Datum
2017-12-01

Dnr
2015-006674

Projektnr
41193-1

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Energieffektivt logistiksystem för transport av jord- och bergmassor på Södertörn	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Energy-efficient logistics for transportation of soil and rock material in Södertörn	
Universitet/högskola/företag Luleå Tekniska Universitet	Avdelning/institution Samhällsbyggnad och naturresurser
Adress 97187 Luleå	
Namn på projektledare Kristina Lundberg	
Namn på ev övriga projektdeltagare [Klicka här och skriv]	
Nyckelord: 5-7 st [Klicka här och skriv]	

Förord

Forskningsprojektet Energieffektivt logistiksystem för transporter av jord och berg har finansierats av Energimyndigheten och letts av Kristina Lundberg vid Luleå Tekniska Universitet.

Projektet har genomförts tillsammans med Ecoloop AB, SGU, NCC Industry AB, Bellmans åkeri, Swerock, Trafikverket, Stockholm stad, Botkyrka kommun, RagnSells, Destroy, Sveriges Åkeriföretag, SLU och SBMLC.

Projektet presenteras denna slutrapport, i en vetenskaplig artikel samt på konferensen *Hållbara transportsystem för ett effektivt byggande – håll takten och minska störningarna genom god planering* som genomförs i Stockholm den 13 februari 2018.

Projektgruppen vill tacka alla andra som har hjälpt till under projektets gång genom informations- och idéutbyte, intervjuer, och kommentering av rapporten. Slutsatser, tolkningar och eventuella felaktigheter står författarna själva för.

Stockholm den 22 december 2017
Kristina Lundberg, projektledare

Box 310 • 631 04 Eskilstuna • Besöksadress Kungsgatan 43
Telefon 016-544 20 00 • Telefax 016-544 20 99
registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se
Org.nr 202100-5000

Innehållsförteckning

Förord....1
Innehållsförteckning....2
Sammanfattning....3
Summary....5
Inledning/Bakgrund....7
Syfte och målsättning....9
Genomförande....9
Materialflödesanalys....10
Energi- och kostnadsanalys....15
Systemgränser....17
Styrmedel och affärsmodeller....19
Resultat....20
Energianvändning för nuläget 2015....20
Scenarier för mer energieffektiv hantering av jord och berg....24
Energi och kostnadsbesparingar för scenarierna 2025....28
Policy, styrmedel och affärsmodeller....37
Kommunikationsinsatser....41
Diskussion....42
Slutsatser....45
Referenser....46
Muntliga referenser....49

Sammanfattning

På våra vägar färdas en ström av tunga lastbilar som fraktar ballastmaterial och schaktmassor. Bara i Stockholmsområdet används var fjärde lastbil till att köra massgods (dvs jord, grus, sten och sand). Trots att detta varuslag utgör en stor andel av den tunga trafiken är samhällets kunskap om dessa transporter låg. Det saknas statistiskt på hur långt de kör, vilka typer av material som transporteras och vart dessa massor körs. Inom godssammanhanget finns det sedan flera år tillbaka ett stort engagemang och driv för att optimera varutransporterna, medan motsvarande åtgärder för massgodstransporterna saknas.

Många massgodstransporter sker idag förmodligen i onödan. Enligt åkeriföretag i Stockholmsområdet blir transporterna av massgods dessutom allt längre och fler. Alla transporter genomförs med lastbil och de allt längre transporterna medför stigande kostnader för byggande, samt utsläpp av växthusgaser, trängsel, och buller. I detta projekt beräknas mängden massgods som transporteras runt och antalet transportkilometer i Stockholm/Södertörn med hjälp av ett nyutvecklat modellverktyg (Optimass). Resultatet att projektet visar att 700 miljoner megajoule användes för att transportera massgod år 2015. Räknat i utsläpp av koldioxid motsvarar detta 26% av koldioxidutsläppen från tunga transporter i området.

Det finns åtgärder för att minska antalet transporter och därmed energianvändningen och koldioxidutsläpp. De åtgärder som har inkluderats i detta projekt är

1. samordning av transporterna mellan olika projekt genom gemensamma samordningsytor för masshantering där material kan förädlas och omfördelas mellan byggprojekten
2. Tyngre lastbilar som kan lasta mer material på varje transport
3. Överflyttning från lastbilstransporter till sjötransporter.

Den enskilda åtgärden med störst energipotential är samordning av transporterna. En samordning av massgodstransporter i Stockholm/Södertörn har potential att minska energi och koldioxidutsläpp med åtminstone 37%. Om samordning kombineras med användning av tyngre lastbilar med högre bruttovikt och 5 axlar så kan energianvändningen jord och bergmassorna reduceras till ungefär hälften. Förutom energi och koldioxidvinster reduceras trafikmängden och kostnaderna.

En stor andel av materialet som genereras inom studieområdet är så kallade mjuka massor (t ex leror eller förorenade material) som är besvärliga eller omöjliga att använda i byggandet. En överflyttning av dessa från lastbil till sjöfart ger i dagsläget måttliga energibesparingar eftersom dagens fartyg inte är energioptimerade. Däremot kan stora kostnadsbesparingar uppnås. Ett problem för genomförande av sjöfart är dock infrastrukturen, eftersom utskeppningshamn och mottagningshamnar saknas i stor utsträckning.

Viktiga åtgärder för att kunna styra utveckling mot mer energi- och kostnadseffektiva massgodstransporter är enligt projektresultatet att markägare och den fysiska planeringen måste inkludera ytor för hantering av massor, planerar för utskeppnings- och mottagningshamnar samt av/omlastningsplatser för lastbilar. Dessutom behövs en översyn av bärighetsklassningen av vägar.

Summary

Heavy trucks loaded with ballast material and excavated soils constitutes about 25 % the heavy goods transported on the road network of Stockholm. These transports are energy-intensive and has a large impact on the climate. They give also give rise to impacts such as congestion, noise and road wear. The knowledge of the transport pattern of ballast material and excavated soils is low. Statistics about how distances, what types of materials are transported and where these masses are destined is missing. For distributive trades, there has been a great deal of measures for optimizing and coordinating the transports, while corresponding measures for the mass freight transport (such as soil, gravel, rock and sand) are lacking.

According to the haulage industry in Stockholm area, transports of ballast and excavated soils is being transported longer and longer distances. All transports are carried out by lorry and the trend with more and longer transports lead to rising costs for construction. In this project, the amount of bulk goods transported and the number of transport kilometers in Stockholm / Södertörn is calculated using a newly developed model tool, called Optimass. The result of the project shows that 700 million MJ was used for transporting mass freight by 2015. Calculated in carbon dioxide emissions, this represents 26% of the carbon dioxide emissions from heavy transport in the area.

There are several measures that could be used for reducing the number of transports and hence decrease energy consumption and carbon dioxide emissions. The actions that have been included in this project are:

1. Coordination of transport in between construction projects using areas for surplus storage, processing and redistribution

2. Heavier trucks that can loaded with more bulk material on each transport

3. Relocation of transport on road by trucks to maritime transports.

The measure with greatest energy potential is according to the project result coordination of transport in between construction projects. Coordination in the Stockholm / Södertörn region has the potential to reduce energy and CO2 emissions by at least 37%. If coordination is combined with the use of heavier trucks that load more material on each load, energy use can be reduced to about half. In addition to reduced energy and carbon dioxide emission, traffic volumes and costs will be decrease.

A relocation of transport on road to maritime transport, can with right approach lead to great cost reductions according to the results. Most potential could be seen for the type of materials that is commonly transported long distances, i.e. cohesive soils and contaminated soils. Maritime transports currently though provide moderate energy savings as the ships not are being developed for being energy-efficient. A problem for achieving maritime transports is the lack of port infrastructure.

Important measures to control development towards more energy and cost-effective mass freight transport are, according to the project results, that landowners and the physical planning include areas for mass handling, infrastructure for shipment and reception ports, and loading / unloading facilities for trucks. In addition, a review of the load rating system of roads is needed.

Inledning/Bakgrund

Fler och fler människor flyttar till städer, en global trend som förväntas fortsätta och förstärkas. Befolkningsutvecklingen utmanar det befintliga systemet, både i termer av ekonomi, bostäder och infrastruktur. En konsekvens av byggandet av bostäder och infrastruktur är att det genererar ett stort antal byggrelaterade transporter vilket i sin tur ger upphov till bland annat trängsel, luftutsläpp och buller, samt slitage av vägarna. Dagens byggprocesser är dessutom i stor utsträckning linjär, dvs byggmaterialet baseras främst på jungfruliga råvaror och genererar sedan stora mängder avfall. De linjära byggprocesserna bidrar till ett ökat transportbehov.

Kunskapen om byggrelaterade transporter i urbana områden är i dag låg, både i Sverige och internationellt (Magnusson et al, 2015). Enligt Trafikanalys utgör dock transporter av ”jord, grus, sten och sand” den största andelen av den transporterade godsmängden med tunga lastbilar i Sverige (Trafikanalys, 2012). Antalet sådana transporter och transportlängder är dock i hög utsträckning okänd även om vissa uppskattningar gjorts. Åkeribranschen själva uppskattar att bygg- och anläggningssektorn står för 50% av den tunga trafiken i Stockholmsregionen. Massgods av olika slag (dvs jord, grus, sten och sand) utgör hälften av dessa transporter, det vill säga ca 25% av de tunga transporterna[1]. Massgodstransporterna består dels av jungfruliga ballastmaterial som transporteras in till byggen, dels av schaktmassor som transporteras bort från byggen. Även om massgodstransporterna utgör en betydande del av det totala transportarbetet på väg har dessa relativt sällan uppmärksammats i forskningssammanhang (Magnusson et al, 2015). Krantz & Bark (2014) konstaterar dock att det finns en stor effektiviseringspotential inom detta segment i tätortsmiljö. För att kunna uppnå effektiviseringar och identifiera de mest effektiva åtgärderna krävs dock en bättre kunskap om flödet av dessa transporter i urbana områden. Den forskning som finns fokuserar framförallt på flödet av bygg- och rivningsavfall och utesluter då till stor del fraktionen jord- och bergmassor (ex. Blengini and Garbarino, 2010; Coronado et al. 2011; Simion et al. 2013).

För att kunna effektivisera transporterna av massgods och identifiera lämpliga åtgärder behövs information om hur många massgodstransporter som genomförs, hur långt de kör och vart de körs. Underlag och statistik för att ta fram sådan data saknas dock helt i Sverige i dagsläget. För att, trots avsaknad av data, kunna uppskatta volymen jord- och schaktmaterial, och antal transporter utvecklades ett modellverktyg inom ramen för forskningsprojektet Optimass (www.optimass.se). Modellverktyget prognostiserar hur mycket anläggningsmaterial som kommer att genereras då samhället bygger bostäder till en ökande befolkning och beräknar utifrån förväntad massvolym hur många transportern som behöver. Utifrån antal transporter och antagna transportlängder kan sedan energianvändning, koldioxidutsläpp och kostnader beräknas.[2]

---

[1] Sveriges Åkerinäring genom samtal med Ulrik Långberg

[2] Verktyget utvecklades inom ramen för Optimass och har sedan vidareutvecklats inom ramen för detta projekt. Verktyget kommer att presenteras i en vetenskaplig artikel under 2018.

Åtgärder för effektivisering av massgodstransporter kan handla om förändring av systemet eller effektivisering inom ramen för befintligt system. En åtgärd för effektivisering, som uppmärksammats inom ramen för Optimass men även internationellt, är samordning av överskottsmaterial mellan olika byggprojekt inom en regional eller delregional skala. Samordning har, enligt Hao et al. 2007, stor energipotential men svår att få till i större städer på grund av brist på tillgängliga ytor för mellanlagring. Tanken om samordningen bygger på att behovet och efterfrågan av byggmaterial varierar från projekt till projekt. Ibland finns det stora överskott av jord- och bergmaterial medan andra byggprojekt har stora underskott och tvingas därmed köpa in stora mängder ballast. Bara i Stockholms stad hanteras ungefär 400 bygg- och anläggningsprojekt samtidigt. Koordination och utbyte av jord- och bergmassor mellan dessa projekt är starkt begränsad och varje projekt strävar efter massbalans i det egna projektet (Lundberg et. al, 2012). Om det fanns en större möjlighet till att utbyta av material mellan byggprojekt skulle stora effektiviseringar kunna uppnås. Ett tidigare svenskt samverkansprojekt av multidisciplinär karaktär, ”Hållbar materialförsörjning i Stockholms län”, studerade frågeställningar kring hur hanteringen av jord- och bergmassor kan bli mer effektiv. En av slutsatserna från det projektet var att det finns en stor medvetenhet i byggbranschen om att materialhanteringen många gånger blir ineffektiv och transporterna onödigt långa, men att möjligheterna för entreprenörer att öka användningen av jord och berg som byggmaterial i sina byggprojekt och minska transportarbetet begränsas av bristen på tillgängliga ytor för att t.ex. sortera, krossa och förädla jord och berg (Frostell & Norström 2009). Denna problematik har även beskrivits i det finska samverkansprojektet Absoils (Forsman, 2013). I det brittiska projektet CL:aire har de testat att koordinera materialhanteringen av jord- och berg mellan flera byggprojekt genom att använda sig av gemensamma lagrings- och sorteringsplatser (CL:aire 2013). Det visade sig ha positiva energieffekter genom minskat behov av transporter samt minskat behov av deponering. Även positiva nettoeffekter på klimatpåverkan kunde påvisas. Genom effektivisering av materialtransporter samt ökat återbruk av jord- och bergmassor i ett regionalt perspektiv bedöms stora energivinster kunna uppnås. Effektiviseringarna ger även stora ekonomiska besparingar. Enligt tidigare orienterande studier skulle ett antal hundra miljoner kronor kunna sparas i Stockholmsområdet varje år genom ökat återbruk och rationella transporter. Tyresö kommun har förkortat transporterna av massor från i genomsnitt 80 km tur och retur, till 20 km tur och retur genom att skapa ett upplag för återvinning av entreprenadberg, och har därmed gjort kostnadsbesparingar på ungefär 6 miljoner kronor och minst 400 ton CO2 per år (Frosth, 2014).

Utöver samordning kan transporterna effektiviseras inom ramen för befintligt system. Inom transportforskningen har visats att genom att öka fyllnadsgraden, öka fordonsekipagets bruttovikt (TFK, 2016). Genom teknisk utveckling av motorer så kan en lägre bränsleförbrukning per transporterad godsenhet då erhållas. Även minskning av transportarbetet och fordonsrörelser med transportoptimering är ett sätt att minska transporternas miljöpåverkan och

energiåtgång. För transporter av jord, sand och sten ligger utlastningen relativt den högst tillåtna lastvikten vanligen nära 100 % och medellastvikten nära 50 % eftersom det är svårt att finna returgods. Därmed återstår högre bruttovikter, fordonsteknisk utveckling och transportoptimering som alternativ att öka energieffektiviteten i detta godssegment. Högre bruttovikter begränsas dock av regelverket, både när det gäller fordonen och viktbegränsningar på vägar (Krantz & Bark 2014). Utöver effektivisering av lastbilstransporterna kan energieffektiviteten ökas genom överflyttning av gods till mer energieffektiva trafikslag. Där har sjötransporter en stor potential både avseende energieffektivitet och ledig kapacitet.

Syfte och målsättning

Syftet med detta projekt har varit att identifiera åtgärder för att öka energi- och resurseffektiviteten i hanteringen av jord- och bergmassor från tunga transporter. Som fallstudie används de angränsande kommunerna Stockholm stad, Huddinge, Haninge, Botkyrka och Tyresö. Projektet har genomförts under perioden december 2015 - december 2017 och finansierats av Energimyndigheten samt deltagande partners. Luleå tekniska universitet har varit projektledare för projektet. Deltagit har även Stockholm stad, Botkyrka kommun, Ecoloop AB, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Trafikverket, NCC Industry AB, RagnSells, Swerock, Destroy, Sverige Åkeriföretag, Bellmans Åkeri & Entreprenad AB, och SpångaMälarö Lastbilcentral AB (SMLBC).

Projektet övergripande syfte är att beräkna energieffektiviseringspotentialen som kan uppnås genom samordning i en region genom lagring av massor; överflyttning av transporter till sjöfart samt transportoptimering genom lastbilar med högre bruttovikt. Utifrån beräkningar har styrmedel och affärsmodeller tagits fram som kan användas för att uppnå de mest energieffektiva åtgärderna.

Projektet delmål har varit att

- Beräkna energianvändningen i nuläget (år 2015), i kWh, för transport av jord och bergmassor på Södertörn
- Beräkna energieffektiviseringspotentialen för åtgärdsscenarier (år 2025) i kWh, CO2 samt SEK
- Ange önskade åtgärder och möjliga demonstrationer
- Ta fram förslag på policy, styrmedel och affärsmodeller
- Kommunicera projektets resultat till ett brett nätverk av intressenter

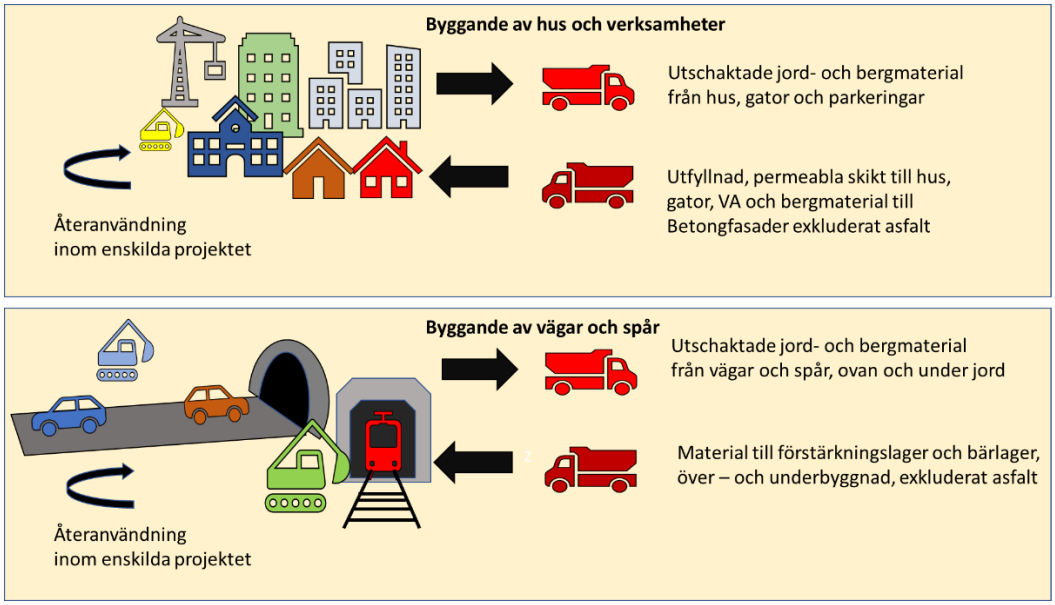
Genomförande

Studien består övergripande av materialflödesanalys för jord och bergmassor i en del av Södertörn (Stockholm, Huddinge, Haninge, Botkyrka och Tyresö).

Dessutom genomfördes en analys av energianvändning och kostnader för transporter kopplade till dessa materialflöden för olika scenarier. Materialflödesanalyser har genomförts i huvudsak av LTU och Ecoloop utifrån modellverktyget Optimass. Indata till verktyget har tagits fram med hjälp av deltagande parter. Dessutom har intervjuer och workshops genomförts för att ta fram önskvärda åtgärder och förslag på styrmedel och affärsmodeller.

Materialflödesanalys

I materialflödesanalysen har jord- och bergmaterial kvantifierats med hjälp av modellverktyget Optimass (Magnusson et.al, manuscript). Verktyget är Excel-baserat och har utvecklats av Ecoloop inom ramen för plattformen Optimass (www.optimass.se). Med verktyget kan mängden material som uppstår och som behövs för byggande beräknas och prognostiseras. I figur 1 visualiseras de materialflöden som kvantifieras inom ramen för denna studie.



Figur 1. ***Materialflöden som ingår i studien, dvs byggande av hus och verksamhetsområden samt av vägar och spår.***

I analysen ingår materialflödesanalys för bygg och anläggning där ena delen utgörs av byggnader och verksamhetsområden och den andra delen utgörs av infrastrukturprojekt, här definierat som vägar och spår. För allt byggande beräknas dels behovet av material för byggandet samt schaktat material (se figur 1). För byggnader och verksamheter ingår sånt material som uppstår vid byggande av husgrunder, gatunät inklusive VA/fiber/el dragningar samt parkeringsplatser ovan och under jord. Dessutom beräknas behovet av material som krävs för byggande av hus och verksamheter. I dessa beräkningar ingår behovet av fyllnadsmaterial, permeabla skikt till hus, gator och ledningar samt till betongfasader. Betongfasader är i dagens byggande vanligtvis prefab element och materialet för dessa kommer inte direkt från täkt eller annat upplag. Material som behövs för

asfaltsbeläggningar är exkluderat eftersom detta material bedöms utgöra ett mindre materialflöde i sammanhanget. För byggande av väg och spår så ingår nybyggnationer och större investeringar i statens eller länens väg- och spårnät. Underhåll av väg och spår är exkluderat. För både byggande av byggnader, verksamheter och vägar/ spår sker en viss återanvändning av massor i det egna projektet, vilket har inkluderats i projektet. De projektinterna transporterna av massor ingår dock inte analysen. I analyser ingår pålastning och avlastning av massor från lastbil, oavsett om de återanvänds inom det egna projektet eller körs iväg.

Indata till beräkningarna baseras övergripande på data på inflyttning av människor och samt investeringar i infrastruktur samt geologiska underlag såsom jordartskartan. För det planerade byggande av byggnader och verksamheter i det valda studieområdet har data samlats in från kommunala detaljplaner samt kommunala översiktsplanerna. För nuläget 2015 bestod indata av information från detaljplaner som vunnit laga kraft. Enligt exploateringskontoret i Stockholm[3] och även andra exploateringskontor i Södertörn startar oftast ett byggprojekt 6 månader efter att detaljplanen vunnit laga kraft (Tabell 1). Byggprojekten inleds vanligtvis med schaktning, först för vatten och avlopp (VA) därefter schakt för huskropparna. Markarbetena med schaktning avslutas vanligtvis inom ett år, då entreprenörerna påbörjar arbetet själva husbygget.

Tabell 1. Grov indelning över tid, från detaljplanens laga kraft till schaktning och byggande.

Månad:	**0**	**6**	**12**	**18**	**24**	**30**
Aktivitet						
Detaljplan laga kraft	X					
Shakt för VA och väg						
Shakt för hus						
Husbygge						

Antagna detaljplaner för beräkning av nuläget samlades in under perioden 2014-07-01 – 2015-06-30 eftersom dessa förväntades därför utföra schaktarbete under 2015, i enlighet med resonemanget ovan (se tabell 1). Totalt rörde det sig om 35 detaljprojekt. Från detaljplanedokumenten samlades information om antal tillkommande bostäder, antal våningar samt parkeringstal.

Översiktsplanerna har varierande detaljeringsgrad kring antal nyinflyttade, storlek på verksamhetsområden och när projekten kommer starta. Därför har informationen i översiktsplanerna tolkats och omformulerats så att den kan användas i modellverktyget. Det innebär att ett antal namngivna geografiska områden har valts ut, och nyinflyttade boende samt nytillkommen bruttoarea (BTA) i verksamhetsområden har kopplats till dessa utvalda områden. En tidsplan för exploateringen har dessutom identifierats. I varje kommuns översiktsplan finns prognosticerade befolkningsökningsscenarier på kommunnivå. För att dela upp befolkningsökning per exploateringsområde har fördelningen av dagens befolkning (från SCB-statistik) på kommundelar använts. Sedan har antagits att

[3] Genom intervjuer genomförda med Sven Brodin, exploateringskontoret Stockholm stad.

befolkningsökningen fördelas på samma sätt, förutom i de fall när översiktsplanen har gett ytterligare detaljer (till exempel att ett helt nytt område planeras).

Antal våningar på bebyggelsen är viktiga indata till beräkningsmodellen, information om detta har hämtats från översiktsplan om möjligt, annars har den uppskattats med hjälp av satellitbilder från Google maps, med antaganden att nytillkommen bebyggelse byggs i samma höjd som existerande bebyggelse. Antal kvadratmeter BTA för verksamheter har angetts i alla kommuners översiktsplan. Tidslinjen för nytillkommen bebyggelse hade angivits i Botkyrkas översiktsplan, för de andra kommunerna hade i översiktsplan antagits en jämn befolkningsökning per år, vilket också räknats med i det här projektet.

För vägar och spår finns motsvarande modell som för byggnader och verksamheter. För materialflödesanalysen samlades data in för vilka investeringar som genomfördes för 2015 respektive 2025. Försök gjordes till att samla information om hur materialbalansen för de olika projekten. Detta har dock inte lyckats då det inte finns någon sådan sammanställd information hos Trafikverket[4]. De projekt som ingått i analysen för byggande av vägar och spår 2015 presenteras i tabell 5 tillsammans med dess investeringar. Målåret 2015 är att betrakta som ett projekteringsår, dvs. det har pågått relativt mycket projekteringar i området men mindre startade byggprojekt, vilket kommer innebära mer byggnationer under de närmsta åren.

Tabell 2. ***Väg- och spårprojekt under 2015 i regionen samt dess investeringar under målåret. (Trafikverket, 2017 och Länsstyrelsen i Stockholm, 2017)***

Kommun	Objekt	Investering 2015 (Mkr)
Projekt ovan jord		
Stockholm	E4 Norrtull (Haga södra) - Kista	91
Stockholm	E18 Trafikplats Kallhäll	10
Stockholm	E18 Hjulsta - Kista	646
Stockholm	E20 Norra Länken	1495
Stockholm	E4 Tomteboda-Haga södra	124
Stockholm	E4/E20 Essingeleden-Södra Länken	30
Stockholm	Stockholm C-Sörentorp, ökad kapacitet	70
Huddinge	Flemingsberg, ytterligare plattformsspår, spår 0	82
Stockholm	Tomteboda-Kallhäll, ökad kapacitet	1148
Haninge	Nynäsbanan, dubbelspår (etapp Tungelsta-Hemfosa)	104
Haninge	Nynäsbanan, Vega pendelstation	87
Haninge	73 Vega trafikplats	99
Stockholm, Vallentuna	Roslagsbanan 1 + 2	828
Stockholm, Vallentuna	Roslagsbanan 1 + 2 kommunala följdinvesteringar	121
Totalt ovan jord		**4936**
Projekt under jord		
Stockholm	Citybanan	3245
Huddinge, Ekerö, Bromma, Solna	E4 Förbifart Stockholm	2623
Totalt under jord		**5867**

Medelvärden för uppkomst av jord och bergmaterial har tagits fram för linjedragning ovan jord respektive under jord (tunnel). Medelvärden är framräknade i enheten schaktad berg respektive jord per investerad miljon och baseras på utfallet från ett antal tidigare genomförda väg- och spårprojekt. I

[4] Enligt samtal med Ahmad Jazeb Dezfouli, Trafikverket per. komm 2016-07-07

verktyget krävs indata i form av totalt investerade medel i väg- respektive spårprojekt. Dessutom krävs indata för den procentuella fördelningen av jord i olika kvalitéer. Material som byggs in i vägar och spår kan grovt indelas i tre delar. 1) förstärkningslager/ underbyggnad, 2) bärlager/överbyggnad och för vägar 3) slitlager (asfaltslager). En stor del av förstärkningslager / underbyggnad kan byggas upp med olika fyllnadsmassor medan bärlager/ överbyggnad består av grus och sand. Slitlagret för vägar utgörs av asfalt. Materialbehovet till en väg eller ett spår varierar mycket från projekt till projekt. För beräkningarna av vägar och spår ovan jord har därför antagits att behovet av fyllnadsmaterial till underbyggnad och bärlager är lika stort som den volym som schaktas ut. För vägar och spår under jord har det antagits att materialbehovet är 1 % av utschaktat material. Utifrån äldre internationell inventering av materialanvändning för byggande av vägar (Tolstoy, 1996) utgörs produktion av bergmaterial till slitlagren ca 16 % av den totala materialanvändningen. Utifrån reglerna för vägar och gators utformning, (Trafikverket, 2015) så bedöms hanteringen för bergmaterial till asfalt utgör en mindre del av materialflödet och har därför inte inkluderats i beräkningarna.

I projektet gjorde även ett försök till att verifiera materialflödesanalysen med hjälp av enkätsvar från täkter i regionen. Enkäten skickas våren 2016 från Sveriges Geologiska Undersökning till täkter i Stockholm och Uppsala län. Enkäten syftade till att samla in information runt materialflöden och logistikmönster kopplat till täkter i Stockholm och Uppsala län för året 2015. Då svarsfrekvensen var låg, samt att inrapporterade mängder material var avsevärt lägre än de mängder som redovisas i SGU’s rapport Grus, sand och krossberg 2014, drogs slutsatsen att svaren vad gäller mängder inte speglar den reella mängden som hanteras i täkterna och därför inte kunde användas för verifiering av materialflödesanalysen.

Återanvändningsgrader av jord och bergmaterial inom byggprojekt

Modellverktyget byggs upp baserat på behov av material samt hur mycket material som förväntas uppstå genom schakt (se figur 1). Att beräkna det totala flödet av material utifrån dessa parametrar blir dock felvisande eftersom byggprojekt strävar efter att uppnå massbalans genom återanvändning direkt på platsen. Återanvändningsgrader på plats i byggprojekt varierar dock i praktiken mycket från projekt till projekt eftersom möjligheterna för återanvändning utifrån teknisk kvalitet, sorteringsmöjligheter samt mellanlagring varierar. I projektet har det gjorts försök att samla in uppgifter kring hur mycket byggprojekt klarar av återanvända på plats. Detta har dock varit mycket svårt just på grund av den stora variationen mellan projekt. Någon generell schablon finns inte. Utifrån erhållen information från branschföreträdare ses att för byggnader och verksamheter så finns det ofta lite utrymme för att arbeta med återanvändning av massor på plats men att det i så fall troligtvis är en mindre mängd berg, morän och mjuka massor som återanvänds som fyllnadsmassor. Det har därför antagits att endast 10 % av materialen berg, morän och mjuka massor återvinns direkt i projekt. Sand och grus som är lättare att återvinna körs ofta iväg till någon materialterminal säljs

vidare. Därför antas ingen sand och grus direktåtervinnas. För byggande av vägar och spår ovan jord finns ofta större möjligheter att återanvända material inom projektet, längs med linjen. Det har därför antagits att 80 % av massorna kan återvinnas oavsett kvalitet. Detta är ett grovt och antagligen något högt antagande där det finns utvecklingsbehov för att specificera återvinning per materialslag. För väg- och spårprojekt under jord antas återvinningen var noll då materialbehovet bör vara väldigt lågt. Det är därför rimligt att anta att massorna transporteras bort. I tabell 1 presenteras antagandena om återanvändningsgrader inom byggprojekt. Övriga material antas transporteras bort från byggplatsen till någon typ av materialterminal.

Tabell 3 Antagna återanvändningsgrad för byggnader samt väg och spårprojekt

	Byggnader	Väg- och spårprojekt ovan jord	Väg- och spårprojekt under jord
Berg	10 %	80 %	0 %
Sand och grus	0 %	80 %	0 %
Morän	10 %	80 %	0 %
Mjuka massor och förorenade massor	10 %	80 %	0 %
Torv	0 %	80 %	0 %

På deponierna/materialterminalerna sker viss bearbetning av material som krossning och sortering, och materialet kan sedan återsäljas. I samband med den enkätstudie som SGU genomförde under våren 2016 framkom att det finns materialterminaler i området som återvinner och säljer ca 50 % av de massor som inkommer. På grund av den låga svarsfrekvens går det dock inte att säga om detta är representativt för alla materialterminaler i området.

Definition av jord- och bergmaterial

Det finns en mängd olika namn på de typer av jord- och bergmassor som schaktas ut ur marken i samband med byggande eller som byggs in i vägar, hus eller andra anläggningar. Benämningarna varierar ofta mellan olika aktörer och beroende på vilken information som är viktig för de aktörerna som ska hantera materialen. I detta projekt har benämningarna valts utifrån hur transportörer och entreprenörer benämner materialen.

Schaktat material delas in i kategorier utifrån SGU:s jordartskarta. Jordartskartan innehåller nästan 80 kategorier av olika jordarter. I modellverktyget har jordartskategorierna därför slagits ihop i fem större grupperingar utifrån hur de tekniskt kan användas i markförberedningsprojekt. **Se tabell 4** för en fullständig

redovisning av vilka av SGU:s jordartskategorier som ingår i vilken av modellverktyget Optimass grupperingar.

Tabell 4: Jordartsgrupper i Optimass beräkningsmodell, baserat på SGU:s jordartskarta "Jordart, grundlager"

Kategori Optimass beräknings-modell	*Grund för indelning*	*Övergripande beskrivning jordartskartekategorier SGU*	*Alla kategorier jordartskarta*
Berg av god kvalitet	Återanvänds efter krossning	Berg	Berg, Älvsediment sten-block, sten-block, isälvssediment sten-block, morän sten-block, urberg
Sand, grus	Kan återanvändas, eventuellt efter sortering	Sand, grus, sediment av sand eller grus	Svämsediment, svämsediment sand, svämsediment grus, Älvsediment, älvsediment sand, älvsediment grus, flygsand, finsand, sand, sand-grus, postglacial finsand, postglacial sand, svallsediment grus, Isälvssediment, isälvssediment sand, isälvssediment grus,
Morän av god kvalitet, dåligt berg	Kan delvis återanvändas efter sortering	Sandig eller grusig morän	Morän, morän omväxlande, sandig-siltig morän, sandig morän, grusig morän, fanerozoisk diabas
Mjuka massor	Besvärliga, kan ej återanvändas, få deponier	Leror och siltiga material, gyttja	Gyttja, Bleke och kalkgyttja, Kalktuff, Flytjord eller skredjord, svämsediment ler-silt, svämsediment grovsilt-finsand, älvsediment ler-silt, älvsediment grovsilt-finsand, gyttjelera eller lergyttja, postglacial finlera, postglacial lera, postglacial finlera, postglacial grovlera, postglacial silt, lera-silt, silt, lera, postglacial grovsilt-finsand, glacial lera, glacial finlera, glacial grovlera, glacial silt, glacial grovsilt-finsand, moränlera eller lerig morän, moränlera, moränfinlera, morängrovlera, lerig morän,
Övrigt	Organiskt material får ej deponeras, kan användas som jordförbättring eller för energiutvinning	Torvmaterial, fyllmassor	Torv, Mossetorv, Kärrtorv, Fyllning

Energi- och kostnadsanalys

I ett nästa steg analyseras de energimässiga och kostnadsmässiga effekterna av jord och bergmaterialhanteringen. För att kunna genomföra energi- och kostnadsanalyser krävdes indata i form av materialkvalitet, körsträckor för lastbilar samt data på bränsleförbrukning och transportkostnader.

Transportsträckor och tomtransporter

Transportsträckorna för olika typer av jord och bergmassor kan variera mycket. Det beror bland annat på hur stor efterfrågan det finns på materialet. För entreprenadberg finns relativt stor efterfrågan då det är ett material som relativt enkelt kan ersätta jungfruligt material i en konstruktion. För material med sämre geotekniska och miljötekniska egenskaper så som mjuka massor och förorenade massor så finns det liten eller ingen efterfrågan. För dessa material är antalet mottagande materialterminaler färre samt att kostnaden för att lämna är relativt hög. Det finns idag ingen nationell eller regional statistik för hur långt lastbilar kör med olika fraktioner av jord- och bergmaterial.[5] För analysen i detta projekt har istället information om körsträckor från ett av de större åkerierna i Stockholm använts tillsammans med information från Stockholms Exploateringskontor gällande körsträckor för lastbilar som försörjer byggprojekten i Norra Djurgårdsstaden. Dessa antagna medelsträckor har stämts av med ett antal andra åkerier för att verifiera de antagna avståndet och en identifierad trend med ökande avstånd. För tomtransporter har statistik hämtats för lastbilstransporter av jord, sten och grus (Trafikanalys, 2016). Statistiken bygger på enkäter med transportörer och det går att utläsa att av den totala transportsträckan går lastbilar tomma ca 35 % av sträckan. Vid antagande att lastbilar som transporterar jord och bergmaterial från byggprojekt är lastade när de kör ut från byggplatsen så ses att antalet lastbilar som kör tomma i andra riktningen bör vara ca 70 %. I denna studie antas därför att åtminstone 50 % av lastbilarna går tomma tillbaka. Undantag görs för transporter av massor som kräver att flaken behöver rengöras innan de kan lastas med material till bygget. Detta antas gälla för massor som är mjuka eller förorenade samt för torv.

Figur 2. Antagna transportavstånd

Antagna körsträckor - källor i kommentarer	Nuläge 2015		Framskrivning 2025	
	Sträcka enkel väg (km)	Andel tomtransport tillbaka	Sträcka enkel väg (km)	Andel tomtransport tillbaka
Utschaktad entreprenadberg	15	50%	15	50%
Utschaktad sand, grus	20	50%	20	50%
Utschaktad morän	20	50%	20	53%
Utschaktad mjuka massor, förorenade massor	80	100%	170	100%
Utschaktad torv	50	100%	50	100%
Krossberg från täkter	15	50%	15	50%
Grus från täkter	15	50%	30	50%

När det gäller typen av lastbilar så beräknas att hälften av transporterna går genom Stockholm eller startar på BK 2 vägar och sker därför med 5 m^3 last på 3 axlad boogiebil. Den andra hälften av transporterna antas starta på BK 1 vägar utanför Stockholm och sker med 17,5 m^3 (= ca 35 ton) last på 3 axlad lastbil med släp.

[5] Sara Berntsson, Trafikanalys muntlig referens 2016-03-09

Energianvändning och klimatutsläpp (CO_2)

Beräkningen av energianvändning och klimatutsläpp har också gjort med hjälp av Optimass modellverktyg. Utifrån mängden massor och antagande om genomsnittlig lastvolym har antalet transporter kunnat beräknats. En stor del av massorna i Stockholmsområdet transporteras med antingen 3 axlade lastbilar med eller utan släp.[6] Den genomsnittliga lastvolymen beräknades till 8,6 m^3. Ett medelvärde för densiteten har beräknats för materialfraktionerna utifrån materialens densitet i bulkform eller kompakterat och antas till 1,9 ton/ m^3. Utifrån avstånden för respektive material har klimatutsläpp och transportkostnad för åtgärdsscenarierna beräknats. De genomsnittliga klimatutsläppen har utifrån en åkeriaktörs årliga bränslerapporter för 3 axlad lastbil och 4 axlad lastbil beräknats till 0,0011 ton CO_2-ekvivalenter/kilometer.

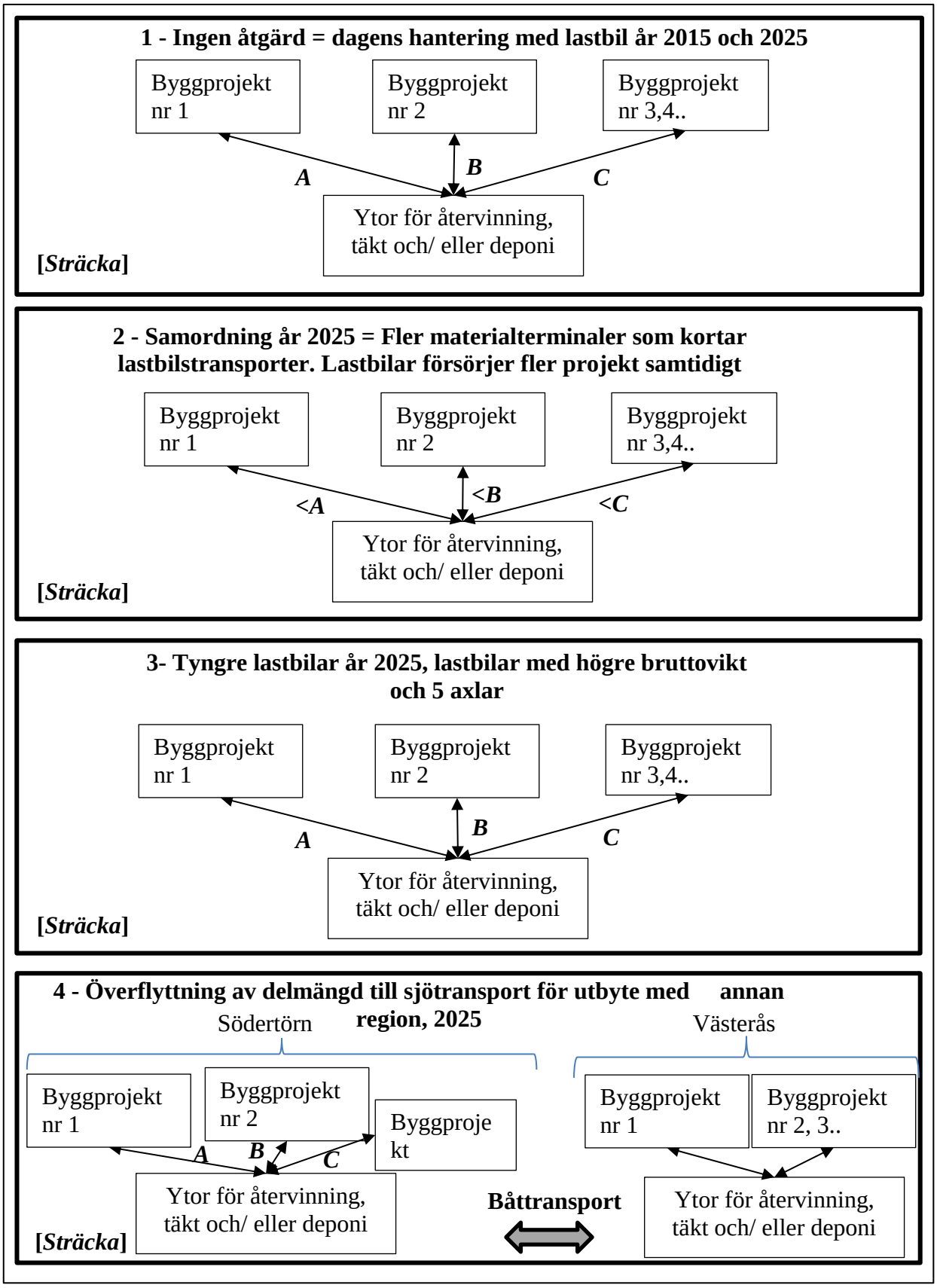
Transportkostnadsanalys

Kostnad för transport har beräknats utifrån en kostnad per kilometer och lass. Detta innefattar kostnad för drivmedel och bilhyra inklusive chaufför. Inga avgifter för deponi eller inköp av material har inkluderats. Hänsyn har inte heller tagits till marknadsmekanismer som kan påverka prissättning. Kostnad för transporten beräknas vara 11,25 kr/kilometer och lass. Då priset per kilometer och lastbilslass baseras på lastbil med släp kan kilometerpriset som använts som underlag anses vara lågt satta.

Systemgränser

Dagens hantering jord- och bergmaterial, nuläget (2015) har jämförts med uppställda framtidsscenarier (2025) som beskriver olika val av åtgärder. Det studerade åtgärdsscenarierna beskrivs översiktligt i figur 3. Den geografiska systemgränsen är samma som för nuläget, dvs Stockholm, Botkyrka, Haninge, Tyresö och Huddinge.

[6] Angelika Treiber, TFK, institut för transport och logistikforskning, muntlig referens 2017-10-12



Figur 3: *Olika åtgärdsscenarier som studeras och skillnader i dessa.*

I scenariot - ingen åtgärd - antas hanteringen av jord- och bergmaterial år 2025 inte ändrats gentemot idag avseende antalet tomtransporter och transportsträckor för jord- och bergmassor. För vissa material som ofta deponeras så ändras transportavstånden beroende på hur deponier förväntas vara lokaliserade år 2025. I scenariot Samordning antas att det år 2025 finns fler materialterminaler som minskar transportavstånden till och från byggprojekt gentemot scenariot ”ingen åtgärd” på grund av etablering av mer närliggande materialterminaler som används för att sortera och förbereda jord och bergmaterial innan återvinning. Dessutom antas projekt var koordinerade mellan varandra där materialterminalerna möjliggör att jord- och bergmassor byt mellan byggprojekt. Detta antas minska andelen transporter som i scenariot ingen åtgärd går tomma eftersom lastbilar har möjlighet att försörja fler projekt samtidigt och därmed planera körning till flera projekt för att maximera antalet resor med lastat flak. I scenariot tyngre lastbilar antas lastbilsparken för jord- och bergmaterial 2025 vara utbytt till större lastbilar som kan lasta mer och därmed minska antalet transporter jämfört med nollalternativet. I scenariot Sjötransporter antas en delmängd av materialen som uppkommer i det studerade området 2025 att transporteras med båt istället för lastbil för att utbyta material med en annan region.

Styrmedel och affärsmodeller

Två workshops om styrmedel kopplat till de olika åtgärdsscenarierna har genomförts inom ramen för projektet. Den första workshop genomfördes tillsammans med Stockholms stad och Botkyrka kommun den 2a december 2016 och den andra tillsammans med alla projektpartners den 16 mars 2017.

Deltagarna på workshoparna har fått komma med förslag på olika typer av styrmedel (se tabell 5) kopplat till de tre olika åtgärdsscenarierna, dvs samordning, effektivare lastbilar, samt överflyttning till sjöfart. Workshoparna har spelats in och transkriberats i efterhand varpå en bruttolista på olika styrmedel har tagits fram.

Tabell 5. Typer av styrmedel som användes som utgångspunkt för de två övningarna

Ekonomiska/administrativa styrmedel (T.ex. skatter, avgifter, upphandling)	**Juridiska styrmedel** (Lagar, förbud, regler, tillsyn)
Informativa och kunskapsbaserade styrmedel (t.ex. informationsfilmer, nätverk, goda exempel, Forskning)	**Samhällsplanering som styrmedel** (t.ex. fysisk planering, markanvisningsavtal, detaljplanering etc)

Resultat

Resultatet från beräkningarna presenteras nedan först för nuläget, år 2015. Därefter presenteras de olika scenarierna (figur 3) som används för att beräkna energi och kostandspotentialer. Scenarierna beräknas utifrån prognosticerat byggande i valt studieområde år 2025. Slutligen presenteras energi- och kostnadspotentialen för de olika scenarierna samt identifierade styrmedel.

Energianvändning för nuläget 2015

Nuläget representerar dagens hantering av jord- och bergmaterial från byggprojekt i de utvalda kommunerna på Södertörn (Stockholm, Haninge, Huddinge, Tyresö, Botkyrka). I dagens hantering av jord och bergmaterial sker hanteringen oftast utan samordning mellan byggprojekt i omgivningen utan varje projekt löser hanteringen enskilt. Material som schaktas ut återvinns delvis på plats, om möjligheten finns, medan resterande material transporteras med lastbil till ytor för deponering, eller för sortering och vidare återvinning i andra projekt. Material som byggs in i byggnader, verksamheter och infrastruktur hämtas vanligtvis från bergtäkter eller från återvinnings- och sorteringsläggningar. Det är ofta svårt att etablera ytor för täkter, mellanlager och deponier i tätorter. Detta beror delvis på bristande tillgång på ytor för dessa ändamål men även på grund av störningar som sådana ytor genererar i form av tex buller och trafik. Dagens hanteringsytor är därför sällan optimalt placerade utifrån att minimera transportavstånden till byggprojekten som pågår. Ytorna är dessutom ofta kopplade till en specifik entreprenör och inte öppen tillgänglig för alla aktörer i området, vilket gör att transporter inte alltid sker till de närmaste ytorna. Transporterna av jord- och bergmaterial sker idag inom det valda studieområdet uteslutande med lastbilar.

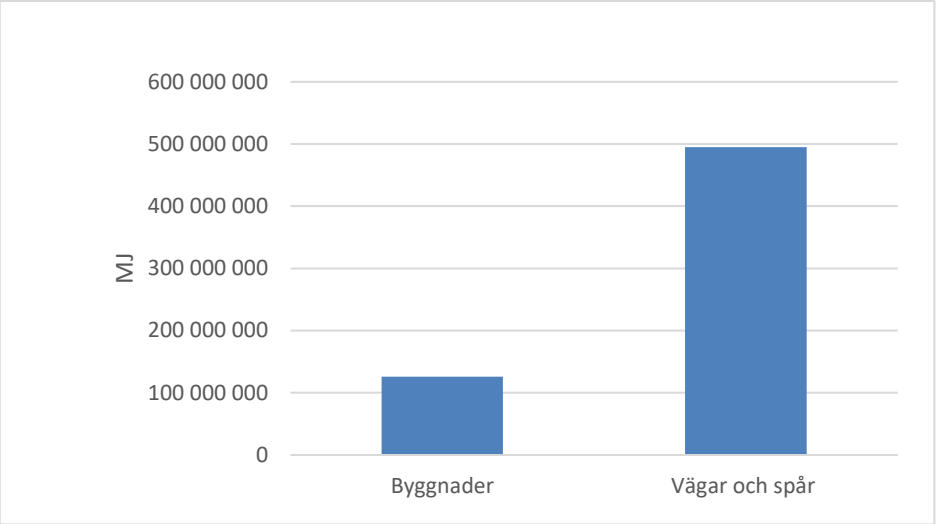
En viktig förutsättning för beräkningarna av masshanteringen i nuläget är också hur byggprojekten genomförs och planeras. Enligt intervjuer med byggherrar genomförs byggande genom att schaktningen genomförs i projektets första del och behovet av material till projektet oftast uppstår i projektens senare skede. Detta gör att lastbilar som försörjer projekten många gånger endast är lastade halva sträckan och det är svårt att öka fyllnadsgraden på lastbilarna. Under schaktning vid markförberedande arbete går alltså lastbilarna lastade ut från byggprojektet och kommer tomma tillbaka. I ett senare skede blir situationen tvärtom då lastbilarna kommer lastade in till byggprojektet och går tomma tillbaka.

För att kunna analysera de energimässiga och kostnadsmässiga effekterna av jord och bergmaterialhanteringen har indata i form av materialkvalitet, återvinningsgrad inom byggprojekt, körsträckor för lastbilar samt data på bränsleförbrukning och transportkostnader använts (se kapitel Genomförande).

Resultatet visar att energianvändningen med dagens hanteringssätt av jord och bergmassor uppgår till knappt 700 miljoner MJ (se figur 4). Huvuddelen av denna energianvändning utgörs av transporter kopplade till infrastrukturprojekt, dvs vägar och järnvägar. 53% av energianvändningen är kopplad till transporter vid

byggande av vägar och järnvägar ovan jord. 19% av energianvändningen är kopplade till infrastruktur under jord, dvs tunnlar av olika slag.

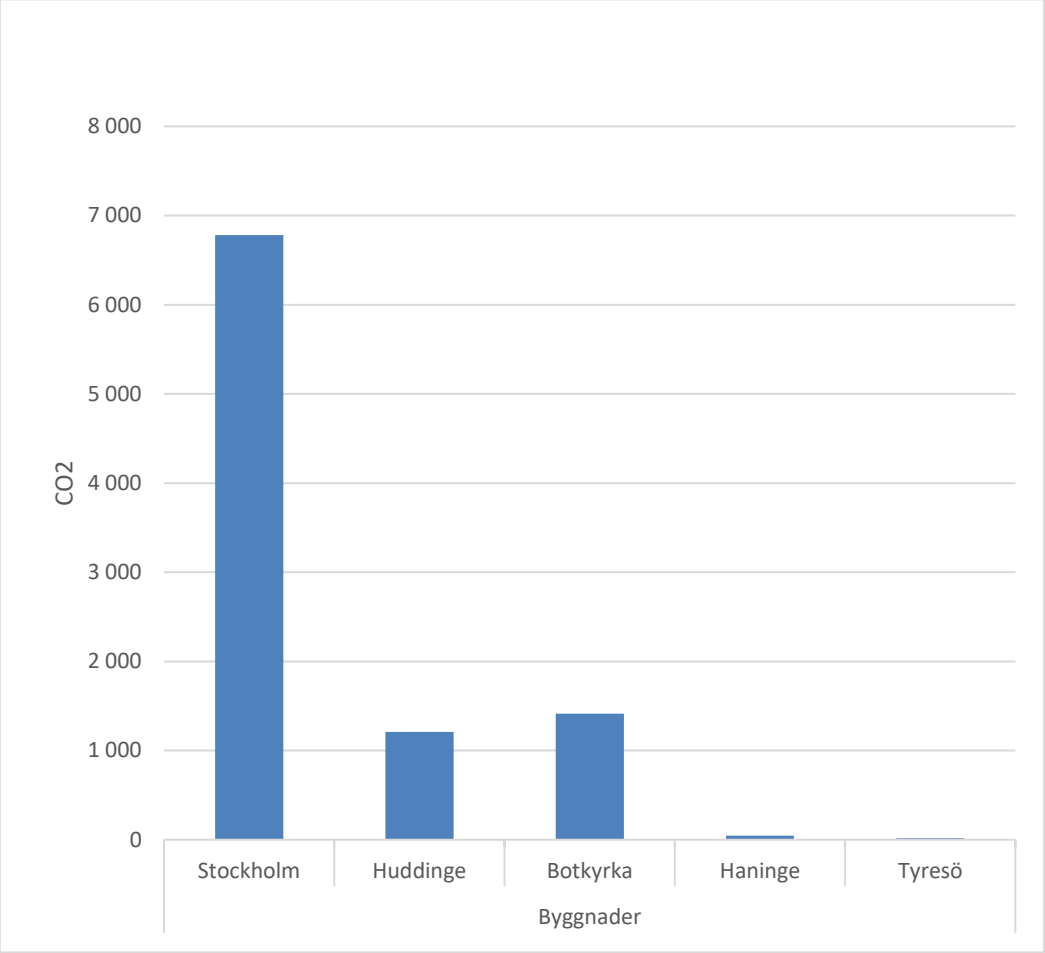
Energianvändningen för byggnader och verksamhetsområden uppgår 2015 till knappt 200 miljoner MJ, där merparten av energianvändningen är kopplad till byggprojekt i Stockholms stad.



Figur 4. Energianvändningen för transporter av jord-och berg i Stockholmsområdet år 2015.

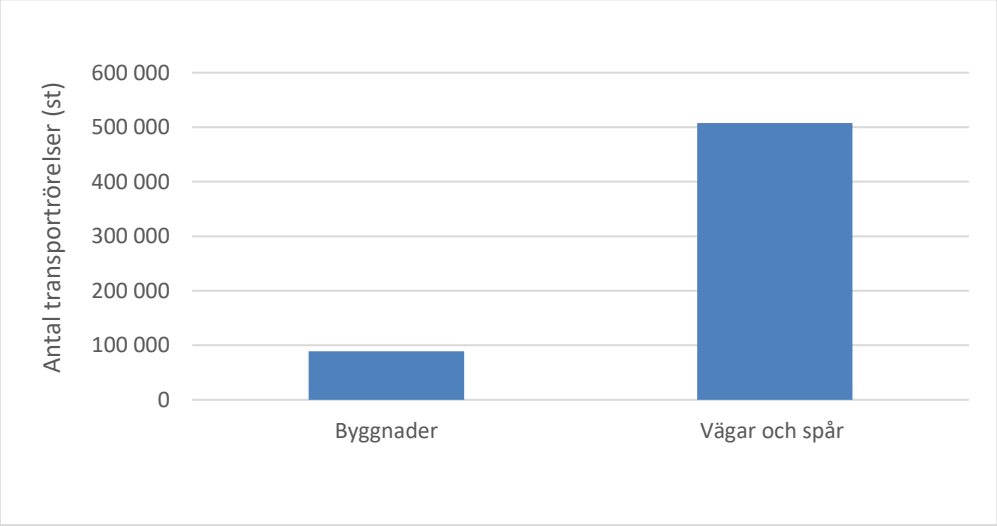
Av den totala energianvändningen för transporter kopplat till byggnader utgör 1,5 % av energianvändning lastning av massorna på lastbilarna. Lossning av massorna kräver mycket lite energi, eftersom massorna enkelt tippas från flaken. Andelen energi som åtgår för lastning är högre för väg och spårprojekten där ca 10 % av den totala energianvändningen går till lastning. Anledningen till att lastningen är större för väg och spårprojekt beror på att det till stor andel utgörs av bergmaterial som inte transporteras så långa sträckor, dessutom är återvinningen inom infrastrukturprojekt större i vid byggande av hus och verksamhetsområdet. Det är också viktigt är att notera att vi inte räknat med transporten av material inom projektet för direktåtervinning, vilket troligtvis är en stor post för väg och spår.

Om vi räknar bort transporterna för väg och spår och endast fokuserar på byggnader och verksamhetsområdet så syns det tydligt att mest massor hanteras i Stockholm. Detta innebär att energianvändningen och koldioxidutsläppen för verksamheter kopplat till Stockholm stad är den i särklass största (se figur 5).



Figur 5. Koldioxidanvändningen för transporter av jord och bergmaterial kopplat till exploateringsprojekt i kommunerna Stockholm, Huddinge, Botkyrka, Haninge och Tyresö år 2015.

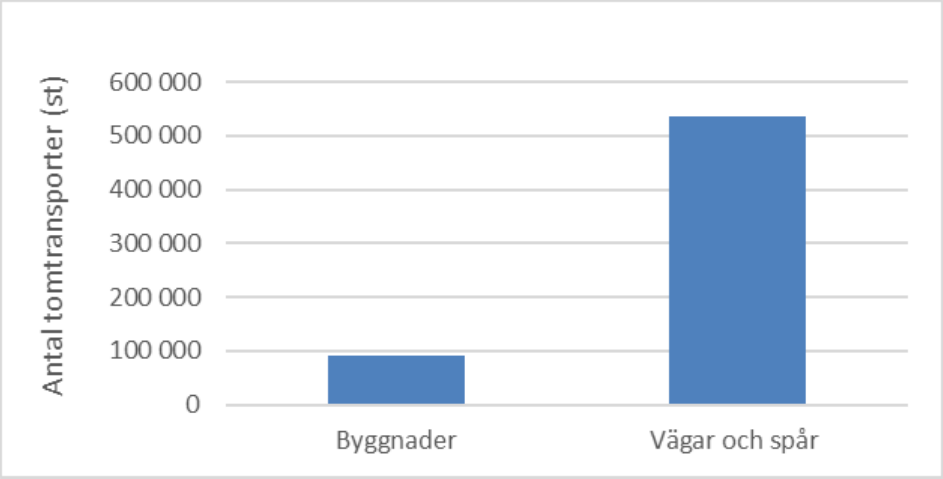
Antalet transporter av jord- och berg inom det valda området (Stockholm, Haninge, Huddinge, Botkyrka och Tyresö) uppgick under året 2015 till 1,7 miljoner transporter med en transportsträcka på 49 miljoner km (se figur 6). Detta motsvarar på vissa vägsträckor ca 25% av den tunga trafiken i Stockholmsområdet och det stämmer väl överens med åkeribranschens egna uppskattningar av massgodstransporter i området.



Figur 6. Antal transporter med jord och bergmaterial inom det studerade området Stockholm, Huddinge, Haninge, Botkyrka och Tyresö år 2015.

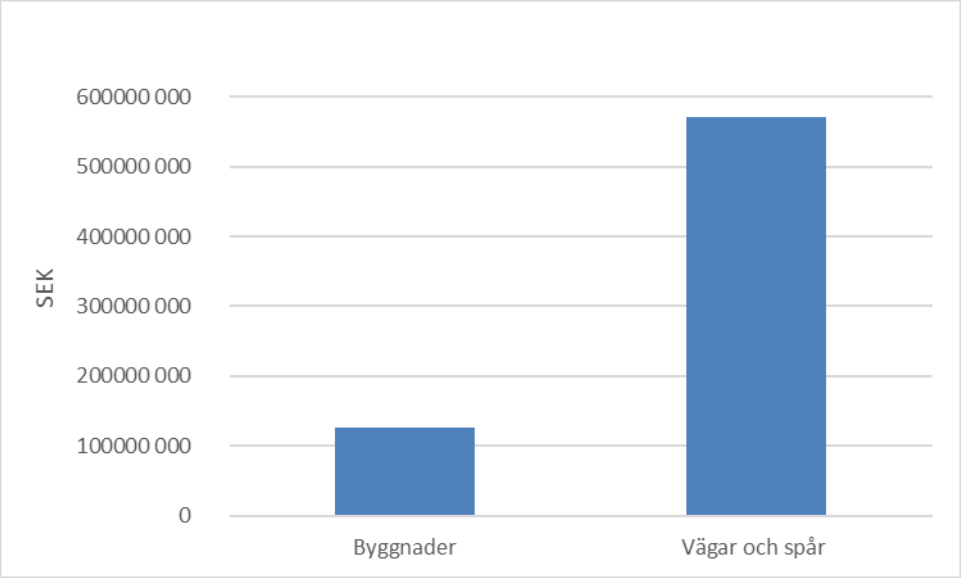
Transportavstånden varierar mycket beroende av vilka typer av material som transporteras. Högkvalitativt material såsom till exempel berg transporteras kortare eftersom det finns en avsättningsmöjlighet, medan svåra material som leror eller förorenade material ibland transporteras väldigt långt. I studieområdet uppstår mycket mjuka massor (ca 15%) som är svåra att återanvända och därmed transporteras långt. De senaste åren har haft en utveckling mot allt längre transporter, de svåra materialen transporteras inte sällan från Stockholm till Värmland (Storfors) eller Östergötland (Finspång). Denna utveckling beror på att det finns allt färre avsättningsmöjligheter och deponier som tar emot materialen i Stockholmsregionen. En annan faktor är att transportkostnaderna i förhållande till deponiavgifter är låga vilket genererar transporter till deponier med låga eller inga avgifter.

Av jordmassgodstransporter i Stockholm går ca 36% av transporterna tomma (se figur 7). Detta beror oftast på att det är svårt att hitta returtransporter, speciellt vid transport av de svårare materialen. En annan faktor som sänker möjligheterna till returtransport är att bilflaken ibland måste rengöras efter körning av lera och innan man övergår till rena eller högkvalitativa material.



Figur 7. Antal tomtransporter med jord och bergmaterial inom det studerade området Stockholm, Huddinge, Haninge, Botkyrka och Tyresö år 2015.

Kostnaderna för transporterna som genomfördes 2015 kopplat till exploateringsområden och byggande av vägar och spår uppgick till 700 miljoner kronor (figur 8).



Figur 8. Kostnader i SEK kopplat till transporter av jord och berg i Stockholm, Huddinge, Haninge, Botkyrka och Tyresö.

Scenarier för mer energieffektiv hantering av jord och berg

Fyra olika scenarier för jord och bergtransporter har ställts upp inom ramen för projektet alla för året 2025.

1. Ingen åtgärd - framskrivning av dagens hantering
2. Samordning med ytor för mellanlager

3. Tyngre lastbilar – överflyttning till tyngre lastbilstransporter
4. Överflyttning från lastbilstransporter till sjöfart

Nedan beskrivs de olika scenarierna och vilken underlagsdata som ligger till grund för de olika antaganden.

1. *Framskrivning av dagens hantering med lastbil under år 2025*

Representerar dagens hantering av jord- och bergmaterial från byggprojekt men utifrån planerat byggande år 2025

För byggnader och verksamheter hämtades information om planerade exploateringsområden från kommunernas översiktsplaner. I översiktsplanerna för respektive kommun presenteras scenarios för hur mycket kommunerna kommer växa över tid. För att kunna beräkna materialflödena för år 2025 så antogs att inflyttningen och därmed byggandet kommer ha samma byggtakt varje år. Översiktsplanerna skiljer sig åt gällande hur detaljerad information som ges om exploateringsområdena så som antal nyinflyttade, storlek på verksamhetsområden och när projekten kommer starta. Information har tolkats och omformulerats så att den kan användas i modellverktyget.

Antal våningar på bebyggelsen är viktig indata till modellverktyget. Informationen om antal våningar varierar dock. För de projekt som detaljplanerades i studieområdet 2015 så varierade våningsantalet mellan enstaka våningar till 20-våningshus. Ett antagande har gjorts att bebyggelsen 2025 kommer ha 5 våningar eftersom det i kommunala översiktsplaner planeras för blandad bebyggelse med både flerbostadshus och småhus.

Antalet bostäder som byggs under 2025 antas motsvara och klara inflyttningen av nya människor. Inflyttningen presenteras i tabellen 6.

Tabell 6. Inflyttning under 2025 baserat kommunala översiktsplaner

Kommun	Antal nya boende under året 2025
Huddinge	1 481
Botkyrka	1 261
Haninge	1 178
Tyresö	649
Stockholm	13 025
SUMMA	17 595

För analys av byggande av vägar och spår, så samlades data in för vilka investeringar som planeras att ske under målåret. De projekt som ingått i analysen för byggande av vägar och spår 2025 presenteras i tabell 7 tillsammans med dess investeringar.

Tabell 7. ***Väg- och spårprojekt under 2025 i regionen samt dess investeringar under målåret. (Källa: Trafikverket, 2017 & Länsstyrelsen i Stockholm, 2017)***

Kommun	Objekt	Investering 2025 (Mkr)
Projekt ovan jord		
Stockholm , Huddinge	Stockholm, Spårväg syd, kapacitetsutökning för kollektivtrafik, samfinans	75
Botkyrka, Huddinge	E4/E20 Hallunda-Vårby, Kapacitetsförstärkning till följd av Förbifart Stockholm	60
	E4/E20 Södertäljebron, Kapacitetsförstärkning till följd av Förbifart Stockholm	34
	Roslagsbanan, dubbelspår etapp 1+2 (statlig medfinansiering)	283
	Stockholm C-Sörentorp, ökad kapacitet	19
	Tvärspårväg Ost/Saltsjöbanan (statlig medfinansiering)	68
	Stockholm, cykelobjekt	41
	Väg 57 Gnesta - E4	16
	Väg 73 Vega Trafikplats	9
	Väg 226 Pålamalmsvägen -Högskolan	44
Projekt under jord	Älvsjö-Fridhemsplan, tunnelbana och nya stationer, samfinans	58
	E4 Förbifart Stockholm	2866
	Kollektivtrafik Stockholm, tunnelbaneutbyggnad (statlig medfinansiering)	1144
	Västra stambanan, FlemingsbergJärna, upprustning tunnlar	12
	Älvsjö-Fridhemsplan, tunnelbana och nya stationer	979
	Roslagsbanan till City, förlängning och nya stationer	553
Under jord 50 %, Över jord 50 %		
	Roslagsbanan till City, förlängning och nya stationer, samfinans	20
	E4/E20 Essingeleden - Södra Länken	22
	E4/Lv 259 Tvärförbindelse Södertörn	857
	Stockholm Central och Karlberg, funktionsanpassningar efter Citybanan	112
	Stockholm, Spårväg syd, kapacitetsutökning för kollektivtrafik	323
Totalt ovan jord		**1317**
Totalt under jord		**6279**

2. *Samordning - som kortar transportsträckorna för vissa materialtyper och där lastbilar försörjer fler projekt*

I scenariot samordning är antalet ytor som möjliggör mellanlagring och återvinning flera och närmare byggprojekten än idag. Ytorna ska till skillnad från befintliga ytor, vara öppna för alla aktörer så att den till projektet närmaste ytan kan nyttjas. Lastbilar ska, istället för att försörja ett projekt, samordnas så att de är lastade både när de anländer och lämnar dessa ytor. Genom fler ytor antas det att det går att minska antalet tomtransporter. På de tänka ytorna uppgraderar vi sand, grus, och entreprenadberg till 100 procents återvinning. Morän och mjuka massor antas uppgraderas till viss del.

3. *Tyngre lastbilar – överflyttning till tyngre lastbilstransporter*

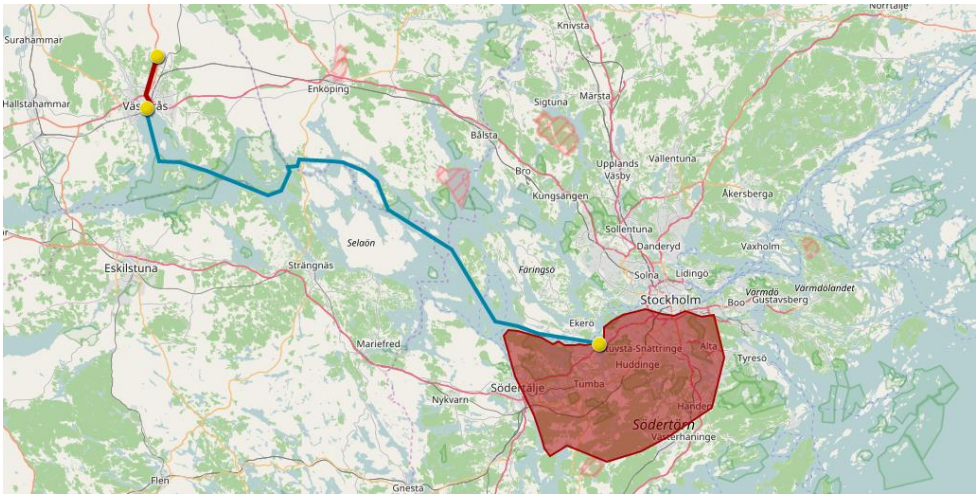
I scenariot tyngre lastbilar har alla transporterna av jord och bergmassor ersatts med lastbilar som har högre bruttoviktig, (42 ton) och fler hjulaxlar (5 axlar) men bibehållen längd. I dagens hantering sker transporter av jord och bergmaterial i studieområdet främst med 3 axlade lastbilar med eller utan släp och tillsammans antas lastbilarna i medel ha en nyttolast på 16,25 ton. Tidigare studie föreslår att lastbilar med bruttovikt 38-40 ton bör ha en nyttolast på ca 21-23 ton (TFK 2016). Ett försiktigt antagande är därför att 42 tons lastbilen i denna studie kan antas ha en nyttolast av ca 23 ton. Data för bränsleförbrukning för en lastbil med bruttovikt 42 ton har erhållits från Scanias egna simuleringar[7]

Överflyttning från lastbilstransporter till sjötransporter

Båttransporter av massgods har potential att ersätta lastbilstransporter där avstånden är långa mellan byggprojekt och terminaler och där det finns vattenvägar tillgängliga. Vissa typer av massor med sämre tekniska egenskaper transporteras idag relativt långt för deponering. I detta åtgärdsscenario undersöks nyttan med att flytta över en delmängd av transporterna av de geotekniskt sämre massorna (inklusive förorenade massor) som ska deponeras, från lastbil till båt. För att möjliggöra båttransport behöver massorna transporteras till en kaj där de omlastas till en båt. När båten anländer mottagarens kaj lastas massorna om till lastbil och transporteras till deponi. Analysen är avgränsad till att undersöka potentialen för att transportera massor från Södertörn för deponering i Västerås genom båttransporter på Mälaren.

För att få ett reallistiskt scenario har 20 % av Stockholm/Södertörns schaktade mjuka massor från byggprojekt inom ett upptagningsområde av 20 km till Vårby hamn inkluderats i beräkningarna. Jordmassorna omlastas med hjullastare och kran till fartyg och transporteras 100 km via Mälaren. Väl framme i Västerås omlastas massorna med hjullastare och kran och transporteras 8 km till Gryta deponi (se figur 9).

[7] Anders Lampinen, Scania pers. komm. 20170302



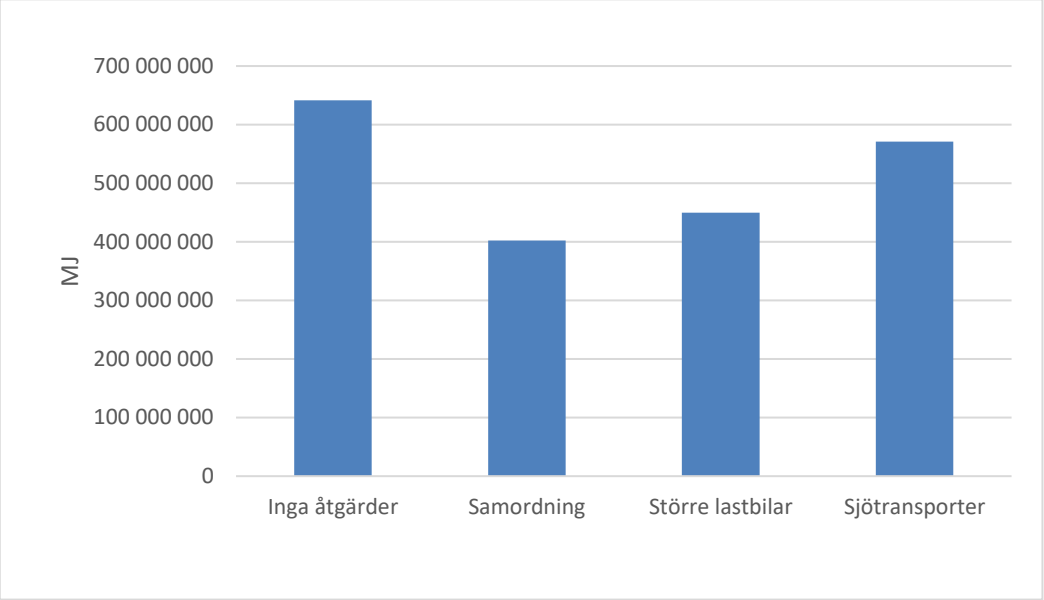
Figur 9. Karta över rutt Stockholm/Södertörn-Västerås (Gryta deponi)

Energi och kostnadsbesparingar för scenarierna 2025

Energianalyserna visar att de valda scenarierna ger olika fördelar. Energieffektiviseringspotentialen är bedömd utifrån jämförelse av en framskrivning av nuvarande hantering kallad ingen åtgärd 2025. Detta scenario jämförs sedan mot att olika åtgärder samordning, tyngre lastbilar, och genom överläggning av transporter från lastbil till sjöfart.

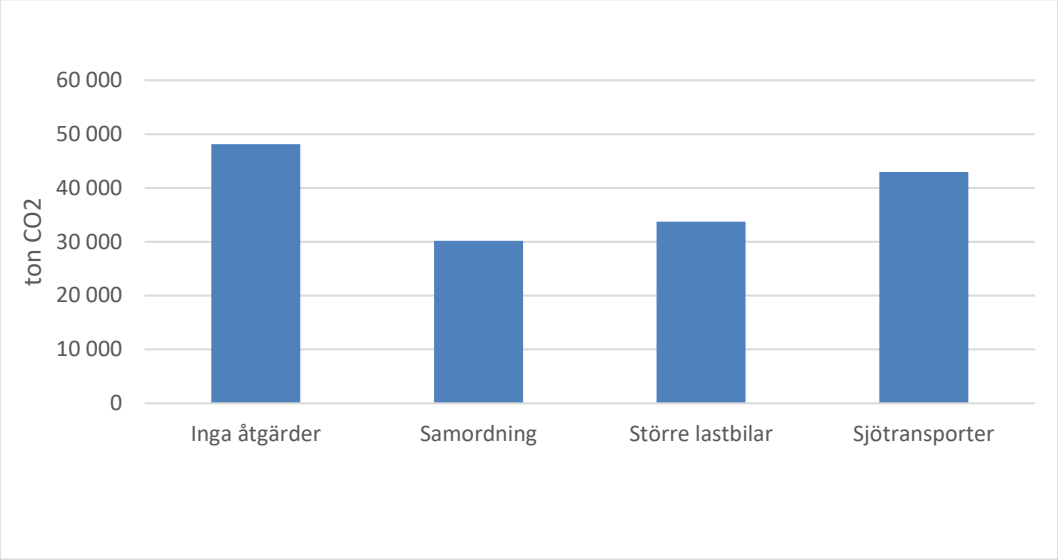
Resultatet visar att samordningsscenariot har störst energieffektiviseringspotential då denna åtgärd beräknas minska energianvändningen med ca 240 miljoner MJ (se figur 10). Motsvarande minskning av koldioxidutsläpp med samordningsscenariot är 18 000 ton koldioxid. Detta motsvarar ca 37 % minskning av energi och koldioxid.

Energieffektiviseringspotentialen för tyngre lastbilar med 5 axlar är något lägre än samordningen, ca 190 miljoner MJ beräknas kunna sparas med denna lösning. Koldioxidutsläppen reduceras med tyngre lastbilar med ca 14 300 ton koldioxid. Den minskningen motsvara ca 30 % mindre energi och koldioxid jämfört med att ingen åtgärd genomförs.



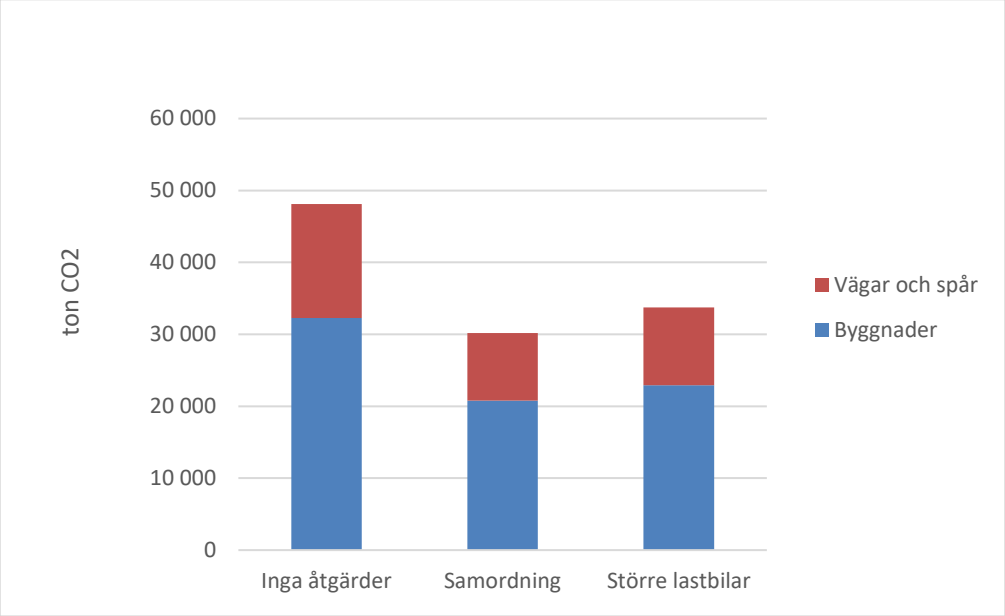
Figur 10: Energianvändning för de olika scenarierna inklusive ingen åtgärd, dvs hanteringen genomförs på samma sätt som år 2015 men mängderna massor har anpassats till förväntat byggande år 2025.

För scenariot sjötransporter antas att 20 % av de mjuka massor som schaktas ut från byggprojekt och transporteras med lastbil istället transporteras med båt. Scenariot ger en besparing på ca 70 miljoner MJ och 5 000 ton jämfört med konventionell hantering vilket motsvarar ca 10 % besparing. Detta är en relativt stor besparing med tanke på att materialströmmen som hanteras är 20 % av mjuka massor. Omlastningen mellan lastbil och fartyg ingår i beräkningen.



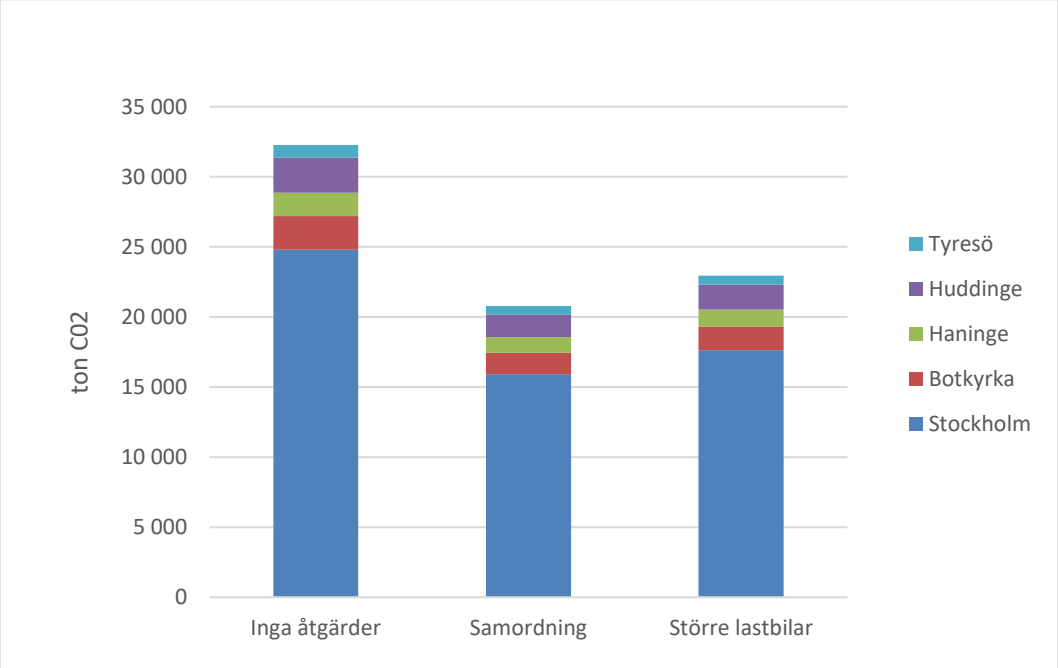
Figur 11. Koldioxidutsläppen för de olika scenarierna inklusive ingen åtgärd, dvs hanteringen genomförs på samma sätt som år 2015 men mängderna massor har anpassats till förväntat byggande år 2025.

Jämfört med nuläget 2015 står byggnader och verksamheter för en större andel av koldioxidutsläppen år 2025 (se figur 12). Anledningen till detta är att investeringarna i byggandet av vägar och spår beräknas minska enligt gällande planer medan byggandet av bostäder ökar i det studerade området. År 2015 uppskattades investeringar i byggande av vägar och spår i området uppgå till ca 9,4 miljarder kronor. I det studerade området ses att investeringarna i byggandet antas uppgå till 7,6 miljarder kronor i området. Detta motsvarar en minskning med ca 18 %. Samtidigt ökar byggandet av bostäder i området från byggande för 11 000 inflyttade år 2015 till ca 18 000 personer år 2025. Detta motsvarar en ökning med 63%.



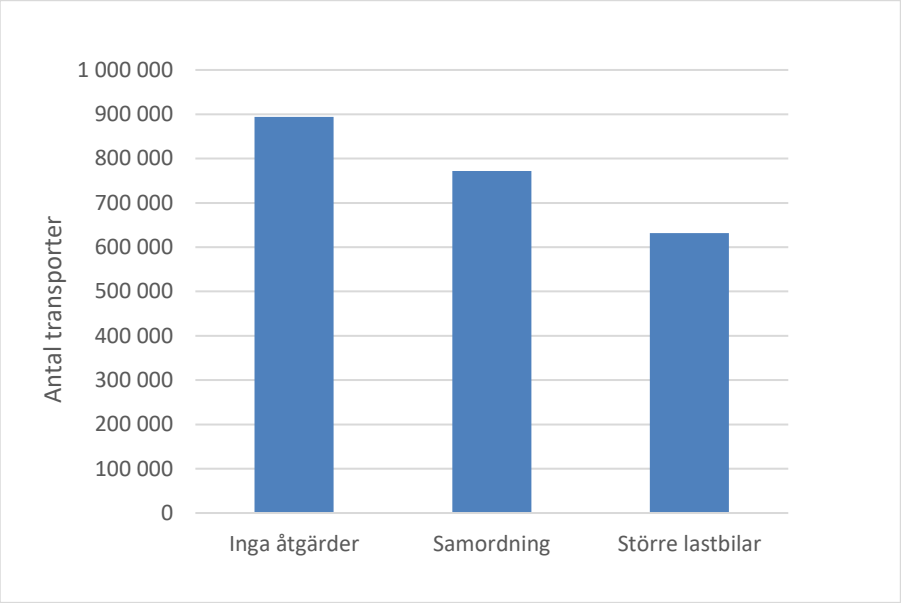
Figur 12. Koldioxidutsläppen för scenarierna ingen åtgärd, samordning samt större lastbilar. Figuren visar även fördelningen av utsläpp från transporter kopplat till byggande av exploateringsområden (byggnader av olika slag) och från vägar och spår. Fördelningen går inte att visa på samma sätt för sjöfartsscenariot där endast totalsumman finns tillgänglig.

Precis som för nuläget år 2015 förväntas Stockholm stå för den största delen av massgodstransporterna år 2025 (se figur 13).



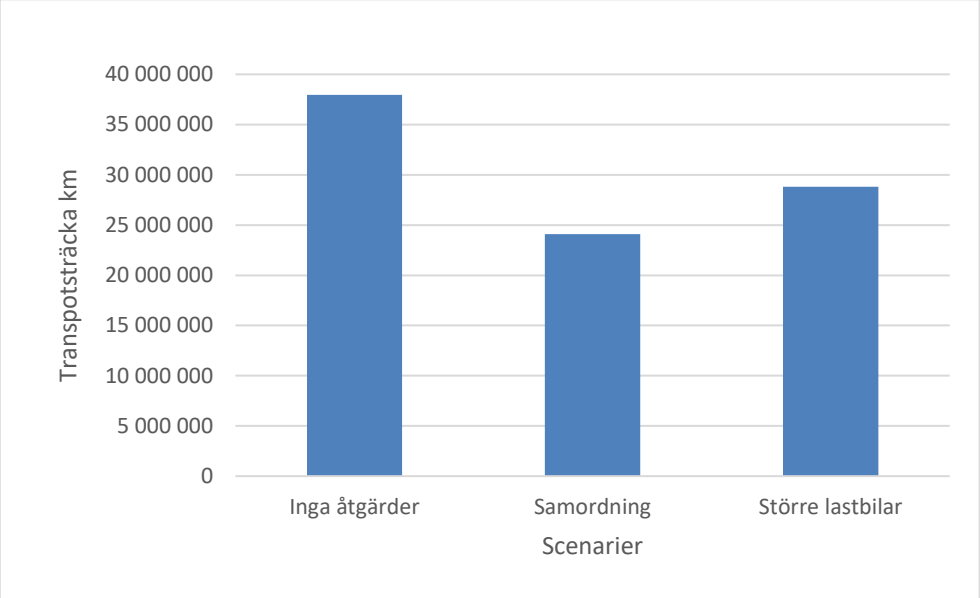
Figur 13. Koldioxidutsläpp från massgodstransporter kopplade till byggande av byggnader och verksamhetsområden fördelat på åtgärdsscenario och kommun. Vägar och spår är exkluderat.

Antal transporter i scenariot inga åtgärder uppgår till knappt 900 000 st år 2025 i scenariot för ingen åtgärd. Antalet transporter kan minskas med 14% för samordningsscenariot och med nästan 30% för scenariot med större lastbilar (se figur 14).



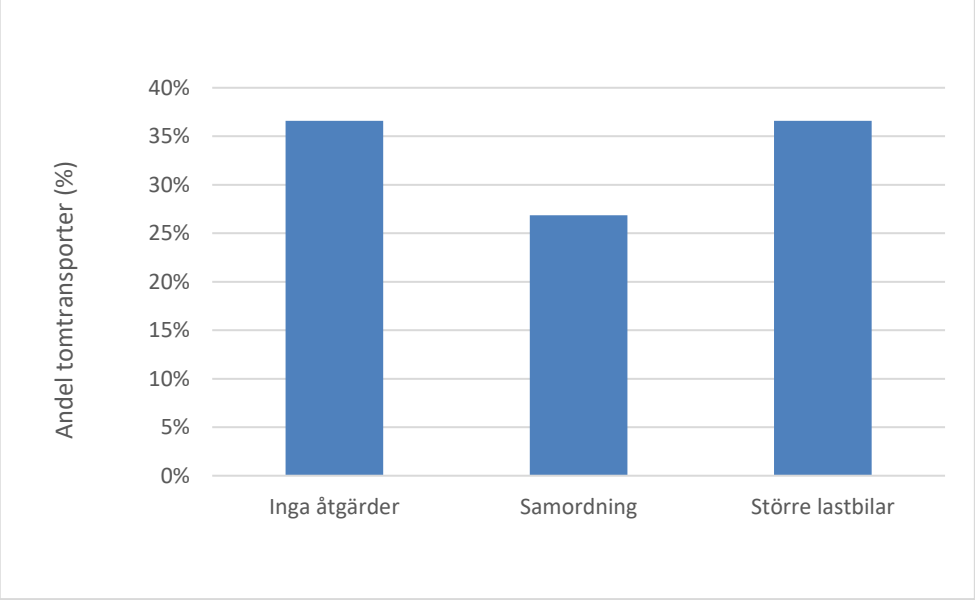
Figur 14. Antalet transporter kopplat till scenarierna ingen åtgärd, samordning och större lastbilar. Sjötransporterna är beräknat på ett lite annat sätt vilket inte går att jämföra antal transporter.

Transportsträckan i scenariot ingen åtgärd uppgår till ca 38 miljoner km. Samordningsscenariot minskar transportsträckan med ca 36% och vid användningen av större lastbilarna reducerar transportsträckan med 24% (se figur 15).



Figur 15. Totala transportsträckorna för scenarierna ingen åtgärd, samordning och större lastbilar. Sjötransporterna är beräknat på ett lite annat sätt vilket inte går att jämföra transportsträcka med de andra scenarierna.

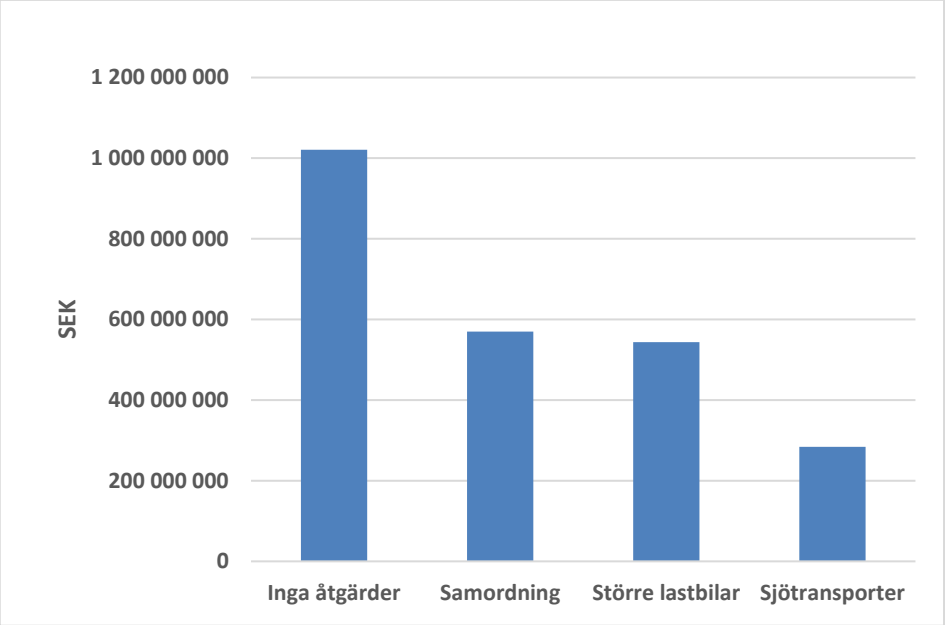
Andelen tomtransporter är oförändrat i åtgärdsscenariot tyngre lastbilar medan samordningen förväntas minska tomtransporterna med ca 10% (se figur 16).



Figur 16. Den procentuella andelen tomtransporter (antal tomtransporter/totala antalet transportrörelser) för scenarierna ingen åtgärd, samordning och större lastbilar. Sjötransporterna är inte inkluderat.

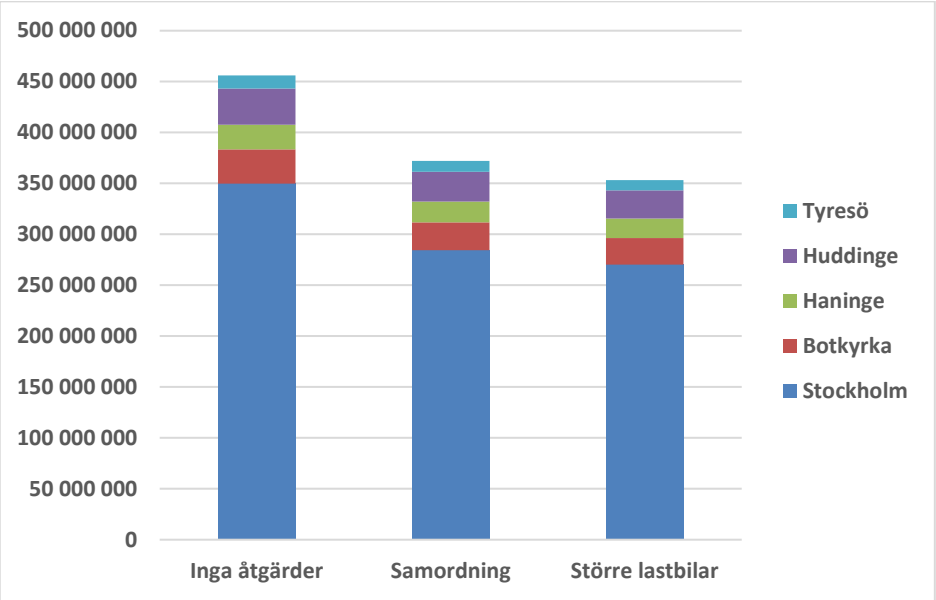
Kostnadsanalys

Transportkostnaderna för scenariot ingen åtgärd beräknas till år 2025 uppgå till drygt 1 miljard kronor (se figur 18). Genom att genomföra en ökad samordning eller tyngre lastbilar kan kostnaderna för massgodstransporterna nästan halveras. I samordningsscenariot uppgår kostnaderna för transporterna knappt 600 miljoner kronor och i åtgärdsscenariot 550 miljoner kronor. Allra mest pengar kan sparas genom en överflyttning från lastbil till sjöfart. Enligt beräkningarna som presenterats ovan är den totala kostnaden för transporter inklusive omlastningar lägst för sjöfartsscenariot. Resultatet baseras på 20 % av de mjuka massor som uppkommer i byggande i Stockholm/Södertörn inom en radie av 20 km från hamnen i Vårby. Kostnaderna för transporterna av dessa 220 000 ton (147 500 m^3) mjuka massor är i sjötransportscenariot knappt 287 miljoner kr vilket innebär en minskning med ca 80%. Att det går att spara så mycket beror på att dessa material körs mycket långt idag samt att fartygen har kapacitet att lasta mycket material och därför ersätter många lastbilar.



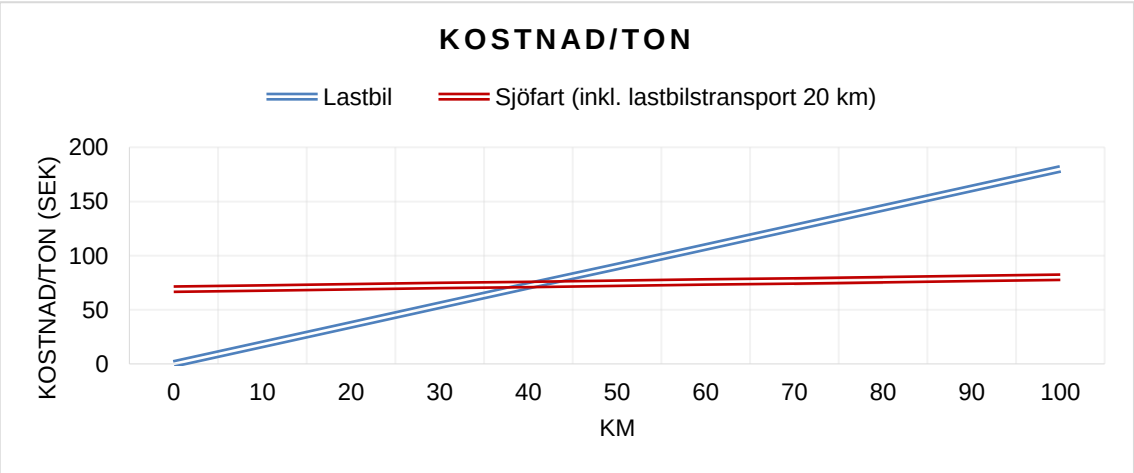
Figur 17. Kostnader för massgodstransporter kopplade till de olika åtgärdsscenarierna, i kronor.

Eftersom de flesta massgodstransporter är kopplade till projekt i Stockholm kan så är det även Stockholm som har mest att vinna på att genomföra åtgärder för att minska transporterna av massgods. Enligt beräkningarna kan Stockholm kan spara ca 20% av sina kostnader, motsvarande 65 miljoner kr i byggprojekten kopplat för åtgärden samordning (se figur 19)



Figur 18. Kostnaderna för transporter av jord och bergmaterial kopplat till exploateringsprojekt år 2015. Figuren visar endast scenarierna ingen åtgärd, samordning samt större lastbilar efter som sjöfartsscenariot inte går att jämföra

För att utreda vilka typ av massor som är relevant för en överflyttning till sjötransport beräknades en brytpunkt vad gäller kostnader och *break even* identifierades vid drygt 40 km, det vill säga efter att denna transportsträcka uppnåtts är sjötransport (fartyg) det minst kostsamma alternativet, se figur 20. Kostnad per km och ton är i fallet sjöfart baserat på en sträcka av 100 km inklusive 20 km med lastbil för transport till och från kaj. I fallet lastbil är kostnaden per km och ton baserat på ett transportavstånd av 100 km enkel väg. I båda fallen har kostnaden för returtransport inkluderats. Avgifter för deponering är inte inkluderade. Vidare underlag för beräkning av brytpunkt finns redovisat i tabell 8 och 9.



Figur 19: Transportkostnad per ton, lastbilstransport respektive sjötransport

Tabell 8. Underlag för beräkning av brytpunkt, kostnad lastbil

	Värde	Enhet
Lastkapacitet	14	ton[8]
Antagen genomsnittlig hastighet	50	km/h
Antagen tidsåtgång för väntetid, lastning, lossning	40	min
Bränsleförbrukning fullastad (diesel)	0,39	L/km[9]
Bränsleförbrukning tom (diesel)	0,29	L/km[10]
Pris drivmedel (diesel)	13,78	kr/L[11]
Avståndsberoende kostnader (exkl. drivmedel)	3,8	kr/km[12]
Tidsberoende kostnader (förarlön)	235	kr/h[13]
Fordonsberoende kostnader	122,09	kr/fordonstimme[14]

Tabell 9. Underlag för beräkning av brytpunkt, kostnad sjötransport

	Värde	Enhet
Lastkapacitet	3000	ton[15]
Genomsnittlig hastighet	15	km/h[16]
Bränsleförbrukning fullastad (Marine Gas Oil, MGO)	12,6	L/km[17]
Antagen bränsleförbrukning tom	11,3	L/km[18]
Pris drivmedel	5,3	kr/L[19]
Time Charter[20]	11 500 000	kr/år[21]
Lastning, lossning fartyg: Kranhyra inkl. förare	2 460	kr/h[22]

[8] Sveriges Geologiska Undersökning, 2013
[9] Ibid
[10] Ibid
[11] Genomsnittligt pris bensinpriser.nu, 27/10 -16
[12] Trafikverket, 2016
[13] Ibid
[14] Ibid
[15] Rahm, 2016
[16] Ibid.
[17] Baserat på 20 kg MGO/M (Lantz, 2016)
[18] 10 % lägre förbrukning baserat på M4Traffic, 2015.
[19] Genomsnittligt pris 532 $/mt (shipandbunker.com, 9/11 2016). Beräknat baserat på dollarvaluta 9/11 2016 samt densitet 0,86 kg/L (Omnimpex, 2006).
[20] *”TC-kostnaden är den dygnshyra en redare tar ut från en transportköpare. TC-kostnaden består av personalkostnader, försäkringskostnader, kapitalkostnader etc.”* (s. 9, M4Traffic, 2015)
[21] Här antas samtliga tidsberoende kostnader ingå. Kostnadsuppgift från Rahm, J., 2016
[22] Åhus hamn, 2017.

Kapacitet lastning, lossning kran	500	ton/h[23]
Lastning, lossning lastbil: Hjullastare inkl. förare	1 686	kr/h[24]
Tidsåtgång lastning, lossning hjullastare per lastbil	1,5	min[25]
Farledsavgift	2,75	kr/lastat ton[26], [27]
Fartygshamnavgift	5,3	kr/GT[28]
Hamnvaruavgift	5,5	kr/ton[29]
Upplagsutrymme	0	kr[30]

Kostnaderna för lastbilstransporter från byggprojekt i Stockholm/Södertörn till kaj (20 km) beräknas utifrån samma underlag som i tabell 8, dock förväntas denna lastbilstransport på grund av det kortare avståndet ha en lägre genomsnittlig hastighet (35 km/h). Vid båda omlastningsplatserna antas upplagsutrymme upplåtas kostnadsfritt (Mälarhamnar, 2017). Se kostnadskalkyl i tabell 10.

Tabell 10. Kostnadskalkyl lastbilstransporter av mjuka massor, till kaj (20 km)

	Antal:	Enhet:	Kostnad/ enhet:	Nettopris/ transport:	
Avståndsberoende kostnader fullastad transport (diesel):	2	mil	53,8 kr	108	kr
Avståndsberoende kostnader tom transport (diesel):	2	mil	40 kr	80	kr
Avståndsberoende kostnader (exkl. drivmedel):	4	mil	38 kr	152	kr
Tidsberoende kostnader: (235 kr/h):	108	min	3,9 kr	425	kr
Fordonsberoende kostnad (122,09 kr/fordonstimme):	108	min	2 kr	221	kr
KOSTNAD/TRANSPORT:				986	kr

Policy, styrmedel och affärsmodeller

För att korrigera och styra mot en viss utveckling kan staten införa olika typer av styrmedel. Ett styrmedel ändrar aktörernas beteende så att resurserna används på

[23] Rahm, 2016
[24] Mälarhamnar, 2017
[25] Gellerstedt, 2002
[26] Mälarhamnar, 2017
[27] Föreskrifter för farledsavgift är sedan 2017-01-01 ändrade (Sjöfartsverket, 2016b).
[28] Mälarhamnar, 2017
[29] Baserat på avgift för sand (Ibid.)
[30] Förutsatt att ankommande gods ligger kortare än 5 dagar och avgående gods kortare än 7 dagar. (Ibid.)

ett mer effektivt sätt ur samhällsekonomisk synvinkel. Nedan har styrmedel som kan användas här delats in i fyra typer: ekonomiska styrmedel och administrativa, juridiska styrmedel, information och kunskapsbaserade styrmedel samt samhälleliga styrmedel (se Tabell 11).

Tabell 11. Exempel på styrmedel inom fyra huvudgrupper.

Ekonomiska och administrativa	Juridiska	Informativa	Samhälleliga
Skatter Skatteavdrag Avgifter Miljöskatter, Miljöavgifter Miljösubventioner Upphandling	Lagstiftning Normer Gränsvärden Långsiktiga avtal Miljöklassning Regelgivning Teknikkrav Prövning Tillsyn Målstyrning	Upplysning Miljömärkning Rådgivning Utbildning Opinionsbildning Forskning Utveckling Demonstration Teknik- och systemutvärdering	Fysisk stadsplanering Översiktsplanering Detaljplanering Markanvisningsavtal

Resultatet visar på en mängd olika styrmedel kopplat till de olika åtgärdsscenarierna. I tabell12– 14 presenteras föreslagna styrmedel kopplade till de olika åtgärdsscenarierna där 1. representerar scenario samordning, 2 effektivare transporter och 3. överflyttning till sjöfart.

Tabell 12. Ekonomiska styrmedel som resultat av workshops för åtgärdsscenarierna (1) samordning, (2) tyngre lastbilar och (3) överflyttning sjöfart.

Ekonomiska och administrativa styrmedel	Åtgärdsscenarier		
	1.	2.	3.
Tippavgifter	X		
Deponiskatt	X		
Skatt på vägsträcka	X		
Koldioxidperspektiv på skatter och avgifter oavsett transportslag och fordonstyp	X	X	X
Offentlig upphandling - krav i markförsäljning på byggnaden/exploateringen - Upphandling ej på lägst pris - Krav på entreprenören i form av innovationsupphandling - Klimatkrav motsvarande Trafikverkets reduktionskrav med klimkalkyl - Bonus i upphandling - Samverkansentreprenader vid offentlig upphandling	X	X	X
Krav från byggherre i anbudsförfarandet		X	
Avgifter med syfte att styra till sjötransporter			X

Tabell 13. Juridiska styrmedel som resultat av workshops för åtgärderna/scenarier samordning (1) tyngre lastbilar (2) och överflyttning sjöfart (3).

Juridiska styrmedel	Åtgärdsscenarier		
	1.	2.	3.
Markanvisnings- och exploateringsavtal som ställer krav på andel av återvunna material	X		
Ändring av tiden för mellanlagring för anläggningsändamål i lagstiftningen	X		
Ändringar i avfallslagstiftningen med syfte att förenkla för återvinning mellan projekt	X		
Översyn och omklassning av BK-klassning		X	
Krav på dubbelmonterade hjul		X	
Förenkla möjlighet till dispens från bärighetsklassning under projekttider		X	
Lättare prövning för tillfälliga hamnar – anmälan till kommunen istället för miljötillstånd			X
Förenkla/förkorta byråkratisk process för tillstånd hos länsstyrelsen			X
Tillfälliga hamnar, möjlighet för dispenser			X

Tabell 14. Informativa styrmedel som resultat av workshops för åtgärderna/scenarier samordning (1) tyngre lastbilar (2) och överflyttning sjöfart (3).

Informativa styrmedel	Åtgärdsscenarier		
	1.	2.	3.
Kunskapslyft och information till närboende och politiker	X		X
Gränsöverskridande aktiviteter med kommuner, myndigheter och privata aktörer	X		X
Loop Rock (blockettjänst/jordbörs) och liknande initiativ	X	X	
Information till politiker och medborgare	X		
Visa på praktiska/goda exempel	X		X
Biogasdrift (som ökar förståelsen)		X	
Samverkan med godslogistiker i kommunerna.		X	
Information om var hindren är konkret, på detaljerad nivå.			X
Kartläggning och marknadsföring av hamnar och kajlägen. Intresserade hamnar finns!			X

Tabell 15. Samhälleliga styrmedel som resultat av workshops för åtgärderna/scenarier samordning (1) tyngre lastbilar (2) och överflyttning sjöfart (3).

Samhälleliga styrmedel	Åtgärdsscenarier		
	1.	2.	3.
Inkludera masshantering i fysiska regionalplaner (såsom tex RUFS	X		
Etappvis planering av exploateringsområden så att ytor finns för lagring av massor	X		
Kommunala handlingsplaner för masshantering	X		
Länsstyrelsen som regional samordnare för masshantering	X		
Områdesplanerare (ÖP-nivå) tar in frågor om ytor för samordning av masshanteringen	X		
Definiera frågan som mellankommunal för att frågan ska bli tvungen att tas upp i respektive kommuners ÖP.	X		
Bygga och klassa om vägar		X	
Få till av/omlastningsplatser i planeringen		X	
Utpekade transportvägar, samordna dessa med farligt gods		X	
Översiktsplanering: avvara ytor för hamnverksamhet och kajplatser.			X
Platser/funktioner för sjötransporter hanteras i den fysiska planeringen			X

De samhälleliga styrmedlen har lyfts som särskilt viktiga för att styra utvecklingen framförallt mot mer samordning men även för att få till ytor vid hamnar och kajer och på så sätt bidra till överflyttning till sjöfart. Idag saknas samhälleliga styrmedel i stor utsträckning och de offentliga organisationerna förlitar sig i stor utsträckning på marknaden trots att marknaden i stor utsträckning efterfrågar samhälleliga styrmedel. Plan och bygglagen (PBL) är den befintliga lagen för överenskommelser och sammanvägningar av olika intressen där frågor för masshantering borde kunna hanteras, så länge dessa ges en fysisk form och kan läggas in på en karta.

När det gäller prövning av ärenden för fysiska åtgärder som krävs för att upprätta en yta för samordning alternativ nya hamnområden för att möjliggöra överflyttning från lastbil till sjöfart kan såväl regionplan, översiktsplan, detaljplan och bygglov bli aktuella. Regionplanen kan användas för att på lång sikt peka ut vissa viktiga områden för både samordning och för hamnar. Översiktsplanen kan användas för att i tidiga skeden peka ut områden för ytor såväl som hamnverksamhet, kajer och upplagsplatser. En befintlig översiktsplan kan ändras genom fördjupningar och tillägg. Detaljplanen kan mer noggrant ange ytor för samordning eller hamnverksamheten, var byggnader får placeras och in- och utfarter kan anläggas. Ofta finns äldre detaljplaner i städernas centrala delar. Dessa har ingen genomförandetid kvar men gäller ändå i grunden för bygglov och tillstånd. Att ändra dessa detaljplaner kan vara en möjlighet för att öka och möjliggöra samordning av massor och ökad andel sjöfart. Bärighetsklassningen av

vägar lyfts som viktigt för att möjliggöra tyngre lastbilar med flera axlar. Den utvecklingen ser ut att vara på gång. Den 1 juli 2017 börjar den nya lagen om bärighetsklass för väg, BK 4 att gälla. Detta innebär att en del av vägnätet kommer att öppnas upp för lastbilsekipage med 74 tons totalvikt, med start i början av 2018 enligt regeringens beslut med målet att effektivisera godstransporterna på vägarna. Klassningen med BK 4 öppnar inte upp för mer effektiv hantering av massgodstransporter i storstadsområden eftersom bärighetsklassningen riktas mot framförallt timmertransporter för skogsindustrin och tunga fjärrtransporter.

En övergång till sjöfartslösningar är kanske att genomföra än att gå över till större lastbilar med tanke på att det i dagsläget endast finns ett fåtal transportupplägg som utgår från användningen av fartyg. I Stockholmsområdet finns idag endast Jehanders som använder sjötransporter. Deras tillgång till kajplatser i strategiska lägen ger kostnads- och konkurrensfördelar för företaget. Men deras upplägg kan inte tillämpas allmänt eftersom kajerna som företaget använder inte är allmänna och eftersom upplägget är framtaget för företagets speciella behov. Det finns dock aktörer i rederibranschen som har en ambition att utveckla inlandssjöfart och kortväga sjötransporter och av olika slag, bland annat transporter av jord och berg. Även om det handlar om företag med bred kompetens inom sjöfart och investeringsutrymme är utvecklingsresan relativt lång för att implementera nya transportupplägg. Att bryta upp befintliga logistikupplägg kräver långsiktigt förändringsarbete i hela logistikkedjan, inte minst hos transportköparen. På grund av detta är transportköparnas engagemang avgörande för aktörer som har som avsikt att etablera nya transportlösningar på sjön.

Offentliga beställare ansvarar för en stor del av transporter av jord och berg, inte minst vid större infrastruktur- och bostadsprojekt. Exemplen från Förbifart Stockholm och Norra Djurgårdsstaden i Stockholm där sjötransporter ska användas visar att offentlig upphandling kan styra överflyttning av masstransporter. I dessa fall behöver transportleverantörerna anpassa sina affärsmodeller till beställarens krav och upplägg, antagligen i högre grad än i ett upplägg som förhandlas mellan kommersiella parter. En möjlig affärsmodell för transportleverantörer är att svara på offentliga upphandlingar där beställare handlar upp sjötransporter.
Eftersom inlandssjöfarten fortfarande är i utvecklingsfasen i Sverige befinner sig även affärsmodellerna i samma fas. Utvecklingsarbete pågår både under rent affärsmässiga förutsättningar och inom olika helt eller delvis offentligt finansierade utvecklingsprojekt

Kommunikationsinsatser

En viktig del av projektet har varit att löpande kommunicera kunskap om massgodstransporter och konsekvenser kopplat till dagens hantering.

Projektet har deltagit med presentationer på följande aktiviteter:

- Att effektivisera transporterna i byggsektorn på Regeringskansliet den 29 augusti 2017. Workshop på regeringskansliet med deltagarna från Näringsdepartementet, Finansdepartement samt riksdagen. Deltagare Kristina Lundberg, LTU och Fredrik Meurman, Ecoloop.
- SBMI Branschdagarna i Umeå 19 oktober 2017. Deltagande med presentation av Kristina Lundberg, LTU.
- Transport forum 10-11 januari 2017: Presentation på Session 15 med titeln: Samordning av masstransporter i Stockholmsregionen- möjligheter och hinder samt på Session 49 då med titeln Cirkulär masshantering minskar trängseln i våra städer. Båda presentationerna genomfördes av Kristina Lundeberg, LTU
- Seminarium 11 oktober 2017: Cirkulär hantering – lätt att prata om men svårt i praktiken? Arrangeras av SLL. Deltagare med presentation Fredrik Meurman, Ecoloop
- Trafikverket, Stora Projekts produktivitetsseminarium 20 september 2017. Deltagande med presentation Kristina Lundberg, LTU
- Bergmaterialrådet, SGU 17 oktober 2017. Deltagande med presentation Kristina Lundberg, LTU

Artiklar och andra publikationer där projektet presenterats

- Dagens Infrastruktur nr. 2 2016: Optimass minskar schaktmassornas miljöpåverkan

- Intelligent Logistik nr. 2-3 2017: Miljoner att spara på smarta masstransporter

I projektet har vi sett att det finns stor kunskap om problemen och utmaningar kopplat till massgodshanteringen på projektnivå och expertnivå. Däremot finns det en begränsad kunskap om problematiken kopplat till massgodstransporter på högre beslutsnivå och bland fysiska planerare. För att informera och kommunicera projektresultatet speciellt till denna målgrupp avslutas projektet men en konferens med namnet *Hållbara transportsystem för ett effektiv byggande* på Folkets hus i Stockholm den 13e februari 2018.

Diskussion

Resultatet i studien visar på att stora vinster i form av minskad energianvändning och koldioxidutsläpp kan uppnås genom att ändra sättet massgods transporteras. Dessutom kan kostnaderna för transporterna reduceras betydligt.

Nyttorna som kan uppnås beror till stor del på en förändrad hantering av de mjuka massorna. En känslighetsanalys av resultaten visar på att 74 % de energimässiga och klimatmässiga nyttor som åtgärdsscenariot samordning ger är relaterat till just hanteringen av mjuka massor. De uppgifter som erhållits i projektet visar att de

mjuka massor (inklusive förorenade massor) transporteras längre än andra material samt att transportavstånden troligtvis kommer öka framöver. Att möjliggöra kortare transporter för dessa typer av material ger alltså stort utslag för resultaten.

De mjuka massorna utgör en stor del av de totala mängder schaktmassor i det valda området. I prognosen för 2025 så uppgår andelen mjuka massor till ca 22 % i fallstudieområdet. Den största delen av dessa massor beräknas komma från byggandet av hus och verksamheter. Informationen om vilka typer massor (berg, sand, morän, lera etc) som genereras vid byggande av hus och verksamheter är säkrare jämfört med information för vägar och spår eftersom de kommunala planerna har pekat ut specifika områden för kommande byggande. För framtida väg- och spårdragningar ovan jord finns det oftast olika förslag på linjedragningar för att undvika mark med dåliga geotekniska egenskaper såsom mjuka massor. För vägar och spår har det därför använts mer generella antaganden om vilka massor som kommer schaktas ut. För det studerade området resulterade det i lägre andelar mjuka massor från vägar och spår än från hus.

Beräkningarna tyder vidare på att samordning av entreprenadberg står för 20 % av de energimässiga och klimatmässiga nyttorna i samordningsscenariot. För resterande materialen som samordnas, dvs morän och sand och grus är vinstandelen ca 6 %. Viktigt i sammanhanget är att denna fördelning av vinster inte kan appliceras rakt av för andra regioner, utan nyttornas storlek påverkas mycket av vilka volymer som kommer uppkomma av de olika materialtyperna.

I scenario samordning sker en koordinering av material via närliggande terminaler. Dessutom försörjer färre lastbilar fler projekt med ett mindre antal tomtransporten är vanligt. Nyttan med samordning består därför av två delar, dels minskade transportsträckor samt färre transporter. Genom fördjupad analys av åtgärdsscenario samordning ser vi att de energi- och klimatmässiga nyttorna främst beror på att lastbilarna kör kortare sträckor. Omkring 65 % av besparingarna beror på kortare körsträckor medan resterande 25 % beror på färre tomtransporter. För att nå den fulla potentialen med samordning så räcker det alltså inte med att etablera närliggande terminaler, utan lastbilar kommer behöva optimera transporterna mot fler fulltransporter. Eftersom byggprojekt ofta inleds med schaktarbeten och att behoven av material uppstår i ett senare skede av byggnationen kan det komma att krävas att lastbilar försörjer flera projekt samtidigt med olika typer av material för att tomtransporterna ska kunna minskas betydligt.

För scenariot med tyngre lastbilar är resultaten mindre osäkra gällande förbättringspotentialen. Detta beror på att scenariot inte påverkas av vilka materialtyper som kommer uppkomma och var de ska transporteras, eftersom skillnaden endast ligger i hur mycket massor lastbilarna har kapacitet för. Här finns dock ett fortsatt forskningsbehov för att klarlägga bärighetskrav för olika typer av vägar och undersöka hur dessa tål de tyngre lastbilar och hur fler axlar påverkar vägarnas bärighet. Det finns forskning som visar att det ur ett

vägnedbrytningsperspektiv är bättre att fördela lasten på fler axlar (eg. BIG, 2014). Men det finns samtidigt indikationer på att vägens undergrund påverkas negativt av fördelning på flera axlar.

När det gäller scenariot överflyttning till sjöfart gjordes beräkningarna något annorlunda än för scenario samordning och tyngre lastbilar. Alla resultat går därför inte att utläsa för scenario sjöfart. Resultatet från denna studie går dock i linje med tidigare studier som visar att potentialen för överflyttning av transporter från lastbilar till inrikes sjöfart relativt liten, ca 10 procent av alla lastbilstransporter enligt Trafikanalys (2016). Brytpunkten för lönsamheten för transporter av sten, grus och annat byggmaterial är dock mycket kortare än för andra varuslag, här beräknat till 40 km. Även om potentialen verkar vara större än för övriga typer av gods visar denna analys att någon omfattande överflyttning inte kan ske med befintliga affärsmodeller och transportpolitiska upplägg. Sjöfartsverkets (2016a) utredning pekar åt samma håll. En ytterligare begränsning med sjöfart är att kalla vintrar innebär isläggning och att båttransport blir möjlig enbart efter isbrytning. I värsta fall kan båttransport inte ske under några månader.

För att implementera transportupplägg av jord och berg med sjöfart behöver många saker falla på plats. Bortsett från korta transporter som går bäst på lastbil finns viss potential för överflyttning under dessa förutsättningar:

- Tillräcklig volym för upplägget. Stora projekt har bästa förutsättningar för att etablera nya upplägg och kan även få skalfördelar med användning av sjötransporter. Även samlastning där en transportleverantör tar massor från flera olika projekt till exempel via en kommunal lastageplats kan hjälpa till att få upp volymen på en nivå där transporten blir lönsam och rationell.

- Utskeppningshamn och mottagningshamnar. Det finns en brist på hamnar och lastageplatser vilket är ett av de största hindren för relativt kortväga sjötransporter. Att etablera tillfälliga hamnar är kostsamt, osäkert och tidskrävande. Strategiskt placerade kommunala lastageplatser är en möjlig lösning.

- Transportoperatör med intresse att utveckla den här typen av affärer. Denna länk i kedjan är bäst utvecklad och intresse finns i branschen.

- Transportköpare som är beredd att genomgå det förändringsarbete som krävs för att ställa om logistikupplägget.

- Offentlig förvaltning som möjliggör en välfungerande hantering av tillståndsärenden och dylikt.

- En transportpolitik som styr tydligt mot överflyttning genom att premiera sjöfartslösningar. Detta är inte en förutsättning för etablering av enstaka upplägg men är viktigt för en mer omfattande överflyttning till sjötransporter.

Kostnadsberäkningarna i denna förstudie har inte tagit hänsyn till marknadsmekanismer utan baseras på transporternas antagna faktiska kostnader. Konkurrenssituationen på transportmarknaden är idag ganska pressad och prissättningen beror på många olika faktorer. Därför kan kostnadsbesparingarna ses som potentiella, medan de faktiska besparingarna beror helt på situationen och upplägget. Även en mer exakt kalkyl för etableringskostnaderna av transportupplägg samt bedömning av i vilken grad dessa ska inkluderas vid jämförelse av olika transportupplägg behöver göras.

I studien har ballast till betongfasader inkluderats då det är en viktig del av bergmaterialbehovet i byggandet. Materialbehovet som beräknas uppkomma år 2025 i det studerade området är ca 1,4 miljoner m^3 där ca 30 % bedöms vara ballastbehov till betong i fasad. Betongfasader byggs ofta av prefabelement vilket betyder att ballasten levereras till prefabtillverkare. I studien har ingen hänsyn tagits till att materialet kommer transporteras via en prefabtillverkare, istället antas ballast transporteras till byggplatsen så som andra jord- och bergmaterial. Det är möjligt att energianvändningen för detta materialflöde i området därför underskattas.

Slutsatser

Transporteringen av jord och bergmaterial ger upphov till betydande konsekvenser i form av trängsel, luftföroreningar, buller. Transporterna, som blir allt längre fördyrar även byggandet. I detta projekt har beräkningar gjort för att kvantifiera energianvändning, koldioxidutsläpp och kostnader kopplat till transporterna av massor. Beräkningar av behov av material samt genererande material i form av schaktmassor som på något sätt hanterades inom studieområdet Stockholm, Huddinge, Haninge, Botkyrka och Tyresö var 21 miljoner m3 material under 2015. Endast ca 30% av dessa material återanvänds direkt i bygg och anläggningsprojekten. Det totala antalet lastbilsrörelser från hantering av dessa jord och bergmassor har beräknats till nästan 2 miljoner under året 2015. Dessa transporter utgör 26 % av koldioxidutsläppen från de tunga transporterna och ungefär lika stor andel av antalet tunga transporter inom området.

En viktig slutsats av projektet är att transportarbetet är mycket energikrävande men att det finns flera åtgärder som kan genomföras som var och en minskar energianvändningen betydligt. Den enskilda åtgärden som minskar energianvändningen i störst utsträckning är samordning av masshanteringen inom en region eller delregion, dvs optimera massbalansen inom en region istället för inom de enskilda byggprojekteten. Det ger enligt beräkningarna en minskning av energi och koldioxidutsläpp med 37% vilket är lågt räknat i och med att minskat täktuttag och ökad återanvändning inte har lagts in i beräkningarna.
Ännu större potential finns om åtgärden samordning kombineras med lastbilar med högre bruttovikt och 5 axlar. Då kan energianvändningen från transportarbetet av jord och bergmaterial reduceras till ungefär hälften. Affärsmässigt är inte tyngre lastbilar ett problem. Både lastbilstillverkarna samt

åkerier är positiva och drivande i frågan om att köra jord och bergmaterial med tyngre lastbilar. Att möjliggöra samordning kräver ökad samverkan mellan aktörer i samhället samt en utvecklad samhällsplaneringen som inkluderar frågor om ytor för hantering av jord- och bergmaterial i byggandet.

En stor andel av materialet som genereras inom studieområdet är så kallade mjuka massor som är besvärliga eller omöjliga att använda i byggandet. Genom att flytta över en del av dessa transporter från lastbil till sjöfart kan mycket stora kostnadsbesparingar uppnås. Ett problem för genomförande av sjöfart är dock infrastrukturen eftersom utskeppningshamn och mottagningshamnar saknas i stor utsträckning. Att etablera tillfälliga hamnar är kostsamt, och tidskrävande.

En viktig slutsats av projektet är att det i dagsläget saknas styrning av de schaktmassor som uppstår i byggandet. Schaktmassorna överlåts till entreprenörer som försöker lösa transporterna och avsättning efter bästa förmåga men det är ofta svårt eller omöjligt att hitta avsättning för massorna i närområdet. För täktmaterialet är situationen en annan, här för den statliga myndigheten statistik över uttagna mängder och som tillsammans med branschorganisationer arbetar med riktlinjer och störd för en mer hållbar hantering. Beräkningarna i detta projekt visar att mängderna schaktmassor som hanteras i samhället är större än mängden material som behövs för byggande. Det är därför anmärkningsvärt att det saknas samhällsplanering och andra styrmedel för att möjliggöra en mer hållbar hantering av dessa massor.

Det går dock att genom införande av olika styrmedel förändra systemet för massgodstransporter. De styrmedel som i projektet har identifierats som de viktigaste är samhälleliga styrmedel. Detta innebär tex fysisk planering som inkluderar ytor för hantering av massor, av/omlastningsplatser för lastbilar, och översyn av bärighetsklassning av vägar. Även information och kunskaps identifierades som viktiga styrmedel. Detta kan innebära kunskapslyft och information till politiker, flagga och visa upp goda exempel samt gränsöverskridande samverkan och utbytet av kunskap mellan kommuner, myndigheter och privata aktörer. Ett första steg till kunskapslyft och samverkan sker på projekterat slutkonferens som genomförs i Stockholm den 13 februari 2018 under namnet Hållbara transportsystem för ett effektivare byggande.

Referenser

Blengini and Garbarino, 2010. Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. J. Clean. Prod., 18 (2010), pp. 1021-1030

CL: AIRE (2013). Remediation of Four Sites in Northwest England – a Successfully Completed Multi-site, Multi-consultant Cluster Project. Hämtad 11 april från

http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=368:csb-11&id=3:case-study-bulletins

Coronado et al., 2011. M. Coronado, M. Dosal, A. Coz, J.R. Viguri, A. Andrés. Estimation of construction and demolition waste (C&DW) generation and multicriteria analysis of C&DW management alternatives: a case study in Spain. Waste Biomass Valoriz, 2 (2011), pp. 209-225

Forsman et al., 2013. J. Forsman, K. Kreft-Burman, N. Lindroos, H. Hämäläinen, V. Niutanen, K. Lehtonen. Experiences of utilising mass stabilised low-quality soils for infrastructure construction in the capital region of Finland – case Absoils project. The XXVIII International Baltic Road Conference (2013)

Frostell B., Norström A., Svedberg B. (2009). Hållbar materialförsörjning i Stockholms län 2. Hämtad 11 april 2017 från: htp://www.tmr.sll.se/Global/Dokument/HMFS2_slutrapport_091210.pdf

Frosth, S. 2014. Åtgärder i hanteringen av jord- och bergmassor Ekonomisk Nytta. Optimass rapport. Hämtad 11 april 2017 från: http://www.optimass.se/wp-content/uploads/2015/11/20140825-Optimass-Åtgärder-hantering-av-jord-och-berg-Ekonomisk-Nytta.pdf

Gellerstedt, S. (2002) *Manövrering av hjullastare.* JTI-rapport Lantbruk & Industri 310

Hao et al., 2007. J.L. Hao, M.J. Hills, T. Huang. A simulation model using system dynamic method for construction and demolition waste management in Hong Kong. Constr. Innov. Inf. Process Manag., 7 (2007), pp. 7-21

Krantz, G. & Bark, P. 2014. Energieffektiva kortväga massgodstransporter på väg. TFK. Rapport 2014:3

Lundberg, 2012. Hållbar Materialförsörjning i Stockholms Län 3 (HMFS3) – slutrapport. Hämtad 11 april 2016 från http://www.optimass.se/wp-content/uploads/2014/08/Slutrapport_HMFS3_-120517.pdf

Länsstyrelsen i Stockholm, 2017. *Länsplan för regional transportinfrastruktur i Stockholms län 2018-2029.* Remissversion 2017-08-30.

Magnusson S., Lundberg K., Svedberg B., Knutsson S., (2015). Sustainable management of excavated soil and rock in urban areas – A literature review. *Journal of Cleaner Production, 93 (15), 18–25*

M4Traffic (2015). *PM – Samhällsekonomisk bedömning. Gods på vatten*. Hämtad den 11 april 2016 från http://maritimeforum.se/wp-content/uploads/2015/03/1a50326-PM-Gods-pa-vatten.pdf

Mälarhamnar, (2017). *Avgifter 2017.*

Tolstoy N (ed) (1996). *Kartläggning av materialflöden inom byggnads- och anläggningssektorn.* Naturvårdsverkets rapport 4659.

Omnimpex (2006). *Marine Fuel Oil type DMA. Technical specification.* Hämtad den 14 februari 2017 från htttp://www.omnimpex.ro/texte/petroliere/engleza_07/MARINE%20%20GAS%20OIL%20(MGO).pdf

Simion et al., 2013. I.M. Simion, M.E. Fortuna, A. Bonoli, M. Gavrilescu. Comparing environmental impacts of natural inert and recycled construction and demolition waste processing using LCA. J. Environ. Eng. Landsc. Manag., 21 (2013), pp. 273-287

Sveriges Geologiska Undersökning (2013). *Underlag till materialförsörjningsplan för Uppsala län.* SGU-rapport 2013:19

Sjöfartsverket (2016a). *Regeringsuppdrag. Analys av utvecklingspotentialen för inlands- och kustsjöfarten i Sverige.* Huvudrapport. Sjöfartsverket, Dnr 16-00767.

Sjöfartsverket (2016b). *Föreskrifter om ändring i Sjöfartsverkets föreskrifter (SJÖFS 2016:2) om farledsavgift.* Hämtad den 14 februari 2017 från http://www.sjofartsverket.se/upload/SJOFS/2016-7.pdf

TFK, 2016. *Energieffektiva transporter av massgods i stora tätortsområden och storstäder.* Rapport 2016:3.

Trafikanalys 2016. Lastbilstrafik 2015 Swedish national and international road goods transport 2015. Statistik 2016:27

Trafikanalys, 2012. Godsflöden i Sverige. Analys av transportstatistik inom lastbilstrafik, bantrafik och sjötrafik. Rapport 2012:8

Trafikverkets publikation 2015:086. *Krav för vägars och gators utformning*. Hämtad den 11 oktober 2016 från*:* https://www.trafikverket.se/contentassets/18ab6d1957f04fa49039b11998c7c016/vgu-rad-for-vagars-och-gators-utformning---supplement-1-ver-1.0.pdf

Trafikverket (2016). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn. Kapitel 14: Operativa trafikeringskostnader för godstransporter.* Hämtad den 14 februari 2017 från*:* https://www.trafikverket.se/contentassets/4b1c1005597d47bda386d81dd3444b24/14_trafikeringskostnad_gods_a60_160520.pdf

Trafikverket, 2017. *Förslag till nationell plan för transportsystemet 2018- 2029*. Hämtad den 5 september 2017 från*:* https://trafikverket.ineko.se/se/f%C3%B6rslag-till-nationell-plan-f%C3%B6r-transportsystemet-2018-2029-remissversion-2017-08-31

Åhus hamn (2017). *Åhus hamn och stuveri AB – Prislista.* Hämtad den 14 februari 2017 från: http://ahushamn.se.preview.citynetwork.se/wp-content/uploads/2017/04/Prislista-2017.pdf

Muntliga referenser

Berntsson, Sara, (2016). Trafikanalys. *Frågor om statistik för jord och bergmaterialtransporter*. Personlig kommunikation 2016-03-09

Brodin, Sven. (2016). Stockholm stad. Frågor om detaljplaner, byggprojekt och tidpunkter för schaktning. Personlig kommunikation 2016-10-05

Dezfouli Ahmad Jazeb, Controller på Investering, Trafikverket. *Frågor angående pågående projekt i studerat område*. Personlig kommunikation 2016-07-07.

Lantz, Johan. (2016). *Personlig kommunikation oktober 2016*. Avatar Logistics AB

Långberg Ulric. (2016). *Personlig kommunikation april 2016*. Sveriges Åkeriföretag

Rahm, Jonas. (2016). *Personlig kommunikation 20/12 2016*. MWG AB

Treiber, Angelika. TFK. *Frågor om lastbilsparken i Stockholmsområdet och antaganden av lastbilstyper för jord- och bergmaterial*. Personlig kommunikation 2017-10-12