



RAPPORT

Handläggare
Markus Olofsgård
Tel
+46 10 505 94 07
Mobil
+46703566210
E-post
markus.olofsgard@afconsult.com

Datum
2016-04-27
Projekt-ID
60654442

Kund
Svensk Kärnbränslehantering AB

Miljöpåverkan från hantering av BWR- reaktortankar – en LCA analys



ÅF-Industry AB

Markus Olofsgård

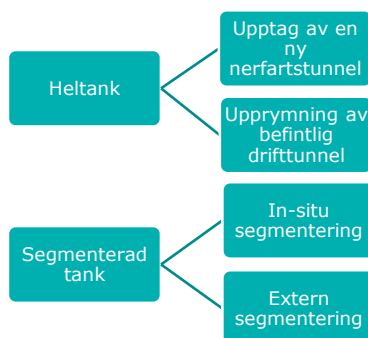
Marzanna Baczynska



Sammanfattning

Under projektering och tillståndsansökan för utbyggnad och fortsatt drift av SFR har ingångsvärdet varit att uttjänta reaktortankar från samtliga svenska kokvattenreaktorer skall demonteras och lagras som heltankar. Det finns flera olika, internationellt beprövade, metoder för omhändertagning av uttjänta reaktortankar.

De två huvudalternativen är att lagra dem hela eller segmenterade. Till dessa finns sedan underalternativ, vilket ger fyra olika scenarion att analysera och jämföra enligt figur nedan.



Explicit definieras scenarion som följer:

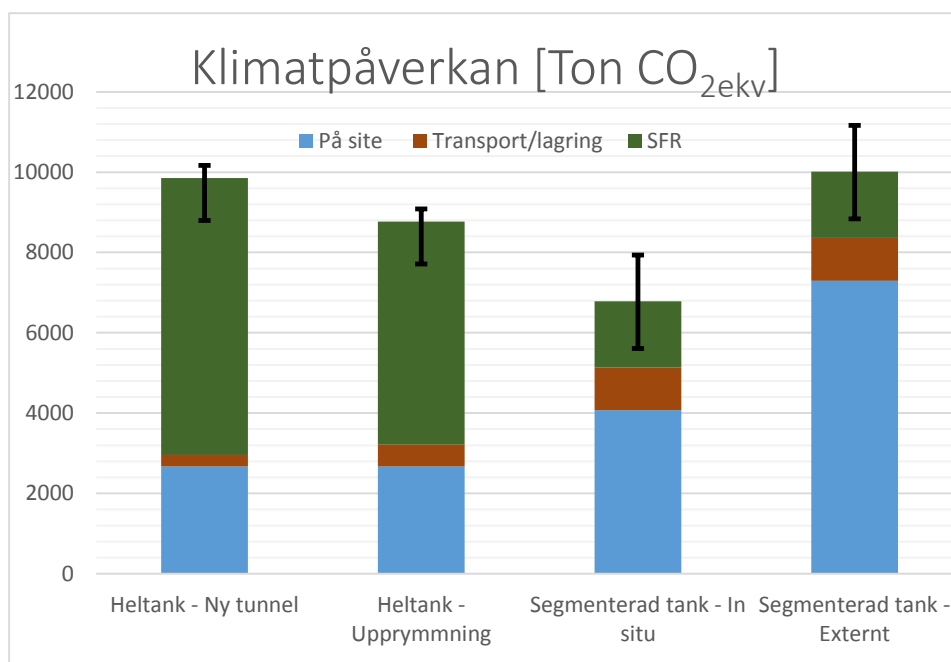
1. Scenario 1 – heltanklösning plus sprängning av ny nerfartstunnel i SFR
2. Scenario 2 – heltanklösning plus upprymning av SFRs drifttunnel
3. Scenario 3 – tanken segmenteras on-site och packas i fyrkokiller för lagring i SFR
4. Scenario 4 – tanken tas ut hel, segmenteras på annan plats och packas i fyrkokiller för lagring i SFR.

Syftet med denna studie är att kvantifiera skillnader i miljöpåverkan - vid rivning av kärnkraftverk - från dessa olika scenarion för att hantera reaktortankar från kokvattenreaktorer.

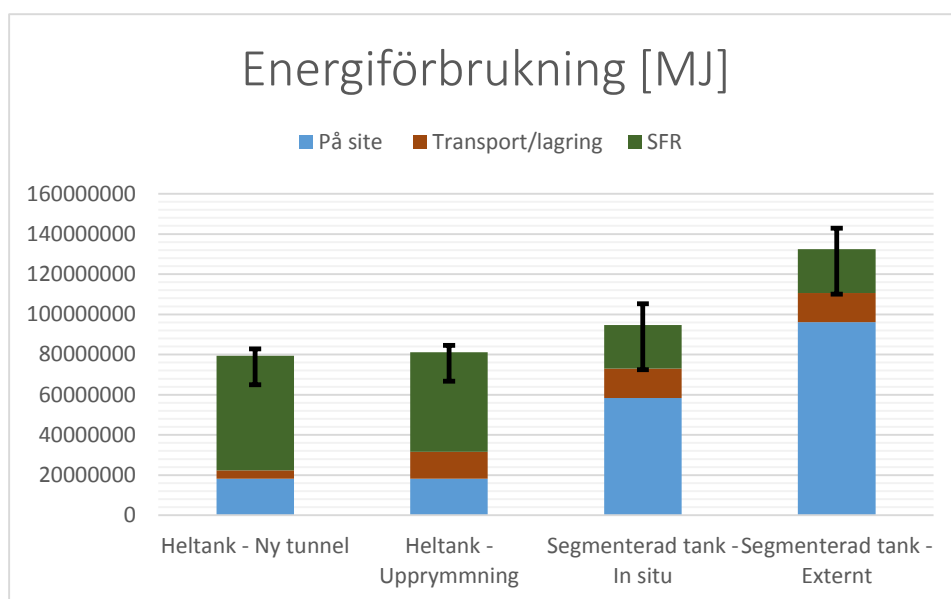
Studien bedrivs enligt livscykelmetodik, de valda påverkanskategorierna är: klimatpåverkan, energiförbrukning samt resursförbrukning. Huvudfokus ligger på klimatpåverkan och energiförbrukning.

Studien redovisar eller analyserar inte möjligheten till att genomföra de olika scenerierna samt dess effekter utöver miljöpåverkan

Resultatet redovisas i figurer nedan. I figurerna är resultatet från känslighetsanalysen inkluderat som felstaplar. Känslighetsanalysen återfinns i sin helhet i bilaga 4.



Klimatpåverkan för studerade scenarion



Energiförbrukning för studerade scenarion

Ur klimatsynpunkt har in situ segmentering lägst påverkan i grundscenariot.

Heltankslösningarna har i grundscenariot en lägre påverkan ur ett energiperspektiv oavsett om en ny tunnel tas upp eller den befintliga uppryms.

Då möjlighet till återvinning, uppdelning av avfall, och packningsgrad kan påverka vilket alternativ som är att rekommendera ur såväl energi som klimatsynpunkt är detta aspekter som bör tas hänsyn till i vidare arbete



Innehållsförteckning

1	Inledning.....	7
2	Syfte och omfattning	7
2.1	Avgränsningar	7
2.2	Den funktionella enheten	8
3	Metodik.....	8
3.1	Workshop.....	8
3.2	Systembeskrivning	9
3.2.1	Heltank, upptag av ny nerfartstunnel.....	9
3.2.2	Heltank, upprymning av befintlig tunnel.....	9
3.2.3	Segmenterad tank, in-situ segmentering.....	9
3.2.4	Segmenterad tank, extern segmentering	9
3.3	Processbeskrivningar	9
3.3.1	Transport av kran	10
3.3.2	Urlyft med kran	10
3.3.3	Tillverkning av strålskärm	10
3.3.4	Segmentering	10
3.3.5	Tillverkning av fyrkokiller	11
3.3.6	Mellanlagring I.....	11
3.3.7	Mellanlagring II.....	11
3.3.8	Landtransport.....	12
3.3.9	Transport med pråm.....	12
3.3.10	Transport med båt	13
3.3.11	Uppförande, drift av byggnad för segmentering	13
3.3.12	Upptag av nytt bergum/tunnel.....	13
3.3.13	Igjutning, kringgjutning	15
3.3.14	Drift SFR.....	15
3.3.15	Förslutning SFR.....	15
3.4	Livscykeldata	15
3.5	Presentation av resultatet	16
4	Resultat och diskussion	17
4.1	Klimatpåverkan.....	17
4.2	Energiförbrukning.....	18
4.3	Stålförbrukning	20
4.4	Betongförbrukning.....	20
4.5	Uppdelning och återvinning	21
5	Slutsatser.....	23



6 Referenser.....	24
-------------------	----

Bilagor

Bilaga 1 Resultat	25
Bilaga 2 Resultat NTM calc.....	29
Bilaga 3 Flödesschema	30
Bilaga 4 Känslighetsanalys.....	34



Förkortningar

LCA – livscykelanalys (life cycle assessment)

BRT – bergssal för reaktortankar

BMA – bergssal för medelaktivt avfall

BLA – bergssal för lågaktivt avfall

BWR – boiling water reactor

SKB – Svensk Kärnbränslehantering AB

ISO – International Standardisation Organisation

SFR – Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall

SPMT - self propelled modular transporter

CO_{2ekv} - koldioxidekvivalenter



1 Inledning

Under projektering och tillståndsansökan för utbyggnad och fortsatt drift av SFR har ingångsvärdet varit att uttjänta reaktortankar från samtliga svenska kokvattenreaktorer skall demonteras och lagras som heltankar. Det finns flera olika, internationellt beprövade, metoder för omhändertagning av uttjänta reaktortankar. De två huvudalternativen är att lagra dem hela eller segmenterade. SKB har genomfört ett flertal studier där kostnad, tid och energiförbrukning för de olika alternativen utretts. Även miljöaspekter har vägts in. Emellertid har inga strukturerade beräkningar genomförts i Sverige för att jämföra de olika alternativen ur miljösynpunkt.

ÅF har av SKB fått i uppdrag att genomföra denna, LCA-baserade, analys. Föreliggande rapport beskriver upplägget och resultatet av analysen.

2 Syfte och omfattning

Syftet med denna studie är att kvantifiera skillnader i miljöpåverkan - vid rivning av kärnkraftverk - från olika scenarion för att hantera reaktortankar från kokvattenreaktorer.

Då syftet är att jämföra valda scenarion (en komparativ LCA), skall resultatet inte tolkas som en heltäckande LCA för omhändertagande av reaktortankar. Analysen använder en väletablerad LCA metodik, utifrån ISO standarden 14040.

Studien bedrivs enligt livscykelmetodik, de valda påverkanskategorierna är: klimatpåverkan, energiförbrukning samt resursförbrukning. Huvudfokus ligger på klimatpåverkan och energiförbrukning. Gällande resursförbrukning har stål och betong identifierats som de huvudsakliga resurserna. Detta urval av påverkanskategorier är gjord då dessa kategorier anses utgöra en god bild av miljöpåverkan. Förbrukning av stål och betong ses inte som en direkt miljöpåverkan men då de har en stor påverkan på energiförbrukning och klimatpåverkan tas de med för att öka förståelsen.

Till stålförbrukning räknas inte själva reaktortankarnas stål utan endast kringkonstruktioner såsom fyrkokiller, strålskärmar och byggmateriel. Vid beräkningar av effekter av återvinning antas stålet från reaktortankarna sättas fritt på marknaden och således minska stålförbrukningen.

2.1 Avgränsningar

Vissa processer som äger rum i samband med hanteringen av reaktortankar tas inte med i beräkningarna. De processer som vid ett överslag bedöms bidra med mindre än 1 % av den slutgiltiga påverkan ingår inte i beräkningarna. För att avgöra vad som ligger under 1 % beräknas de stora processerna först för att på så sätt lättare kunna göra en bedömning om huruvida de små processerna utgör mindre än 1 %.

Till processer med liten påverkan räknas drift (el, ventilation, värme m.m.) av anläggningen under nedmontering av reaktorerna, hantering och paketering av material. Dessa processer har vid en bedömning ansetts bidra med mindre än 1 % i någon av påverkanskategorierna.

Processer som inte initieras av hantering av reaktortank räknas heller inte med. Hit räknas framförallt alla processer som är kopplade till rivning och demontering av själva anläggningen och som måste genomföras oavsett hur reaktortanken omhändertas. Dessa räknas därför inte med.



Personalens resor till och från siter är inte medräknad. Segmenteringsalternativet antas pågå under en längre tid än heltankslösningarna och därmed kräva fler personresor. Heltankslösningarna kräver emellertid sannolikt influgna kranoperatörer. Skillnaden mellan alternativen bedöms därför vara mindre än 1 % och förväntas således inte ha någon signifikant påverkan på slutresultatet.

Vidare så avgränsas hanteringen av urtagna bergmassor från SFR till att bara omfatta transport till lokalt upplag vid SFR. Vidare krossning och transport antas belasta användaren av fyllnadsmaterial. Detta är ett etablerat resonemang hos trafikverket (1) som är en av de större användarna av fyllnadsmassor därför tillämpas det även i denna analys. Risken finns annars att belastningen från hanteringen av bergmassor kommer att räknas dubbelt. I linje med detta inkluderas belastning från krossning och transport av massor vid förslutning av SFR. Att räkna med belastningen från båda dessa processer skulle vara inkonsekvent.

Studien redovisar eller analyserar inte möjligheten till att genomföra de olika scenerierna samt dess effekter utöver miljöpåverkan

2.2 Den funktionella enheten

Den funktionella enheten har definieras som "nio reaktortankar i ett förslutet SFR". SFR antas förslutas 2075 (2).

3 Metodik

LCA är en etablerad metodik för att kartlägga en produkts eller tjänsts miljöpåverkan. En livscykelanalys enligt ISO 14040 är indelad i fyra steg:

1. Omfattning och syfte: undersökningens syfte och ambitionsnivå beskrivs.
2. Inventeringsanalys: information om material och processer samlas in, miljöbelastningen för de ingående processerna fastställs.
3. Miljöpåverkansbedömning: den totala miljöbelastningen för systemet beräknas
4. Resultattolkning: indata och delresultat tolkas kontinuerligt utifrån tillgänglig information för att säkerställa att data är rimliga och relevanta.

Aktuell LCA bygger på ovanstående arbetsgång. I första fasen genomfördes en workshop med personal som på ett eller annat sätt är knutna till rivning och slutförvar av låg- och medelaktivt avfall. Denna workshop beskrivs i avsnitt 3.1. Utifrån workshopen definierades syfte och omfattning på det sätt som beskrivs i kapitel 2.

Utifrån det som framkom på denna workshop identifierades ett antal nödvändiga byggstenar för att beräkna miljöpåverkan från olika metoder för att hantera reaktortank. Även vilka byggstenar som erfordras för att sätta samman aktuella scenarion definierades utifrån workshopen. Detta resulterade i den systembeskrivning som återfinns i avsnitt 4.2. Systembeskrivningen låg sedan till grund för inventeringsanalysen.

Slutligen genomfördes beräkningarna för att bedöma miljöpåverkan för de definierade systemen. De detaljerade beräkningsförutsättningarna redovisas i avsnitt 3.3.

3.1 Workshop

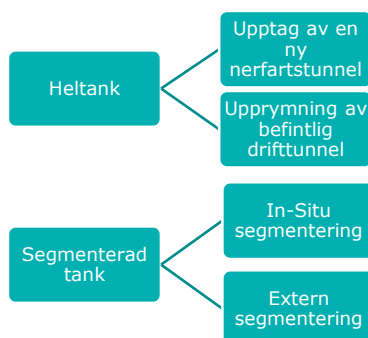
Vid en workshop hos SKB samlades representanter från SKB, respektive kärnkraftverk, samt ÅF. Vid workshopen diskuterades dels syfte och omfattning av analysen och dels vilka processer som borde ingå i de olika systemen. Resultatet från workshopen återfinns under kapitel 2 samt avsnitt 3.2.



3.2 Systembeskrivning

Analysen bygger på ett flertal olika scenarion. Gemensamt för alla scenarion är att analysen innefattar alla steg från urluft/segmentering av reaktortank till förslutning av SFR. Först När SFR är förslutet anses scenariot vara slut. Gemensamt för samtliga scenarion är också att SFRs utbyggnad inte förväntas vara i drift förrän 2028.

De två huvudspåren i analysen är omhändertagande av heltank respektive segmenterad tank. Till dessa finns sedan underalternativ vilket ger 4 olika scenarion att analysera och jämföra se Figur 3-1:



Figur 3-1 Analyserade scenarion

3.2.1 Heltank, upptag av ny nerfartstunnel

Detta scenario utgår ifrån att det tas upp en ny tunnel som är dimensionerad för att transportera hela reaktortankar. Detta gör att reaktortankarna kan levereras ned i SFR omedelbart efter att det utbyggda SFR tagits i drift.

3.2.2 Heltank, uppyrning av befintlig tunnel.

Detta scenario utgår ifrån att hela reaktortanken lyfts ut med kran och lagras i väntan på förslutning av SFR. I anslutning till förslutningen av SFR kan befintliga installationer av el, VVS mm demonteras och någon av de befintliga tunnlarna uppyrmas till de dimensioner som krävs för nedtransport av hel reaktortank

3.2.3 Segmenterad tank, in-situ segmentering

Detta scenario utgår ifrån segmentering på kärnkraftverk och förpackning av de segmenterade delarna i fyrkokiller. Behållarna lagras till dess att SFR tas i drift och placeras sedan i kassuner i SFR.

3.2.4 Segmenterad tank, extern segmentering

Detta scenario utgår ifrån att reaktortanken lyfts ur hel och sedan transporteras till extern site för segmentering. Denna site antas ligga i Studsvik. Efter segmentering packas avfallet och levereras till SFR på samma sätt som i 3.2.3.

Ett förenklat flödesschema för respektive scenario åskådliggörs i bilaga 3. Processerna beskrivs mer i detalj avsnitt 3.3 nedan.

3.3 Processbeskrivningar

I det följande beskrivs vad som innefattas i respektive process. Då det anses föreligga ett behov av att hänvisa ett antagande till en källa redovisas denna i anslutning till antagandet. Källhänvisningar för specifika emissionsfaktorer återfinns i 3.4.



3.3.1 Transport av kran

Transport av kran från hemmaposition och tillbaka beaktas i detta steg. Utlyftningen av tankar på samma site förutsätts samköras, ingen koordinering mellan siter antas. Då tidpunkt för demontering av tankar kan skilja något inom de olika verken så är det inte alltid möjligt att lyfta ur tankarna vid samma tillfälle. Vissa verk kräver därför mer än en krantransport. Nedan sammanställs behovet av krantransporter

- Barsebäck: en krantransport. Urlyft av B1 och B2 antas synkroniseras
- Oskarshamn: två krantransporter. Urlyft av O1 och O2 synkroniseras medan O3 lyfts vid senare tillfälle
- Forsmark: två krantransporter. Urlyft av F1 och F2 synkroniseras medan F3 lyfts vid senare tillfälle.
- Ringhals: en krantransport för urlyft av R1

I rapporten "Energianalys av reaktortankflytt från Barsebäcks kärnkraftverk till SFR Forsmark" (3) anges att kranen som krävs för utlyftning av hel reaktortank är en Mammoet MSG 80 som återfinns i Holland. Kranen förpackas i containrar för frakt till respektive anläggning. Beräkningar av klimatbelastning och energiförbrukning görs med NTMs verktyg NTM calc (4). Ingående variabler och resultat från beräkningen återfinns i bilaga 2.

3.3.2 Urlyft med kran

Vid heltankslösning antas urlyftning göras med kran genom taket. Andra metoder för avlägsna reaktortanken från reaktorbyggnaden kan komma att tillämpas men urlyft med kran är den metod som anses ha den största miljöpåverkan. Andra metoder kan ha en större miljöpåverkan under själva urlyftningsfasen. Transporten av kran från Holland till siten har dock så hög klimatpåverkan och energiförbrukning att urlyft genom taket är att betrakta som scenariot med störst miljöpåverkan.

I rapport "Demontering av hel reaktortank B1 och B2" anges att temporära stödväggar måste byggas i samband med urlyft (5). Dessa väggar antas vara uppbyggda av en bärande konstruktion av I-balkar samt färdiga väggelement av mineralull och stålplåt. Materialåtgång, energiförbrukning och klimatpåverkan för dessa väggar beräknas utifrån aktuella emissionsfaktorer. Energiförbrukning för att lyfta ur tankarna bedöms bidra till mindre än 1 % av den totala energiförbrukningen och beräknas inte. Bedömningen baseras på det fysikaliska arbetet som krävs för att lyfta vikten av en reaktor upp ur en reaktorbyggnad.

3.3.3 Tillverkning av strålskärm

Alla reaktortankar utom de från Barsebäck antas behöva en strålskärm - effekten av att undvika strålskärm undersöks i känslighetsanalysen.

Strålskärmen antas utgöra en 70 mm tjock stålplåt kring reaktortankens härdregion. Vikten för denna uppskattas till 85 ton/reaktortank (6).

3.3.4 Segmentering

Segmentering av reaktortank har i tidigare utredningar antagits ske med plasmaskärning. Det är denna metod som ligger till grund för beräkningarna i energianalysen (3). Denna metod ligger även till grund för beräkningarna i denna analys.

Huvudalternativet till plasmaskärning är mekanisk skärning med cirkel- och bandsåg. Detta alternativ beaktas i känslighetsanalysen.



Segmentering antas ske i två steg där reaktortanken först delas upp i "ringar" som sedan sönderdelas i mindre stycken i lämplig storlek för förpackning i fyrkokiller och ISO-containrar. I grundscenariot antas att hela reaktortanken hanteras som medelaktivt avfall och packas i fyrkokiller.

Vid segmentering av reaktortankar uppstår sekundäravfall i form av verktyg, kläder, filter mm. Detta skall också lagras i SFR. För segmenterad tank antas detta vara ca 100 m³/reaktortank. Detta enligt uppskattningar från Barsebäck. Sekundäravfall antas vara lågaktivt och därmed lagras i ISO-containrar i BLA.

Segmentering av reaktortank med plasmaskärning anges enligt energianalysen (3) kräva en effekt på 120kW i 4725 timmar. Detta ligger till grund för beräkningarna i grundscenariot.

3.3.5 Tillverkning av fyrkokiller

Fyrkokiller antas tillverkas av konstruktionsstål enligt EN 10025-2. Produktionen av fyrkokiller antas äga rum i Sverige dock har inga ansatser om svenskt stål gjort utan värden för europeiskt medelstål används. Sannolikt skulle klimatbelastningen minska något om enbart svenskt stål användes.

Beräkningarna för tillverkning av fyrkokiller bygger på data för ståltillverkning som anges i trafikverkets klimatkalkyl (1). Antal fyrkokiller baseras på innervolymen 6,5 m³ och packningsgraden 1100 kg/m³ (3). Vikten på fyrkokillerna antas vara 1722 kg. (7) I huvudscenariot antas allt avfall packas i fyrkokiller.

3.3.6 Mellanlagring I

Oavsett om tankar segmenteras eller behålls hela kommer en viss mellanlagring behövas för de tankar som demonteras innan det utbyggda SFR är i drift. Antaganden för reaktortankmellanlagring:

- SFR kan ta emot rivningsavfall, bl.a. reaktortankar 2028.
- Ringhals 1 stängs under 2020, reaktortank demonteras uppskattningsvis 2023 och kan mellanlagras on site.
- B1 och B2, demontering sker ca 2023, någon form av mellanlager behöver uppföras externt eller på site för att lagra tankar tills SFR kan ta emot. De har inga sådana faciliteter idag.
- Forsmark, drifts 60 år, demonteras då det utbyggda SFR är drift.
- O1 stängs under perioden 2017-2019 och O2 återstartas inte, vilket gör att reaktortankar kommer demonteras innan SFR är i drift. OKG har ingen möjlighet att mellanlagra i befintliga faciliteter, någon form av nytt mellanlager behövs.
- O3 drifts 60 år och demonteras då SFR är drift
- Summering: BWR-tankar från B1, B2, O1, och O2 behöver någon form av mellanlagring.

All form av mellanlagring antas utgöra samma miljöpåverkan, oavsett om lagring sker på site eller i nyuppförda lokaler externt. Skillnaden är att vid uppföring av nya lokaler räknas även uppförandet av byggnad till miljöpåverkan. I fallet med extern lagring antas uppförande drift och demontering av lager ingå i denna process. Driften anses begränsad till avfuktning av lokalerna.

3.3.7 Mellanlagring II

I alternativet med upprymd tunnel, lagras hela tankar i anslutning till SFR för att transporteras ned precis innan förslutning då upprymningen av tunnel kan göras efter demontering av ventilations- och elinstallationer i drifttunneln. I detta fall antas uppförande drift och demontering av lager ingå i denna process. Lagret dimensioneras



efter antaganden i rivningsstudie från 2008 (7). För den byggnad som beskrivs som mellanlager i rapporten har åtgång av betong och stål samt energi och klimatpåverkan för dessa material beräknats. Betongmängd och mängd armering hämtades från Svensk Betong (8).

Energiförbrukning i drift utgår ifrån att endast avfuktning av lagret är aktuellt, ingen varmhållning har beräknats.

Beräkningarna utgår ifrån uppmätt värmebehov i en aktiv lagerlokal (9) det har sedan antagits att 50 % av denna energiförbrukning åtgår för att avfukta lokalen. Detta ger en årlig energiförbrukning om 180 000 MJ.

För processen mellanlagring I i 3.3.6 antas samma belastning per lagrad volym som ovan beskrivna.

3.3.8 Landtransport

3.3.8.1 Heltank

Heltank antas transporteras på SPMT-fordon såväl från anläggning till hamn som från hamn ner i SFR. Ett SPMT fordon drar 0,12 kWh/km. För en reaktortank på 540 ton krävs 36-SPMT fordon (3). Behovet av antal fordon antas vara proportionellt mot vikten hos reaktortanken. Det är möjligt att detta blir tekniskt omöjligt att genomföra, men metoden ger en god uppskattning över energiförbrukning för transport och därmed även för klimatpåverkan.

3.3.8.2 Segmenterad tank

Den segmenterade tanken antas transporteras med befintligt terminalfordon på SFR och ett motsvarande fordon vid respektive anläggning. Alla transporter antas gå med full last ena vägen och tomma samma väg tillbaka. Bränsleförbrukningen antas inte påverkas av lastmängd, bränsleförbrukningen för terminalfordon antas vara 10 l/km (3).

3.3.9 Transport med pråm

Sjötransport av heltank antas utföras med pråm. Pråm av tillräcklig storlek har identifierats i Lysekil (10). Det är möjligt att det går att hitta pråm med mer optimal hemmahamn för att få ner framkörningssträckan. Pråm och bogserbåtar antas dock i detta fall ha hemmahamn i Lysekil.

Transport med pråm inkluderar transporten av reaktortank, SPMT-fordon samt eventuell strålskärm från site till SFR.

Transporter av heltank med pråm antas samordnas på samma sätt som transport av kran.

Då pråm är att räkna som ett displacementfartyg påverkas inte bränsleförbrukningen nämnvärt av lasten (11) samma bränsleförbrukning har därför antagits oavsett last. Bränsleförbrukningen är antagen att vara 8,9 l/km. Bränslet antas vara diesel MK3 (3).

I den körda sträckan ingår sträckan från Lysekil till kärnkraftverket, kärnkraftverket-SFR och SFR tillbaka till Lysekil. I de fall då transport av flera tankar kan samordnas, delas fram och tillbakakörning av pråmen upp på dessa. Avstånd för sjötransport redovisas i Tabell 3-1



Tabell 3-1 avstånd för sjötransport

	Ringhals	Barsebäck	Oskarshamn	Forsmark
Avstånd till SFR [km]	1020	814	426	0

3.3.10 Transport med båt

Transport med båt inkluderar transporten av fyrkokiller till SFR med m/s Sigrid inom SKBs ordinarie transportsystem. Processen innefattar även transport av båt till och från hemmahamn i Oskarshamn. I övrigt används samma transportavstånd som för prämtransport.

Sigrid kan enligt uppgift lasta 12 transportbehållare, 24 fyrkokiller alternativt 40 halvhöjds 20 fot ISO-containrar (12). Bränsleförbrukningen för Sigrid förväntas vara något under Sigyns 40 l/distansminut (12). Då det är oklart hur mycket lägre förbrukning som förväntas antas har 40 l/distansminut använts även om detta överskattar förbrukningen något.

3.3.11 Uppförande, drift av byggnad för segmentering

Vid extern segmentering kommer en specifik byggnad behöva uppföras och drifas. Efter segmenteringen antas andra verksamheter kunna nyttja lokalerna varför rivning av byggnaden inte räknas med. Byggnaden blir emellertid sannolikt kontaminerad och måste saneras. Detta ger upphov till sekundäravfall. Belastningen av detta bedöms dock hamna under 1 % gränsen.

För uppförande av en byggnad för extern segmentering har lagerbyggnaden i 3.3.7 tagits som utgångspunkt. Belastningen räknas sedan upp med 100 % för att innefatta invändiga installationer som krävs i en byggnad för extern segmentering. Detta är en väldigt grov uppskattning och det är oklart hur nära sanningen den ligger, men då inga anläggningar av detta slag uppförts är denna uppskattning det bästa tillgängliga.

Vid extern segmentering delas även transporter upp i två led. En transport av heltank till Studsvik och vidare transport av kokiller till SFR. Beräkningarna sker på samma sätt som i 3.4.5 och 3.4.6

3.3.12 Upptag av nytt berggrum/tunnel

Ny nerfartstunnel tas upp enligt beskrivning i MKB (12). Ny tunnel från befintlig förvaringsnivå till utbyggt SFR kommer att krävas oavsett strategi för reaktortankar, så belastningen från denna del av tunneln gäller endast de ökade dimensionerna som krävs för heltank. Från ytan och ner till befintlig förvaringsnivå allokeras hela belastningen till heltankslösningen.

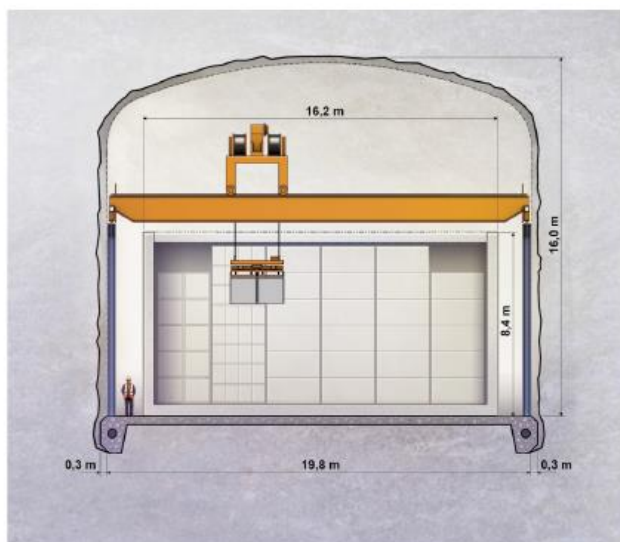
Alternativet till en ny tunnel är en upprymning av befintlig tunnel. Detta innebär att den extra volymen som behöver upprymmas allokeras till heltankslösningen.

Befintlig tunnel är enligt uppgift 1000 m lång (7) och tunnel ned till den utbyggda delen planeras att bli 1 700 m (12). Vid en upprymning av tunneln förväntas höjden ökas med 1,5 m (7).

Oavsett om tankarna förvaras hela eller segmenterade krävs en given lagringsvolym. Volymen för lagring av heltank är satt till 45 000 m³.



Nödvändig berguttag för fyrkokiller antas vara 100 % större än volymen av de faktiska kokillerna. Detta antagande grundas på layouten för 2 BMA som presenteras i Figur 3-2 nedan (13):



Figur 3-2 Tvärsnitt av layout i 2BMA

Volymen berggrum som behöver tas upp för respektive scenario redovisas i tabell 3-2 nedan fördelad på respektive ändamål.

Tabell 3-2 Volym av nödvändiga berggrum

	Heltank - Upprymning	Heltank - Ny tunnel	Segmenterad tank - In Situ	Segmenterad tank Externt
Förvar BMA [m ³]	-	-	11 000	11 000
Förvar BRT [m ³]	45 000	45 000	-	-
Förvar BLA [m ³]			1 000	1 000
Tunnel [m ³]	85 000	137 000	-	-

Data för sprängning, lastning och bortforsling av massor hämtas från Trafikverkets verktyg klimatkalkyl v.3. (1). Det antas att massorna skall fraktas sammanlagt två km för tillfällig deponering i anslutning till tunnelmynningen. Detta avstånd baseras på ett medelavstånd för transport av massor till tunnelmynningen. Livscykeldata för dessa processer återfinns i avsnitt 3.4.

Ingen belastning för krossning och vidare transport av massorna räknas med då denna belastning allokeras till användaren av de producerade fyllnadsmassorna enligt avsnitt 2.1.

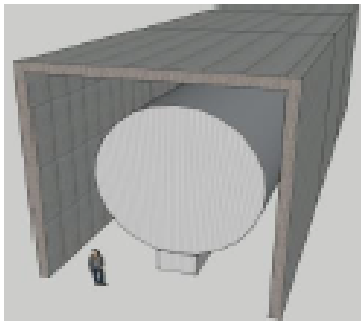
Motsvarande volym används för förslutning. Med avdrag för de lagrade volymerna reaktortankar, fyrkokiller och kringgjutning



3.3.13 Igjutning, kringgjutning

Vid heltankslösning skall tankarna fyllas med betong och sedan kringgjutas med ett lager betong.

Kringgjutning av tankar sker genom byggnation av en kvarsittande form som omsluter reaktortankarna. Utrymmet mellan reaktorvägg och formvägg fylls sedan med betong. Den kvarsittande formen illustreras i Figur 3-3 nedan.



Figur 3-3 Form för kringgjutande av reaktortank

Vid segmenterad tank fylls fyrkokillerna med betong upp till maxvikten 20 ton. Kokillerna placeras i kassuner av oarmerad betong. Kokillerna kringgjuts sedan med betong i kassunen till 0,15 m ovanför kokilllocken. Kassunen försluts till sist med ett 0,50 m betongtak. Kassunerna har yttermåtten 16,20*16,20*8,40 m (13) och antas förvara 216 fyrkokiller. Betongmängd för kringgjutning erhålls från volymsskillnad mellan kassun och kokiller.

3.3.14 Drift SFR

Alla utrymmen i SFR antas behöva avfuktning fram tills de försluts. Energiåtgången för detta är beroende av upptagen volym på samma sätt som för lagerbyggnader. Övrig drift av SFR antas falla under 1 % gränsen.

3.3.15 Förslutning SFR

Förslutning av SFR kräver fyllnadsmassor. Mängden fyllnadsmassor är beroende av uppyrmd volym i bergrum. Vid förslutning används den energi- och miljöbelastning som anges i trafikverket klimatkalkyl (1).

3.4 Livscykeldata

Hela livscykeln innefattar ett fåtal återkommande flöden. Livscykeldata för dessa återfinns i tabell 3-3 nedan.



Tabell 3-3 Livscykeldata

Flöde/aktivitet	Klimatpåverkan [kgCO ₂ ekv]	Energiförbrukning [MJ]	Källa
el (Nordisk elmix)	0,03/MJ		(15)
stål	1,50/kg	20/kg	(1)
mineralull	1,20/kg	17/kg	(15)
sprängning/lastning av massor	3,40/m ³	44/m ³	(1)
transport av massor	0,70/m ³	10/m ³	(1)
diesel	2,87/l	39/l	(1)
Betong	0,13/kg	1/kg	(14)
Armering	0,72/kg	14/kg	(14)
krossning/transport av fyllnadsmassor	8/m ³	108/m ³	(1)

Kvaliteten av en LCA bestäms i en stor grad av kvalitén på dess data. Som man kan avläsa i kolumn fyra baserar denna studie på aktuell data från kända och pålitliga källor, vilket borgar för hög tillförlighet ur den synpunkten.

3.5 Presentation av resultatet

För överskådlighetens skull presenteras bidraget från de olika processerna i block på samma sätt som i rapporten "Utredning av hantering av reaktortank – tids- och kostnadsuppskattning" (6). De tre huvudblocken kan där beskrivas som "på site", "transport" samt "SFR". Vissa processer har tillkommit och placeras in under den rubrik de anses passa bäst. Ett mer detaljerat resultat uppdaterat på de olika processerna återfinns i tabellform i bilaga 1.

Tabell 3-4 Uppdelning av processer i block

På site	Transport och lagring	SFR
<ul style="list-style-type: none"> • urlyft med kran • segmentering • igjutning av fyrkokiller • tillverkning av strålskärm • tillverkning av fyrkokiller • transport av kran 	<ul style="list-style-type: none"> • transport med terminalfordon • transporter med SPTM • pråmtransport • transport med Sigrid • uppförande av mellanlager • drift av mellanlager • uppförande av segmenteringsanläggning 	<ul style="list-style-type: none"> • upptagning av bergrum • upptagning av ny tunnel • upprymning av befintlig tunnel • igjutning heltank • kringgjutning • förslutning

Segmentering av tank räknas således in i kategorin "på site" även i fallet med extern segmentering.

Igjutning räknas till "på site" för segmenteringsalternativet men till "SFR" i fallet med heltank.

Vidare antas i grundscenariot att hela tanken är medelaktivt avfall.



En LCA analys är till sin natur behäftad med osäkerheter speciellt då processen som studeras ligger i framtiden. För flertalet av de ingående parametrarna saknas dock möjligheten att göra en meningfull bedömning av storleken på osäkerheten. I stället så angrips detta problem genom en känslighetsanalys där parameterar som antingen förväntas ha stor påverkan på slutresultatet eller har stora inneboende osäkerheter varieras för att studera effekten på slutresultatet. En känslighetsanalys är genomförd och presenteras i bilaga 4.1

4 Resultat och diskussion

Utifrån känslighetsanalysen som redovisas i sin helhet i bilaga 4 identifierades ett antal parametrar med potential att påverka slutresultatet. Dessa parametrar redovisas i tabell 4-1 nedan.

Tabell 4-1 Parametrar med potential att ha betydande påverkan på slutresultatet

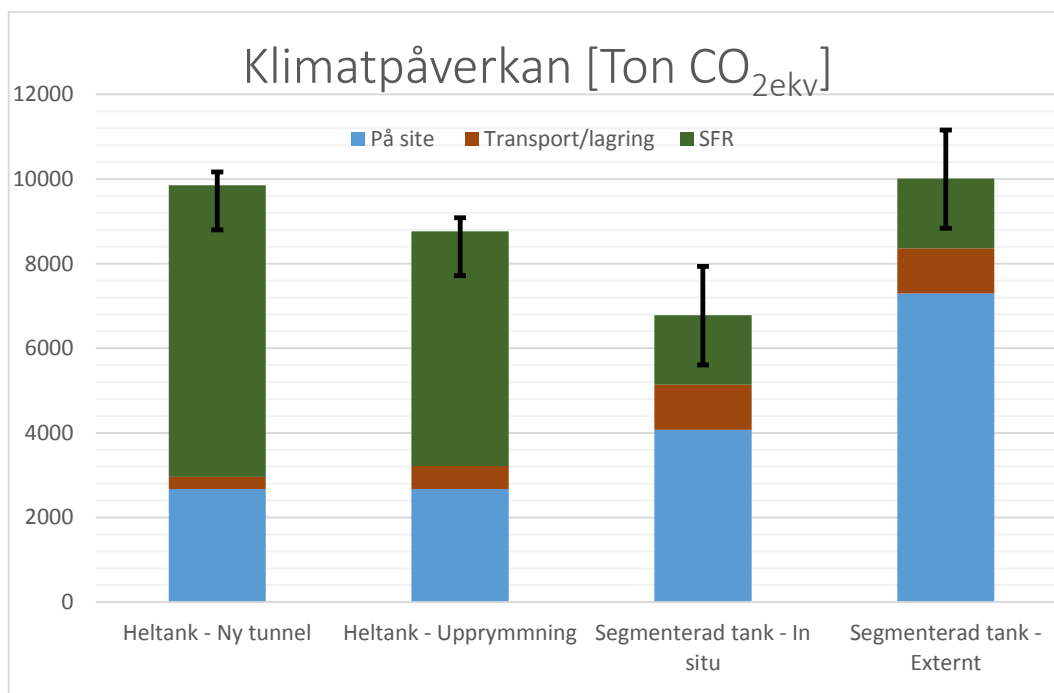
Heltank	Segmenterad tank
samordning av krantransporter	packningsgrad i fyrkokiller
användning av strålskärm	segmentringsmetod
tunnelvolym	

Dessa parametrar antas samverka för att skapa ett fall med låg påverkan och ett med hög påverkan. Dessa nivåer redovisas i form av felstaplar i figur Figur 4-1 till Figur 4-4 nedan. Staplarna representerar således inte osäkerheter utan den lägsta och högsta påverkan såsom beräknats i känslighetsanalysen

Även uppdelning och återvinning av avfall studeras i känslighetsanalysen. Resultatet av detta redovisas i avsnitt 4.5

4.1 Klimatpåverkan

Klimatpåverkan av de olika scenariona redovisas i Figur 4-1 nedan:



Figur 4-1 Klimatpåverkan för olika metoder att omhänderta reaktortankar

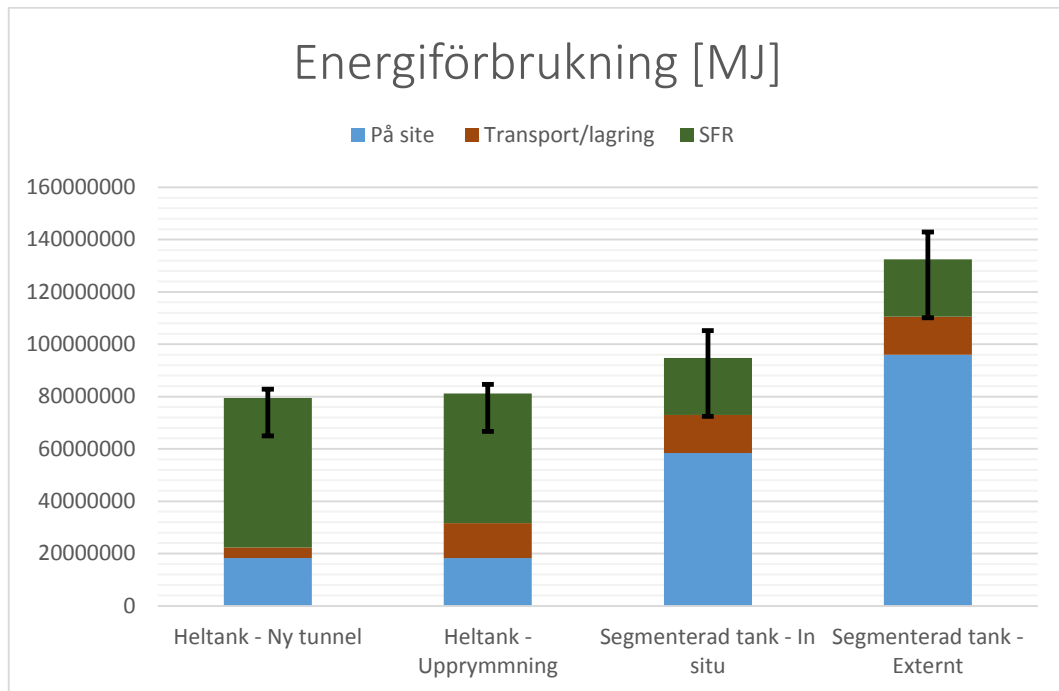
Ur klimatsynpunkt är in-situ segmenterad tank alternativet med lägst påverkan.

Den parameter med störst påverkan på slutresultatet för segmenteringsalternativen är en förändrad packningsgrad i fyrkokillerna. En minskad packningsgrad får genomslag i så gott som samtliga steg i processen. Minskad packningsgrad innebär tillverkning av fler fyrkokiller, transport av fler fyrkokiller, mer betong för igjutning och kringgjutning samt upptag och förslutning av större förvaringsutrymmen. En ökad packningsgrad påverkar på samma sätt fast med en reducerad belastning.

För heltankslösningen är behovet av strålskärm det som får störst genomslag på slutresultatet.

4.2 Energiförbrukning

Energiförbrukning av de olika scenarierna redovisas i figur 4-2 nedan



Figur 4-2 Energiförbrukning för olika metoder för omhändertagande av reaktortank

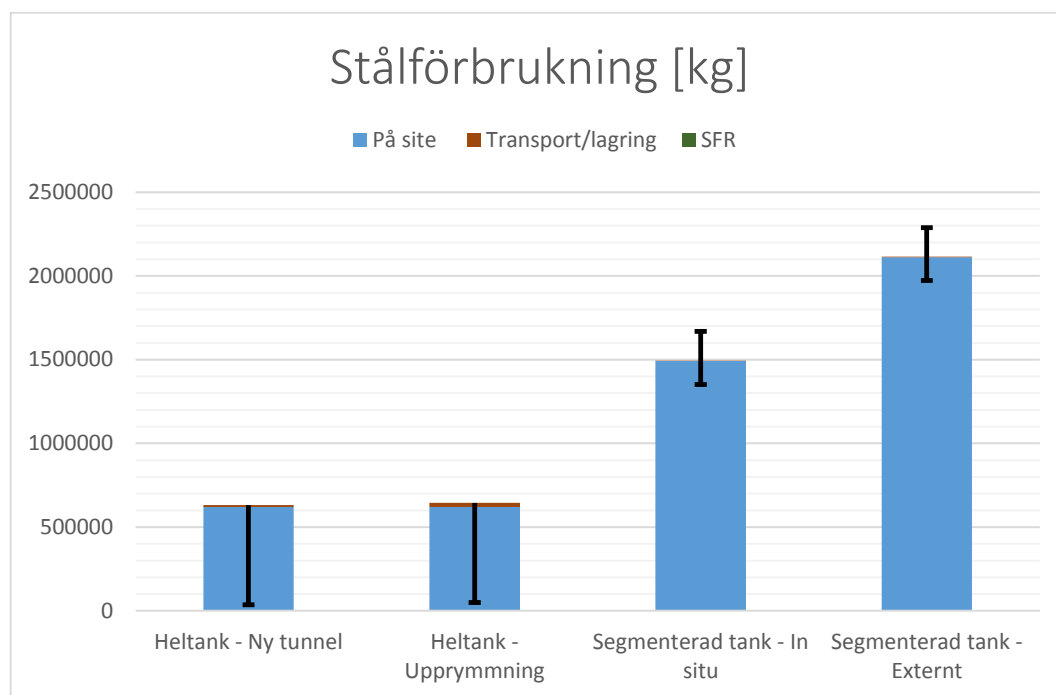
Ur energisynpunkt är heltankslösningarna alternativen med lägst påverkan. Skillnaden mellan de båda heltankslösningarna är att anse som försumbar

Figuren kan ge sken av att det finns fall inom känslighetsanalysen som gör de olika segmenteringsalternativen likvärdiga. Det är dock så att det är samma parametrar som varierar i segmenteringsalternativen så samma förändring som äger rum i det ena segmenteringsalternativet kommer att inträffa för det andra. Heltankslösningarna är kopplade på samma sätt.



4.3 Stålförbrukning

Stålförbrukning av de olika scenarierna redovisas i figur 4-3 nedan:



Figur 4-3 Stålförbrukning för olika metoder för omhändertagande av reaktortank

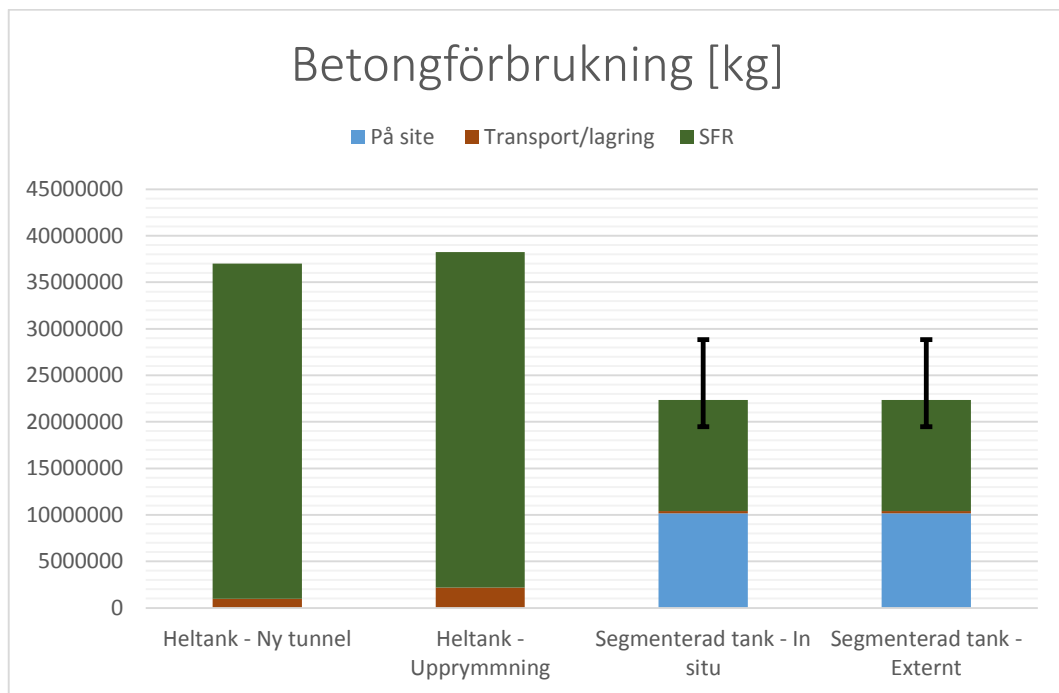
Ur stålförbrukningsperspektiv ger heltankslösningarna minst påverkan. Detta gäller även om det finns möjlighet att dela upp avfallet i låg- och medelaktivt avfall.

Ingen återvinning av stål är beräknad i detta alternativ. Effekten av återvinning redovisas i bilaga 4, avsnitt 4.2.

Den största delen av stålförbrukningen i heltanksfallet är strålskärmar. Således försvinner nästan hela stålförbrukningen om det går att undvika användandet av strålskärm.

4.4 Betongförbrukning

Betongförbrukning för de olika scenarierna redovisas i figur 4-4 nedan:



Figur 4-4 Betongförbrukning för olika metoder för omhändertagande av reaktortankar

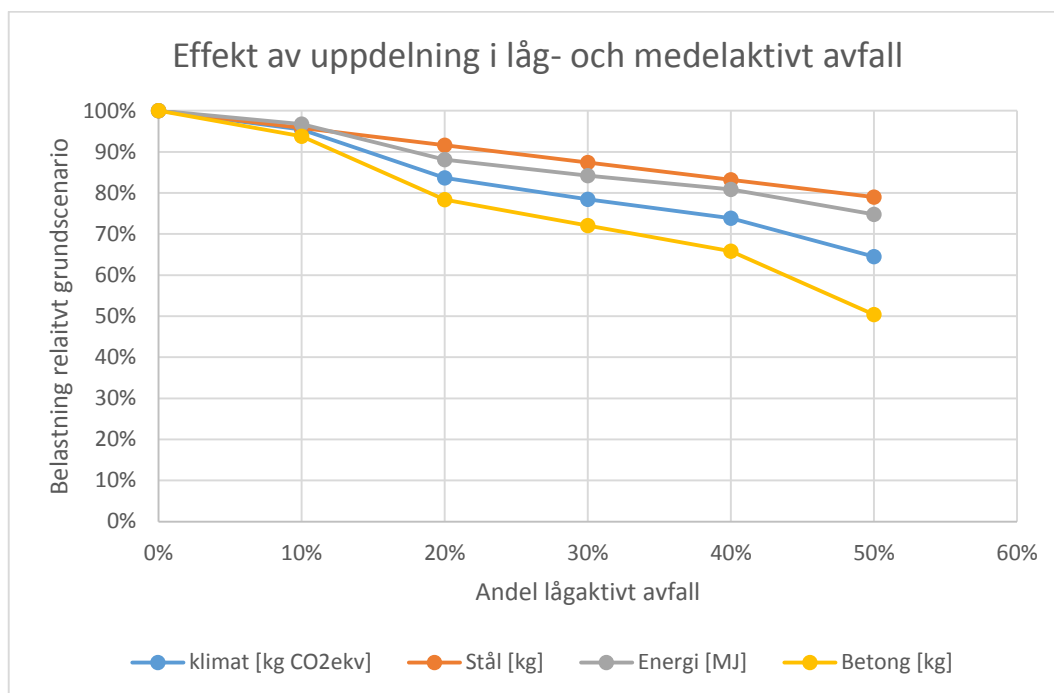
Betongförbrukning härrör främst från igjutning och kringggjutning av kokiller, gjutning och förslutning av kassuner samt i och kringggjutning av heltankar. Antaganden för dessa processer återfinns i kapitel 3

Ur betongförbrukningssynpunkt är segmenteringslösningarna alternativen med lägst påverkan. Parametern med störst påverkan på detta är en minskad packningsgrad i fyrkokillerna. En minskad packningsgrad innebär fler fyrkokiller, vilket ger mer betong för igjutning, kringggjutning och tillverkning av kassuner samt upptag och förslutning av större förvaringsutrymmen. En ökad packningsgrad påverkar på samma sätt fast med en reducerad belastning.

Ur betongförbrukningsperspektiv har ingen känslighetsanalys gjorts när det gäller heltanklösningarna då inga parametrar som varierats påverkar betongförbrukningen i dessa scenarion..

4.5 Uppdelning och återvinning

Effekten av uppdelning av avfallet i låg- och medelaktivt avfall redovisas i figur 4-5 nedan. Figuren visar den miljöbelastning relativt grundscenariot "segmentering in-situ"

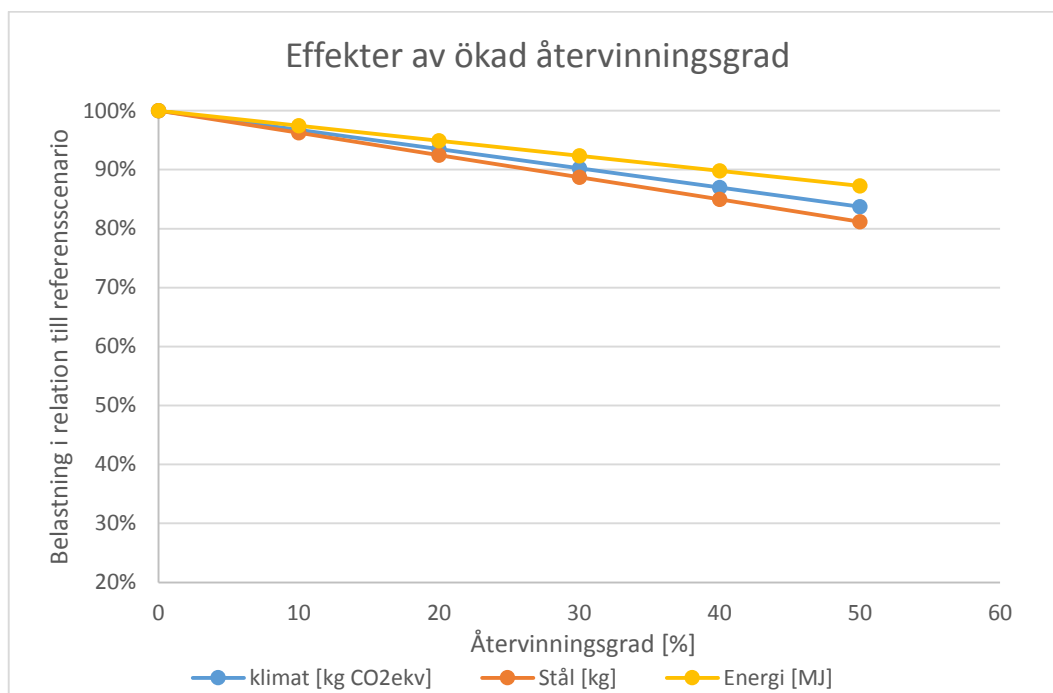


Figur 4-5 Effekt av uppdelning i låg- och mellanaktivt avfall

Den huvudsakliga anledningen till den reducerade miljöpåverkan är att lågaktivt avfall packas i ISO-container. ISO-containrar placeras direkt i bergrummet utan vare sig igjutning eller kringgjutning.

Vid segmentering finns även möjligheten att friklassa och återvinna delar av reaktortanken. Effekten av återvinning presenteras i Figur 4-6 nedan. Figuren visar den relativa belastningen gentemot ett referensscenario. Referensscenariot i detta fall är "segmentering in-situ" med antagandet att avfallet är 50 % lågaktivt avfall och 50 % medelaktivt avfall. Återvinning antas ske av de 50 % lågaktivt avfall.

Mängden medelaktivt avfall är således konstant. Vilket gör att även betongförbrukningen är konstant, denna redovisas därför inte i figur 4-6



Figur 4-6 Effekter av återvinning

Effekten av uppdelning av avfall i låg- och medelaktivt avfall visar sig vara större än effekten av att återvinna material från reaktortankar.

5 Slutsatser

Då förbrukning av betong och stål inte är att se som betydande miljöaspekter tas inte dessa med i slutbedömningen. Såväl betong- som stålförbrukning ger dock upphov till klimatpåverkan och energiförbrukning och tjänar på så sätt som ett bra underlag för förståelsen av klimatpåverkan och energiförbrukning

Ur klimatsynpunkt har in situ segmentering lägst påverkan i grundscenariot och har potential att få lägre påverkan om uppdelning eller återvinning kan ske.

Heltankslösningarna har i grundscenariot en lägre påverkan ur ett energiperspektiv oavsett om en ny tunnel tas upp eller den befintliga uppryms.

Då möjlighet till återvinning, uppdelning av avfall, och packningsgrad kan påverka vilket alternativ som är att rekommendera ur såväl energi- som klimatsynpunkt bör dessa parametrar studeras vidare.



6 Referenser

1. **Trafikverket.** Trafikverket. *Klimatkalkyl - Infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändning i ett livscykelperspektiv*. [Online] den 16 10 2015.
<http://www.trafikverket.se/klimatkalkyl/>.
2. **SKB.** *Låg- och medelaktivt avfall i SFR Referensinventarium för avfall 2013*. Stockholm : SKB, 2013.
3. **Fridell, Nikolina, Tarnawski, Mikaela och Ångman, Katarina.** *Energianalys av reaktortankflytt från barsebäcks kärnkraftverk till SFR i Forsmark*. Uppsala : Uppsala Universitet, 2010.
4. **NTM.** Network for transport Measures. [Online] den 22 10 2015.
<https://www.transportmeasures.org/en/>.
5. **L, nydahl och C, Törner.** *demontering av hel reaktortank B1 och B2*. Lund : Scanscott Technology, 2009.
6. **Haglund, Johan och Egeltun, Peder.** *Utredning av hantering av reaktortank - Tids- och kostnadsuppskattning*. Stockholm : SKB, 2013.
7. **Calderon, Markus.** *Energianalys för transport av BWR tankar*. Stockholm : SKB, 2012. 1336123.
8. **Farias, Ivette, Johnsson, Henrik och Nyström, Kalle.** *Rivningsstudie av demontage, lyft transport, mellanlagring och slutförvar av hel reaktortank*. u.o. : Westinghouse, 2008.
9. **Betong, Svensk.** Snabbdimensionering Statik. [Online] den 16 10 2015.
<http://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-platsgjutet/statik/snabbdimensionering/statik>.
10. **Dia, Ali och Bengtsson, Fredrik.** *Energikartläggning av lagerbyggnad*. Halmstad : Högskolan i Halmstad, 2012.
11. **Sandinge bogsering och sjötransport.** Sandinge Bogsering och sjötransport. *Swedish Barges*. [Online] den 16 10 2015.
<http://www.sandinge.com/swedish/barges.html>.
12. **J Strandberg, S Skenhall.** *Köpguide för motorbåtar*. Stockholm : IVL - Svenska miljöinstitutet, 2013.
13. **SKB.** *Miljökonsekvensbeskrivning utbyggnad och fortsatt drift av SFR*. Stockholm : SKB, 2014.
14. **Millqvist, Theresa och Lundin, Magnus.** *Beskrivning av förutsättningar konstruktion och utförande av barriär i 2 BMA*. Stockholm : SKB, 2014.
15. **Malmqvist, Tove, o.a.** *Byggandets klimatpåverkan livscykelberäkning av klimatpåverkan och energianvändning för ett nyproducerat energieffektivt småhus i Betong*. u.o. : IVL, 2015.
16. **Johansson, Martin och Kanellos, Konstantin.** *Livscykelanalys och optimering av isoleringstjocklek för moderna byggnader*. Växjö : Växjö Universitet, 2007.
17. **Återvinningsindustrierna.** Återvinningens klimatnytta. *Återvinningens klimatnytta*. [Online] den 22 10 2015.
<http://www.recycling.se/branschfragor/atervinningens-klimatnytta>.



18. **SKB.** *Miljökonsekvensbeskrivning - Utbyggnad och fortsatt drift av SFR.*
Stockholm : SKB, 2014.

19. **Edelborg, Mathias.** *Jämförelse mellan hel respektive segmenterad reaktortank.*
Stockholm : SKB, 2013.

BILAGA 1 RESULTAT



Resultat-Heltank ny tunnel				
	klimat [ton CO ₂ ekv.]	Resursförbrukning		Energi [MJ]
		Stål [kg]	Betong [kg]	
På site	2 670	620 183	0	18 246 008
Tillfälliga väggar	340	25 183	0	4 537 368
Segmentering	0	0	0	0
Transport av kran	1 438	0	0	1 808 640
Tillverkning av kokill/container	0	0	0	0
ifyllnad kokill	0	0	0	0
Strålskärm	893	595 000	0	11 900 000
Transport/lagring	287	10 878	979 063	4 058 204
Landtransport	0	0	0	334
Sjötransport	268	0	0	3 649 918
Lagring externt	19	10 878	979 063	407 952
SFR	6 895	0	36 041 760	57 115 882
Upptagning	746	0	0	9 828 000
Drift	0	0	0	1
Förslutning	6 149	0	36 041 760	47 287 881
Återvinning	0	0	0	0
Totalt	9 853	631 062	37 020 823	79 420 094

BILAGA 1 RESULTAT



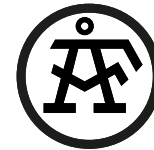
Resultat – Heltank upprymning				
	klimat [ton CO ₂ ekv]	Resursförbrukning		Energi [MJ]
		Stål [kg]	Betong [kg]	
På site	2 670	620 183	0	18 246 008
Tillfälliga väggar	340	25 183	0	4 537 368
Segmentering	0	0	0	0
Transport av kran	1 438	0	0	1 808 640
Tillverkning av kokill/container	0	0	0	0
ifyllnad kokill	0	0	0	0
Strålskärm	893	595 000	0	11 900 000
Transport/lagring	546	24 477	2 202 892	13 353 842
Landtransport	0	0	0	334
Sjötransport	268	0	0	3 649 918
Lagring externt	278	24 477	2 202 892	9 703 590
SFR	5 549	0	36 041 760	49 589 882
Upptagning	533	0	0	4 590 000
Drift	0	0	0	1
Förslutning	5 016	0	36 041 760	44 999 881
Återvinning	0	0	0	0
Totalt	8 766	644 660	38 244 652	81 189 732

BILAGA 1 RESULTAT



Resultat – Segmenterad tank in situ				
	klimat [ton CO ₂ ekv]	Resursförbrukning		Energi [MJ]
		Stål [kg]	Betong [kg]	
På site	4 070	1 491 721	10 172 168	58 386 004
Tillfälliga väggar	0	0	0	0
Segmentering	510	0	0	18 370 800
Transport av kran	0	0	0	0
Tillverkning av kokill/container	2 238	1 491 721	0	29 843 036
ifyllnad kokill	1 322	0	10 172 168	10 172 168
Strålskärm	0	0	0	0
Transport/lagring	1 067	2 720	244 766	14 553 904
Landtransport	86	0	0	1 168 168
Sjötransport	976	0	0	13 283 747
Lagring externt	5	2 720	244 766	101 988
SFR	1 647	0	11 929 939	21 796 845
Upptagning	49	0	0	639 532
Drift	0	0	0	1
Förslutning	1 598	0	11 929 939	21 157 312
Återvinning	0	0	0	0
Totalt	6 784	1 494 441	22 346 873	94 736 753

BILAGA 1 RESULTAT



		Resultat- segmenterad tank externt			
		Resursförbrukning			
		klimat [ton CO ₂ ekv]	Stål [kg]	Betong [kg]	Energi [MJ]
På site		7 296	2 111 904	10 172 168	96 039 192
	Tillfälliga väggar	340	25 183	0	4 537 368
	Segmentering	1 066	0	0	37 777 980
	Transport av kran	1 438	0	0	1 808 640
	Tillverkning av kokill/container	2 238	1 491 721	0	29 843 036
	ifyllnad kokill	1 322	0	10 172 168	10 172 168
	Strålskärm	893	595 000	0	11 900 000
Transport/lagring		1 067	2 720	244 766	14 553 904
	Landtransport	86	0	0	1 168 168
	Sjötransport	976	0	0	13 283 747
	Lagring externt	5	2 720	244 766	101 988
SFR		1 647	0	11 929 939	21 796 845
	Upptagning	49	0	0	639 532
	Drift	0	0	0	1
	Förslutning	1 598	0	11 929 939	21 157 312
Återvinning		0	0	0	0
	Totalt	10 010	2 114 624	22 346 873	132 389 941

(16)

BILAGA 2 RESULTAT NTM CALC



Transport activity details

Container ship

Calculation model	Shipment transport - tonne-kilometres
Type of waters	Regional
Ship size	5000 dwt
Transport effort	1 tkm
Cargo load factor - weight	50 %weight
RO 2.7%S, fuel share	100 %weight
RO 1%S, fuel share	0.0 %weight
MD 0.1%S, fuel share	0.0 %weight
NOx emission compliance	Tier I

NTMCalc 3.0 Emissions and energy use report

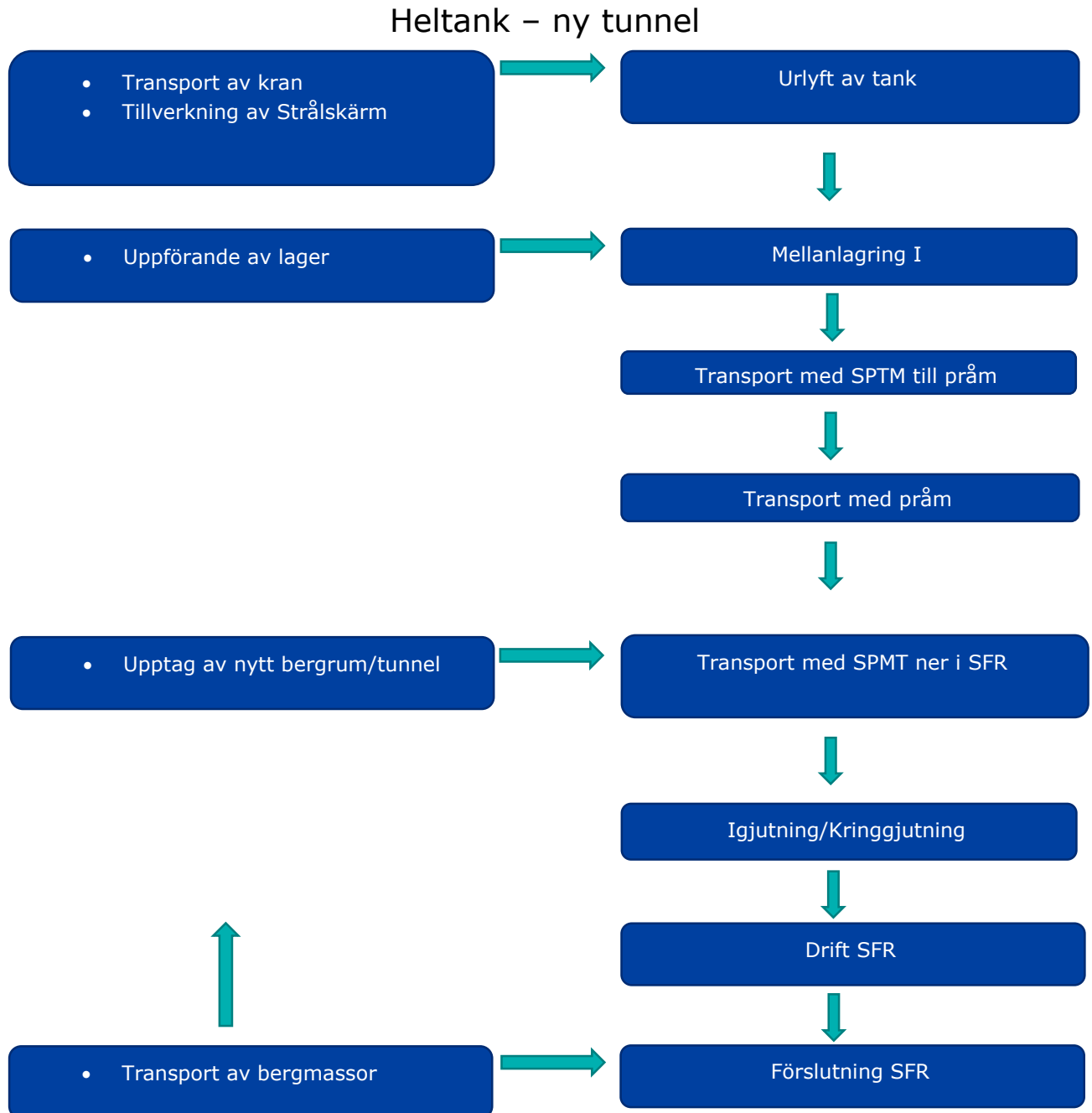
Created By: NTM members

Date: Thu Oct 15 14:23:53 CEST 2015

	CO2 total [kg]	CO2 fossil [kg]	CO2 biogen [kg]	CO2e [kg]	SO2 [g]	CO [g]	HC [g]	CH4 [g]	NOx [g]	N2O [g]	PM [g]	Energy [MJ]	RO 2.7%S [kg]	RO 1%S [kg]	MD 0.1%S [kg]
Container ship															
Vessel (tank to wheel)	0.04292	0.04292	0	0.04359	0.7453	0.03605	0.02115	0.0004140	1.085	0.002208	0.09740	0.5589	0.01380	0	0
Fuel (well to tank)	0.003745	0.003745	0	0.004806	0.02180	0.005142	0.04416	0.04136	0.01062	0.0000894 3	0.0005589	0.06148			
<i>Sub total</i>	0.04667	0.04667	0	0.04840	0.7671	0.04119	0.06531	0.04178	1.096	0.002298	0.09796	0.6204	0.01380	0	0
Grand total	0.04667	0.04667	0	0.04840	0.7671	0.04119	0.06531	0.04178	1.096	0.002298	0.09796	0.6204	0.01380	0	0

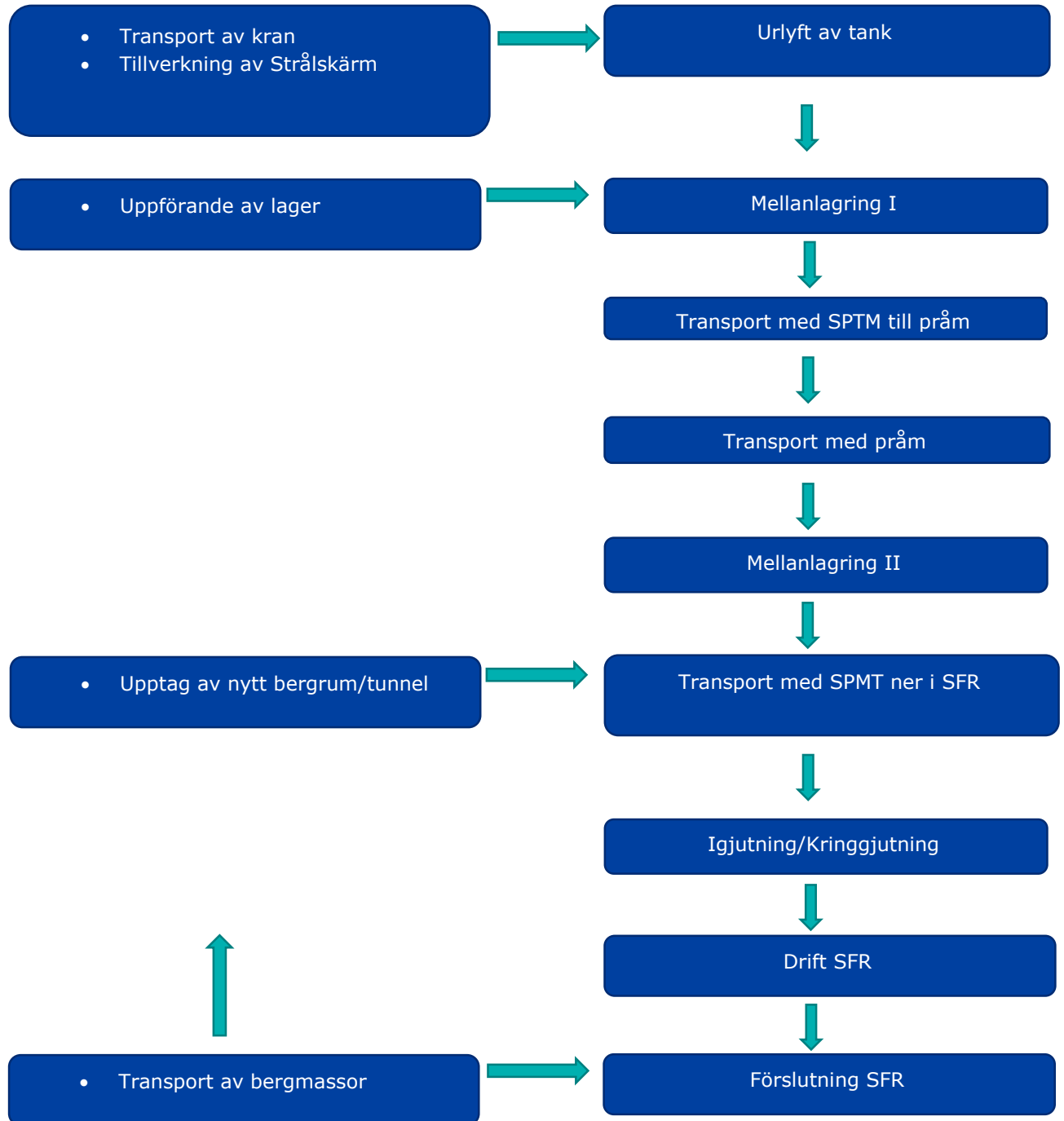


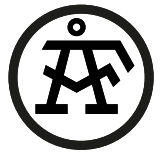
Flödet i figurer nedan går vertikalt men vissa processer är i behov av stödprocesser som redovisas till vänster om aktuell huvudprocess. Pilarna åskådliggör förhållandet mellan dessa processer.



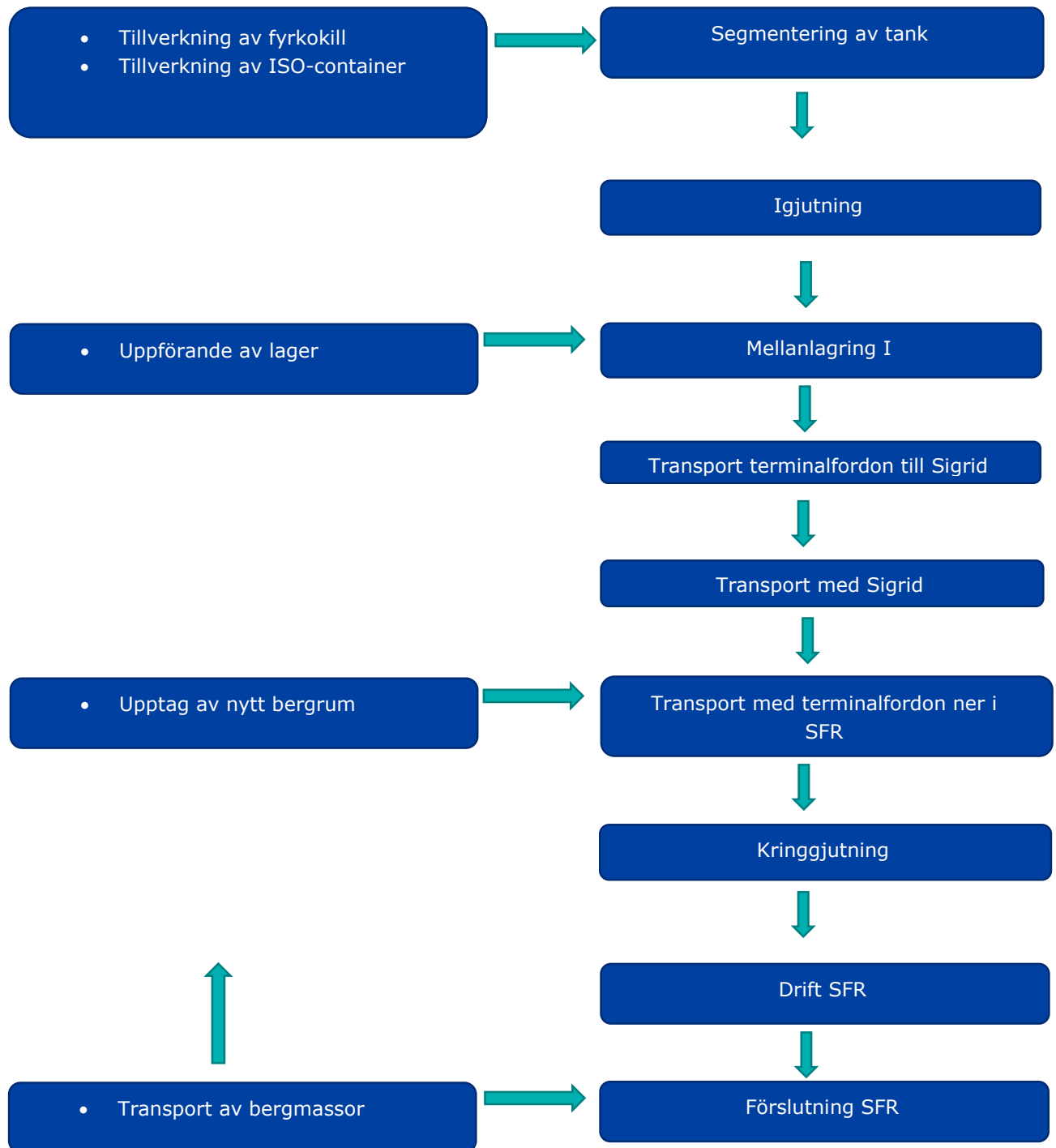


Heltank – upprymmning av befintlig tunnel



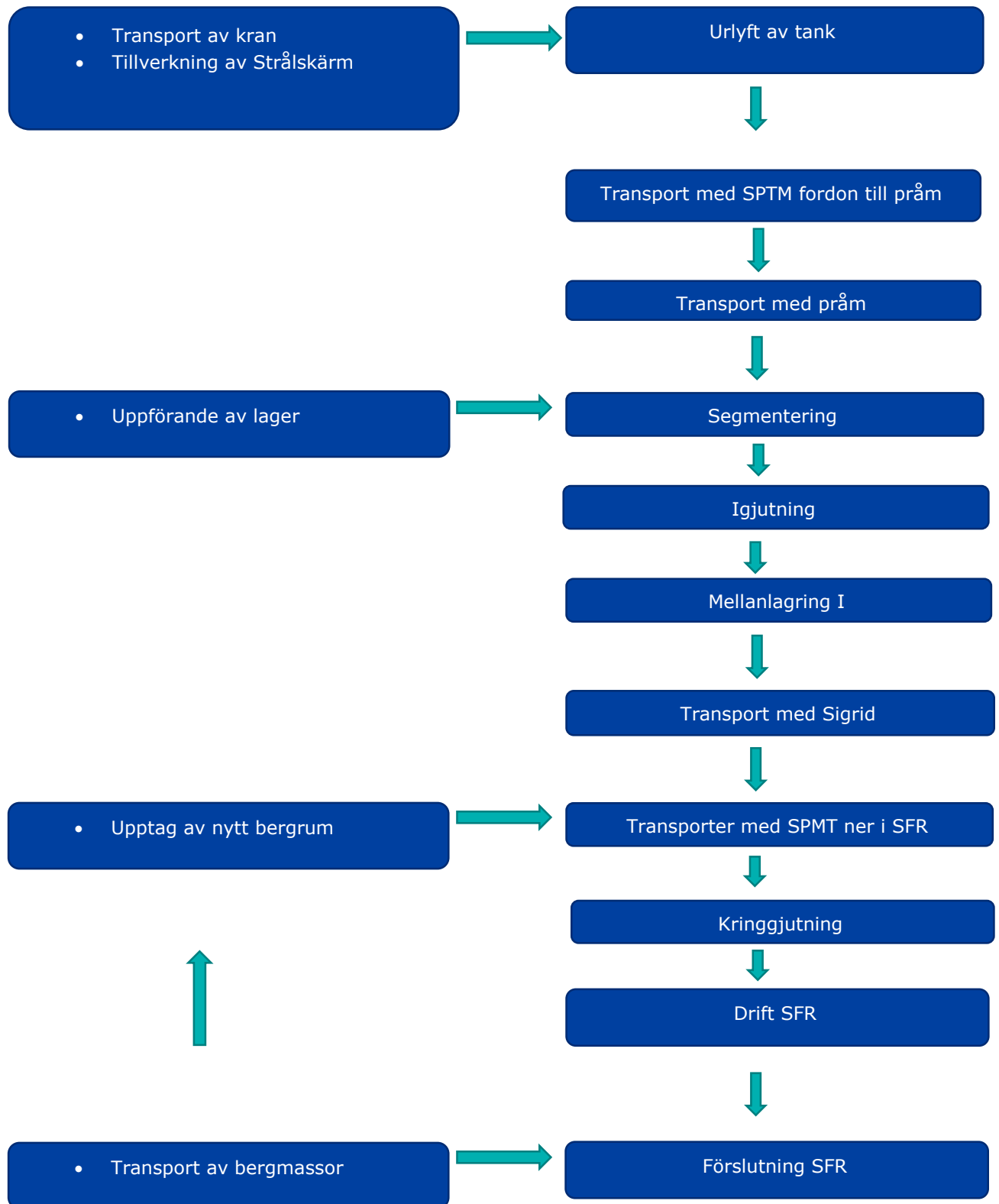


Segmenterad tank – in-situ segmentering





Segmenterad tank – extern segmentering





Känslighetsanalys

1. Inledning

Vid genomförandet av en LCA görs ett flertal antaganden för att bygga upp huvudscenarion. Dessa antaganden behöver emellertid inte vara den beslutade vägen att gå. I vissa fall finns fortfarande stora osäkerheter kring vad som är möjligt att genomföra vid en framtida rivning och hur den slutgiltiga designen kommer att se ut. Därför genomförs en känslighetsanalys där parametrar som bedöms vara kritiska för varieras för att studera deras påverkan på slutresultatet. Känslighetsanalysen är uppdelad i två delar. Den första delen behandlar parametrar som kan variera inom projektet såsom ökade volymer och packningsgrader. Den andra delen behandlar osäkerheter som mer är relaterade till förutsättningar som än så länge är oklara såsom uppdelning och återvinning av avfall.

2. Varierade parametrar

Generellt sett finns tre huvudorsaker till att variera en parameter

- stor osäkerhet i indata
- parametern har uppenbart stor påverkan på slutresultatet
- parametern är beroende av val i processen där slutgiltigt beslut inte är fattat

Emissionsfaktorerna i föreliggande analys får anses hålla hög datakvalitet och därför finns inte behovet av att inkludera dessa i en känslighetsanalys. Det finns emellertid ett antal osäkra faktorer i processen då erfarenheterna från rivning av kärnkraftverk är begränsade. De parametrar som ansetts av vikt att undersöka är som följer.

2.1 Möjligheten att samordna krantransport

I huvudscenariot är det antaget att krantransporter går att samordna så att det bara behövs sex krantransporter. Maximalt antal krantransporter är en per reaktortank, det vill säga nio krantransporter. Detta medför ökad energiförbrukning och utsläpp av växthusgaser.

2.2 Lagringsvolym (heltank)

Lagringsvolymen för heltank i 1BRT är i huvudscenariot satt till 45 000 m³. Om den justeras upp eller ned, ändras mängden berg som behöver tas ut och mängden fyllnadsmassor som krävs för återförslutning.

2.3 Packningsgrad (segmenterad tank)

Packningsgraden avgör hur många fyrkokiller som behövs. Packningsgraden har även påverkan på hur mycket betong som krävs för igjutning och antalet kassuner som krävs i vid lagring.

2.4 Behov av strålskärm (heltank)

Strålskärmen utgör den absoluta huvuddelen av stålförbrukningen i heltanksalternativen. Om denna kan undvikas, reduceras såväl stålkonsumtion som klimatpåverkan och energiförbrukning.

2.5 Segmenteringsmetod (segmenterad tank)



I huvudscenariot antas segmentering ske med plasmaskärning. Ett alternativ till detta är mekanisk segmentering med cirkel- och bandsåg. Westinghouse har genomfört en sådan segmentering på reaktortank i Spanien. Avgörande för påverkan är effektförbrukning och tidsåtgång.

Vid kontakt med Westinghouse uppgavs att ingen extra uppsäkring behövdes inför mekanisk segmentering. Under antagandet att de ordinarie säkringarna var dimensionerade för 32 A ger detta en maxeffekt på 12,8 kW. Sannolikt ligger inte utrustningen precis på gränsen till att utlösa säkringarna. En effekt på 10 kW har därför antagits för mekanisk segmentering.

Skärhastigheten för bandsågen uppskattades av Westinghouse till ca 3 mm/min. Skärhastigheten med plasmaskärning uppskattas till 10 mm/min, vilket ger en ca 3 ggr större tidsåtgång för bandsågen. Tidsåtgången för plasmaskärning anges i energianalysen till 4725 timmar för B1 (3). Skärtiden antas vara proportionell mot vikten på reaktortanken.

2.6 Nödvändig tunnelvolym (heltank)

Om tunnelvolymen kan reduceras minskar miljöpåverkan på samma sätt som vid minskning av lagringsutrymmen.

2.7 Behov av mellanlagring (heltank)

Om reaktortankar tillåts stå kvar orörda tills det utbyggda SFR tas i drift elimineras behovet av mellanlagring. Denna parameter varierar mot scenariot "heltank – ny tunnel".

3. Uppdelning och återvinning

3.1 Uppdelning

En möjlighet vid segmentering är att materialet från reaktortanken kan delas upp i medel- och lågaktivt avfall. Medelaktivt avfall packas i fyrkokiller på samma sätt som i grundscenariot

Lågaktivt avfall packas i ISO-container med samma packningsgrad som fyrkokillerna och en innervolym av 16,5 m³. ISO-containerar placeras direkt i bergrummet utan vare sig igjutning eller kringgjutning. Lagring i ISO-containerar reducerar även stålbehov och antalet transporter.

3.2 Återvinning

Vid segmentering av tank finns även möjligheten att friklassa material och på så sätt minska mängden material som måste deponeras i SFR.

Vid studie av effekter av återvinning har mängden medelaktivt avfall antagits ligga konstant på 50 % och övriga 50 % fördelas mellan återvunnet och lågaktivt. Detta baseras på de uppskattningar som gjorts av förhållandet mellan lågaktivt och medelaktivt avfall för reaktortankar från Barsebäck. En ökad återvinning innebär därför en minskning av mängden lågaktivt avfall.

Den energi och klimatvinst som gör i och med återvinning av stål är skillnaden mellan att smälta och återvinna reaktortankar och göra stål av jungfrulig råvara. Den besparing som uppnås anges av återvinningsindustrierna till 1,3 kg CO_{2ekv} och 15 MJ per kg stål. (16)



4. Resultat

4.1 Variation av parametrar

I tabell 4-1 nedan redovisas resultatet av känslighetsanalysen som förändring i relation till huvudscenariot. Som huvudscenario räknas i detta fall antingen "heltank – ny tunnel" eller "in-situ segmenterad tank".

Uppdelning och återvinning återfinns inte i tabell 4-1 nedan utan presenteras separat i avsnitt 4.2

Tabell 4-1 Resultat av känslighetsanalys

	Klimat [kgCO2ekv]	Stålförbrukning [kg]	Betongförbrukning [kg]	Energiförbrukning [MJ]
Utan strålskärmar (heltank)	-892 500	-595 000	0	-11 900 000
Mekanisk segmentering (segmenterad tank)	-382 725	0	0	-13 778 100
+10 % packningsgrad (segmenterad tank)	-794 145	-142 346	-2 878 576	-8 482 726
-10 % packningsgrad (segmenterad tank)	1 151 863	173 978	6 500 744	10 540 921
+ 10 % lagringsvolym (heltank)	11 040	0	0	225 400
Ingen samordning av krantransporter (heltank)	158 976	0	0	898 560
Avvakta demontering av tankar (heltank)	-19 063	-10 878	-979 063	-407 952
- 10% tunnelvolym (heltank)	-160 000	0	0	-2 553 540
+ 10% tunnelvolym (heltank)	160 000	0	0	2 553 540

De parametrar som enligt resultatet ovan har störst potential att påverka slutresultatet sammanställs för respektive huvudspår i tabell 4-2 nedan.

Tabell 4-2 parametrar med stor påverkan på slutresultatet

Heltank	Segmenterad tank
Samordning av krantransporter	Packningsgrad i fyrkokiller
Användning av strålskärm	Segmenteringsmetod
Tunnelvolym	

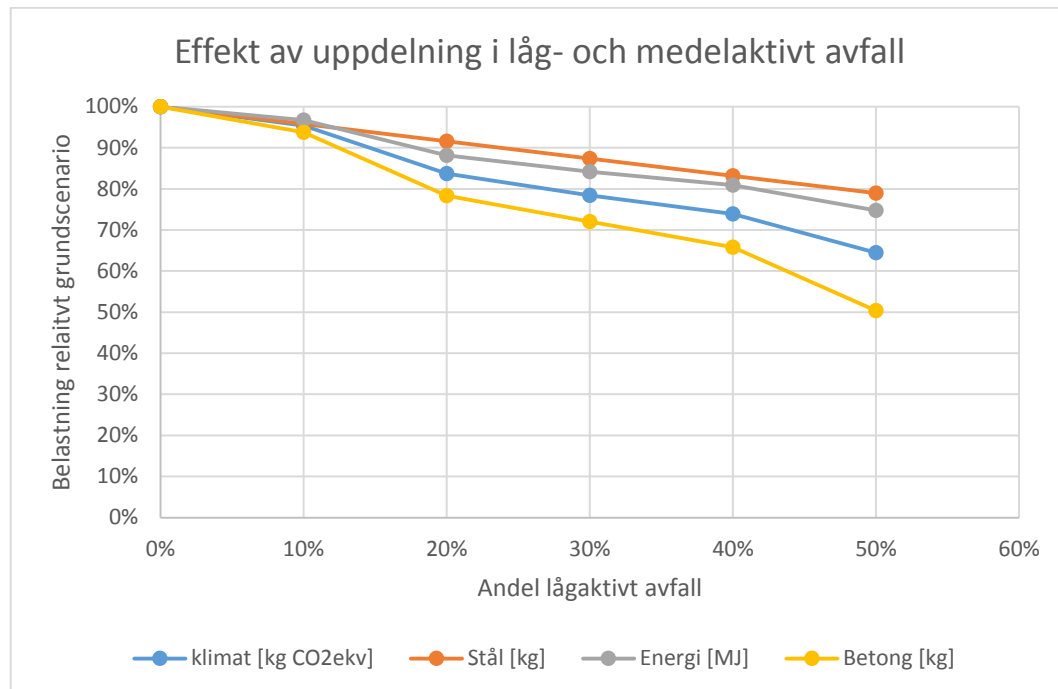


Alla faktorerna i tabell 4-2 kan variera oberoende av varandra och således samverka till ett resultat med hög respektive låg påverkan.

4.2 Uppdelning och återvinning

4.2.1 Uppdelning av låg- och medelaktivt avfall

Effekten av uppdelning i låg- och medelaktivt avfall åskådliggörs i figur 4-1 nedan. Effekten visas relativt grundscenariot "segmentering-In situ"



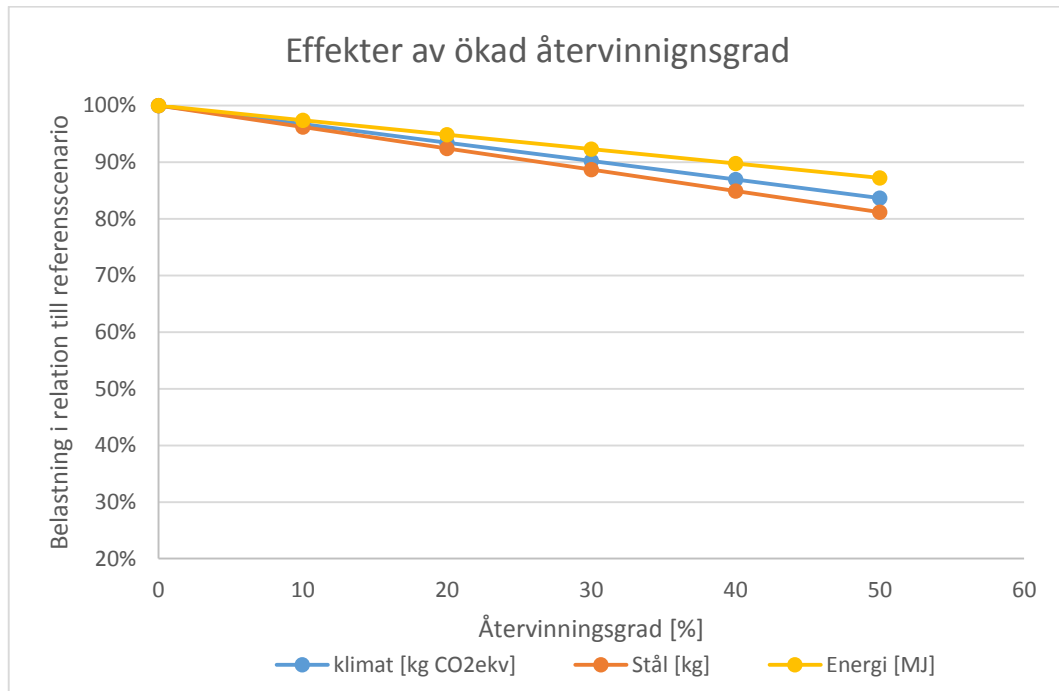
Figur 4-1 Effekter av uppdelning i låg- och medelaktivt avfall

De icke linjära sambanden som återfinns i figur ovan beror på att vid en viss reduktion av det medelaktiva avfallet behövs en kassun mindre vilket ger ett hopp i betongförbrukningen och därmed även i energi och klimatvärdena.

4.2.2 Återvinning

Effekten av återvinning presenteras i figur 4-2 nedan. Figuren visar den relativa belastningen gentemot ett referensscenario. Referensscenariot i detta fall är "in-situ segmentering" med antagandet att avfallet är 50 % lågaktivt avfall och 50 % medelaktivt avfall. Återvinning antas ske av de 50 % lågaktivt avfall.

Mängden medelaktivt avfall är således konstant. Vilket även gör att mängden betong för igjutning och kringgjutning är konstant denna redovisas därför inte i figuren.



Figur 4-2 Effekter av ökad återvinning

5. Slutsats

Av de parametrar som har störst potential att påverka slutresultatet är möjligheten att sortera låg och medelaktivt avfall samt återvinning de med störst påverkan.

Men även parametrar i tabell 4-2 har märkbar påverkan på slutresultatet och bör presenteras i anslutning till resultatpresentationen.