

P-09-08

Främmande material i slutförvaret Laxemar

Inventering för SR-Site

Maria Lindgren, Karin Pers, Sara Södergren Riggare
Kemakta Konsult AB

Maj 2009

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co

Box 250, SE-101 24 Stockholm
Phone +46 8 459 84 00



ISSN 1651-4416

SKB P-09-08

Främmande material i slutförvaret Laxemar

Inventering för SR-Site

Maria Lindgren, Karin Pers, Sara Södergren Riggare
Kemakta Konsult AB

Maj 2009

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från www.skb.se.

Sammanfattning

I denna rapport uppskattas mängderna av främmande material, dvs restmaterial från bygg- och driftskedet som blir kvar i olika delar av slutförvaret efter förslutning.

Mängderna redovisas för:

- Deponeringshål
- Deponeringstunnlar
- Stam- och transporttunnlar
- Centralområde
- Schakt och ramp

Inventeringen omfattar inte konstruktionsmaterial, så som material för injektering och bergförstärkning. Den omfattar normal drift och således behandlas inte extrema händelser till exempel olyckor, brand eller sabotage.

För att kunna göra en uppskattning av mängderna av främmande material görs först en genomgång av de arbetsmetoder som idag planeras vid berg- och deponeringsarbete i slutförvarsanläggningen.

I deponeringshålen förväntas inga främmande material bli kvar, det kan dock inte uteslutas att något kan bli kvar. Bedömningen är att de är obetydliga och att det inte behöver verifieras med beräkningar.

De största mängderna av främmande material är enligt denna uppskattning stål och rost från förankringsbultar för upphängning av ventilation, rör kablar etc, rester från betongkonstruktioner och nitratsalter från sprängämnen.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Förutsättningar	9
3	Arbetsmetoder och arbetsgång – processbeskrivning	11
3.1	Bergarbete	11
3.1.1	Bergarbete – Drivning av tunnlar	12
3.1.2	Bergarbete – Deponeringshål	13
3.1.3	Bergarbete – Förberedelse för deponeringsarbete	14
3.2	Deponeringsarbete	14
3.2.1	Deponeringsarbete – Förberedelser för deponering	14
3.2.2	Deponeringsarbete – Installation av buffert	14
3.2.3	Deponeringsarbete – Deponering av kapsel	15
3.2.4	Återfyllning – Deponeringstunnlarna	15
3.2.5	Återfyllning – Gjutning av betongplugg i deponeringstunnelns mynning	17
3.3	Förslutning och andra aktiviteter	17
3.3.1	Förslutning – Övriga bergutrymmen	17
3.3.2	Andra aktiviteter	17
4	Främmande material i slutförvaret	19
4.1	Tändkapslar med ledare	19
4.1.1	Deponeringstunnlar och deponeringshål	20
4.1.2	Övriga bergutrymmen	20
4.2	Sprängämnen	20
4.2.1	Deponeringstunnlar och deponeringshål	21
4.2.2	Övriga bergutrymmen	21
4.3	Förankringsbultar	21
4.3.1	Deponeringstunnlar och deponeringshål	22
4.3.2	Övriga bergutrymmen	22
4.4	Vägbänor – rester av vältbetong och asfalt	23
4.4.1	Deponeringstunnlar och deponeringshål	23
4.4.2	Övriga bergutrymmen	23
4.5	Betongrester från betongkonstruktioner	23
4.5.1	Deponeringstunnlar och deponeringshål	23
4.5.2	Övriga bergutrymmen	24
4.6	Övriga främmande ämnen	24
4.6.1	Däckslitage	24
4.6.2	Avgaser från dieselmotorer	25
4.6.3	Avfettnings- och tvättmedel	26
4.6.4	Hydraul- och smörjoljor	26
4.6.5	Dieselolja	27
4.6.6	Batterisyra	27
4.6.7	Metallspån och hårdmetall	27
4.6.8	Spån från träbearbetning	28
4.6.9	Korrosionsprodukter	28
4.6.10	Urin	30
4.6.11	Övrigt mänskligt avfall	30
4.6.12	Ventilationsluft	30
5	Sammanställning av mängder	33
5.1	Främmande material i slutförvaret	33
6	Referenser	35
Bilaga A	Detaljerade tabeller	37

1 Inledning

SKB genomför en analys av den långsiktiga säkerheten (SR-Site) hos ett KBS-3-förvar som en del av ansökan om att bygga ett slutförvar för det använda kärnbränslet. Förvarssystemet har delats upp i olika linjer (t ex berglinjen, kapsellinjen) vilka beskrivs i linjerapporter. I dessa rapporter beskrivs initialtillståndet hos slutförvarets systemdelar. Som underlag till dessa rapporter behövs en inventering av främmande material i slutförvaret.

Syfte med denna rapport är att uppskatta mängderna av främmande material, dvs restmaterial från bygg- och driftskedet som blir kvar i olika delar av slutförvaret efter förslutning. Mängderna redovisas för:

- Deponeringshål
- Deponeringstunnlar
- Stam- och transporttunnlar
- Centralområde
- Schakt och ramp

Inventeringen omfattar inte konstruktionsmaterial, så som material för injektering och bergförstärkning. Den omfattar normal drift och således behandlas inte extrema händelser till exempel olyckor, brand eller sabotage. Mängden konstruktionsmaterial för Laxemar redovisas i två separata rapporter /Jansson m fl 2009, Eriksson m fl 2009/.

För att kunna göra en uppskattning av mängderna av främmande material görs först en genomgång av de arbetsmetoder som idag planeras vid berg- och deponeringsarbete i slutförvarsanläggningen.

Tidigare inventeringar har också använts som utgångspunkt för vilka främmande material som kan komma att bli kvar i förvaret. Resultatet av den senaste inventeringen finns sammanställd i initialtillståndsrapporten för SR-Can /SKB 2006/.

Kraven som ställs på mängden främmande material finns sammanställda i ”Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses Version 2008-11-17”. För deponeringshålen gäller att: *”It also follows from the design premises on buffer and canister chemistry, see section 3.3.3, that the concentration of foreign materials in water infiltrating the open deposition holes should, at the time of disposal be limited.”*

Kraven för deponeringstunnlarna är att: *”Other foreign materials must be limited, but there is currently no estimate of the nature or the amounts that could be detrimental. Instead, SR-Site will need to verify that the estimated amounts of such material estimated by the repository design work does not jeopardise safety.”*

Kraven för övriga bergutrymmen är att: *”Other foreign materials must be limited – but the amounts considered in SR-Can is of no consequence.”*

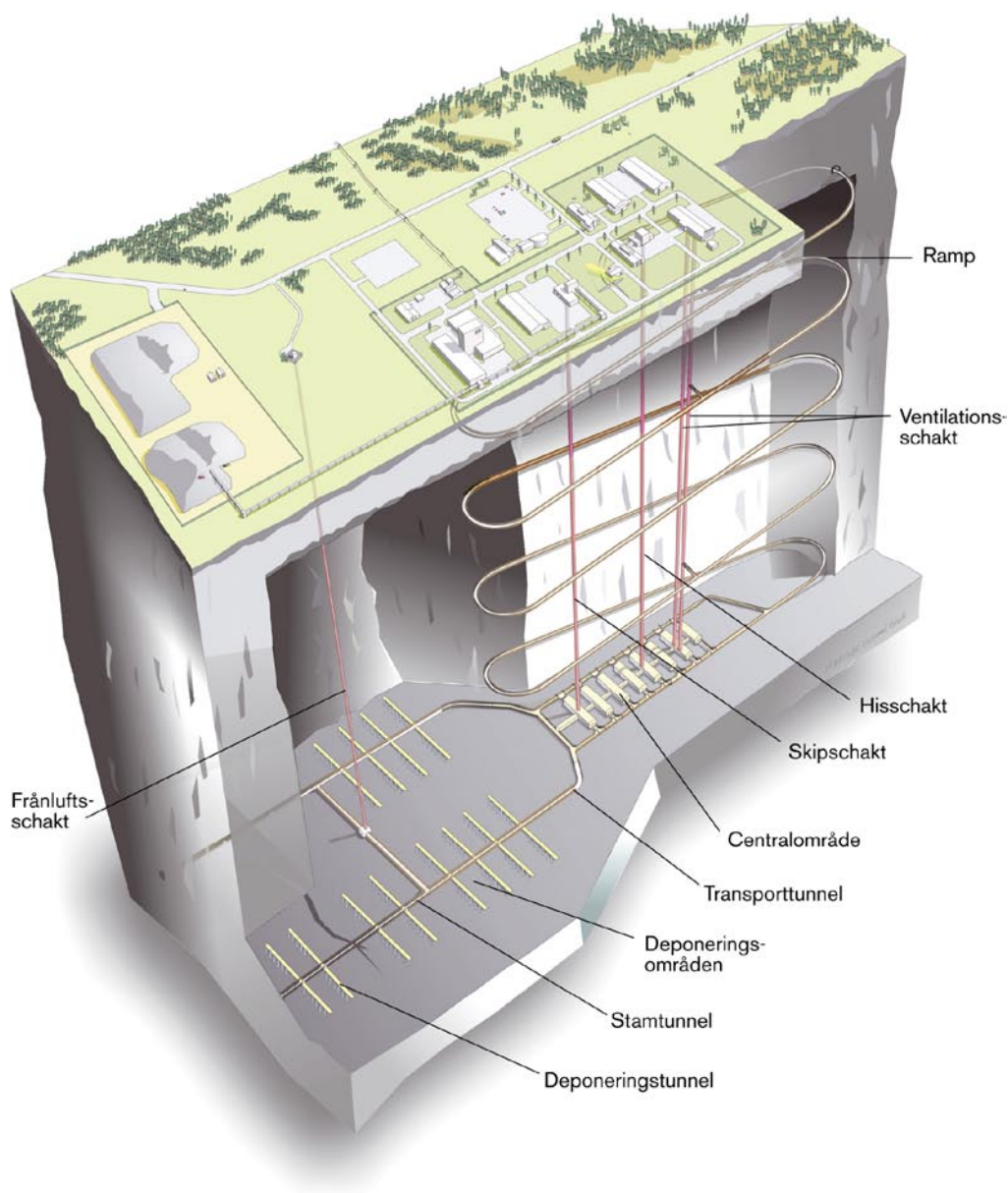
Ett av kraven på återfyllningen av deponeringstunnlarna är att den hydrauliska konduktiviteten ska vara mindre än 10^{-10} m/s /SKB 2008/. För att klara detta krav måste hela tunneln fyllas med återfyllningsmaterial. Alla rester av tillfälliga installationer och vägbanan av makadam måste avlägsnas och tunneln måste rengöras för att detta krav ska kunna uppfyllas.

Inga främmande material förväntas bli kvar i deponeringshålen och när det gäller vissa material förväntas inget heller bli kvar i de andra förvarsdelarna. I denna rapport har uttrycket ”begränsad mängd” använts för att markera att det inte helt kan uteslutas att något blir kvar. Mängden material som eventuellt blir kvar bedöms dock vara obetydlig för förvarets funktion och inga verifierande beräkningar behövs för att styrka det.

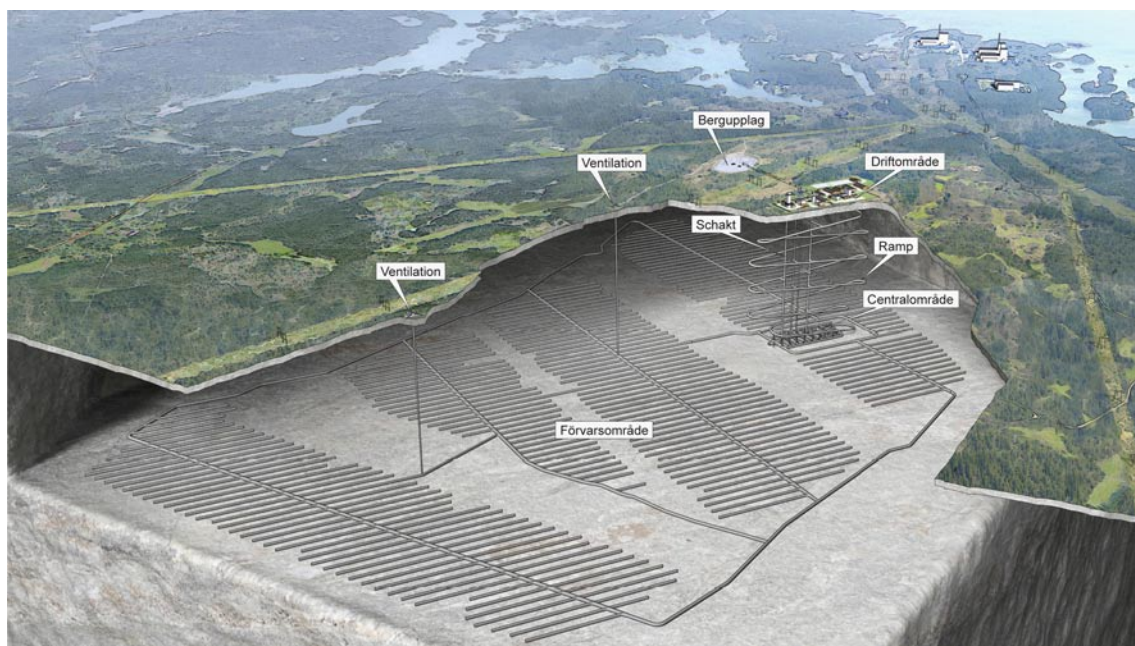
2 Förutsättningar

De grundläggande förutsättningarna för uppskattningar av mängderna främmande material som blir kvar i olika delar av förvaret vid förslutning av slutförvaret beskrivs i detta avsnitt. I figur 2-1 visas slutförvarets generella utformning och i figur 2-2 visas utformningen i Laxemar, Layout D2.

De flesta uppskattningarna av främmande material är framtagna från uppgifter som direkt eller indirekt gäller per meter tunnel eller per kubikmeter utsprängt berg. Den layout som använts i inventeringen är Layout D2 för Laxemar för 6 000 kapslar med ett antaget bortfall av kapselpositioner på 20 %. I tabell 2-1 redovisas använda uppgifter om förvaret.



Figur 2-1. Slutförvarets generella utformning.



Figur 2-2. Slutförvarets utformning vid Laxemar, Layout D2.

Tabell 2-1. Använda dimensioner för uppskattning av främmande material i slutförvaret i Laxemar enligt Layout D2.

Utrymme	Teoretisk area [m ²]	Total längd [m]	Teoretisk volym [m ³]	Utsprängd volym inklusive överberg [m ³]
Deponeringshål	–		1,15·10 ⁵	1,15·10 ⁵
Deponeringstunnlar	19 (23*)	80 400	1,52·10 ⁶ a)	1,84·10 ⁶ a)
Stam- och transporttunnlar	Stam: 60 (69*) Transp: 39 (45*)	14 800	7,73·10 ⁵ b)	8,92·10 ⁵ b)
Centralområde		2 900	1,19·10 ⁵ c)	1,36·10 ⁵ c)
Ramp och schakt		Ramp: 5 200 Schakt: 800	2,36·10 ⁵ d)	2,66·10 ⁵ d)
TOTALT		104 100	2,78·10⁶	3,25·10⁶

* Inklusive överberg. Överberg är den volym berg som efter sprängning uttagits utanför angiven kontur.

a) Inklusive avfasning av deponeringshål.

b) Inklusive avfasning av deponeringstunnlar och tak.

c) Inklusive berglaststation.

d) Inklusive frånluftsschakt i förvarsområdet.

Med främmande material avses material som förs in i förvaret under driftskedet och som blir kvar vid förslutning av förvaret. De tekniska barriärerna (kapsel, buffert), återfyllningsmaterial samt konstruktionsmaterial (injekteringsmedel och bergförstärkning) inkluderas inte. Mängden konstruktionsmaterial för Laxemar redovisas i två separata rapporter /Jansson m fl 2009, Eriksson m fl 2009/.

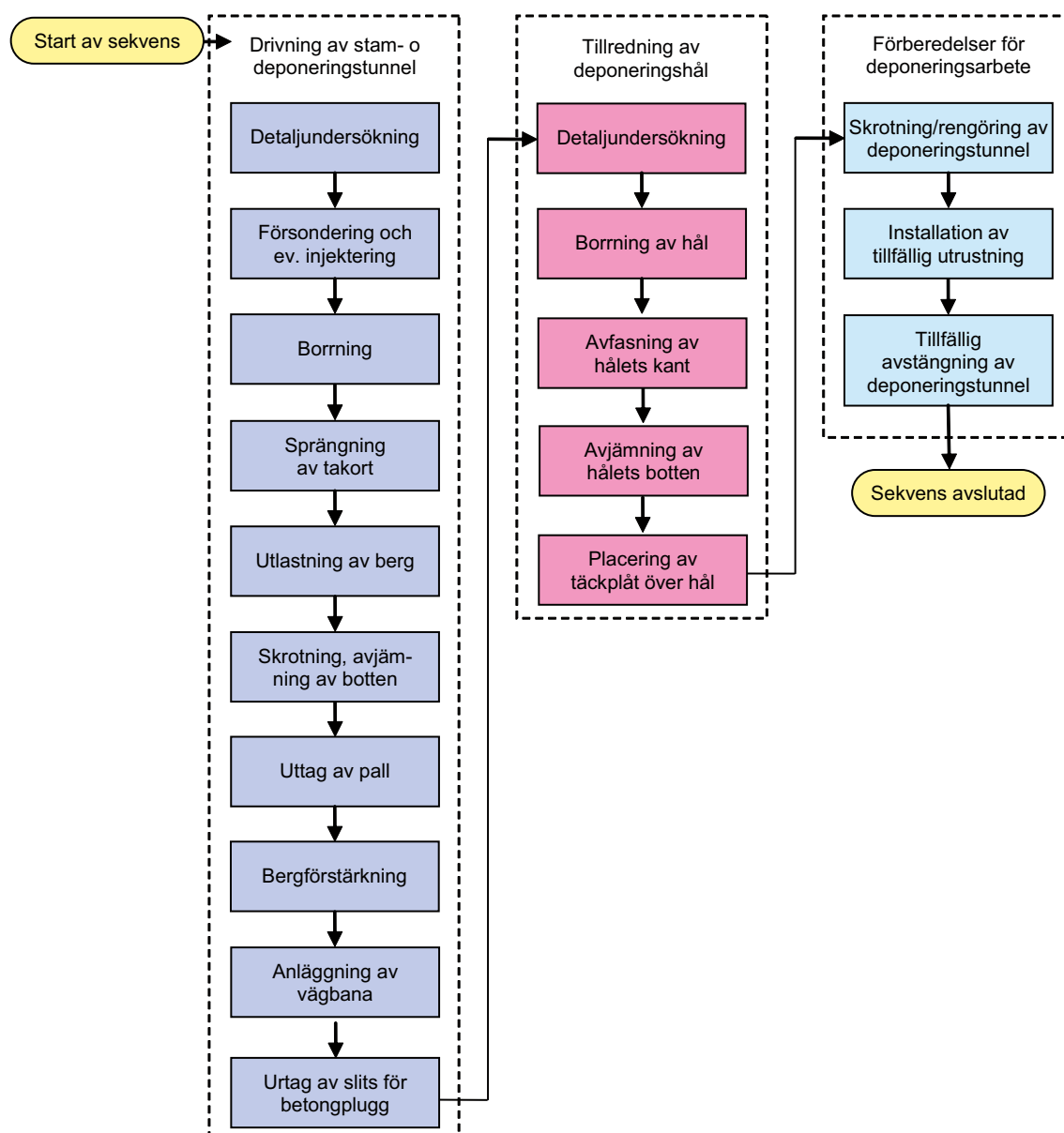
Inventeringen avser normal drift av förvarsanläggningen och görs för deponeringshål, deponeringstunnlar, stam- och transporttunnlar, centralområdet respektive schakt och ramp. Extrema händelser så som olyckor, brand och sabotage behandlas inte. Drifttiden uppskattas till 5 år för deponeringstunnlarna och 60–70 år för övriga utrymmen.

3 Arbetsmetoder och arbetsgång – processbeskrivning

I detta avsnitt ges en kort beskrivning av arbetsmetoder och arbetsgång i slutförvaret. Beskrivningen är uppdelad på bergarbete, deponeringsarbete samt förslutning och andra aktiviteter.

3.1 Bergarbete

I detta avsnitt ges en kort beskrivning av de olika moment som ingår i bergarbete och som redovisas schematiskt i figur 3-1.



Figur 3-1. Schematisk bild av de olika arbetsmomenten som ingår i bergarbete.

3.1.1 Bergarbete – Drivning av tunnlar

Stam- och deponeringstunnlar förutsätts i denna studie utföras med borrhning och sprängning. Salvcykeln omfattar följande moment: borrhning, laddning, sprängning, ventilation, vattning, lastning, skrotning, rensning och förstärkning. Deponeringstunnlarna planeras att sprängas i två omgångar, först en takort (övre delen) och därefter pallen (nedre delen, omkring 1 m hög). Det effektiva sprängdjupet blir cirka 4 m per sprängning.

När tunnarna är färdigsprängda rensas de och i deponeringstunnlarnas mynning görs en slits runt tunnelns omkrets i vilken en betongplugg ska förankras i samband återfyllning av deponeringstunnlarna.

Detaljundersökning

Innan deponeringstunneln sprängs ut genomförs kärnborrhning i hela tunnelns tänkta längd. Avsikten med borrhningen och utförda mätningar är att man ska få en detaljerad information om bergets kvalitet, sprickfrekvens och sprickzoner m m.

Försondering och eventuell injektering

Behovet av tätning i berget bestäms dels av det borrade kärnborrhålet från detaljundersökningen och dels av kompletterande försonderingsborrning. Behovet av injektering fastställs genom vattenförlustmätning i försonderingshålen.

Borrhning och laddning

Salvborrning är att borra upp tunnelgaveln enligt en i förväg fastställd borrrplan. Borrhningen görs till 4,2 m djup med hjälp av en borrhugg med två bommar.

Antalet spränghål har beräknats till 55 (+ 4 oladdade) för takorten och 13 för pallen i deponeringstunnlarna (teoretisk area 19 m²).

Laddning innebär att ladda den uppborrade tunnelgaveln enligt en laddplan. Sprängmedlet, Orica (tidigare Dyno Nobel) SSE, utgörs av en pumpbar emulsion som blir sprängämne först när det laddas i spränghålen. Tekniken medger idag att laddningssträngen kan varieras mellan 0,35–1,6 kg/m. Konturhålen laddas med låg koncentration för att begränsa skadezonen runt tunnarnas periferi. Laddningsarbetet innefattar även applicering av elektriska tändare.

Sprängning, ventilation och vattning

Sprängning innebär att spränga den laddade salvan. Ventilation sker för att säkerställa att spränggaser vädras ut genom tillförsel av tillräcklig mängd frisk luft. Därefter vattnas de lossprängda massorna för att arbetsmiljön ska bli mindre dammig.

Utlastning av berg

Utlastning är arbetet med att avlägsna de lossprängda massorna från tunnelgaveln. Utlastningen förutses ske med en lastmaskin, som tömmer sin last i en dumper som står i stamtunneln. Lastmaskinen kan vara dieseldriven eller eldriven. Dumprarna är dieseldrivna.

Skrotning

Skrotning innebär att ta bort löst sittande berg och bergpartier för att säkerställa arbetsmiljön och skapa ett utgångsläge för eventuell efterföljande bergförstärkning och därpå kommande arbetsmoment.

Skrotningen utförs med ett dieseldrivet, midjestyrt underrede med en påbyggnad med en hydrauliskt driven, slående hammare monterad på en hydraularm, ett så kallat hydrauliskt skrotspett. Möjligen kan vattenskrotning bli aktuell, en metod som ännu inte är helt färdigutvecklad. Eventuellt utförs även en manuell efterskrotning.

Bergförstärkning

Det görs en bedömning av om berget behöver förstärkas inför nästa salvbörning. Förstärkningen kan vara mekaniserad bultning eller betongsprutning.

Bergbultningsaggregatet kan vara utfört som en kombinationsenhet byggd som ett borraggregat, kompletterad med en bultarm, ett magasin med bultar och utrustning för injutning med cementbruk. Betongsprutningsutrustningen består vanligen av en lastbil, påbyggd med utrustning för betongsprutning, vanligen våtsprutning.

Anläggning av vägbana i deponeringstunnlar

En vägbana behöver anläggas i deponeringstunnlarna. Vägbanan ska också kunna leda bort inträngande vatten. Vägmaterialet, makadam, tillförs från marknivån. För arbetet behövs lastbil, frontlastare och manuellt manövrerad vibrator.

Om linsågning används i botten av deponeringstunnlarna behöver ingen vägbana anläggas i deponeringstunnlarna.

Anläggning av vägbana i övriga bergutrymmen

Vägbana av vältbetong anläggs i de övriga bergutrymmena t ex i transport- och stamtunnlar. I rampen anläggs en vägbana av vältbetong med slitlager av asfalt.

Urtag av slits för betongplugg

Tunnlarna ska efter återfyllning förseglas med en betongplugg. Betongpluggen förankras i en slits som har tagits ut några meter från deponeringstunnelns mynning.

3.1.2 Bergarbete – Deponeringshål

Detaljundersökning

Deponeringshålen borras i golvet på deponeringstunneln. Borrningen startar med att ett kärnborrhål borras i den avsedda hålpositionen. Kartering av borrkärnan och andra utförda mätningar från detta hål visar om bergkvaliteten i positionen kan godkännas för deponering.

Gjutning av betongplatta över positioner för deponeringshål

Över positionen för varje deponeringshål gjuts en betongplatta. Betongplattan ska ge ett plant underlag för borrhjgen och dessutom begränsa mängden vatten som rinner ner i hålen. Arbetet omfattar tätning mot tunnelgolvet med plastfolie, formsättning och gjutning.

Om linsågning används för golvet i deponeringstunnlarna behövs troligen inte dessa betongplattor.

Borrning av deponeringshål

Borrning av deponeringshål förutsätts utföras med schaktborrningsmaskin (SBM-maskin) och borkax pumpas bort.

Borkaxet kommer att innehålla betong, från den betongplatta som gjutits som underlag för borrhjgen.

För sedimentering av borkax och återvinning av vatten pumpas blandningen av borkax och vatten till containrar som ställs upp i stamtunneln. Containrarna med borkax transporteras till markytan med lastbil.

Avfasning av deponeringshålets kant

Avfasning av deponeringshålen görs för att begränsa höjden på deponeringstunnlarna, eftersom avfasningen medför att strålskärnstuben med kapsel kräver mindre höjd när den tippas från liggande till stående.

Avjämning av deponeringshålets botten

Deponeringshålets botten måste avjämnas till ett vågrätt plan. Detta behövs för att stapeln av bentonitblock ska stå så rakt att kapseln kan sättas ned utan problem. Ett möjligt sätt är att använda ett prefabricerat betongblock med ställskruvar. Efter injustering av blocket i horisontellt läge undergjuts det med cementbruk. Alternativt gjuts avjämningen direkt på plats.

Efter arbetet läggs en täckplåt över deponeringshålet.

3.1.3 Bergarbete – Förberedelse för deponeringsarbete

Rengöring av deponeringstunnel

Deponeringstunnlarnas väggar och tak kommer att rengöras för att säkerställa att endast en begränsad mängd främmande material lämnas kvar. Rengöringsarbetet utförs med ett fordon utrustat med ett högtrycksaggregat.

Installation av tillfällig utrustning

Installation av el, belysning, vattenledningar och ventilation kommer att ske genom att man sätter upp förankringsbultar huvudsakligen i tunnarnas tak. I deponeringstunnlarna är drifttiden 5 år vilket innebär att det inte finns några krav på långtidsstabilitet. Det är därför troligt att förankringsbultarna kommer att vara av expandertyp. I övriga bergutrymmen kommer konventionella förankringsbultar att användas. Fastsättningen av dessa bultar görs genom att man borrar hål, fyller hålen med cementbruk och därefter trycker in bultarna.

Tillfällig avstängning av deponeringstunnel

En tillfällig avskärmning av deponeringstunneln mot stamtunneln installeras. Avskärmningen kommer att tas bort i samband med återfyllningen.

3.2 Deponeringsarbete

Deponeringsarbetet omfattar nersättning av bentonitblock och deponering av kapsel med använt kärnbränsle, återfyllning och gjutning av betongplugg. En schematisk bild av de olika arbetsmomenten som ingår i deponeringsarbete visas i figur 3-2 och figur 3-3.

3.2.1 Deponeringsarbete – Förberedelser för deponering

Dränering och rengöring av deponeringshål

Täckplåten avlägsnas från deponeringshålet.

Tömningen av vatten ur deponeringshålen görs med hjälp av mobila pumpar.

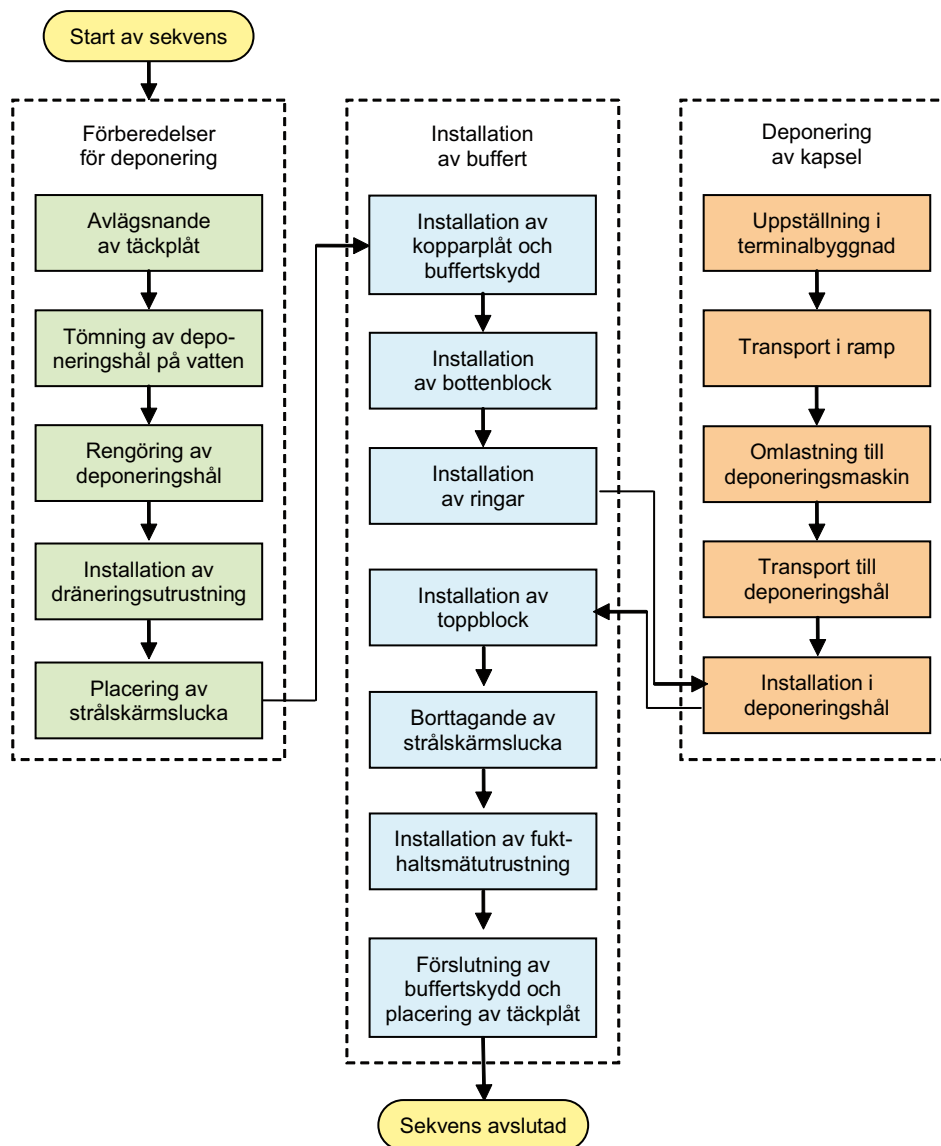
Rengöring av deponeringshålen kan utföras från en personkorg.

Ett rör installeras längs deponeringshålets vägg och ansluts till en mindre dränagepump. Denna pump håller undan vattnet under det fortsatta deponeringsarbetet i hålet.

En strålskärmslucka placeras ovanpå deponeringshålet.

3.2.2 Deponeringsarbete – Installation av buffert

Bentonitblocken behöver skyddas mot inträngande vatten. I botten av deponeringshålet placeras en kopparplåt för att hindra att bufferten suger upp vatten från den underliggande betongavjämningen. Resten av bufferten skyddas av ett buffertskydd vars nedre del är försedd med en tätningssring som träs över och tätar mot betongplattan i botten av deponeringshålet.



Figur 3-2. Schematisk bild av de olika arbetsmomenten som ingår i deponeringsarbete.

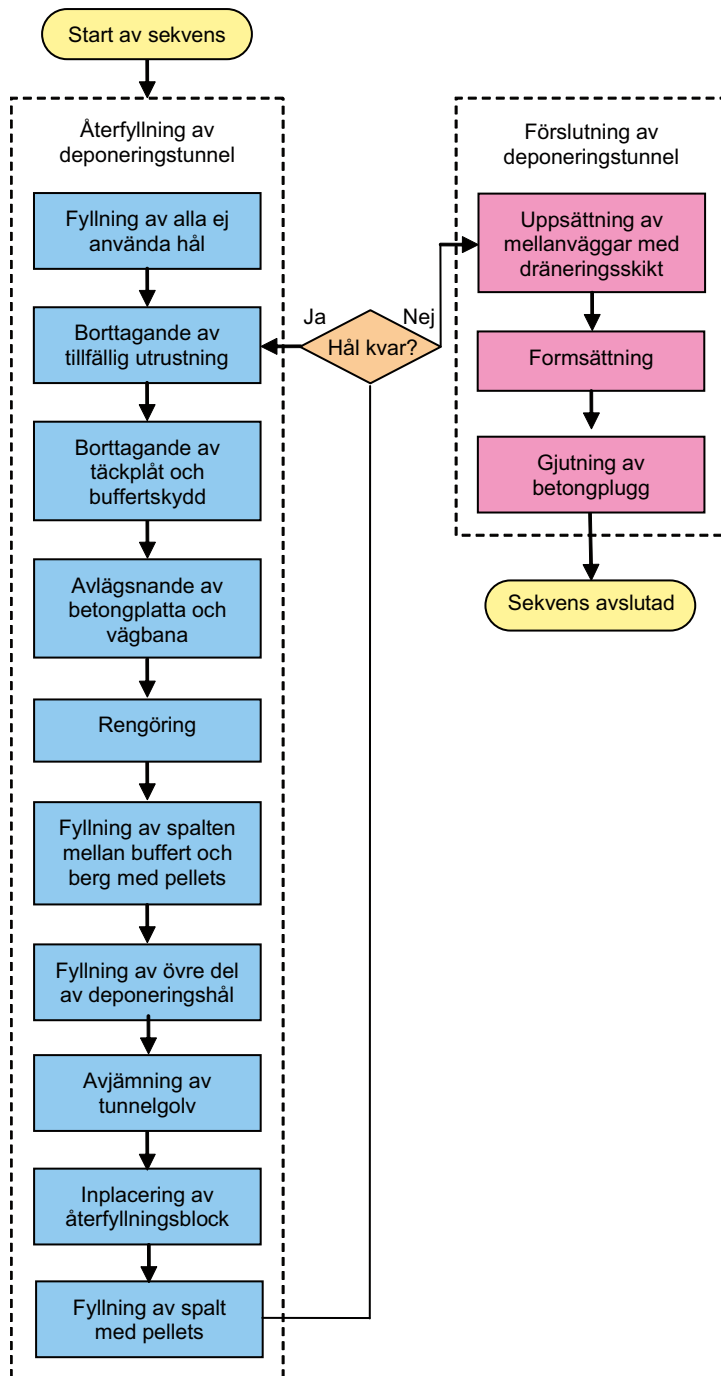
3.2.3 Deponeringsarbete – Deponering av kapsel

För transporten av kapseln från marknivån via rampen till omlastningshallen används rampfordonet. Efter omlastning, av kapseln från transportbehållare till deponeringsmaskinens strålskärmstub, transporteras kapseln till deponeringstunneln där den deponeras. Vid deponeringen börjar man med kapseln längst in i respektive tunnel och avslutar med kapseln närmast stamtunneln. Deponeringsmaskinen är dieseldriven. Maskinen är strålningsavskärmd mot omgivningen. När kapseln deponerats i hålet sätts resterande bentonitblock ner med bockkranen, strålskärmsluckan tas bort, buffertskyddet försluts och en täckplåt placeras över deponeringshålet.

3.2.4 Återfyllning – Deponeringstunnlarna

Före återfyllningen kommer täckplåtarna över deponeringshålen, dränagerör, pumpar och buffertskydd avlägsnas liksom alla övriga installationer.

Spalten mellan bentoniten och berget i deponeringshålen fylls med bentonitpellets efter att buffertskyddet avlägsnats. Övre delen av deponeringshålet och avfasningen fylls med pellets, som packas.



Figur 3-3. Schematisk bild av de olika arbetsmomenten som ingår i återfyllning.

Betongplattorna vid deponeringshålen och körbanan av makadam kommer att avlägsnas. Betongplattorna bryts sönder med en mindre grävskopa. Kraven på en begränsad mängd främmande material medför att rengöring görs med t ex industridammsugare.

Efter rengöringen avjämnas tunnelgolvet med pellets, som packas så att återfyllningsblocken har en kontrollerad vågrät yta att staplas på. Återfyllningen behöver ske snabbt, så att bentonitblocken i deponeringshålen inte ska svälla innan ett mothåll erhållits från fyllnadsmaterialet i tunneln. Kvarvarande spalter fylls med pellets.

3.2.5 Återfyllning – Gjutning av betongplugg i deponeringstunnelns mynning

En plugg gjuts i deponeringstunnelns mynning. Dess uppgift är att försluta deponeringstunneln fram till dess stamtunneln återfylls. Återfyllningsarbetet avslutas med att väggar av betongelement med mellanliggande dränerande och tätande skikt successivt byggs upp. Därefter formsätts för gjutning av pluggen. Efter gjutning och härdning görs en kontaktnjektering.

3.3 Förslutning och andra aktiviteter

3.3.1 Förslutning – Övriga bergutrymmen

Förslutning av större delen av övriga bergutrymmen kommer att ske på liknande sätt som återfyllningen av deponeringstunnlarna.

3.3.2 Andra aktiviteter

Framförallt i centralområdet kommer andra aktiviteter att ske, bland annat service och underhåll av fordon och maskiner. Nedan anges centralområdets olika utrymmen och deras funktioner:

Omlastningshall – utrymme för omlastning av kapslar från kapseltransportbehållare (KTB) till deponeringsmaskinens strålskärmsstub.

Förråds- och verkstadshall – utrymme för reparation och service av maskiner och fordon samt förrådshållning.

Hisshall – utrymme för personal, lättare gods samt för räddningskammare och insatsfordon.

Fordonshall – utrymme för uppställning och tankning av fordon och maskiner.

Elhall – utrymme för utrustning och kraftmatning till all utrustning i undermarksanläggningen.

Skiphall – utrymme för lagring av bentonitblock och återfyllnadsmaterial.

Berghall – utrymme för uttransport av bergmassor samt plats för sedimentationsbassänger och spolplats.

Berglaststation – utrymme för lagring av bergmassor samt utrustning för lastning av skip.

4 Främmande material i slutförvaret

I detta avsnitt presenteras mängden främmande material som förväntas bli kvar i slutförvaret vid förslutning. För varje material redovisas den information som använts och de antaganden som gjorts. En ruta med detaljerad beskrivning av beräkningarna ges för varje material. För att beräkningarna lättare ska kunna följas redovisas uppgifterna i dessa rutor med fler siffrors noggrannhet än vad som är signifikant. Mängder presenteras för deponeringshål, deponeringstunnel och övriga bergutrymmen. I kapitel 5 redovisas en sammanställning av mängderna där övriga bergsutrymmen delats upp i tre delar: stam- och transporttunnlar, centralområde respektive schakt och ramp.

I övriga bergutrymmen, speciellt i centralområdet, kommer många olika aktiviteter att pågå vilket innebär att rester av olika främmande material kommer att finnas kvar vid förslutning. Uppskattningarna av främmande material i övriga bergutrymmen är mer översiktliga än de för deponeringstunnlarna, men täcker ändå in de material som bedömts som viktiga.

Rutiner och metoder för att avlägsna installationer och konstruktioner samt för rengöringen av deponeringstunnlarna och övriga bergutrymmen inför återfyllningen av slutförvaret är inte slutgiltigt utformade. Detta innebär att det är svårt att i nuläget bestämma hur stor andel av främmande material som blir kvar. Bedömningen är dock att krav kommer att ställas så att endast en mycket liten andel blir kvar speciellt i deponeringstunnlarna, förmodligen betydligt mindre än procentnivå. I de flesta bedömningar av hur mycket främmande material som blir kvar har 1 % använts. Nivån 1 % bör rimligen kunna åstadkommas genom att tak och väggar högtrycksprutas och att material på golvet tas bort med en grävsropa. Om högre krav ställs behövs framförallt en noggrannare rengöring av golven med t ex industridammsugare.

Rutiner och metoder för uttag, drift och rengöring av deponeringshålen kommer att bygga på mycket stränga krav för att minimera mängderna främmande material. I deponeringshålen förväntas därför inga främmande material bli kvar, men det kan inte uteslutas att något blir kvar. Bedömningen är därför att endast begränsade mängder blir kvar. Mängderna har inte kvantifierats.

4.1 Tändkapslar med ledare

Digitala tändkapslar av typ i-kon™ antas användas. Varje tändkapsel har ett hölje av koppar- och zinklegering som väger ca 6 g. Koppar- och zinklegeringen består av 90 vikt-% koppar och 10 vikt-% zink. Varje kapsel är programmerbar med en digital krets (chip) och en kondensator.

Ledaren är dubbla kopparklädda ståltrådar med isolering av polypropylen. Ståltrådarnas diameter är 0,6 mm och den yttre diametern är 1,35 mm. Densiteten på stål är ungefär 8 000 kg/m³ och på polypropylen 910 kg/m³. Vikten på ståltråden beräknas till ungefär 4 g/meter ledare och isoleringen av polypropylen till ungefär 2 g/meter ledare. Det finns tändkapslar med olika längd på ledaren. För ett palldjup på 4 m väljs troligen 6 m långa ledare. Ledarens ände är försedd med en kontakt för anslutning till en kabelhärva, som i sin tur ansluts till loggnings- och styrenheter. Vid detonation pulveriserar tändkapseln och delar av ledaren och materialet hamnar i salvan.

Tändkapseln innehåller också sprängladdning av 750 mg pentyl (pentaerytritoltetranitrat, C(CH₂ONO₂)₄) och 90 mg blyazid Pb(N₃)₂.

Kraven på rutinerna för rengöringen av deponeringstunnlarna och övriga bergutrymmen är inte fastställda ännu. Här antas att mer än 99 % av salvan transporteras ut ur alla tunnlar, antingen direkt efter sprängningen eller i samband med att tunnlar rengörs inför deponering och återfyllning. För en deponeringstunnel motsvarar 1 % salvrester ett cirka 5 cm tjockt lager på botten av tunneln. Det är troligt att mer av salvan kommer att tas bort, men vid vattningen av bergmassorna efter sprängningen kan man anta att rester från tändkapslar och ledare koncentreras längst ner i salvan. Här antas att 1 % av tillförda material i tändkapslar och ledare kommer att bli kvar i förvaret.

Mängden koppar i tändkapslarna är försumbar jämfört med de stora mängder koppar som tillförs med kopparkapslarna med använt kärnbränsle. Mängden stål i ledarna är försumbar jämfört med mängder järn som förekommer i förankringsbultar (se avsnitt 4.3). Nedan ges en uppskattning av mängden zink och plast som blir kvar från tändkapslar och ledare.

Fördelningen av resterna av tändkapslar med ledare mellan olika delar av förvaret antas bli i proportionell mot utsprängd bergvolym.

4.1.1 Deponeringstunnlar och deponeringshål

För att få ett teoretiskt tvärsnitt på 19 m² planeras sprängningen av deponeringstunnlarna att ske med laddning i 55 spränghål i takorten och 13 spränghål i pallen. Indriften, dvs effektiva sprängdjupet för varje salva, är 4 meter. Mängden överberg, dvs den volym berg som efter sprängning uttagits utanför angiven kontur, har bedömts bli 20 %.

Mängden zink som tillförts per m³ utsprängd bergvolym (inklusive överberg) har beräknats till 0,5 g/m³ (se punkt 1 i rutan nedan). Av detta antas att 1 % blir kvar, dvs 0,005 g zink/m³ utsprängd bergvolym.

Totala längden plast från ledarna har uppskattats från antagandet att den del av ledarna som pulveriseras vid sprängningen är den del som är inuti spränghålen, dvs 4,2 m per spränghål. Mängden plast per m³ utsprängt berg beräknas till 6 g/m³ (se punkt 3 i rutan nedan). Av detta antas att 1 % blir kvar, dvs 0,06 g plast/m³ utsprängd bergvolym.

Zink och plast finns i de rester av bortsprängt berg som lämnas kvar i tunneln och huvuddelen kommer därför att återfinnas i tunneln och inte i deponeringshålen. Andelen material i deponeringshålen antas vara begränsad.

1)	Tillförd mängd zink per m ³ utsprängd bergvolym: (55+13) [spränghål/sprängning] · 0,6 [g/spränghål] / (19 [m ²] · 1,20 · 4 [m/sprängning]) = 0,45 [g/m ³]
2)	Kvarvarande mängd zink per m³ utsprängd bergvolym: 0,45 [g/m ³] · 1 % kvar = 0,0045 [g/m ³]
3)	Tillförd mängd plast per m ³ utsprängd bergvolym: (55+13) [spränghål/sprängning] · 4,2 [m ledare/spränghål] · 2 [g/m slang] / (19 · 1,20 [m ²] · 4 [m tunnel/sprängning]) = 6,3 [g/m ³]
4)	Kvarvarande mängd plast per m³ utsprängd bergvolym: 6,3 [g/m ³] · 1 % kvar = 0,063 [g/m ³]

4.1.2 Övriga bergutrymmen

Mängden använda tändkapslar och ledare per m³ utsprängt berg i övriga bergutrymmen antas vara samma som för deponeringstunnlarna. Liksom för deponeringstunnlarna antas 1 % av tillfört material i tändkapslar och ledare blir kvar i förvaret.

1)	Kvarvarande mängd zink per m³ utsprängd bergvolym: 0,45 [g/m ³] · 1 % kvar = 0,0045 [g/m ³]
2)	Kvarvarande mängd plast per m³ utsprängd bergvolym: 6,3 [g/m ³] · 1 % kvar = 0,063 [g/m ³]

4.2 Sprängämnen

Sprängämne av typen (SSE Site Sensitized Emulsion) som tillverkas av Orica (fd Dyno Nobel) i Gyttorp planeras att användas. Vid detonation bildas huvudsakligen koloxider och vattenånga, men även kväveoxider. För sprängämne av typen SSE anger tillverkaren att från 1 kg sprängämne bildas 0,2 liter kväveoxid (vid 0 °C och 1 atm). Detta är betydligt mindre än vad andra typer av sprängämnen avger. Densiteten för NO är 1,4 kg/m³ (0 °C, 1 atm) och för N₂O 1,978 kg/m³. En stor del av kväveoxiderna vädras ut. Dessutom kommer kväveoxiderna, som är vattenlösliga, att följa med läshållningsvattnet ut när man vattnar efter sprängningen och rengör tunnlar. Det är tänkbart att en liten del kan bli kvar i omgivande berg i den så kallade skinzonen. Här antas att totalt 1 % av kväveoxiderna blir kvar.

Spill av sprängämne samt sprängämne som inte detonerat utgör totalt ungefär 5–10 % av förbrukningen. Sprängämne av typen SSE (Site Sensitized Emulsion) består av två komponenter. Huvudkomponenten, emulsionsmatrisen, består huvudsakligen av en saltlösning (ammoniumnitrat och natriumnitrat) och en mineralolja. Den andra komponenten är ett gasningsmedel. Enligt säkerhetsdatablad från tillverkaren /Orica Mining Services 2008a och 2008b/ är innehållet av ammoniumnitrat 60–80 vikt % och natriumnitrat 5–15 % i emulsionsmatrisen som i sin tur utgör 95–99,5 vikt % av det totala sprängämnet. Totala kvävehalten är cirka 27 %. I ett emulsions-sprängämne skyddas kvävesalterna av en oljefilm, varför de inte bryts ner lika lätt som konventionella sprängämnen vid kontakt med vatten /Forsberg och Åkerlund 1999/.

4.2.1 Deponeringstunnlar och deponeringshål

För utsprängning av deponeringstunnlarna går det åt 2,2 kg sprängmedel per m³ utsprängd bergvolym. Med uppgifterna om bildad volym NO_x och densiteten beräknas bildad mängd till 0,6 g NO_x per m³ utsprängd bergvolym (se punkt 1 i rutan nedan). Om 1 % antas bli kvar motsvarar det 6 mg/m³ utsprängt berg.

Mängden kvävesalter som kan bli kvar har beräknats utifrån följande antaganden: 10 % sprängämne detonerar inte eller spills och av sprängämnet antas 80 % vara ammonium- och natriumnitrat. Detta innebär att upp till 0,18 kg kväve per m³ bortsprängd bergvolym blir kvar i salvan (se punkt 3 i rutan nedan). Efter rengöring antas 1 % bli kvar, vilket motsvarar 1,8 g kvävesalter per m³ utsprängt berg.

De små rester av kväveoxider och sprängämne som kommer att finnas kvar i deponeringstunnlarna då deponeringshålen borras innebär att eventuell kontaminering av deponeringshålen endast sker i begränsad omfattning.

- 1) Tillförd mängd NO_x i spränggaser per m³ utsprängd bergvolym:
 $2,2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 0,2 \text{ [liter/kg]} \cdot 1,4 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 0,62 \text{ [g/m}^3\text{]}$
- 2) **Kvarvarande mängd NO_x från sprängning per m³ utsprängd bergvolym:**
 $0,62 \text{ [g/m}^3\text{]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 0,0062 \text{ [g/m}^3\text{]}$
- 3) Tillförd mängd kvävesalter per m³ utsprängd bergvolym: $10 \% \cdot 2,2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 80 \% = 0,18 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- 4) **Kvarvarande mängd kvävesalter från sprängning per m³ utsprängd bergvolym:**
 $0,18 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 1,8 \text{ [g/m}^3\text{]}$

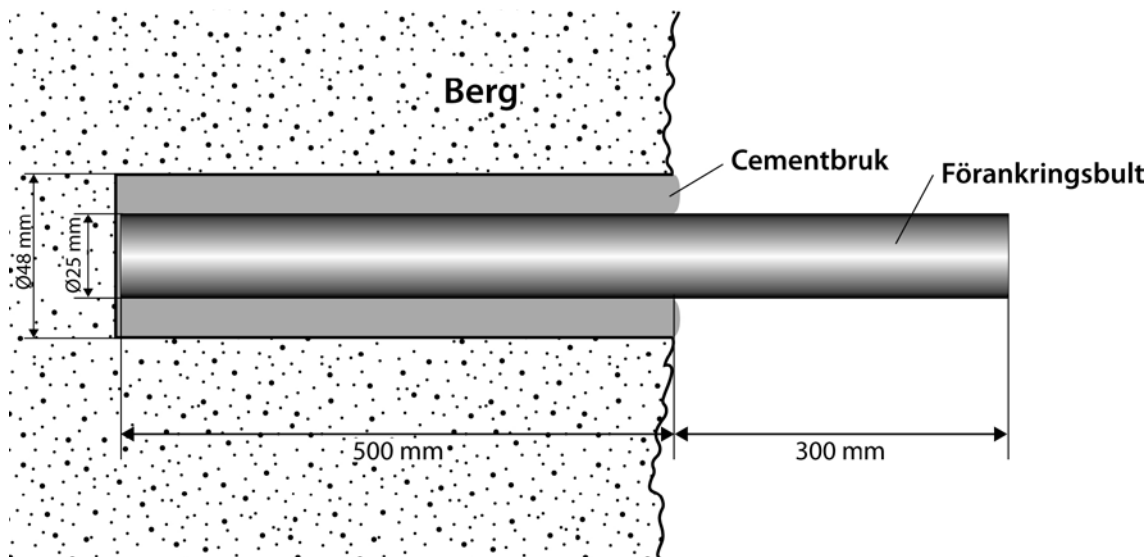
4.2.2 Övriga bergutrymmen

Mängden NO_x och kvävesalter antas vara lika per m³ utsprängt berg i övriga bergutrymmen som för deponeringstunnlarna. Liksom för deponeringstunnlarna antas 1 % av tillfört NO_x och kvävesalter blir kvar i förvaret.

- 1) **Kvarvarande mängd NO_x från sprängning per m³ utsprängd bergvolym:**
 $0,62 \text{ [g/m}^3\text{]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 0,0062 \text{ [g/m}^3\text{]}$
- 2) **Kvarvarande mängd kvävesalter från sprängning per m³ utsprängd bergvolym:**
 $0,18 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 1,8 \text{ [g/m}^3\text{]}$

4.3 Förankringsbultar

Förankringsbultar används för upphängning av ventilationskanaler, rör, kablar etc. Även brandväggar och andra konstruktioner kommer att förankras i berget med bultar. Förankringsbultarna är 25 mm i diameter och tillverkas av kamstål. När bultarna satts fast i berget sticker ungefär en halvmeter in i berget och 3 dm sticker ut. En schematisk bild av en förankringsbult visas i figur 4-1. Normalt borras 48 mm hål som fylls med cementbruk varpå bultarna sticks in och överskottet av cementbruket hamnar på väggar och golv. Densiteten för kamstål är 8 000 kg/m³.



Figur 4-1. Schematisk bild av förankringsbult.

4.3.1 Deponeringstunnlar och deponeringshål

Eftersom det inte finns några krav på långtidsstabilitet för förankringsbultarna i deponeringstunnlarna kommer troligen någon typ av expanderbultar användas. Då behövs inget cementbruk och det finns möjlighet att ta bort bultarna helt. Här antas dock att endast den utstickande delen av bultarna tas bort. För deponeringstunnlarna antas att det i snitt kommer att sättas 5 förankringsbultar var tionde meter. Kvar av varje bult blir 0,5 m eller ungefär 2 kg (se punkt 1 i rutan nedan). Kvarvarande mängd för deponeringstunnlarna blir 1 kg stål per meter tunnel.

Mängd material från förankringsbultarna som kan förväntas i deponeringshålen är begränsad.

- | | |
|----|--|
| 1) | Kvarvarande mängd stål från en förankringsbult i deponeringstunnel:
$(25 \cdot 10^{-3} \text{ [m]})^2 / 4 \cdot \pi \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 8\,000 \text{ [kg/m}^3] = 1,96 \text{ [kg/bult]}$ |
| 2) | Kvarvarande mängd stål från förankringsbultar per meter deponeringstunnel:
$1,96 \text{ [kg/bult]} \cdot 0,5 \text{ [bult/m]} = 0,98 \text{ [kg/m]}$ |

4.3.2 Övriga bergutrymmen

För övriga bergutrymmen antas att vanliga bultar festsatta med cementbruk används och att endast den utstickande delen av bultarna tas bort. För övriga bergutrymmen antas att det i snitt kommer att sättas 20 förankringsbultar var tionde meter. Kvar av varje bult blir 0,5 m eller 2 kg. Kvarvarande mängd stål för övriga bergutrymmen blir 4 kg/m tunnel (se punkt 1 i rutan nedan).

Förankringsbultarna sätts upp genom att man först fyller hela hålen med cementbruk och därefter trycker in bultarna. Mängden cementbruk som spills på väggar och golv i samband med uppsättningen av bultarna är bultarnas volym plus ytterligare ungefär 20 % av totala mängden, vilket blir 1,9 kg per meter tunnel (se punkt 3 i rutan nedan). Av detta kommer största delen att tas bort i samband med att vägbanorna tas bort inför återfyllningen och endast 1 % antas bli kvar.

Mängden cementbruk som blir kvar tillsammans med förankringsbultarna beräknas från skillnaden mellan bulthålets volym och bultens volym samt densiteten på cementbruk ($2\,200 \text{ kg/m}^3$) till 2,8 kg per meter tunnel (se punkt 4 i rutan nedan).

Totalt kvar av cementbruk från uppsättningen av förankringsbultarna blir ungefär 2,8 kg per meter tunnel (se punkt 5 i rutan nedan). Sammansättningen på betong redovisas i bilaga A.

- 1) Kvarvarande mängd stål per förankringsbult övriga bergutrymmen: 1,96 kg (samma som för deponerings-tunnlarna)
- 2) **Kvarvarande mängd stål per meter tunnel övriga bergutrymmen:** $1,96 \text{ [kg/bult]} \cdot 2 \text{ [bult/m]} = 3,9 \text{ [kg/m tunnel]}$
- 3) Spilld mängd cement övriga bergutrymmen per meter tunnel övriga bergutrymmen: $\{(25 \cdot 10^{-3})^2 / 4 \cdot \pi \text{ [m}^2] \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 2 \cdot 200 \text{ [kg/m}^3] + 20 \% \cdot (48 \cdot 10^{-3})^2 / 4 \cdot \pi \text{ [m}^2] \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 2 \cdot 200 \text{ kg/m}^3\} \cdot 2 \text{ [bult/m]} = 1,9 \text{ [kg/m tunnel]}$
- 4) Kvarvarande cement inuti bulthålen per meter tunnel övriga bergutrymmen: $\{(48 \cdot 10^{-3})^2 - (25 \cdot 10^{-3})^2 / 4 \cdot \pi\} \text{ [m}^2] \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 2 \cdot 200 \text{ [kg/m}^3] \cdot 2 \text{ [bult/m]} = 2,9 \text{ [kg/m tunnel]}$
- 5) **Kvarvarande mängd cement per meter tunnel övriga bergutrymmen:** $1,9 \text{ [kg/m]} \cdot 1 \% \text{ kvar} + 2,9 \text{ [kg/m]} = 2,9 \text{ [kg/m tunnel]}$

4.4 Vägbanor – rester av vältbetong och asfalt

4.4.1 Deponeringstunnlar och deponeringshål

I deponeringstunnlarna kommer golvet att förses med en väg bana av makadam. Ingen betong eller asfalt planeras för vägbanorna i deponeringstunnlarna. Vägbanan tas bort innan tunnlar återfylls.

4.4.2 Övriga bergutrymmen

Rampen, transporttunnlarna, stamtunnlarna och centralområdet förses med vägar av betong. Golv av betong ska inte lämnas kvar. Eftersom golvet gjuts ovanpå ett lager av krossat berg/makadam är det möjligt att ta bort i stort sett all betong. Här antas att 1 % av betongen blir flisor och sågmjöl som hamnar i syltan och vid rengöringen inför återfyllningen blir 1 % av syltan kvar, således blir totalt 0,01 % (1 % av 1 %) kvar. Betongbanans tjocklek är cirka 20 cm. Utifrån dessa data beräknas att 0,22 kg betong per meter tunnel blir kvar i övriga bergutrymmen från vägbanorna (se punkt 1 i rutan nedan). Sammansättningen på betong redovisas i bilaga A.

Rampens väg bana av betong förses med ett slitlager av asfalt eftersom erfarenheter visar att en kör bana av betong kan innebära att fordonens drivhjul slirar. Inför återfyllningen kommer hela vägbanan att tas bort, endast rester blir kvar. Eftersom även underliggande lager av betong tas bort antas att nästan all asfalt tas bort. Utöver resterna från rivningen kommer en viss mängd att bli kvar i finfördelad form från slitaget av vägbanan. Mängden asfalt som kommer att bli kvar på grund av slitaget är svårbedömd. En del av den finfördelade asfalten kommer att följa med ventilationsluften, en del att följa med dränagevattnet och en del transporteras ut i samband med rivningen av vägbanan. Här antas liksom för betongen att 0,01 % (1 % av 1 %) blir kvar. Asfaltbanans tjocklek antas vara totalt 9 cm, 3 asfalteringar om vardera 3 cm. Densiteten för asfalt är ungefär 2 600 kg/m³. Utifrån dessa data beräknas att 0,12 kg asfalt per meter blir kvar (se punkt 2 i rutan nedan). Sammansättningen på asfalt redovisas i bilaga A.

- 1) **Kvarvarande mängd betong per meter tunnel i övriga bergutrymmen (inklusive rampen):**
 $0,20 \text{ [m tjocklek]} \cdot 5 \text{ [m bredd]} \cdot 0,01 \% \cdot 2 \cdot 200 \text{ [kg/m}^3] = 0,22 \text{ [kg/meter tunnel]}$
- 2) **Kvarvarande mängd asfalt per meter tunnel i övriga bergutrymmen (endast rampen):**
 $0,09 \text{ [m tjocklek]} \cdot 5 \text{ [m bredd]} \cdot 0,01 \% \cdot 2 \cdot 600 \text{ [kg/m}^3] = 0,12 \text{ [kg/meter ramp]}$

4.5 Betongrester från betongkonstruktioner

Platsgjutna betongkonstruktioner till exempel brandväggar, pumpgropar, schaktinredningar, elbyggnader och betongplattor över deponeringshålen kommer att rivas. Vid rivning av betong uppkommer spill. Observera att vägbanor av betong behandlas separat i avsnitt 4.4.

4.5.1 Deponeringstunnlar och deponeringshål

I deponeringstunnlarna uppkommer betongrester från rivning av betongplattorna och eventuella andra betongkonstruktioner som kan krävas för att kunna borra deponeringshålen.

Nedan görs en uppskattning av hur mycket av den betongplatta som gjuts direkt mot berget som blir kvar. Plattan är 2,5×4,1 m och har ett hål med diametern 1,75 m, som borrats i samband med borrhningen av deponeringshålet, vilket innebär att plattans yta är 7,8 m² (se punkt 1 i rutan nedan). Plattans tjocklek är cirka 25 cm. Här antas att 1 % av betongen blir kvar som spill i syltan och att 1 % av syltan blir kvar efter rengöringen inför återfyllningen. Således blir 0,01 % (1 % av 1 %) av betongen kvar, vilket motsvarar ungefär 430 g betong per deponeringshål (se punkt 2 i rutan nedan).

I botten av själva deponeringshålet kommer en betongavjämning att gjas. Den blir kvar efter deponering. Betongavjämningen betraktas som konstruktionsmaterial och mängden betong i den redovisas därför inte här. Mängden betongrester i deponeringshålen i form av betongspill från borttagningen av betongplattorna ovanför deponeringshålen är försumbar jämfört med betongavjämningen i botten av hålen.

Betongens sammansättning redovisas i bilaga A.

1)	Betongplattans yta efter borrning av deponeringshål: $2,5 \cdot 4,1 - (1,75^2 / 4 \cdot \pi) = 7,8$ [m ²]
2)	Kvarvarande mängd betong per deponeringshål i deponeringstunnel: $7,8$ [m ²] · $0,25$ [m] · $2\,200$ [kg/m ³] · $0,01$ % = 430 [g/deponeringshål]
3)	Kvarvarande mängd betong per meter deponeringstunnel: 430 [g/deponeringshål] · $6\,000$ [antal deponeringshål] / $80\,400$ [m deponeringstunnel] = 32 [g/m tunnel]

4.5.2 Övriga bergutrymmen

I övriga bergutrymmen uppskattas mängden kvarvarande betong från betongkonstruktioner vara i samma storleksordning som mängden betongrester från vägbanor av betong, se avsnitt 4.4.2.

1)	Kvarvarande mängd betong per meter tunnel i övriga bergutrymmen: $0,22$ [kg/meter tunnel]
----	--

4.6 Övriga främmande ämnen

4.6.1 Däckslitage

Gummi från däckslitage kommer till viss del att tvättas ut med dränagevattnet, men en del kommer att finnas kvar i botten av tunnarna. Mängden gummi beräknas från uppskattning av körsträckor och däckslitage.

Körsträckorna i förvaret uppskattas till 21 000 mil/år under 60 år. Andel körda mil i deponeringstunnarna uppskattas till 10 % av totala körsträckan.

Däckslitage uppskattas utifrån uppgifter om däckslitage på lastbilsdäck; 10–15 kg slitage på 25–30 000 mil /Kemikalieinspektionen 2003/. För att ta hänsyn till att transporterna till viss del sker på sämre vägar ökas det antagna däckslitage med en faktor 2, däremot tas ingen hänsyn till att hastigheten på transporterna i slutförvaret är låg. Detta innebär att däckslitage är 1 g/mil (se punkt 1 i rutan nedan).

Kvar i deponeringstunnarna och övriga bergutrymmen efter rengöring inför återfyllningen antas bli 1 % av totala däckslitage.

I övriga utrymmen antas däckslitage vara proportionellt mot tunnel längden.

Utifrån dessa antaganden har kvarvarande mängd gummi beräknats till 20 mg/m deponeringstunnel och drygt 0,5 g/meter tunnel för övriga bergutrymmen (se rutan nedan).

- 1) Däckslitage per mil: $15 \text{ [kg]} / 25\,000 \text{ [mil]} \cdot 2 \text{ {faktor pga sämre väg}} = 1,2 \text{ [g/mil]}$
- 2) Tillförd mängd gummi från däckslitage per meter deponeringstunnel: $21\,000 \text{ [mil/år]} \cdot 60 \text{ [år]} \cdot 10 \% \text{ {körsträcka i deponeringstunnlar}} \cdot 1,2 \text{ [g/mil]} / 80\,400 \text{ [m]} = 1,9 \text{ [g/m tunnel]}$
- 3) **Kvarvarande mängd gummi per meter deponeringstunnel:**
 $1,9 \text{ [g/m]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 19 \text{ [mg/m tunnel]}$
- 4) Tillförd mängd gummi från däckslitage per meter tunnel i övriga bergutrymmen:
 $21\,000 \text{ [mil/år]} \cdot 60 \text{ [år]} \cdot 90 \% \text{ {körsträcka i övriga bergutrymmen}} \cdot 1,2 \text{ [g/mil]} / (14\,800 + 2\,900 + 6\,000) = 57 \text{ [g/m tunnel]}$
- 5) **Kvarvarande mängd gummi per meter tunnel i övriga bergutrymmen:** $57 \text{ [g/m tunnel]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 0,57 \text{ [g/m tunnel]}$

4.6.2 Avgaser från dieselmotorer

Avgaserna från dieseldrivna fordon består huvudsakligen av koldioxid och vatten, som ventileras ut. Andra beståndsdelar är kväveoxider, sot och andra fasta partiklar. Hur mycket kväveoxider och sotpartiklar som frigörs är beroende på ett flertal faktorer bland annat underhåll, bränslets renhet, partikelfilter och katalysatorer. Avgaserna ventileras ut, men upp till 1 % bedöms bli kvar.

Körsträckorna i deponeringstunnlarna uppskattas till 10 % av den totala trafiken i slutförvaret.

En grov uppskattning av utsläppet av avgaser presenteras här. Antag att avgaserna kan uppskattas endast ur transport av berg och återfyllnadsmaterial. Dieseldrivna dumprar kommer att köra allt uttaget berg till skipen. Transporten av återfyllnadsmaterial kommer att ske med ett fordon som är dieseldrivet. Antag att dumprarnas kapacitet är 20 m^3 (mindre dumprar är mer troligt än större). Varje sprängning i deponeringstunnlarna ger 160 m^3 löst berg, vilket innebär att det krävs 8 dumpertransporter för en utsprängd volym på $91,2 \text{ m}^3$ inklusive överberg ($19 \text{ m}^2 \cdot 4 \text{ m} \cdot 1,2$). Cykeltiden för transport fram och tillbaka inklusive tömning är 8 minuter därefter står den och väntar 8 min för att lastas. En dumper med en lastkapacitet på 20 m^3 har en maxeffekt på drygt 300 kW (t ex Volvo, modell A35E).

Emissionen beräknas enligt:

$$E = t \cdot W \cdot BG \cdot EF \quad [\text{g}]$$

där t är antalet drifttimmar [h], W motoreffekten [kW], BG belastningsgraden [%] och EF är emissionsfaktorn [g/kWh].

Antalet drifttimmar för dumprarna för att transportera bort bergmassor som sprängs ut på förvarsnivån beräknas till $0,7 \text{ min/m}^3$ utsprängt berg (inklusive överberg) (se punkt 1 i rutan nedan).

Belastningsgraden av motorerna antas vara 0,4 (typiskt värde för en dumper /Persson och Kindbom 1999/).

Emissionsfaktorn enligt EU, steg IIIB, för nyttillverkade dieseldrivna arbetsmaskiner med motoreffekt större än 130 kW är för NO_x 2 g/kWh och för partiklar $0,025 \text{ g/kWh}$ /Naturvårdsverket 2007/. Reglerna gäller fullt ut från 2011. Normalt räknar man med en 7 år gammal park för tunga lastbilar, varför man kan anta att dessa regler kommer att omfatta hela parken i förvaret.

Detta resulterar i ett utsläppt av 5,2 ton NO_x och 65 kg partiklar (se punkt 2 och 3 i rutan nedan). Detta gäller för dumpertransporterna av bergmassorna. Hänsyn tas till transporterna av återfyllning genom en fördubbling. Andelen avgaser i deponeringstunnlarna uppskattas till 10 %. Om 1 % antas bli kvar beräknas den kvarvarande mängden till $0,13 \text{ g NO}_x$ per meter deponeringstunnel och 2 mg partiklar per meter deponeringstunnel. Fördelningen av avgaser i övriga utrymmen antas vara proportionell mot tunnellängden.

- 1) Drifttid för transport av löst berg per m³ utsprängt berg i deponeringstunnlarna: $160 \text{ [m}^3 \text{ löst berg per salva]} / 20 \text{ [m}^3 \text{ löst berg/lass]} \cdot 8 \text{ [min/lass]} / (19 \cdot 1,20 \text{ [m}^2] \cdot 4 \text{ [m/sprängning]}) = 0,70 \text{ [min/m}^3]$
- 2) Utsläppt mängd NO_x från avgaser från dumpertransporterna av bergmassor i deponeringstunnlarna: $0,70 \text{ [min/m}^3 \text{ utsprängt berg]} / 60 \text{ [min/h]} \cdot 300 \text{ [kW]} \cdot 0,4 \cdot 2 \text{ [g/kWh]} \cdot 1,844 \cdot 10^6 \text{ [m}^3 \text{ utsprängt berg]} = 5,16 \text{ [ton]}$
- 3) Totalt utsläppt mängd partiklar från avgaser från dumpertransporterna av bergmassor i deponeringstunnlarna: $0,70 \text{ [min/m}^3] / 60 \text{ [min/h]} \cdot 300 \text{ [kW]} \cdot 0,4 \cdot 0,025 \text{ [g/kWh]} \cdot 1,844 \cdot 10^6 \text{ [m}^3 \text{ utsprängt berg]} = 65 \text{ [kg]}$
- 4) **Kvarvarande mängd NO_x från avgaser i deponeringstunnlarna per meter tunnel:**
 $10 \% \cdot 2 \text{ {transport av berg och återfyllnad}} \cdot 5,16 \text{ [ton]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / 80 \text{ 400 [m]} = 0,13 \text{ [g/m tunnel]}$
- 5) **Kvarvarande mängd partiklar från avgaser i deponeringstunnlarna per meter tunnel:**
 $10 \% \cdot 2 \text{ {transport av berg och återfyllnad}} \cdot 65 \text{ [kg]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / 80 \text{ 400 [m]} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ [g/m tunnel]}$
- 6) **Kvarvarande mängd NO_x från avgaser i övriga bergutrymmen per meter tunnel:**
 $90 \% \cdot 2 \text{ {transport av berg och återfyllnad}} \cdot 5,16 \text{ [ton]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / (14 \text{ 800} + 2 \text{ 900} + 6 \text{ 000}) = 3,9 \text{ [g/m tunnel]}$
- 7) **Kvarvarande mängd partiklar från avgaser i övriga bergutrymmen per meter tunnel:**
 $90 \% \cdot 2 \text{ {transport av berg och återfyllnad}} \cdot 65 \text{ [kg]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / (14 \text{ 800} + 2 \text{ 900} + 6 \text{ 000}) = 0,049 \text{ [g/m tunnel]}$

4.6.3 Avfettnings- och tvättmedel

Avfettnings- och tvättmedel används till maskinerna och för personligt bruk. Huvuddelen av dessa ämnen kommer att användas i centralområdet där system kommer att finnas för att ta hand om resterna. Möjligen kan medlen användas vid tvättning vid ett haveri.

Vid normal drift bedöms att inget spill kommer att förekomma i deponeringshål, deponeringstunnlar, stam- och transporttunnlar eller i ramp och schakt. En begränsad mängd bedöms kunna bli kvar i centralområdet.

4.6.4 Hydraul- och smörjoljor

Många av de maskiner som kommer att användas har hydrauldriven utrustning. Brott på hydraulslangar förekommer relativt ofta både under drift och vid reparationsarbeten.

Fett och smörjoljor används till smörjning av lager och andra rörliga maskindelar samt vid skarvning av borrhänger.

För att begränsa miljöpåverkan till följd av oljespill är följande åtgärder möjliga:

- Utrusta maskinerna med behållare som samlar upp oljespill.
- Vid större spill vid borrhängarna kan absorberande material användas.
- Val av oljor som är nedbrytbara. De flesta miljövänliga oljorna är baserade på biologiska oljor och alkoholer från mineraloljor. I naturen sker nedbrytning av rena biologiska oljor, baserade på rapsolja, på några få veckor, syntetiska oljor på några få månader och mineraloljor på flera år.

Enligt erfarenheter från Äspölaboratoriet är konsumtionen av olja ungefär 10 liter för borrhängningen av ett deponeringshål.

Förbrukningen av hydraulolja är till stor del en fråga om nivån på underhållet av maskinerna. Driftstatistik från sju år gamla borrhängar av typen Atlas Copco BK i Malmberget (5 st) och Kiruna (5 st) visar på en förbrukning på 0,025 respektive 0,085 l/borrhäng meter (115 mm hål). En uppskattning av totala förbrukningen av hydraulolja för bergarbetet (borrhängar, laddningsmaskin, etc) är 0,3–0,5 l/m tunnel. Densiteten för hydraulolja är 0,9 kg/dm³. Efter rengöringen inför återfyllningen bedöms att endast 1 % av hydrauloljan blir kvar.

För deponeringstunnlarna medför detta att 5 g hydraulolja per meter tunnel kan bli kvar (se punkt 1 i rutan nedan).

Mängden hydraulolja per meter tunnel antas vara lika i övriga utrymmen som för deponeringstunnlarna.

- 1) **Kvarvarande mängd olja per meter i deponeringstunnlarna:**
 $0,5 \text{ [l/m tunnel]} \cdot 0,9 \text{ [kg/l]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 4,5 \text{ [g/m]}$
- 2) **Kvarvarande mängd olja per meter i övriga bergutrymmen:**
 $0,5 \text{ [l/m tunnel]} \cdot 0,9 \text{ [kg/l]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 4,5 \text{ [g/m]}$

4.6.5 Dieselolja

Dieselolja kan spridas från otäta och trasiga tankar, ledningar och pumpar på fordonen samt vid tankning. En tankstation kommer att upprättas i centralområdet, den kommer att placeras på en betongplatta och förses med oljeavskiljare och översvämningsskydd, så kallad miljölåda. Dieselolja bedöms vara så lätt att eventuellt spill till stor del kommer att följa med läns hållningsvattnet ut.

Läckaget från de dieseldrivna fordonen är beroende av underhåll och skötsel. Erfarenheter från Malmberget visar att brandsäkerheten har höjts väsentligt sedan man ökat serviceintervallen så att det görs service på alla tunga maskiner var 5:e vecka och på lätta maskiner var 10:e vecka. Dessa serviceintervall har medfört att bränder i fordon har minskat väsentligt. Denna erfarenhet medför att täta serviceintervall kan förväntas, vilket innebär att eventuellt läckage av dieselolja minimeras.

Sammantaget innebär detta att mängden dieselolja som kommer att bli kvar i deponeringshål, deponeringstunnlar och övriga bergutrymmen bedöms vara begränsad.

4.6.6 Batterisyra

Batterisyra är utspädd svavelsyra som kan läcka ut från batterier eller vid påfyllning och byte av batterier. Batterierna på maskinerna sitter väl skyddade. Inget läckage kan förväntas vid normal drift. All service kommer att ske i verkstaden i centralområdet, varför inget spill kommer i tunnarna. I centralområdet kommer eventuellt spill att tas om hand.

Eldrivna fordon förutsätts vara kopplade till elkraft och således kommer inga fordon att drivas med batterier.

Således görs bedömningen att ingen batterisyra kan förväntas bli kvar i deponeringshål, deponeringstunnlar eller övriga bergutrymmen, möjligen kan en begränsad mängd bli kvar i anslutning till verkstaden i centralområdet.

4.6.7 Metallspån och hårdmetall

Hårdmetall används främst i borrstål och i lastskopornas tänder. Hårdmetallen innehåller volframkarbid och kobolt som de viktigaste beståndsdelarna. Metallspån bildas vid bearbetning av stål och metaller. Dessutom förväntas spill av stålbitar och metallföremål. Spillet stannar i syltan och på tunnelbottenarna. En stor del följer med syltan ut.

En grov uppskattning av mängderna volframkarbid i deponeringstunnlarna utgår från slitaget på borrkronorna; 2 borrkronor slits så att de behöver slipas om för varje salva; slitaget är någon mm³ eller cirka 20 g/borrkrona, effektiva sprängdjupet (insticket) är 4 m per salva. Räknat på 20 g slitage per borrkrona erhålls ett totalt slitage på 10 g/m deponeringstunnel (se punkt 1 i rutan nedan). Här antas att 1 % stannar kvar efter uttransport av bergmassorna och i samband med rengöringen inför återfyllningen. I deponeringstunneln antas således att 0,1 g volframkarbid per meter tunnel blir kvar.

Injekteringsborrning förväntas omfatta ungefär halva deponeringstunnlarnas längd. Varje omgång med injekteringsborrning planeras ske i drygt 20 borrhål runt deponeringstunnlarna. Slitaget i av borrkronor vid injekteringsborrning utgör ca 15 % av det totala slitaget. Den grova uppskattning som gjorts av mängden volframkarbid, utifrån slitaget av borrkronor vid salvborrningen, bedöms därför omfatta även slitaget från injekteringsborrning.

I deponeringshålen kommer en begränsad mängd att bli kvar.

I övriga bergutrymmen antas samma mängd av volframkarbid per meter tunnel.

- | | |
|----|--|
| 1) | Tillförd mängd volframkarbid från slitaget av borrkronor per meter deponeringstunnel:
$2 \text{ [borrkronor/salva]} \cdot 20 \text{ [g/borrkrona]} / 4 \text{ [m/salva]} = 10 \text{ [g/m tunnel]}$ |
| 2) | Kvarvarande mängd volframkarbid per meter deponeringstunnel:
$10 \text{ [g/m]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 0,10 \text{ [g/m tunnel]}$ |
| 3) | Kvarvarande mängd volframkarbid per meter tunnel i övriga bergutrymmen:
$10 \text{ [g/m]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 0,10 \text{ [g/m tunnel]}$ |

4.6.8 Spån från träbearbetning

Träbearbetning förekommer vid formbyggnad och andra hjälparbeten. En del spill förväntas hamna i sylvan.

Deponeringstunnlar och deponeringshål

Gjutformar för gjutning av betongplattorna över deponeringshålen kommer troligen att vara prefabricerade av stål, eftersom det rör sig om många gjutningar av samma format är det inte optimalt att snickra träformar. Troligt är således att en mindre mängd trä kommer att bli kvar i deponeringstunnlarna än vad som uppskattas nedan.

Möjlig mängd trä om gjutformarna till betongplattorna över deponeringshålen görs av trä kan uppskattas enligt följande. Formarna är 2,5×4,1 m med en genomsnittlig höjd på 30 cm. En tänkbar gjutform görs med hörnstolpar av 50×100 mm å 30 cm, yttre ramar överst och underst av 50×150 mm och invändigt 3 lager med 25×100 mm. Om man antar att man sågar varje bräda med ett 3 mm snitt erhålls totalt 330 cm³ sågspån (se punkt 1 i rutan nedan). Densiteten på furu är 0,52 kg/dm³. Här antas att minst 99 % av sågspånen följer med vid rengöring inför återfyllning. Kvar blir 1,7 g per deponeringshål. Utöver sågspånen finns risk för flisor och spillvirke. Detta är en grov uppskattning och andra metoder är också tänkbara till exempel plywood istället för 25×100 mm brädor, färdiga sidor som sätts ihop på plats eller ännu mer troligt färdiga formar av stål, som diskuterats ovan.

Mängden träspån som skulle kunna bli kvar i deponeringshålen antas vara begränsad, eftersom rengöring sker mellan att betongplattorna gjuts och deponeringshålen borras.

Övriga bergutrymmen

I övriga bergutrymmen kommer formar för gjutning troligen att byggas av trä. Här ska många olika typer av konstruktioner gjutas och kraven på att hålla rent från rester av trä är inte lika höga som i deponeringstunnlarna. Träspill uppkommer som sågspån vid sågningen, flisor från sågning och då gjutformen tas bort samt mindre spillvirke från sågningen. I övriga bergutrymmen kommer gjutformar att byggas bland annat för mellanväggar, pumpgropar och golv i centralområdet. En uppskattning baserad på mängden gjutformar visar att totala mängden sågspån som kan förväntas från övriga bergutrymmen är ungefär 10 % av totala mängden i deponeringstunnlarna. Fördelningen mellan de olika bergutrymmena antas proportionell mot tunnellängden. Även här antas att minst 99 % av träspillet följer med vid rengöringen inför återfyllningen. Mängden är begränsad och det finns risk för att några enstaka större kvarlämnade träbitar kan bidra till totala mängden rester från träbearbetning.

1)	Mängd sågspån per gjutform: $4 \text{ [st]} \cdot 50 \text{ [mm]} \cdot 100 \text{ [mm]} \cdot 0,3 \text{ [cm]} + 8 \text{ [st]} \cdot 50 \text{ [mm]} \cdot 150 \text{ [mm]} \cdot 0,3 \text{ [cm]} + 12 \text{ [st]} \cdot 25 \text{ [mm]} \cdot 100 \text{ [mm]} \cdot 0,3 \text{ [cm]} \cdot 0,52 \text{ [g/cm}^3\text{]} = 330 \text{ [cm}^3\text{ sågspån]} \cdot 0,52 \text{ [g/cm}^3\text{]} = 171,6 \text{ [g sågspån]}$
2)	Kvarvarande mängd trä per deponeringshål i deponeringstunnel: $172 \text{ [g]} \cdot 1 \% \text{ kvar} = 1,72 \text{ [g/deponeringshål]}$
3)	Kvarvarande mängd trä per meter i deponeringstunnel: $1,72 \text{ [g/deponeringshål]} \cdot 6\,000 \text{ [deponeringshål]} / 80\,400 \text{ [meter deponeringstunnel]} = 0,13 \text{ [g/m]}$
4)	Kvarvarande mängd trä per meter tunnel i övriga bergutrymmen: $10 \% \cdot 171,6 \text{ [g sågspån/deponeringshål]} \cdot 6\,000 \text{ [deponeringshål]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / 23\,700 \text{ [m tunnel övriga bergutrymmen]} = 0,043 \text{ [g/m]}$

4.6.9 Korrosionsprodukter

Korrosionsprodukter kommer att bildas, speciellt om vattnet är salt. Maskiner och stålkonstruktioner kommer att ge ifrån sig rost (järnoxider) och galvaniserade konstruktioner kommer dessutom att ge ifrån sig zink.

I deponeringstunnlarna planeras ingen användning av galvaniserat stål. Mängden bildad rost kan uppskattas från hur mycket förankringsbultarna kan rosta. Förankringsbultarna i deponeringstunnlarna har i denna studie antagits vara av typen expanderbult. Syre och vatten kommer åt hela bulten, varför också hela bulten kommer att rosta. Ytan på bultarna beräknas med samma antaganden om antal bultar och dimensioner som i avsnitt 4.3 samt en total längd på 8 dm. Korrosionshastigheten antas vara 0,1 mm/år. Deponeringstunnlarna kommer att stå öppna i maximalt 5 år. Den bildade mängden rost blir då 0,1 kg/m tunnel (se punkt 2 i rutan nedan). Rosten antas lossna och hamna i syltan när man avlägsnar den utstickande delen av bulten. Syltan förväntas att kunna avlägsnas så att endast 1 % av rosten blir kvar. All rost som bildas på den delen av bulten som sitter inne i hålet blir kvar. Detta leder till att 80 g rost per meter deponeringstunnel antas finnas kvar vid återfyllningen av tunneln. Förankringsbultarna kommer att ge upphov till mer rost i långtidsperspektivet.

En begränsad mängd rost kan bli kvar i deponeringshålen.

I övriga bergutrymmen kan mängden rost från förankringsbultar beräknas från mängden rost på utstickande delar av bultarna. Korrosionen av den del som är inuti berget är betydligt långsammare eftersom den omges av betong som begränsar tillgången på syre och vatten. Den del av bultarna som blir kvar inuti berget bedöms således bestå av relativt opåverkat stål och mängderna redovisas i avsnitt 4.3.2. Korrosionen av de yttre delarna beräknas pågå under drifttiden på cirka 60 år. Eftersom korrosionen pågår under en relativt lång tid måste hänsyn tas till att korrosionsytan minskar med tiden. Korrosionsytans förändring med tiden kan beräknas enligt:

$$A(t) = 2 \cdot \pi \cdot R(t) \cdot L$$

där

$$R(t) = R_0 - r \cdot t$$

R = radien [m]

R_0 = initiala radien [m]

L = längden [m]

r = korrosionshastigheten [m/år]

t = tiden [år]

Korrosionen efter tiden t beräknas enligt:

$$m = r \cdot \rho \cdot A = r \cdot \rho \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \left(R_0 \cdot t - \frac{r \cdot t^2}{2} \right) \quad [\text{kg/bult}]$$

Det blir 1,7 kg rost per meter tunnel (se punkt 4 i rutan nedan). Om 1 % antas bli kvar blir det totalt 17 g rost per meter tunnel för övriga bergutrymmen efter 60 års rostbildning. Förankringsbultarna kommer att ge upphov till mer rost i långtidsperspektivet.

Galvaniserat stål kommer att förekomma framförallt i centralområdet. Omfattningen av korrosionen från galvaniserat stål kommer att vara mindre än omfattningen av korrosion av stål. Här görs ingen kvantitativ uppskattning av korrosionen av galvaniserat stål.

- 1) Korrosionsyta per expanderbult: $25 \cdot 10^{-3} [\text{m}] \cdot \pi \cdot 0,8 [\text{m}] = 0,0628 [\text{m}^2]$
- 2) Mängd bildad rost från expanderbultar per meter deponeringstunnel: $0,0628 [\text{m}^2] \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} [\text{m/år korrosionshastighet}] \cdot 5 [\text{år}] \cdot 8\,000 [\text{kg/m}^3] \cdot 0,5 [\text{bult/m}] = 0,13 [\text{kg/m}]$
- 3) **Kvarvarande mängd rost per meter deponeringstunnel:**
 $0,13 [\text{kg/m}] \cdot 0,3 [\text{m utstickande del av bult}] / 0,8 [\text{m hel bult}] \cdot 1\% \text{ kvar} + 0,13 [\text{kg/m}] \cdot 0,5 [\text{m del av bult kvar i hålet}] / 0,8 [\text{m hel bult}] = 79 [\text{g/m}]$
- 4) Mängd bildad rost från bultar övriga bergutrymmen per meter tunnel:
 $0,1 \cdot 10^{-3} [\text{m/år korrosionshastighet}] \cdot 8\,000 [\text{kg/m}^3] \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,3 [\text{m}] \cdot (25 \cdot 10^{-3} [\text{m}]/2 \cdot 60 [\text{år}] - 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 60 [\text{år}] \cdot 60 [\text{år}]/2) \cdot 2 [\text{bult/m}] = 1,72 [\text{kg/m}]$
- 5) **Kvarvarande mängd rost per meter tunnel i övriga bergutrymmen:**
 $1,72 [\text{kg/m}] \cdot 1\% \text{ kvar} = 17 [\text{g/m}]$

4.6.10 Urin

Urinerings bör kunna förhindras om god tillgänglighet till toaletter finns och personalen informeras om urinämnenas negativa inverkan på förvarets funktion. Man kan dock inte utesluta att en viss urinerings kan komma att ske i tunnarna. Här antas att en liten del av urinerings sker direkt i tunnarna och en grov uppskattning av kvarvarande mängder görs nedan.

Genomsnittlig urinerings är 1,2 liter/dag, urinen innehåller ungefär 96,5 % vatten, 2,1 % urea (H_2NCONH_2) och 0,5 % klorider (omräknat från /Lehninger 1975/). En fjärdedel av urinerings under ett dygn antas ske under arbetstid och här antas att en tiondel av den sker direkt i tunnarna. Totala mängden urea som tillförs förvaret blir knappt 1 ton (se punkt 2 i rutan nedan). Här antas att urinerings sker proportionellt mot tunnallängden både i deponeringsstunnarna och i övriga bergutrymmen. Av den urinerings som sker i tunnarna kommer en stor del att föras bort med läshållningsvattnet, men en del urinämne och salter kommer att bli kvar i syltan och på tunnelbottnar. Här antas att 1 % blir kvar efter rengörings inför återfyllningen.

En begränsad mängd urea kan bli kvar i deponeringshålen.

1)	Totala antalet arbetsdagar i förvaret: $44 \text{ [veckor/år]} \cdot 5 \text{ [dagar/vecka]} \cdot 60 \text{ [år]} \cdot 100 \text{ [antal arbetare]} = 1\,320\,000 \text{ [dagar]}$
2)	Total tillförd mängd urea: $1,2 \text{ [liter urin /dag]} \cdot 1/4 \text{ [andel av dygnsurinerings under arbetstid]} \cdot 1/10 \text{ [andel av urinerings direkt i tunnarna]} \cdot 2,1 \% \text{ av urin är urea} \cdot 1\,320\,000 \text{ [arbetsdagar]} = 832 \text{ [kg]}$
3)	Kvarvarande mängd urea per meter tunnel: $832 \text{ [kg urea]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / 104\,100 \text{ [m]} = 0,080 \text{ [g/meter tunnel]}$

4.6.11 Övrigt mänskligt avfall

Övrigt mänskligt avfall, till exempel snus, fimpar, klädespersedlar, matrester och förpackningar kommer att samlas upp och transporteras ut. Något kan likväl bli kvar.

En grov uppskattning av mängden övrigt mänskligt avfall görs utifrån en uppskattning av mängden snus. Uppskattningen görs med följande antaganden; 30 % av arbetarna snusar, snuskonsumtionen på arbetstid är 100 g/vecka (en dosa med löst snus innehåller 50 g), allt snus spottas ut på golvet proportionellt mot tunnallängd. En begränsad mängd snus hamnar i deponeringshål på grund av restriktioner. 1 % av snuset antas bli kvar efter rengörings inför återfyllningen.

Rester från förpackningar kommer att kunna städas bort.

1)	Totala antalet arbetsveckor i förvaret: $44 \text{ [veckor/år]} \cdot 60 \text{ [år]} \cdot 100 \text{ [antal arbetare]} = 264\,000 \text{ [veckor]}$
2)	Total tillförd mängd snus: $2 \text{ [dosor/vecka]} \cdot 50 \text{ [g/dosa]} \cdot 0,3 \text{ [andel av arbetarna som snusar]} \cdot 264\,000 \text{ [veckor]} = 7\,920 \text{ [kg]}$
3)	Kvarvarande mängd övrigt mänskligt avfall per meter tunnel: $7\,920 \text{ [kg]} \cdot 1 \% \text{ kvar} / 104\,100 \text{ [m]} = 0,76 \text{ [g/meter tunnel]}$

4.6.12 Ventilationsluft

Tidigare avsnitt har behandlat flera främmande material som uppkommer vid verksamheten i förvaret och som hamnar i ventilationsluften, t ex däckslitage och avgaser. Inkommande luft till anläggningen kommer att filtreras, men en del partiklar kommer att bli kvar. Partiklar i utomhusluften utgörs av en blandning av partiklar från bland annat trafikens avgasutsläpp, energiproduktion, industrin, uppvärmning med ved, partikelburna föroreningar från andra länder, gatudamm och pollen. Enligt Förordning (SFS 2001:527) om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft får halten partiklar, PM_{10} (partiklar större än 10 mikrometer) i utomhusluften inte överstiga 40 mikrogram per kubikmeter luft räknat som årsmedelvärde. Ungefärlig partikelstorlek på pollen är 20 mikrometer. Huvuddelen av partiklarna av denna storlek är gatudamm och material som t ex virvlar upp från marken. En mindre andel utgörs av växtpollen och svampsporer. Regionala bakgrundshalter i Sverige varierar mellan 5 och 20 mikrogram per kubikmeter luft (årsmedelvärde) /Naturvårdsverket 2006/.

Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2005:17, Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, gäller för all verksamhet där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma. Nivågränsvärdet för damm och dimma av organiskt ursprung är 5 milligram per kubikmeter. Ett nivågränsvärde är den högsta godtagbara genomsnittshalten (tidsvägt medelvärde) av en förorening i inandningsluften för exponering under en arbetsdag.

Bedömningen av mängden organiskt material i ventilationsluften görs utifrån ett antagande om ett årsmedelvärde för halten organiskt material (huvudsakligen pollen) på 20 mikrogram per kubikmeter luft och konservativt att filtreringen inte har någon påverkan på halten av partiklar i denna storlek.

Ventilationskapaciteten kommer att vara $120 \text{ m}^3/\text{s}$, och i medeltal kommer ungefär 40 % av maximala kapaciteten att utnyttjas. En stor del av partiklarna ventileras bort eller hamnar i länshållningsvattnet och pumpas bort. Antag att 1 % stannar i förvaret och att fördelningen mellan deponeringstunnlar och övrig bergvolym är proportionell mot utsprängd bergvolym.

Eftersom deponeringshålen kommer att stå öppna under en begränsad tid kommer mängden organiskt material från ventilationsluften också att bli begränsad.

- | | |
|----|---|
| 1) | Total tillförd mängd mängd organiskt material från ventilationsluft i hela förvaret: $20 \cdot 10^{-6} \text{ [g/m}^3] \cdot 40 \% \text{ av } 120 \text{ [m}^3/\text{s}] \cdot 3,15 \cdot 10^7 \text{ [s/år]} \cdot 60 \text{ [år]} = 1\,814 \text{ [kg]}$ |
| 2) | Kvarvarande mängd organiskt material från ventilationsluft per m^3 utsprängt berg:
$1\,814 \text{ [kg]} \cdot 1 \% / (1,844 \cdot 10^6 + 8,92 \cdot 10^5 + 1,36 \cdot 10^5 + 2,66 \cdot 10^5) \text{ [m}^3 \text{ utsprängt berg]} = 5,8 \text{ [mg/m}^3 \text{ utsprängt berg]}$ |

5 Sammanställning av mängder

5.1 Främmande material i slutförvaret

I tabell 5-1 redovisas en sammanställning av de mängder främmande material som blir kvar efter förslutning. Eftersom uppskattningarna är ungefärliga kan endast en siffras noggrannhet anses signifikant. I bilaga A redovisas materialsammansättningen för de olika materialen och tabeller med fler detaljer om mängderna för de olika förvarsdelarna.

Kraven gällande mängden främmande material i olika delar av förvaret redovisades i inledningen. De uppskattade mängderna främmande material i deponeringshålerna är antingen noll eller en begränsad mängd. Mängderna främmande material i deponeringstunnlarna har uppskattats från att 1 % av de flesta material blir kvar vid förslutning. I SR-Site ska det verifieras att dessa mängder inte påverkar säkerheten. Högre krav kan ställas på rengöring om det finns behov av det.

Kraven på mängden material i övriga bergutrymmen är att de ska vara begränsade. Bedömningen av de i SR-Can uppskattade mängderna var att de inte medför någon konsekvens. En jämförelse visar att de uppskattade mängderna av främmande material ökat som mest med ungefär en faktor 2. Den nya inventeringen visar till skillnad från uppskattningen för SR-Can på att rester av avgaser och övrigt organiskt material kommer att finnas kvar i deponeringstunnlarna. Några av orsakerna till förändringarna är att den tidigare inventeringen gällde för ett förvar för 4 500 kapslar medan den nya gäller för 6 000 kapslar, höjden på deponeringstunnlarna har minskat och därutöver har några antaganden om fördelningen mellan deponeringstunnlar och övriga bergutrymmen ändrats för att vara mer lika för olika främmande material.

Tabell 5-1. Sammanställning av mängderna främmande material i slutförvaret.

Material	Mängd främmande material som bedöms bli kvar i förvaret efter förslutning (kg)					
	Deponeringshål	Deponeringstunnlar	Stam- och transporttunnlar	Centralområdet	Ramp och schakt	
Tändkapslar med ledare	Zink	*	8	4	1	1
	Plast	*	1·10 ²	6·10 ¹	9	2·10 ¹
Sprängämnen	NOx	*	1·10 ¹	5	1	2
	Nitratsalter	*	3·10 ³	2·10 ³	2·10 ²	5·10 ²
Förankringsbultar	Stål	*	8·10 ⁴	6·10 ⁴	1·10 ⁴	2·10 ⁴
	Betong	0	0	4·10 ⁴	8·10 ³	2·10 ⁴
Vägbanor	Betong	0	0	3·10 ³	6·10 ²	1·10 ³
	Asfalt**	0	0	0	0	6·10 ²
Betongkonstruktioner	Betong	*	3·10 ³	3·10 ³	6·10 ²	1·10 ³
Däckslitage		*	2	8	2	3
Avgaser	NOx	*	1·10 ¹	6·10 ¹	1·10 ¹	2·10 ¹
	Partiklar	*	0	0	0	0
Avfettnings- och tvättmedel		0	0	0	*	0
Hydraul- och smörjoljor		*	4·10 ²	7·10 ¹	1·10 ¹	3·10 ¹
Dieselolja		*	*	*	*	*
Batterisyra		*	*	*	*	*
Metallspån och hårdmetall		*	8	1	0,3	0,6
Spån från träbearbetning	Trä	*	10	2	1	1
Korrosionsprodukter	Rost	*	6·10 ³	3·10 ²	5·10 ¹	1·10 ²
Urin	Urea	*	6	1	0	1
Övrigt mänskligt avfall	Organiskt	*	6·10 ¹	1·10 ¹	2	5
Ventilationsluft	Organiskt	*	10	5	0,8	2

* begränsad mängd som är svår att kvantifiera,

** asfalt förekommer endast i rampen.

6 Referenser

- Eriksson M m fl, 2009.** Underground Design, Laxemar Design D2 Rock Mechanics and Rock Support. SKB R-09-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Forsberg H, Åkerlund H, 1999.** Kväve och sprängämnesrester i LKAB:s malm-, gråbergs- och produktflöden, Examensarbete 199:258 Civilingenjörsprogrammet vid institutionen för samhällsbyggnadsteknik, avdelningen för tillämpad geologi, Luleå tekniska universitet.
- Höglund L O, 2001.** Modelling of long-term concrete degradation processes in the Swedish SFR repository. SKB R-01-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Jansson T m fl, 2009.** Underground Design, Laxemar Design D2 Grouting. SKB R-09-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Kemikalieinspektionen, 2003.** HA-oljor i bildäck – förutsättningar för ett nationellt förbud, Rapport från ett regeringsuppdrag, Kemikalieinspektionen rapport 3/03.
- Lehninger A L, 1975.** Biochemistry, Second Edition, Worth Publishers Inc., New York, USA.
- Naturvårdsverket, 2006.** Luftguiden. Handbok med allmänna råd om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft. Handbok 2006:1, utgåva 1, juni 2006.
- Naturvårdsverket, 2007.** Arbetsmaskiner – Inventering av utsläpp, teknikstatus och prognos. Rapport 5728.
- Orica Mining Services, 2008a.** Säkerhetsdatablad Titan 7000, 2008-07-04. <http://nordics.orica.com/dynonobelcom/en/global/productsandservices/emea/produkter/msds/>.
- Orica Mining Services, 2008b.** Säkerhetsdatablad SLE 01, 2008-06-27.
- Persson K, Kindbom K, 1999.** Kartläggning av emissioner från arbetsfordon och arbetsredskap i Sverige, IVL rapport B 1342.
- SKB, 2006.** Initial state report for the safety assessment SR-Can. SKB TR-06-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2008.** Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses Version 2008-11-17.

Detaljerade tabeller

Tabell A-1. Materialsammansättning (materialen redovisas i samma ordning som i tabell 5-1 och övriga tabeller i denna bilaga).

Material	Materialsammansättning
Zink	Koppar- och zinklegering, 90 vikt-% koppar, 10 vikt-% zink
Plast	Polypropylen
NOx	NO, NO ₂
Kvävesalter	95–99,5 % SLE 01 Matris, vatten-i-olja emulsion 0,5–5 % N-10 Gasningsmedel SLE-matris: Ammoniumnitrat: 60–80 vikt % (CAS-nr.: 6484-52-2) Natriumnitrat: 5–15 vikt % (CAS-nr.: 7631-99-4) Vatten 8–25 % Mineralolja 3–8 % Emulgator 0,5–5 % Gasningsmedel N-10: Natriumnitrit: 10–20 % (CAS-nr.: 7632-00-0) Natriumtiocyanat: 20–40 % (CAS-nr.: 540-72-7) Vatten: 40–70 %
Stål	Kolstål, ca 97 %Fe, ca 1 %Mn
Betong	Förankringsbultar – Exempel på låg-pH betong /Eriksson m fl 2009/: Cement 340 kg/m ³ Silica 226,7 kg/m ³ Vatten 266,6 kg/m ³ Ballast 1 324 kg/m ³ Tillsatser: "Glenium 51" (en modifierad polykarboxylateter): 4 kg/m ³ , superplastiserare som gör att betongen kan komprimeras lättare och packningsförmågan ökar, vilket gör att betongen får en tätare struktur i färskt och i hårdnat tillstånd. Vägbanor, betongkonstruktioner – Exempel på vanlig betong /Höglund 2001/: Cement (Ordinary Portland Cement) 350 kg/m ³ Vatten 164,5 kg/m ³ Ballast 1 829 kg/m ³ Tillsatser: "Sika Plastiment BV-40" 0,5 vikt-%, vattenreducerande tillsatsmedel som ger möjlighet att minska mängden vatten med bibehållen konsistens och styrkeutveckling. "Sika Retarder" 0,05–0,2 vikt-%, fördröjer betongens tillstyvnande.
Asfalt	ca 6 vikt-% bitumen resten sten
Hydraul- och smörjolja	Miljövänliga oljor kommer att användas. De flesta miljövänliga oljorna är baserade på biologiska oljor och alkoholer från mineraloljor. Det finns även rena biologiska oljor, t ex rapsolja.
Metall, Hårdmetall	Volfram, Kobolt, Stål
Trä	Cellulosa, Lignin
Rost	Järnoxider
Urea	H ₂ NCONH ₂
Organiskt	T ex snus, papper, plast
Organiskt	Pollen

Tabell A-2. Detaljerade resultat från beräkning av mängderna främmande material i deponeringstunnlarna. Tunnlarnas längd är 80 400 m och den utsprängda volymen är $1,844 \cdot 10^6$ m³.

Material		Deponeringstunnel					
		In (kg/m)	In (g/m ³)	Andel kvar	Kvar (kg/m)	Kvar (g/m ³)	Kvar (kg)
Tändkapslar med ledare	Zink	0,010	0,45	0,01	0,00010	0,0045	8,2
	Plast	0,14	6,3	0,01	0,0014	0,063	115
Sprängämnen	NOx	0,014	0,62	0,01	0,00014	0,0062	11,4
	Nitratsalter	4,0	176	0,01	0,040	1,8	3245
Förankringsbultar	Järn	1,6	68	0,625	0,98	43	78 933
	Betong	0	0		0	0	0
Vägbanor	Betong	0	0		0	0	0
	Asfalt	0	0		0	0	0
Betongkonstruktioner	Betong	322	14039	0,0001	0,032	1,4	2589
Däckslitage		0,0019	0,08	0,01	0,000019	0,00082	1,5
Avgaser	NOx	0,013	0,56	0,01	0,00013	0,0056	10,4
	Partiklar	0,00016	0,0070	0,01	0,0000016	0,000070	0,129
Avfettnings- och tvättmedel		0	0		0	0	0
Hydraul- och smörjoljor		0,45	20	0,01	0,0045	0,20	362
Diesellojla		*	*	0	*	*	*
Batterisyra		*	*	0	*	*	*
Metallspån och hårdmetall		0,010	0,44	0,01	0,00010	0,0044	8,0
Spån från träbearbetning	Trä	0,013	0,56	0,01	0,00013	0,0056	10
Korrosionsprodukter	Rost	0,13	5,5	0,629	0,079	3,4	6352
Urin	Urea	0,008	0,35	0,01	0,00008	0,0035	6,4
Övrigt mänskligt avfall	Organiskt	0,08	3,3	0,01	0,0008	0,033	61
Ventilationsluft	Organiskt	0,013	0,58	0,01	0,0058	10,7	10,7

* begränsad mängd som är svår att kvantifiera.

Tabell A-3. Detaljerade resultat från beräkning av mängderna främmande material i stam- och transporttunnlarna. Tunnlarnas längd är 14 800 m och den utsprängda volymen är $8,92 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

Material		Stam- och transporttunnlar					
		In (kg/m)	In (g/m^3)	Andel kvar	Kvar (kg/m)	Kvar (g/m^3)	Kvar (kg)
Tändkapslar med ledare	Zink	0,027	0,45	0,01	0,00027	0,0045	4,0
	Plast	0,38	6,3	0,01	0,0038	0,063	56
Sprängämnen	NOx	0,037	0,62	0,01	0,00037	0,0062	5,5
	Nitratsalter	11	176	0,01	0,11	1,8	1570
Förankringsbultar	Järn	6,3	104	0,625	3,9	65	58 119
	Betong	4,8	79	1/0,01	2,9	48	43 214
Vägbanor	Betong	2200	36502	0,0001	0,22	3,7	3256
	Asfalt	0	0		0	0	0
Betongkonstruktioner	Betong	2200	36502	0,0001	0,22	3,7	3256
Däckslitage		0,057	0,95	0,01	0,00057	0,0095	8,5
Avgaser	NOx	0,39	6,5	0,01	0,0039	0,065	58
	Partiklar	0,0049	0,082	0,01	0,000049	0,00082	0,73
Avfettnings- och tvättmedel		0	0		0	0	0
Hydraul- och smörjoljor		0,45	7,5	0,01	0,0045	0,075	67
Dieselolja		*	*	*	*	*	*
Batterisyra		*	*	*	*	*	*
Metallspån och hårdmetall		0,010	0,17	0,01	0,00010	0,0017	1,5
Spån från träbearbetning	Trä	0,004	0,07	0,01	0,00004	0,0007	0,6
Korrosionsprodukter	Rost	1,7	29	0,01	0,017	0,29	254
Urin	Urea	0,008	0,13	0,01	0,00008	0,0013	1,2
Övrigt mänskligt avfall	Organiskt	0,08	1,3	0,01	0,0008	0,013	11
Ventilationsluft	Organiskt	0,035	0,58	0,01	0,00035	0,0058	5,2

* begränsad mängd som är svår att kvantifiera.

Tabell A-4. Detaljerade resultat från beräkning av mängderna främmande material i centralområdet. Tunnlarnas längd är 2 900 m och den utsprängda volymen är $1,36 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Material		Centralområdet					
		In (kg/m)	In (g/m^3)	Andel kvar	Kvar (kg/m)	Kvar (g/m^3)	Kvar (kg)
Tändkapslar med ledare	Zink	0,021	0,45	0,01	0,00021	0,0045	0,61
	Plast	0,29	6,3	0,01	0,0029	0,063	8,5
Sprängämnen	NOx	0,029	0,62	0,01	0,00029	0,0062	0,84
	Nitratsalter	8,3	176	0,01	0,08	1,8	239
Förankringsbultar	Järn	6,3	134	0,625	3,9	84	11 388
	Betong	4,8	102	1/0,01	2,9	62	8468
Vägbanor	Betong	2200	46912	0,0001	0,22	4,7	638
	Asfalt	0	0		0	0	0
Betongkonstruktioner	Betong	2200	46912	0,0001	0,22	4,7	638
Däckslitage		0,057	1,22	0,01	0,00057	0,012	1,7
Avgaser	NOx	0,39	8,4	0,01	0,0039	0,084	11,4
	Partiklar	0,0049	0,105	0,01	0,000049	0,00105	0,14
Avfettings- och tvättmedel		*	*	*	*	*	*
Hydraul- och smörjoljor		0,45	9,6	0,01	0,0045	0,096	13
Dieseloilja		*	*	*	*	*	*
Batterisyra		*	*	*	*	*	*
Metallspån och hårdmetall		0,010	0,21	0,01	0,00010	0,0021	0,29
Spån från träbearbetning	Trä	0,004	0,09	0,01	0,00004	0,0009	0,13
Korrosionsprodukter	Rost	1,7	37	0,01	0,017	0,37	50
Urin	Urea	0,008	0,17	0,01	0,00008	0,0017	0,23
Övrigt mänskligt avfall	Organiskt	0,08	1,6	0,01	0,0008	0,016	2,2
Ventilationsluft	Organiskt	0,027	0,58	0,01	0,00027	0,0058	0,8

* begränsad mängd som är svår att kvantifiera.

Tabell A-5. Detaljerade resultat från beräkning av mängderna främmande material i schakt och ramp. Rampens längd är 5 200 m och schakten är 800 m och rampen och schaktens utsprängda volym är $2,66 \cdot 10^5 \text{ m}^3$. Asfalt förekommer endast i rampen.

Material		Schakt och ramp					
		In (kg/m)	In (g/m^3)	Andel kvar	Kvar (kg/m)	Kvar (g/m^3)	Kvar (kg)
Tändkapslar med ledare	Zink	0,020	0,45	0,01	0,00020	0,0045	1,2
	Plast	0,28	6,3	0,01	0,0028	0,063	17
Sprängämnen	NOx	0,027	0,62	0,01	0,00027	0,0062	1,6
	Nitratsalter	7,8	176	0,01	0,078	1,8	468
Förankringsbultar	Järn	6,3	142	0,625	3,9	89	23 562
	Betong	4,8	108	1/0,01	2,9	66	17 519
Vägbanor	Betong	2200	49624	0,0001	0,22	5,0	1320
	Asfalt	1170	32710	0,0001	0,12	3,3	608
Betongkonstruktioner	Betong	2200	49624	0,0001	0,22	5,0	1320
Däckslitage		0,057	1,3	0,01	0,00057	0,013	3,4
Avgaser	NOx	0,39	8,9	0,01	0,0039	0,089	24
	Partiklar	0,0049	0,111	0,01	0,000049	0,00111	0,29
Avfettings- och tvättmedel		0	0		0	0	0
Hydraul- och smörjoljor		0,45	10	0,01	0,0045	0,10	27
Dieselloolja		*	*	*	*	*	*
Batterisyra		*	*	*	*	*	*
Metallspån och hårdmetall		0,010	0,23	0,01	0,00010	0,0023	0,60
Spån från träbearbetning	Trä	0,004	0,10	0,01	0,00004	0,0010	0,3
Korrosionsprodukter	Rost	1,7	39	0,01	0,017	0,39	103
Urin	Urea	0,008	0,18	0,01	0,00008	0,0018	0,48
Övrigt mänskligt avfall	Organiskt	0,08	1,7	0,01	0,0008	0,017	4,6
Ventilationsluft	Organiskt	0,026	0,58	0,01	0,00026	0,0058	1,5

* begränsad mängd som är svår att kvantifiera.