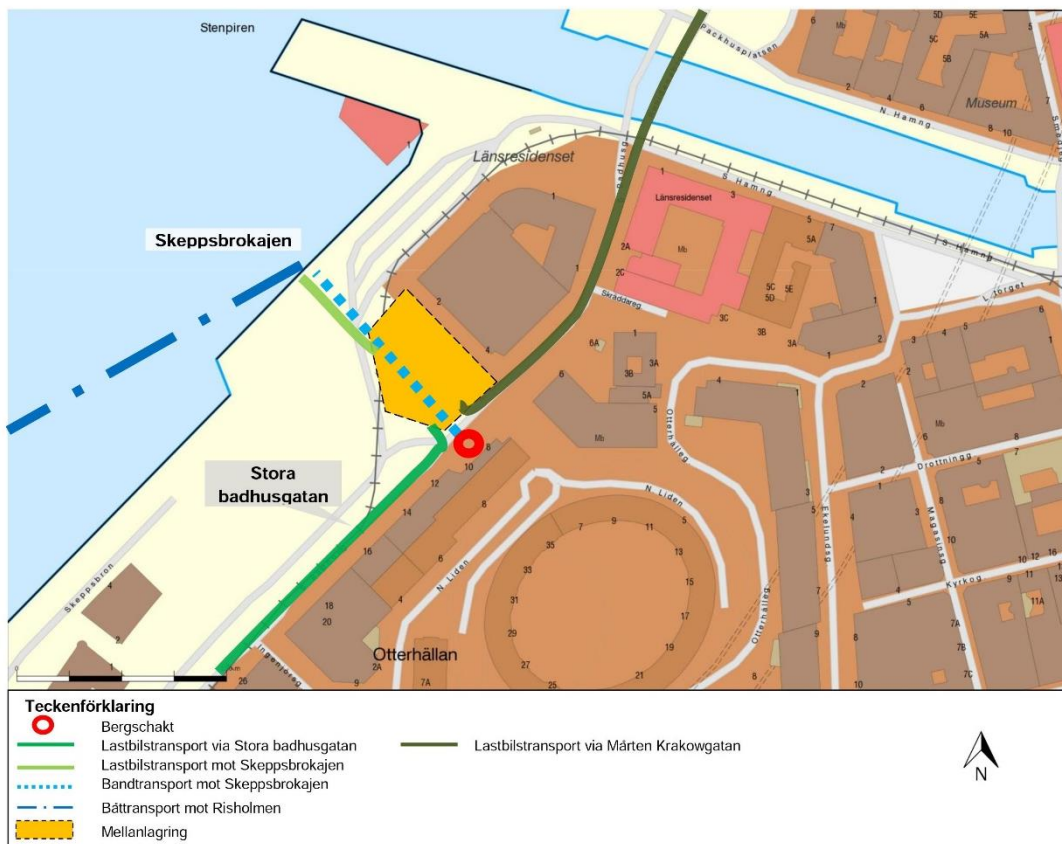
Lastbilstransportererna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,79 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 46,5 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 24 kronor per ton.

¹ Fredrik Ternström, Senior Manager (Göteborgs Hamn) Intervjuad av författarna den 22 april 2016.

7.4. Möjliga transportmetoder för delentreprenad Kvarnberget, bergschakt Otterhällan och Kungshöjd

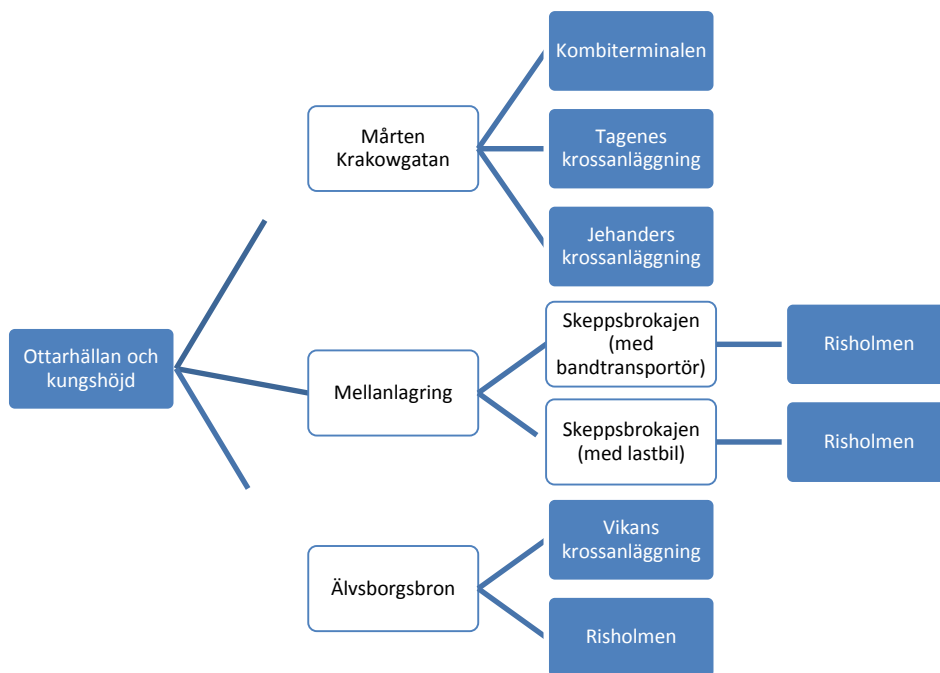
Massorna från det Otterhällan och Kungshöjd kommer tas ut via en arbetstunnel som mynnar ut vid Stora Badhusgatan (Trafikverket, 2014e). Lämpliga mottagare för bergmaterialet från Otterhällan och Kungshöjd anses vara Risholmen och Kombiterminalen samt Jehanders, Tagenes och Vikans krossanläggningar. En sammanställning av analysen finns i bilaga 3 och kan användas för en snabb jämförelse mellan transportalternativen.

Beroende på mottagare av bergmassorna finns ett flertal olika transportalternativ. De möjliga transportvägarna för Otterhällan och Kungshöjds massor presenteras i figur 25 nedan.



Figur 24. Möjliga transportvägar för bergmassor från bergschakt Otterhällan och Kungshöjd (Lantmäteriet (Kartograf), 2016). CC-BY

De möjliga transportalternativen från figur 25 är förenklade till ett flödesdiagram, se figur 26, nedan.



Figur 25 Flödesdiagram över bergschakt Otterhällan och Kungshöjds transportalternativ. Författarens egen figur.

Utifrån ovanstående flödesdiagram fås sju transportalternativ för hantering av bergmassor från Otterhällan och Kungshöjds bergschakt. Alternativen är utförligare beskrivna i nedanstående avsnitt.

Otterhällan och Kungshöjd – Mårten Krakowgatan - Kombiterminalen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunneln som mynnar ut vid Stora Badhusgatan till Kombiterminalen i Gullbergsvass. Lastbilstransporterna går öster ut längs Västra Sjöfarten och vidare på Mårten Krakowgatan för att sedan fortsätta på Gullbergsvassgatan och vidare till Kombiterminalen.

Sträckningen innebär att transporterna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna utgör en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,20 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 48,5 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 23 kronor per ton.

Otterhällan och Kungshöjd – Mårten Krakowgatan - Tagenekrossen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunneln som mynnar ut vid Stora Badhusgatan till Tagenes krossanläggning norr om Göteborg. Lastbilstransporterna går öster ut längs Västra Sjöfarten och Mårten Krakowgatan till Gullbergsmotet och vidare genom Tingstadstunneln för att sedan fortsätta norr ut längs E6.

Sträckningen innebär att transporterna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,84 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 41 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 27 kronor per ton.

Otterhällan och Kungshöjd – Mårten Krakowgatan - Jehanders krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunneln som mynnar ut vid Stora Badhusgatan till Jehanders krossanläggning i Kålleröd, söder om Göteborg. Lastbilstransporterna går öster ut längs Västra Sjöfarten och Mårten Krakowgatan till Gullbergsmotet för att sedan fortsätta söder ut längs E6.

Sträckningen innebär att transporterna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,46 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 39 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 28 kronor per ton.

Otterhällan och Kungshöjd – Skeppsbrokajen (transportband) – Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor som mynnar ut vid Stora Badhusgatan transporteras på ett 200 meter långt transportband som går till Skeppsbrokajen. Vid Skeppsbrokajen omlastas bergmassorna till pråm för vidaretransport mot Risholmen.

Transportbandet startar vid arbetstunnelns mynning och passerar över Stora Badhusgatan på en hög konstruktion med pelarstöd för att möjliggöra för trafikens framfart längs Stora Badhusgatan. Transportbandet fortsätter mot den parkering som kan användas som upplag för massor och fortsätter sedan till Skeppsbrokajen. Vid parkeringen kan transportbandet av eller pålastas.

Transportbandet är en fast konstruktion som innebär att mark tas i anspråk, vilket påverkar stadsbilden. Transportbandet har en liten påverkan på klimatet och släpper ut $1,8 * 10^{-3}$ kg CO₂ per ton transporterat berg vid en längd på 200 meter. Transportbandets utformning är byggt tekniskt komplicerat samt kräver upp- och nedmontering vilket innebär en hög anläggningskostnad^{1,2}. Utöver den fasta anläggningskostnaden tillkommer driftkostnader, då främst för el och bemanning. Elkostnader har beräknats till 0,1 kronor per ton. Kostnader för bemanning är ej medräknad.

Transporten på pråm ger ett utsläpp på 0,16 kg CO_{2e} per ton vilket ihop med transportbandet ger ett totalt utsläpp på cirka 0,16kg CO_{2e} per ton transporterat material.

Transportbandets effektivitet är beräknad till 600 ton per timme. Sjötransportens effektivitet är dimensionerande för hela sträckan och uppgår till 400 ton per timme.

Kostnaderna för transporten på pråm uppgår till 13 kronor per ton vilket ihop med transportbandets kostnader blir cirka 13 kronor per ton.

¹ Olle Olofsson, Bergteknisk specialist för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 April 2016

² Johan Bentsson, Massamördnare för Västlänken (Trafikverket) Intervjuad av författarna den 29 April 2016

Otterhällan och Kungshöjd – Skeppsbrokajen (lastbilstransport) – Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunneln som mynnar ut vid Stora Badhusgatan till Skeppsbrokajen, några meter bort. Vid Skeppsbrokajen omlastas bergmassorna till pråm för vidaretransport till Risholmen.

Lastbilstransporten innebär att transportererna leds på genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Vid omlastningen till pråm kan en parkering intill Skeppsbrokajen användas för upplag av massor. Omlastningsplatsen kan påverka stadsbilden i området kring kajen negativt.

Transporten på lastbil ger ett utsläpp på 0,01 kg CO_{2e} per ton. Transporten på pråm ger ett utsläpp på 0,16 kg CO_{2e} per ton vilket ihop med lastbilstransporten ger ett totalt utsläpp på 0,17 kg CO_{2e} per ton transporterat material.

Lastbilstransportens effektivitet är dimensionerande och är beräknad till 145 ton per timme. Sjötransportens effektivitet uppgår till 400 ton per timme.

Kostnaderna för lastbilstransporten uppgår till 7,5 kronor per ton vilket ihop kostanden för sjötransport blir 20 kronor per ton transporterat berg.

Otterhällan och Kungshöjd – Älvsborgsbron - Vikans krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunneln som mynnar ut vid Stora Badhusgatan till Vikans krossanläggning på Hisingen. Lastbilstransporterna går väster ut längs Stora Badhusgatan och Oscarsleden, över Älvsborgsbron, för att sedan fortsätta mot Vikans krossanläggning.

Sträckningen innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,82 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 53,5 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 21 kronor per ton transporterat material.

Otterhällan och Kungshöjd – Älvsborgsbron - Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunneln som mynnar ut vid Stora Badhusgatan till Risholmen vid Göteborgs hamn. Lastbilstransporterna går väster ut längs Stora Badhusgatan och Oscarsleden, över Älvsborgsbron, för att sedan fortsätta väster ut mot Risholmen.

Sträckningen innebär att transportererna leds genom Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön. Alternativet kan innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet. Vid Risholmen passeras ett Natura 2000 område som kan påverkas starkt av de förbipasserande lastbilarna¹.

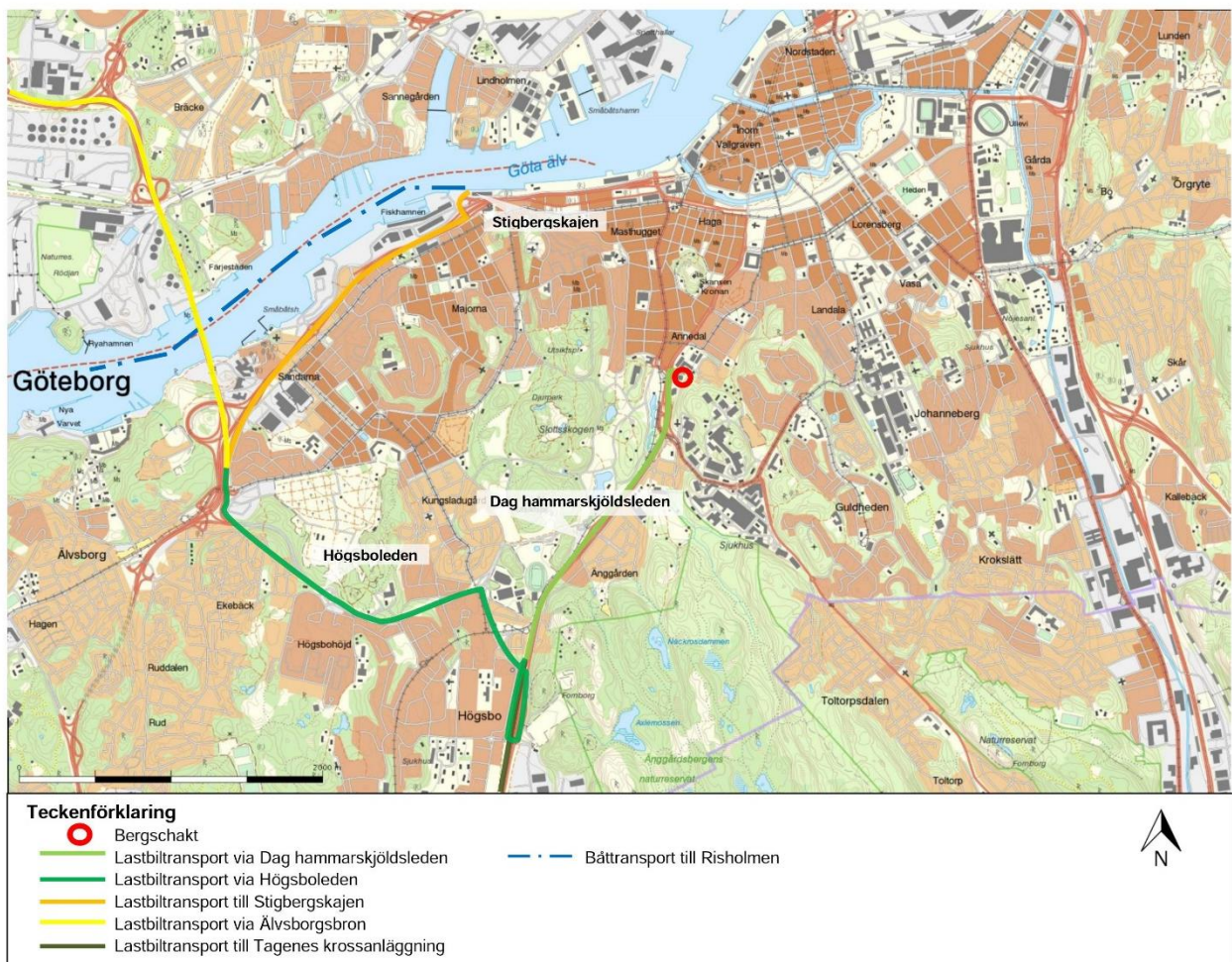
¹ Fredrik Ternström, Senior Manager (Göteborgs Hamn) Intervjuad av författarna den 22 april 2016

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,24 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 41 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 27 kronor per ton.

7.5. Möjliga transportmetoder för delentreprenad Haga, bergschakt Haga

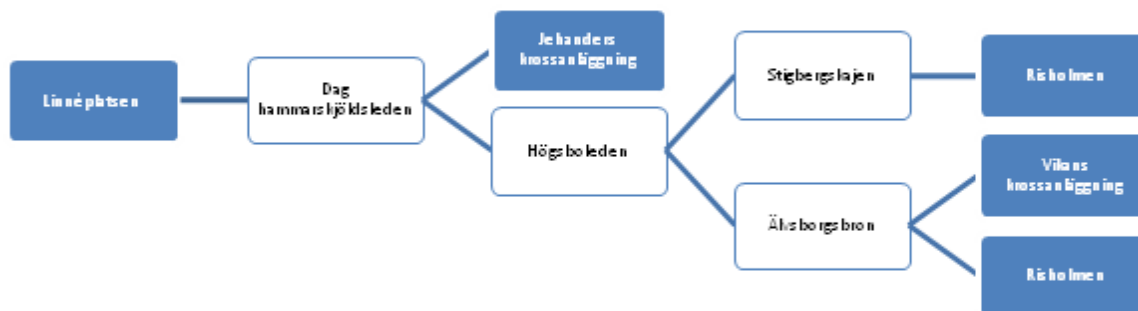
Massorna från station Haga och tunneln mot Korsvägen kommer till större delen tas ut via en arbetstunnel som mynnar ut vid Linnéplatsen (Trafikverket, 2014g). Lämpliga mottagare för bergmaterialet anses vara Risholmen samt Jehanders och Vikans krossanläggningar. En sammanställning av analysen finns i bilaga 4 och kan användas för en snabb jämförelse mellan transportalternativen.

Beroende på mottagare av bergmassorna finns ett flertal olika transportalternativ. De möjliga alternativen presenteras i figur 27 nedan.



Figur 26. Möjliga transportvägar för bergmassor från bergschakt Haga (Lantmäteriet (Kartograf), 2016). CC-BY

De möjliga transportalternativen från figur 27 är förenklade till ett flödesdiagram, se figur 28, nedan.



Figur 27. Flödesdiagram över bergschakt Hagas transportalternativ. Författarens egen figur

Utifrån ovanstående flödesdiagram fås fyratransportalternativ för hantering av bergmassor från Hagas bergschakt. Alternativen är utförligare beskrivna i nedanstående avsnitt

Haga – Dag Hammarskjöldleden - Jehanders krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunnel Hagas mynning vid Linnéplatsen till Jehanders krossanläggning i Kålleröd, söder om Göteborg. Lastbilstransporterna går söder ut från Linnéplatsen, längs Dag Hammarskjöldleden till Järnbrottsmotet, för att sedan fortsätta österut på Söderleden och slutligen söderut på E6 mot Jehanders krossanläggning.

Sträckningen innebär att transporterna leds på Göteborgs större trafikleder runt Göteborgs centrala delar, som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan dock innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet i längs de större trafiklederna.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,38 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 48,6 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 23 kronor per ton.

Haga – Dag Hammarskjöldleden - Högsboleden - Stigbergskajen - Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunnel Hagas mynning vid Linnéplatsen till Stigbergskajen för att sedan omlastas till pråm för vidare transport till Risholmen. Lastbilstransporterna går söder ut från Linnéplatsen, längs Dag Hammarskjöldleden, vidare på Högsboleden, för att sedan fortsätta öster ut på Oscarsleden mot Stigbergskajen.

Sträckningen innebär att transporterna leds på Göteborgs större trafikleder runt Göteborgs centrala delar som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan dock innebära ökade störningar på boende, kontor och annan

daglig verksamhet i längs de större trafiklederna. Transporten på pråm till Risholmen gör att störningar undviks på Natura-2000 området som ligger norr om Risholmen¹.

Vid omlastningen till pråm behövs en yta för upplag av massor tas i anspråk. Omlastningsplatsen kan påverka stadsbilden i området kring kajen negativt.

Transporten på lastbil ger ett utsläpp på 0,6 kg CO_{2e} per ton. Transporten på pråm ger ett utsläpp på 0,07 kg CO_{2e} per ton vilket ihop med lastbilstransporten ger ett totalt utsläpp på 0,67 kg CO_{2e} per ton transporterat material.

Lastbilstransportens effektivitet är dimensionerande och är beräknad till 60 ton per timme. Sjötransportens effektivitet uppgår till 400 ton per timme.

Kostnaderna för lastbilstransporten uppgår till 18 kronor per ton vilket ihop kostanden för sjötransport blir 31 kronor per ton transporterat berg.

Haga – Dag Hammarskjöldleden - Älvsborgsbron - Vikans krossanläggning

Alternativet innebär att bergmassor transporteras på lastbil från arbetstunnel Hagas mynning vid Linnéplatsen till Vikans krossanläggning på Hisingen. Lastbilstransporterna går söderut från Linnéplatsen, längs Dag Hammarskjöldleden, vidare på Högsboleden, för att sedan fortsätta över Älvsborgsbron och vidare mot Vikans krossanläggning.

Sträckningen innebär att transporterna leds på Göteborgs större trafikleder runt Göteborgs centrala delar, som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan dock innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet i längs de större trafiklederna.

Lastbilstransporterna har en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 0,83 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 40,8 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 27 kronor per transporterat berg.

Haga – Dag Hammarskjöldleden – Högsboleden - Älvsborgsbron - Risholmen

Alternativet innebär att bergmassor transporteras från Haga på lastbil till Risholmen vid Göteborgs Hamn. Lastbilstransporterna går söder ut från Linnéplatsen, längs Dag Hammarskjöldleden, vidare på Högsboleden, för att sedan fortsätta över Älvsborgsbron och vidare västerut mot Risholmen.

Sträckningen innebär att transporterna leds på Göteborgs större trafikleder runt Göteborgs centrala delar, som är av riksintresse för kulturvårdsmiljön och anses viktiga att skydda från påtaglig skada. Alternativet kan dock innebära ökade störningar på boende, kontor och annan daglig verksamhet i längs de större trafiklederna. Vid Risholmen passeras ett Natura 2000 område som kan påverkas starkt av de förbipasserande transporterna¹.

Lastbilstransporterna utgör en miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp som uppgår till 1,25 kg CO_{2e} per ton transporterat material. Effektiviteten för transportalternativet uppgår till 39,2 ton per timme vid användandet av en lastbil. Transportkostnaderna uppgår till 28 kronor per ton transporterat berg.

¹ Fredrik Ternström, Senior Manager (Göteborgs Hamn) Intervjuad av författarna den 22 april 2016

8. Masshanteringsförslag

Föregående kapitel är skrivet för att utgöra ett underlag för hanteringen av bergmassor från Västlänken. Beroende på vilken roll man har i projektet, exempelvis om man arbetar för länsstyrelsen, Göteborgs stad eller som entreprenör, prioriteras olika aspekter vid valet av transport- och omhändertagningsalternativ. Utifrån underlaget i kapitel 7 presenteras i följande kapitel ett masshanteringsförslag för respektive bergschakt där förslaget utgår från entreprenörens synvinkel. Entreprenören anses främst prioritera ekonomiska aspekter. Det förutsätts även att Göteborgs hamn är en prioriterad mottagare vid upphandlingen av entreprenaderna för Västlänken eftersom de samhällsekonomiska vinsterna i och med det anses stora.

Masshanteringsförslag:

Göteborgs hamn planerar att expandera och för att anlägga den nya hamnterminalen vid Risholmen behövs 500 000 tlm³ som utfyllnad. För att tillgodose behovet samtidigt som störningar vid Natura-2000 området undviks transporteras bergmassorna till Risholmen med pråm från två tillfälliga hamnar vid Skeppsbrokajen och Stigbergskajen. Från Skeppsbrokajen skeppas 240 000 tlm³ entreprenadberg från bergschakten Kvarnberget samt Otterhällan och Kungshöjd. Det återstående behovet på 260 000 tlm³ täcks av entreprenadberg som skeppas från Stigbergskajen. Transporten mellan Haga bergschakt och Stigbergskajen sker med lastbil. Resterande del av entreprenadberget från bergschakt Haga och även från Gullberget transporteras med lastbil till närmaste krossanläggning.

8.1. Masshanteringsförslag för bergschakt Gullberg

Förslag: Allt entreprenad berg från bergschakt Gullberget transporteras med lastbil till Tagenes krossanläggning.

Kostnad: 22,7 kr/ton

Motivering: Mängden entreprenadberg från bergschakt Gullberget anses för liten för att fasta konstruktioner och tillfälliga hamnar ska vara ekonomiskt. För massamordningscentral vid Kombiterminalen finns ett flertal tekniska och juridiska svårigheter men kan vara intressant för entreprenören att undersöka vidare. Av lastbilsalternativen visade sig att transport till Tagenes krossanläggning var bäst ur både ekonomiska- och miljömässiga aspekter.

8.2. Masshanteringsförslag för bergschakt Kvarnberget

Förslag: Allt entreprenadberg från bergschakt Kvarnberget transporteras med lastbil till Skeppsbrokajen för omlastning till pråm för vidaretransport sjövägen till Risholmen.

Kostnad: 27 kr/ton

Motivering: Eftersom Göteborgs Hamns behov av bergmassor är prioriterat och bergschaktets närhet till en potentiell tillfällig hamn kommer entreprenadberget från bergschakt Kvarnberget transporteras med lastbil till Skeppsbrokajen för omlastning till Pråm och vidaremot mot Risholmen. Trots det korta avståndet till Skeppsbrokajen anses de byggtekniska utmaningarna för transportband för stora och valdes därmed bort.

8.3. Masshanteringsförslag för bergschakt Otterhällan

Förslag: Allt entreprenadberg från bergschakt Otterhällan och Kungshöjd transporteras med lastbil till Skeppsbrokajen för omlastning till pråm för vidaretransport sjövägen till Risholmen.

Kostnad: 20 kr/ton

Motivering: Eftersom Göteborgs Hamns behov av bergmassor är prioriterat och bergschaktets närhet till en potentiell tillfällig hamn kommer entreprenadberget från bergschakt Otterhällan och Kungshöjd att transporteras med lastbil till Skeppsbrokajen för omlastning till pråm och vidaremot mot Risholmen. Trots det korta avståndet till Skeppsbrokajen anses de byggtkniska utmaningarna för transportband för stora och valdes därmed bort. Entreprenören rekommenderas dock att undersöka möjligheterna för transportband för bergschakt Otterhällan då endast Stora Badhusgatan ska passeras.

8.4. Masshanteringsförslag för bergschakt Haga

Förslag: Entreprenadberget från Haga bergschakt transporteras till två olika mottagare. För att täcka Göteborgs Hamns behov av bergmassor kommer 260 000 tlm³ entreprenadberg att transporteras med lastbil till en potentiellt tillfällig hamn vid Stigbergskajen och resterande mängd transporteras med lastbil till Jehanders krossanläggning.

Kostnad för transport till Risholmen men pråm: 31 kr/ton

Kostnad för transport till Jehanders krossanläggning: 22,7 kr/ton

Motivering: För att tillgodose Göteborgs hamns behov kommer 260 000 tlm³ entreprenadberg att transporteras med lastbil till en potentiell tillfällig hamn vid Stigbergskajen. Av de återstående alternativen för de resterande 377 500 tlm³ entreprenadberg visade sig att lastbilstransport till Jehanders krossanläggning var bäst ur både ekonomiska- och miljömässiga aspekter.

9. Diskussion

Det är viktigt att entreprenadberg ses som en resurs för samhället. Idag är värdet på entreprenadberg lågt vilket begränsar transportmöjligheterna. Det är viktigt att entreprenadberg kommer till nytta, antingen genom återanvändning inom projekt eller genom att uppgradera entreprenadberget. Därför kan en väl utarbetad masshanteringsplan där mottagarna väljs med omsorg ge en stor samhällsekonomisk vinst samtidigt som miljöpåverkan från projektet minskar.

För att höja värdet på entreprenadberget kan det uppgraderas genom exempelvis krossning vid fasta eller mobila krossanläggningar. Uppgradering i ett tidigt skede, i till exempel mobila krossanläggningar i nära anslutning till arbetsområdet, innebär att berget kan komma till användning direkt och på så vis undviks onödiga transporter till och från krossanläggningar. I projektet Förbifart Stockholm planeras att mobila krossanläggningar placeras i anslutning till tunnelmyningarna vilket möjliggör att bergmaterialet kan användas direkt. Samtidigt som tunneldrivningen för Västlänken pågår planeras en nedsänkning av E45 vid Gullbergsvass ske. En samordning av bergmassor mellan dessa projekt skulle kunna ge en ekonomisk och miljömässig vinst.

För Västlänken är Kombiterminalen en möjlig mellanlagrings- och uppgraderingsplats för mindre mängder berg, främst från Gullberget. Kombiterminalen kan även fungera som en massamordningscentral vilket möjliggör för samordning av transporter. Vinsterna med en massamordningscentral är många, dels ger det möjlighet för fler aktörer i byggbranschen att få lättillgängligt bergmaterial utan behöva vända sig till konkurrenter samtidigt som dubbeltrafikering av sträckor undviks.

Som Västlänkens försäljning av entreprenadberg fungerar, med att sälja berget flera år i förväg och lämna över valet av transportmedel och vägar till entreprenörerna utan att särskilda specifikationer kan vara riskabelt. Ett alternativ som använts i projektet Förbifart Stockholm är att redan i förväg planera de transportmedel och transportvägar som ska användas. Denna metod är troligtvis mer lönsam och effektiv då man lättare kan få en helhetsbild av projektet och genom detta kan få en bättre samordning av hela projektets masshantering. För att optimera masshanteringen är det viktigt att fokus läggs på området i ett tidigt skede i projekt.

Att använda Västlänkens bergmaterial för utbyggnaden av Göteborgs hamn gynnar både miljön och ekonomin i Göteborgs hamns utbyggnadsprojekt samtidigt som Västlänkens massor kommer till stor nytta. Ett större hamnterminalområde ger möjlighet till ökad export och import vilket gynnar hela Sverige. Att använda bergmassorna för ett sådant syfte har genomförts tidigare i Malmö, då bergmassor från Citytunneln användes för utfyllnad av Malmö hamn. Att projekt med stora massöverskott samarbetar med projekt som har stora massunderskott ger dubbel samhällsnytta. Därför bör Västlänken i samband med upphandlingen av entreprenadberget prioritera att Göteborgs hamns behov av bergmaterial tillgodoses.

Utöver att samordna masshanteringen mellan projekt finns det vinster att göra genom att studera fler transportmedel och vägar vid utformningen av en masshanteringsplan. Rapporten är avgränsad till fordons-, sjö- och bandtransport men fler transportmedel kan vara möjliga. Både Kombiterminalen och Jehanders krossanläggning är anslutna till det rikstäckande järnvägsnätet. Att använda järnvägstransport skulle öka antalet möjliga mottagare av bergmaterialet eftersom järnvägstransport är både effektivt och miljövänligt.

Aspekter som kan utvecklas i denna rapport är en noggrannare analys av koldioxidutsläpp och kostnader för transporter. Analysen baseras på enkla analyser med delvis uppskattade värden på indata vilket kan ha påverkat resultatet av studien.

Av studien framkommer det att miljömässiga och samhällsekonomiska vinster kan göras genom att nyttja fler transportmedel än dagens fordonstransport av bergmaterial. Ett alternativ är att nyttja sjötransport i de fall det är möjligt. Vidare kan även en massamördnare på kommunen, som har en helhetssyn över regionens planerade projekt vara till stor nytta för samordna massflöden mellan projekt. Avslutningsvis vill vi återigen poängtera vikten av att i ett tidigt skede planera masshanteringen inom projekt.

Referenser

- Allt i Malmö. (2016). Hämtat från Allt i Malmö: <http://www.alltimalmo.se/allt-om-malmo/ovrigt/citytunneln>
- Andersson, O. (2014). *Olskroken planskildhet, Underlagsrapport Geologi och Hydrogeologi*. Göteborg: Trafikverket.
- Ballast. (2016a). *Tagene*. Hämtat från Ballastsverige: <http://www.ballastsverige.se/sv/skicka-forfragan/Vastra-Gotaland/Tagene/>
- Ballast. (2016b). *Maskiner och Utrustning*. Hämtat från Ballastsverige: <http://www.ballastsverige.se/sv/skicka-forfragan/Maskiner-och-utrustning/>
- Barresten, R. (den 29 Februari 2016). Masshantering vid Götatunneln. (D. Persson, Intervjuare)
- Bengtsson, J. (den 22 Mars 2016). Masshantering för Västlänken. (N. Abbassi, A. Alnajjar, J. Eriksson, T. Gustafsson, H. Lundborg, & D. Persson, Intervjuare)
- Bergström, D. (den 5 Augusti 2014). *Skanska*. Hämtat från Skanska: <http://www.skanska.se/sv/om-skanska/pressmeddelande/nyhet/?nid=IOfuBr7v>
- Dennhed, A., & Willig, M. (2015). *Utformning av masshanteringsplan för utbyggnad av Göteborgs Hamn*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Ecoloop. (den 7 April 2016). *Om, Affärsidé, strategi & vision*. Hämtat från Ecoloop: <http://www.ecoloop.se/>
- Eliasson, T., & Lundqvist, L. (Maj 2013). *Sveriges geologiska undersökning*. Hämtat från SGU: <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1306-rapport.pdf>
- Google. (2016). *Googlemaps*. Hämtat från Googlemaps: <https://www.google.se/maps/@57.5450907,12.0807705,10z>
- Granhage, L. (2009). *Kompendium i Vägbyggnad*. Göteborg: Chalmers.
- Göransson, M. (2011). *Ersättningsmaterial för naturgrus, kunskapsammanställning och rekommendationer*. Uppsala: SGU.
- Göransson, M., Persson, L., & Wahlgren, C.-H. (2004). The variation of bedrock quality with increasing ductile deformation. *Bulletin of engineering geology and the environment*, 337-344.
- Göteborgs Hamn. (2015). *Risholmen, Framtidens hållbara hamn*. Göteborg: Göteborgs Hamn.
- Göteborgs Hamn. (den 25 April 2016a). *Se hur hamnen växer*. Hämtat från Göteborgs Hamn: <http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hammen-vaxer/Se-hur-hammen-vaxer/>

- Göteborgs Hamn. (den 25 April 2016b). *Risholmen*. Hämtat från Göteborgs Hamn: <http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hamnen-vaxer/Risholmen/>
- Göteborgs Hamn. (den 25 April 2016c). *En ny hamn i Arendal*. Hämtat från Göteborgs Hamn: <http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Hamnen-vaxer/Arendal-II/>
- Göteborgs Stad. (2015). *Statistisk Årsbok 2015, Kajlängder och Vattendjup 2012*. Hämtat från Göteborgs Stad: <http://www4.goteborg.se/prod/sk/statistik/statistikR5.nsf>
- Hansson, S. A. (den 12 Maj 1951). Teknisk tidskrift. s. 698.
- Hellman, F., Åkesson, U., & Eliasson, T. (2011). *Kvantitativ petrografisk analys av bergmaterial – en metodbeskrivning*. Linköping: VTI. Hämtat från Statens väg- och transportinstitut: <https://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/kvantitativ-petrografisk-analys-av-bergmaterial--en-metodbeskrivning.pdf>
- Hellman, F., Åkesson, U., & Eliasson, T. (u.d.). *Statens väg- och transportinstitut*.
- Institute of transportation engineers . (1982). *Transportation and traffic engineering handbook (2. uppl.)*. New Jersey: Prentice-hall.
- IVL Svenska Miljöinstitutet. (2009). *Kompletterande underlag för tillåtlighetsprövning: en översiktlig miljöstudie av väginfrastrukturen i projekt Förbifart Stockholm*. Stockholm.
- Jehander. (2016). *Sand och grus AB Jehander*. Hämtat från Sand och grus AB Jehander: <http://www.jehander.se/sv/Jehander-Kallered>
- Jernhusen. (2011). *Jernhusen*. Hämtat från Jernhusen: <http://www.jernhusen.se/Foretag/gods-kombiterminaler/Goteborg/>.
- Jernhusen. (den 2 Maj 2016). *Göteborg Kombiterminal*. Hämtat från Jernhusen: <http://www.jernhusen.se/Foretag/gods-kombiterminaler/Goteborg/>
- Johansson, M. (den 8 Mars 2016). Projektet Optimass och Projektet Energieffektiva Logistiklösningar. (D. Persson, Intervjuare)
- Johansson, U. (den 3 maj 2016). Kvänum, Sverige. (A. Al-Najjar, Intervjuare)
- Käpynen, J. (den 3 Maj 2016). Vikans krossanläggning, mottagningkapacitet. (D. Persson, Intervjuare)
- Lantmäteriet (Kartograf). (den 28 april 2016). *GeoLex [Digital karta]*. Hämtat från Lantmäteriet: <https://kso.etjanster.lantmateriet.se/#>
- Larsson, M. (den 2 Maj 2016). Frågor om delentreprenad Kvarnberget, Västlänken. (D. Persson, Intervjuare)
- Ludvig, B. (1991). *Götatunneln, ingenjörsgelogisk undersökning, delrapport , Seismiska mätningar*. Göteborg: Petro bloc.

- Länsstyrelsen i Stockholms Län. (2010). *Konsekvens- och sårbarhetsanalys, Metodbeskrivning*. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.
- Länsstyrelsen i Stockholms Län. (2012). *Bilaga 1 till Länsstyrelsens yttrande över arbetsplan för väg E4 Förbifart Stockholm*. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms Län.
- Länsstyrelsen Västra Götalands Län. (den 20 Februari 2015). Yttrande över granskningshandling till järnvägsplan för Västlänken i Göteborg Stad, Västra Götalands län. Länsstyrelsen Västra Götalands Län.
- Löfgren, O. (den 29 april 2016). Platschef. (T. Gustafsson, Intervjuare)
- Miljö Fordon. (den 19 Januari 2016). *Miljöklasser*. Hämtat från Miljöfordon: <http://www.miljofordon.se/fordon/miljopaverkan/miljoklasser>
- Naturvårdsverket. (2016). Hämtat från Naturvårdsverket: <http://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>
- Network for transport measures. (2016). Hämtat från NTMcalc: <https://www.transportmeasures.org/sv>
- Nilsson, P. (den 7 Mars 2016). Entreprenadberg och materialtransporter . (D. Persson, Intervjuare)
- Nilsson, S. (den 7 10 2015). *Sand och Grus AB Jehander*. Hämtat från Sand och Grus AB Jehander: <http://www.jehander.se/sv/Jehander-t%C3%A4ktans%C3%B6kan-K%C3%A5llered>
- Olofsson, O. (den 29 April 2016). Västlänkens Bergkvalité. (D. P. Tim Gustafsson, Intervjuare)
- Pavey, P. (2007). *Conveyor Belt, near to Mottisfont, Hampshire, Great Britain*. Hämtat från Geograph: <http://www.geograph.org.uk/photo/306246>
- Pewe, U. (1993). *Lönsam logistik*. Stockholm: Exportrådet.
- Ramböll. (den 12 april 2016). Hämtat från http://www.ramboll.com/~media/files/rgr/documents/markets/transport/tunnels/tunnel-engineering_2012.pdf
- Ramböll Sverige. (2013). *Detaljplaner, Västlänken, Miljökonsekvensbeskrivning*. Göteborg: Göteborgs Stad.
- Riksantikvarieämbetet. (den 26 juni 2015). Göteborg, Västra Götalandslän, Sverige. Hämtat från Riksantikvarieämbetet.
- Saxton, B. (2015). *Lastbilars climateffektivitet och utsläpp*. Stockholm: Trafikanalys.

- Skanska Sverige. (den 1 juli 2008). *Skanska*. Hämtat från Skanska:
(<http://www.skanska.se/upload/About%20Skanska/Downloads/F%C3%B6r%20Skanskas%20leverant%C3%B6rer/Instruktioner%20f%C3%B6r%20fakturerings.pdf>)
- Solidinfo. (2016). *Solidinfo*. Hämtat från Solidinfo: (<http://www.solidinfo.se/foretag/skanska-asfalt-och-betong-ab-vikan-kross-o-asfalt>)
- Statens Geotekniska Institut. (den 14 Mars 2016a). *Materialguiden*. Hämtat från Statens Geotekniska Institut: <http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/effektivare-materialutnyttjande/>
- Statens Geotekniska Institut. (den 30 Mars 2016b). *Styrande Dokument*. Hämtat från Statens Geotekniska Institut: <http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/effektivare-markbyggande/effektivare-materialutnyttjande/styrande-dokument1/>
- Sweco. (2002). *Citytunnelprojektet Miljökonsekvensbeskrivning till järnvägsplanerna (AB32MY3300001. Rev.bet. B)*. Malmö: Sweco.
- Svenningsson, P. (den 7 Mars 2016). Masshantering vid Götatunneln. (D. Persson, Intervjuare)
- Sveriges Geologiska Undersökning. (den 25 Mars 2016). *Berg: Sveriges berggrund*. Hämtat från <http://www.sgu.se/om-geologi/berg/sveriges-berggrund/>
- Sveriges Geologiska Undersökningar. (2015). *Resurseffektivisering och minskade transporter – förslag till hur insamling av produktionsuppgifter från entreprenadberg kan utformas*. Stockholm: SGU.
- Ternström, F. (den 22 April 2016). Göteborgs hamns utveckling, mottagande av bergmassor från Västlänken. (D. Persson, Intervjuare)
- Trafikverket. (1998). *Väg 45, Götatunneln, Arbetsplan*. Göteborg: Vägverket region Väst.
- Trafikverket. (den 5 Maj 2011a). *E4 Förbifart Stockholm, FS1, Bilaga 3 till Beskrivning, Beaktande av tillåtlighetsvillkor, Appendix 1 PM Masshanteringsplan, ARBETSPLAN*. Hämtat från Trafikverket:
http://www.trafikverket.se/contentassets/131edcb5350e43d4b47e7ec8671c80fa/helalinjen/bilaga_3_till_beskrivning_beaktande_av_tillatlighetsvillkor_appedix_1_pm_masshanteringsplan.pdf
- Trafikverket. (den 1 december 2011b). *E4 Förbifart Stockholm, FS1, Bilaga 4 till beskrivning, Lokalisering av tillfälliga hamnar, ARBETSPLAN*. Hämtat från Trafikverket:
http://www.trafikverket.se/contentassets/131edcb5350e43d4b47e7ec8671c80fa/helalinjen/reviderad_bilaga_4_lokalisering_av_tillfalliga_hamnar.pdf
- Trafikverket. (den 1 december 2011c). *E4 Förbifart Stockholm, Arbetsplan, Hela linjen*. Hämtat från Trafikverket:
http://www.trafikverket.se/contentassets/131edcb5350e43d4b47e7ec8671c80fa/helalinjen/reviderad_beskrivning_sid_1-10.pdf

- Trafikverket. (den 1 juni 2011d). *E4 Förbifart Stockholm, Tillfällig hamn norra Lovö, Teknisk beskrivning för vattenverksamhet och hamnverksamhet, Tillståndsansökan Miljöbalken*. Hämtat från Trafikverket:
http://www.trafikverket.se/contentassets/90896553023247b4b481e3bad8e5014b/n_teknisk_beskrivning_for_vattenverksamhet.pdf
- Trafikverket. (den 5 maj 2011e). *Utställelsehandlingar: E4 Förbifart Stockholm, ARBETSPLAN, Miljökonsekvensbeskrivning*. Hämtat från Trafikverket:
http://www.trafikverket.se/contentassets/0d5b29225cb446c784d89a0461b83c45/mkb/mkb_forord_sammanfattning.pdf
- Trafikverket. (2011f). *Arbetsplan, Delsträcka 2, Kungshatt till Lambarfjärden*. Sundbyberg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 1 juni 2011g). *Utställelsehandlingar: E4 Förbifart Stockholm: FS1, Konsortiet Förbifart Stockholm, tillfällig hamn norra Lovö, teknisk beskrivning för vattenverksamhet och hamnverksamhet, tillståndsansökan Miljöbalken*. Hämtat från Trafikverket:
http://www.trafikverket.se/contentassets/90896553023247b4b481e3bad8e5014b/s_teknisk_beskrivning_for_vattenverksamhet.pdf
- Trafikverket. (den 21 Januari 2014a). *Trafikverket.se*. Hämtat från Frågor och svar om Västlänken: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/Fragor-och-svar-om-Vastlanken/>
- Trafikverket. (2014b). *Järnvägplan, Västlänken, planbeskrivning, del 1*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014c). *Olskroken planskildhet och Västlänken: Masshanteringsplan*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 21 Januari 2014d). *Trafikverket.se*. Hämtat från Masshantering: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vasternorrland/Vasternorrland/E4-Sundsvall/Miljo/Masshantering/>
- Trafikverket. (2014e). *Järnvägsplaner, Olskroken plankildhet och Västlänken, Byggbeskrivning, del 1*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014f). *Järnvägsplaner, Olskroken plankildhet och Västlänken, Byggbeskrivning, del 2*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014g). *Järnvägplan, Västlänken, planbeskrivning, del 2, fastställd 2015-09-01*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 30 September 2015). *Transportdispens*. Hämtat från Trafikverket:
<http://www.trafikverket.se/transportdispens>

- Trafikverket. (den 22 april 2016a). *Trafikverket*. Hämtat från <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Forbifart-stockholm/Om-projektet/>
- Trafikverket. (den 9 Maj 2016b). *Milstolpar för Västlänken*. Hämtat från Trafikverket: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/Om-Vastlanken/Milstolpar/>
- Trafikverket. (den 9 Maj 2016c). *Västlänkens järnvägsplan fastställd*. Hämtat från Trafikverket: <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Vastlanken---smidigare-pendling-och-effektivare-trafik/Nyheter/2016/2016-05/vastlankens-jarnvagsplan-faststalld/>
- Trafikverket. (den 1 Mars 2016d). *Upphandling Västlänken*. Hämtat från Trafikverket.
- Trafikverket. (den 5 Maj 2016e). *Läget i trafiken*. Hämtat från Trafikverket: <http://trafikinfo.trafikverket.se/LIT/#url=Yrkestrafik-vag/Karta>
- Trafikverket. (2016f). *Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggandet av Västlänken och Olskroken planskildhet*. Göteborg: Trafikverket.
- Transportstyrelsen. (den 15 September 2014). *Statens haverikommission*. Hämtat från havkom: http://www.havkom.se/assets/reports/RS2014_06_Rekommendationssvar-från-TS.pdf
- Vägverket. (den 26 Februari 2009). *E 4 Förbifart Stockholm, Komplettering tillåtlighet, Fråga 12, PM, En redovisning av transporterna under byggtiden*. Hämtat från Trafikverket: http://www.trafikverket.se/contentassets/90896553023247b4b481e3bad8e5014b/fraga_12_pm_en_redovisning_av_transporterna_under_byggtiden.pdf
- Vägverket region Väst. (1994a). *Götatunneln, Ett miljöprojekt inom Göteborgsöverenskommelsen, Vägutredning december 1994*. Göteborg: Vägverket region Väst.
- Vägverket region Väst. (1994b). *Götatunneln: Ett miljöprojekt inom Göteborgsöverenskommelsen: Vägutredning december 1994*. Göteborg: Vägverket region Väst.
- Vägverket region Väst. (1997). *Väg 45, Götatunneln, Miljökonsekvensbeskrivning*. Göteborg: Vägverket region Väst.
- Västtrafik. (den 8 februari 2016). *Stenpiren resecentrum har öppnat*. Hämtat från Västtrafik: <https://www.vasttrafik.se/#!/om-vasttrafik/nyheter/invigning-av-stenpiren-resecentrum/>

BILAGOR

BILAGA 1- Analysmatris för bergschakt Gullberget

BILAGA 2- Analysmatris för bergschakt Kvarnberget

BILAGA 3- Analysmatris för bergschakt Otterhällan

BILAGA 4- Analysmatris för bergschakt Haga

Analysmatris för bergschakt Gullberget

	Gullberget - Kombiterminalen	Gullberget – Gullbergskajen - Risholmen	Gullberget – Jehanders krossanläggning	Gullberget – Älvsborgsbron – Vikans krossanläggning	Gullberget– Älvsborgsbron – Risholmen	Gullberget – Tingstad tunneln – Tagenes krossanläggning	Gullberget – Tingstad tunneln– Vikans krossanläggning	Gullberget – Tingstad tunneln – Risholmen
Transportmedel	Transportband	Lastbil och pråm	Lastbil	Lastbil	Lastbil	Lastbil	Lastbil	Lastbil
Miljöaspekter								
Natur och kultur	Inverkan på stadsbilden			Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmilj ö, Natura-2000			Natura-2000
Störningar för boende och arbetsplatser	Kontor	Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, kontor	Bostadsområde, kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor
Mängd Koldioxidekvivalenter i kg CO _{2e} per ton krossat berg	1,8 · 10 ⁻³	0,37 + 0,11 = 0,48	2,62	2,06	2,86	1,43	1,95	2,75
Tekniska aspekter								
Effektivitet [ton/h] *	600	78 (lastbil), 400 (pråm)	44,4	46,4	35,2	48,6	46,4	34
Antal omlastningar	0	1	0	0	0	0	0	0
Övrigt	Byggnadstekniska svårigheter och högkonstruktion	Sjötransport är väderberoende, tillfällig hamn krävs						
Ekonomiska aspekten								
Drift kostnader [kr/ ton]**	0,1	14 + 12,9 = 26,9	24,8	23,8	31,3	22,7	23,7	32,4

* Effektivitet avser transport med en lastbil, fet stil innebär dimensionerande värde

** För transportband avser kostnaden för endast elförbrukningen.

Analysmatris för bergschakt Kvarnberget

	Kvarnberget – Skeppsbrokajen (Transportband)- Risholmen	Kvarnberget – Skeppsbrokajen (Lastbil) - Risholmen	Kvarnberget - Vikans krossanläggning	Kvarnberget – stora badhusgatan - Risholmen	Kvarnberget – Kombiterminalen	Kvarnberget - Jehanders krossanläggning	Kvarnberget - Tagenes krossanläggning
Transportmedel	Transportband och pråm	Lastbil och pråm	Lastbil	Lastbil	Lastbil	Lastbil	Lastbil
Miljöaspekter							
Natur och kultur	Kulturvårdsmiljö, Inverkan på stadsbilden	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö, Natura-2000	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö
Störningar för boende och arbetsplatser	Bostadsområden, Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, kontor
Mängd Koldioxidekvivalenterkg CO _{2e} per ton krossat berg	$1,8 \cdot 10^{-3} + 0,16 \approx 0,16$	$0,08 + 0,16 = 0,24$	0,98	1,40	0,14	1,41	0,79
Tekniska aspekter							
Effektivitet [ton/h] *	600 (transportband), 400 (pråm)	78 (lastbil) , 400 (pråm)	46,4	35,2	68,1	42,5	46,4
Antal omlastningar	1	1	0	0	0	0	0
Övrigt	Byggnadstekniska svårigheter och hög konstruktion, sjötransport är väderberoende, tillfällig hamn krävs	sjötransport är väderberoende, tillfällig hamn krävs					
Ekonomiska aspekten							
Drift kostnader [kr/ton]**	$0,1 + 12,9 = 13$	$14 + 12,9 = 26,9$	23,8	31,3	16,2	25,9	23,8

* Effektivitet avser transport med en lastbil, fet stil innebär dimensionerande värde

** Kostnaden här avser endast elförbrukningen för transportband

Analysmatris för bergschakt Otterhällan och kungshöjd

	Otterhällan – Kombiterminalen	Otterhällan – Tagenes krossanläggning	Otterhällan – Jehanders krossanläggning	Otterhällan- Skeppsbrokajen (Transportband) - Risholmen	Otterhällan – Skeppsbrokajen (Lastbil) – Risholmen	Otterhällan – Vikans krossanläggning	Otterhällan – Södra älvstranden – Risholmen
Transportmedel	Lastbil	Lastbil	Lastbil	Transportband och pråm	Lastbil och pråm	Lastbil	Lastbil
Miljöaspekter							
Natur och kultur	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö	Kulturvårdsmiljö, Natura-2000
Störningar för boende och arbetsplatser	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor, Inverkan på stadsbild	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, kontor	Bostadsområde, Kontor
Mängd Koldioxidekvivalenter i kg CO _{2e} per ton krossat berg	0,20	0,84	1,46	$1,8 \cdot 10^{-3} + 0,16 \approx 0,16$	$0,01 + 0,16 = 0,17$	0,82	1,24
Tekniska aspekter							
Effektivitet [ton/h] *	48,5	40,8	39,2	600 (Transportband), 400 (pråm)	145,1 ; 400	53,7	40,8
Antal omlastningar	0	0	0	1	1	0	0
Övrigt				Byggnadstekniska svårigheter och hög konstruktion, sjötransport är väderberoende, tillfällig hamn krävs	sjötransport är väderberoende, tillfällig hamn krävs		
Ekonomiska aspekten							
Drift kostnader [kr/ton]**	22,7	27,0	28,0	$0,1 + 12,9 = 13$	$7,5 + 12,9 = 20,4$	20,5	27,0

* Avser effektiviteten med en lastbil, fet stil innebär dimensionerande värde

** Kostnaden här avser endast elförbrukningen för transportband

Analysmatris för bergschakt Haga

	Haga – Jehanders krossanläggning	Haga – Stigbergskajen – Risholmen	Haga – Älvsborgsbron – Vikans krossanläggning	Haga – Älvsborgsbron – Risholmen
Transportmedel	Lastbil	Lastbil och pråm	Lastbil	Lastbil
Miljöaspekter				
Natur och kultur		Kulturvårdsmiljö		Natura-2000
Störningar för boende och arbetsplatser	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, Kontor	Bostadsområde, kontor
Mängd Koldioxidekvivalenter i kg CO _{2e} per ton krossat berg	1,38	0,6 + 0,07 = 0,67	0,83	1,25
Tekniska aspekter				
Effektivitet [ton/h] *	48,6	60 (Lastbil), 400 (Pråm)	40,8	39,2
Antal omlastningar	0	1	0	0
Övrigt		sjötransport är väderberoende, tillfällig hamn krävs		
Ekonomiska aspekten				
Drift kostnader [kr/ton]	22,7	18,3 + 12,9 = 31,2	27,0	28,0

* Avser effektiviteten med en lastbil, fet stil innebär dimensionerande värde