

**R-00-13**

# **Förstudie Älvkarleby**

## **Anläggningar och transporter**

Ebbe Forsgren  
SwedPower AB

Fritz Lange  
Lange Art Arkitektkontor AB

Bengt Leijon  
Conterra AB

Februari 2000

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 5864  
SE-102 40 Stockholm Sweden  
Tel 08-459 84 00  
+46 8 459 84 00  
Fax 08-661 57 19  
+46 8 661 57 19



# **Förstudie Älvkarleby**

## **Anläggningar och transporter**

Ebbe Forsgren  
SwedPower AB

Fritz Lange  
Lange Art Arkitektkontor AB

Bengt Leijon  
Conterra AB

Februari 2000

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.

# Sammanfattning

Denna rapport behandlar de tekniska förutsättningarna för att bygga och driva ett djupförvar i Älvkarleby kommun. Preliminära förslag till lokalisering och utformning av erforderliga anläggningar redovisas. Som bakgrund ges en allmän teknisk beskrivning av de planerade anläggningarna och driftverksamheten.

Anläggningarna kommer att omfatta förvaringstunnlar och andra utrymmen på cirka 500 meters djup i berggrunden, samt industrianläggningar i markplanet. De bergförlagda delarna kommer fullt utbyggda att ha en utbredning på någon kvadratkilometer. Anläggningarna på mark omfattar ett industriområde på cirka 15 hektar. Detta område förbinds med berganläggningarna med en lutande transporttunnel och troligen också ett vertikalt schakt för persontransporter med hiss.

Generellt bedöms Älvkarleby kommun erbjuda goda förutsättningar för att bygga och driva djupförvaret. Väg- och järnvägsförbindelserna är väl utbyggda. Industrihamnen i Skutskär har bra förutsättningar att fungera som mottagningshamn för det gods som behöver transporteras till djupförvaret.

Var djupförvarets berganläggningar kan förläggas styrs av bergförhållandena. I Älvkarleby kommun har förstudiens geologiska utredningar visat att potentiellt lämplig berggrund finns i ett område öster om Dalälven, mot norr och nordost från Älvkarleby tätort. Den begränsade geologiska information som finns tillgänglig i detta skede medger inte att någon specifik plats anges. Området domineras av olika typer av granitiska bergarter som såvitt kan bedömas skulle ge goda, och för svensk berggrund normala, förutsättningar för bygge och drift av berganläggningarna.

För industrianläggningarna ovan jord presenteras två alternativa förslag till lokalisering, benämnda Alternativ Älvkarleby respektive Alternativ Skutskär. Båda utgår från att djupförvarets berganläggningar lokaliseras någonstans inom det nämnda området öster om Dalälven.

**Alternativ Älvkarleby** innebär att även anläggningarna ovan jord förläggs inom eller nära det nämnda, geologiskt intressanta området. Anläggningarna kan då placeras och utformas på flera olika sätt. Ett är att samla all verksamhet ovan jord till ett driftområde, med placering ovanför berganläggningarna. Ett annat är att förlägga huvuddelen av verksamheten till ett driftområde invid Älvkarleby tätort. I det senare fallet byggs en tunnel som förbinder driftområdet med berganläggningarna. Beroende på avståndet kan det också behövas ett mindre driftområde ovanför berganläggningarna. Oavsett vilken utformning som väljs så går godstransporterna sjövägen till hamnen i Skutskär, och därifrån på järnväg till djupförvaret. Anläggningarna ansluts till järnvägsnätet via ett stickspår som byggs från Ostkustbanan.

**Alternativ Skutskär** innebär att mottagningshamn och driftområde sammanbyggs till en enhet, med placering vid kusten i Skutskär. Ett markområde som bedöms vara lämpligt för dessa anläggningar finns utanför och något öster om inloppet till den befintliga industrihamnen, på utsidan av den landtunga som begränsar hamnbassängen mot öster. Bedömningen av detta område som lämpligt är preliminär. Det krävs fördjupade studier på plats och kontakter med andra berörda intressenter innan placering och utformning av anläggningarna kan konkretiseras närmare. Från det tänkta driftområdet i Skutskär

byggs en transporttunnel som går under Dalälven och vidare till platsen för berganläggningarna. Tunneln används för alla tunga transporter till och från förvaret. Därmed bortfaller behovet av att transportera bland annat radioaktivt avfall och bentonit på allmänna kommunikationsleder. De geologiska förutsättningarna för en sådan tunnel är inte närmare kända, och måste utredas om vidare lokaliseringsstudier blir aktuella i kommunen.

De presenterade lokaliseringsförslagen bedöms båda ge goda möjligheter att med rimliga insatser bygga och driva anläggningarna med god funktion och hög säkerhet. I rapporten diskuteras för- och nackdelar med respektive förslag, men inga försök till jämförande värdering görs. Ett skäl till detta är att det underlag som funnits tillgängligt inte medgett att alternativen bearbetats till jämbördig detaljeringsgrad.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	7
<b>2</b>	<b>Djupförvaret – anläggningar och verksamhet</b>	9
2.1	Allmänt	9
2.2	Anläggningar under jord	12
2.3	Anläggningar ovan jord	13
2.4	Alternativa utformningar	14
2.4.1	Driftområdet ovanför förvarets centralområde	14
2.4.2	Driftområdet sidoförskjutet i förhållande till förvaret	16
2.4.3	Två driftområden	16
2.5	Verksamheten vid drift	17
2.5.1	Översikt	17
2.5.2	Interna transporter och deponering av avfall	20
2.5.3	Utspärning – iordningställande	21
2.5.4	Kontroll och dokumentation	22
2.5.5	Tillverkning av bentonitblock och återfyllnadsmaterial	22
2.5.6	Drift och underhåll av servicesystem	22
2.5.7	Underhåll av byggnader, markanläggningar och bergrum	22
2.5.8	Underhåll och reparation av lyftanordningar, fordon och maskiner	22
2.5.9	Information	23
2.5.10	Administration, bevakning	23
2.6	Personalbehov	23
2.6.1	Platsundersökningar	24
2.6.2	Utbyggnad	24
2.6.3	Drift	24
2.7	Arbetsmiljö och skydd	26
2.7.1	Utbyggnad	26
2.7.2	Drift	26
<b>3</b>	<b>Transportsystemet</b>	29
3.1	Allmänt	29
3.2	Godsslag till och från djupförvaret	30
3.2.1	Anläggningskedet	30
3.2.2	Driftskedet	30
3.3	Transportkedjan till djupförvaret	32
3.3.1	Radioaktivt avfall	32
3.3.2	Bulkmaterial, massgods	33
3.3.3	Lokala transporter	33
3.4	Sjötransporter och hamnar	34
3.5	Landtransporter	35
3.5.1	Järnvägstransport	35
3.5.2	Vägtransport	35
3.6	Transportsäkerhet	36

<b>4</b>	<b>Älvkarleby kommun – generella förutsättningar</b>	<b>39</b>
4.1	Allmänt	39
4.2	Vägar och järnvägar	41
4.2.1	Vägar	41
4.2.2	Järnvägar	42
4.3	Hamnar	42
4.3.1	Skutskärs hamn	42
4.3.2	Gävle hamnar	44
4.4	Geologiska förutsättningar	47
4.5	Bergtekniska förutsättningar	50
4.5.1	Allmänt	50
4.5.2	Bedömningsunderlag	50
4.5.3	Viktiga faktorer	51
4.5.4	Data från kommunen och regionen	55
4.5.5	Bedömning	58
<b>5</b>	<b>Lokaliseringsalternativ i Älvkarleby kommun</b>	<b>61</b>
5.1	Allmänt	61
5.1.1	Målsättning	61
5.1.2	Lokaliseringsförslag	61
5.2	Alternativ Älvkarleby	65
5.2.1	Bakgrund	65
5.2.2	Transporter	65
5.2.3	Anläggningar – allmängiltig utformning	68
5.2.4	Anläggningar – förläggning vid Älvkarleby tätort	71
5.3	Alternativ Skutskär	75
5.3.1	Bakgrund	75
5.3.2	Transporter	75
5.3.3	Anläggningar	77
5.4	Slutkommentar	79
<b>6</b>	<b>Referenser</b>	<b>81</b>

# 1 Inledning

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) och redovisar en delutredning i SKB:s pågående förstudie av Älvkarleby kommun. Förstudiens huvudsyfte är att utvärdera förutsättningarna för att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle och annat långlivat radioaktivt avfall till kommunen. Vidare skall förstudien belysa de konsekvenser som en sådan lokalisering skulle kunna få för kommunen.

I förstudien görs en rad utredningar för att få fram ett brett underlag om de faktorer som på olika sätt har betydelse för lokaliseringsförutsättningarna. Huvudområden som behandlas är geologiska och tekniska förhållanden, mark- och miljöfrågor samt olika samhällsaspekter. Denna rapport redovisar det utredningsarbete som gjorts om de tekniska förutsättningarna att etablera och driva ett djupförvar i Älvkarleby kommun.

Som en bakgrund presenteras först djupförvarsprojektet till sitt tekniska innehåll. Kapitel 2 beskriver de anläggningar som behövs, samt de funktioner och verksamheter som ska finnas och fungera vid dessa anläggningar. Även personalbehov och arbetsmiljöfrågor berörs. I kapitel 3 redovisas behoven av transporter till djupförvaret, tillgänglig teknik för dessa transporter och den planerade utformningen av transportsystemet.

Med detta som grund studeras i kapitel 4 de tekniska förutsättningarna för att lokalisera djupförvaret till Älvkarleby kommun. En viktig fråga är vilken infrastruktur som finns och vilka kompletteringar som skulle behövas för transporter till djupförvaret. Förutom vägar och järnvägar beskrivs befintliga hamnar och deras förutsättningar att fungera som mottagningshamn för aktuella godslag och mängder. En annan viktig fråga är vilka förutsättningar som berggrunden i kommunen ger för att bygga och driva djupförvarets berganläggningar. Denna fråga diskuteras, med utgångspunkt från de egenskaper hos berggrunden som är väsentliga ur anläggningsteknisk synvinkel.

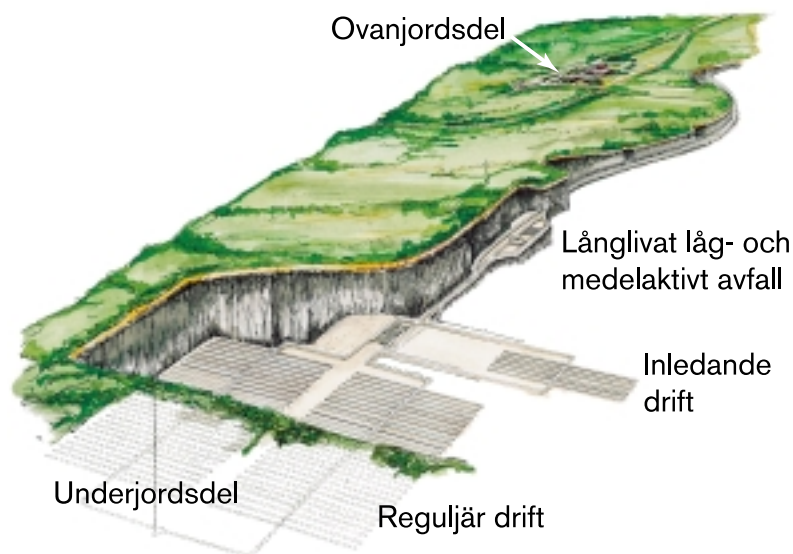
Djupförvarsprojektet omfattar såväl bergförlagda anläggningar som konventionella industrianläggningar i markplanet. Två förslag till placering av anläggningarna på ytan presenteras. Förslagen har utarbetats med intentionen att de tekniska krav som ställs på anläggningarnas funktion ska kunna tillgodoses, samtidigt som etableringen anpassas till de specifika förutsättningar som Älvkarleby kommun ger vad gäller berggrund, infrastruktur, miljö och samhälle. Förslagen redovisas i kapitel 5.

## 2 Djupförvaret – anläggningar och verksamhet

I detta kapitel ges en generell teknisk beskrivning av de anläggningar som ska byggas och drivas vid djupförvaret. Vidare behandlas den planerade verksamheten och personalbehovet under driftskedet.

### 2.1 Allmänt

Figur 2-1 visar en skiss av det planerade djupförvaret, samt allmänna data om anläggningarna. Den centrala verksamheten vid anläggningarna blir att ta emot kapslar med använt kärnbränsle och att deponera dem i utvalda positioner i berget på cirka 500 meters djup, där de omges med bentonitlera. Kapseln och bentonitleran utgör, liksom berggrunden, skyddsbarriärer som ska isolera det radioaktiva avfallet från biosfären under mycket långa tidsrymder. En aktuell redovisning av de krav, principer och tekniska åtgärder som ligger till grund för förvarets funktion och säkerhet ges i SKB:s FUD-program 98 /1/.



#### Under jord

Områden för deponering av inkapslat bränsle och annat långlivat avfall, tunnlar och schakt för kommunikation och ventilation.

*Djup:* 400–700 m

*Utrymmesbehov:* 1–2 km<sup>2</sup>

*Tunnlar:* ca 15 km vid inledande drift  
ca 45 km fullt utbyggt

*Bergvolym:* ca 0,5 milj m<sup>3</sup> vid inledande drift  
ca 1,3 milj m<sup>3</sup> fullt utbyggt

#### Ovan jord

Godsterminal, byggnader för hantering av transportbehållare, bentonit och återfyllnadsmaterial, nedfarter till anläggningar under jord, verkstäder, kontor, restaurang och besöksmottagning.

*Utrymmesbehov:* 0,1–0,3 km<sup>2</sup>

*Byggnadsvolym:* ca 100 000 m<sup>3</sup>

*Personalbehov:* Ca 150 personer vid inledande drift, ca 220 personer vid full drift.

*Kostnad:* Totalt ca 13 miljarder kronor, varav ca hälften för bygge och inledande drift.

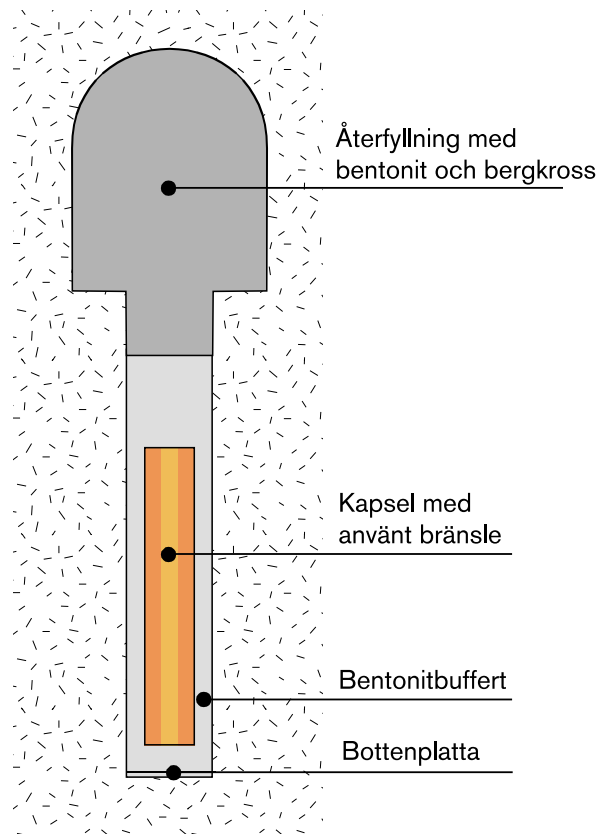
*Figur 2-1. Djupförvaret.*



Djupförvaret kan beskrivas som en större berganläggning, sammansatt av ett stort antal tunnlar samt ett mindre antal schakt och andra bergutrymmen. Huvuddelen av tunnlar är deponeringstunnlar, fördelade på ett mindre deponeringsområde för en inledande driftfas och ett antal större områden för den reguljära driften. Från tunnlar borrar vertikala hål i vilka kapslar deponeras på det sätt som visas i figur 2-2.

Förutom själva djupförvaret för använt kärnbränsle innefattar skissen i figur 2-1 även ett särskilt, mindre förvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Det gäller bland annat hårdkomponenter samt avfall som uppkommer vid rivningen av kärnkraftverken, inkapslingsanläggningen och CLAB. Huvudalternativet är att detta förvar samlokaliseras med djupförvaret, exempelvis på det sätt som visas i figuren, och att deponeringen startar i samband med att djupförvaret övergår i reguljär drift. Detta har också antagits som en förutsättning för utredningsarbetet. Det är emellertid också möjligt att förvaret för annat avfall lokaliseras och utformas som en fristående anläggning.

Ovan jord finns industrianläggningar med byggnader för olika ändamål, transportvägar m m. De funktioner som ska inrymmas i anläggningarna beskrivs närmare i avsnitt 2.5.



*Figur 2-2. Tunnel med deponeringshål, efter deponering och återfyllning.*

Projektet kommer att genomföras i flera steg:

1. Platsundersökning.
2. Detaljundersökning och utbyggnad för inledande drift.
3. Inledande drift.
4. Kompletterande utbyggnad till reguljär drift.
5. Reguljär drift.
6. Avveckling.
7. Eventuell fortsatt verksamhet av annat slag på platsen.

Etableringen av djupförvaret kommer att föregås av omfattande geovetenskapliga undersökningar på minst två alternativa platser under cirka 5 år. När förläggningsplatsen bestämts och lokaliseringstillstånd erhållits startar en 5–6 år lång utbyggnadsfas. Under denna period byggs anläggningarna ovan jord, liksom gemensamma utrymmen under jord, och ett första deponeringsområde. Samtidigt byggs väganslutningar och eventuellt järnvägsanslutning. Beroende på lokalisering kan det behövas utbyggnader i större eller mindre omfattning i någon befintlig hamn, alternativt anläggs en egen mindre hamn för djupförvarets behov. Transportbehov och möjliga transportlösningar behandlas i kapitel 3.

De avfallsmängder som planeras hanteras och deponeras i olika driftskeden framgår av tabell 2-1. Det första driftskedet är en inledande provdrift under cirka 5 år. Under denna period deponeras cirka 400 kapslar med använt kärnbränsle. Det motsvarar ungefär 10 % av det totala antalet kapslar som det svenska kärnenergiprogrammet beräknas generera.

Den inledande driftperioden följs av en noggrann utvärdering. Möjligheter finns att återta de deponerade kapslarna om man av någon anledning skulle finna detta nödvändigt /2/. Är utvärderingen positiv börjar den reguljära driften som kommer att pågå 20–30 år. Under denna period skall cirka 3 600 kapslar med använt bränsle deponeras. Utrymmen för deponeringen tillreds successivt.

I sin helhet omfattar djupförvarets utbyggnad och drift en tidsperiod på åtminstone 40 år. Sedan alla kärnkraftverk rivits och allt använt bränsle, härdkomponenter och annat avfall deponerats kan verksamheten avvecklas och djupförvaret tillslutas. Anläggningarna ovan jord kan rivas och området återställas. Alternativt kan hela eller delar av anläggningarna nyttjas för andra ändamål. Beslut om att tillsluta förvaret och avveckla verksamheten måste tas av den generation som då är verksam.

**Tabell 2-1. Uppskattade avfallsmängder som ska transporteras till djupförvaret och deponeras, totalt och per år.**

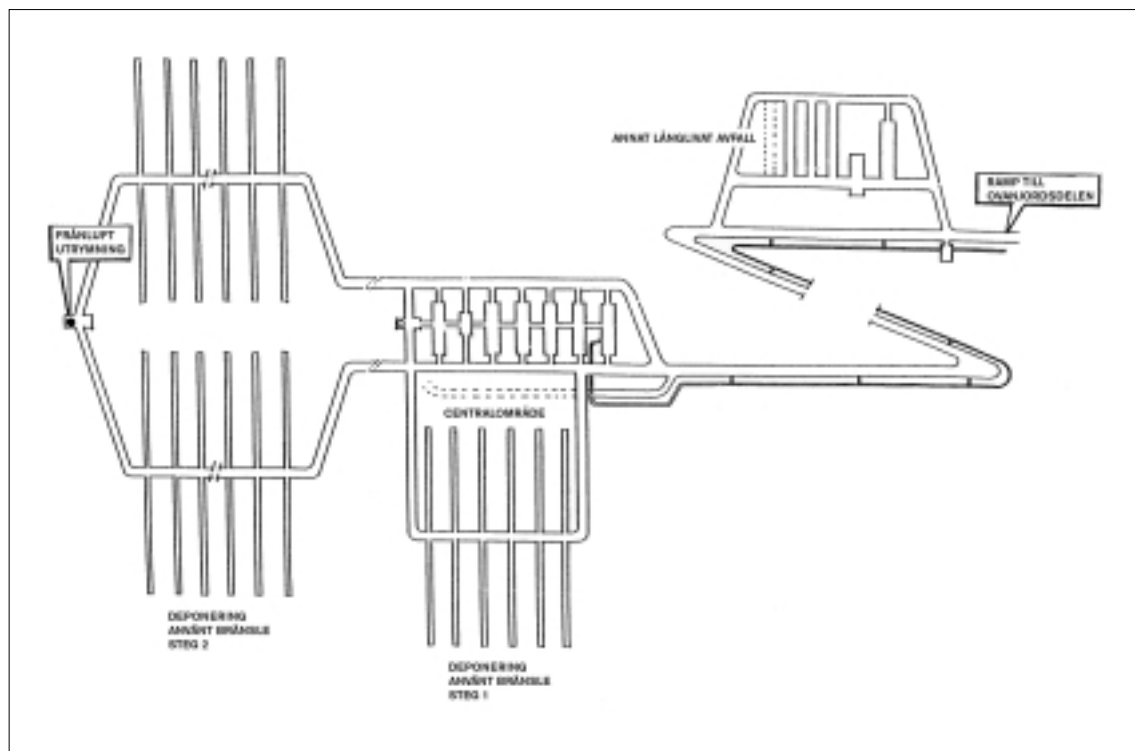
<b>Avfallsprodukt</b>	<b>Totalt (st)</b>	<b>Per år (st)</b>	<b>Volym (m<sup>3</sup>) i djupförvaret</b>
Kopparkapslar med använt bränsle			
– inledande drift	400	100	1 650
– reguljär drift	3 600	180	14 800
Kollin med övrigt långlivat avfall (reguljär drift)	3 400	170	25 000

## 2.2 Anläggningar under jord

Figur 2-3 visar schematiskt djupförvarets olika bergförlagda anläggningsdelar. De utgörs av:

- Nerfarter och schakt.
- Ett centralområde med omlastningshall för transportbehållare, verkstäder, personalutrymmen m m.
- Förbindelsetunnlar för transporter och annan kommunikation.
- Deponeringsområden för kapslar.
- Deponeringsområde för övrigt långlivat avfall.

I centralområdet finns ett antal konventionellt utformade bergrum av varierande storlek. Deponeringsområdena för inkapslat bränsle består av horisontella tunnelgallerier med parallella tunnlar. Det särskilda området för annat avfall består av större förvaringsrum. Totalt upptar deponeringsområdena en uppskattad yta på 1–2 kvadratkilometer. Deponeringsområdenas och tunnarnas inbördes lägen väljs utifrån platsens specifika förutsättningar.



*Figur 2-3. Djupförvarets berganläggningar.*

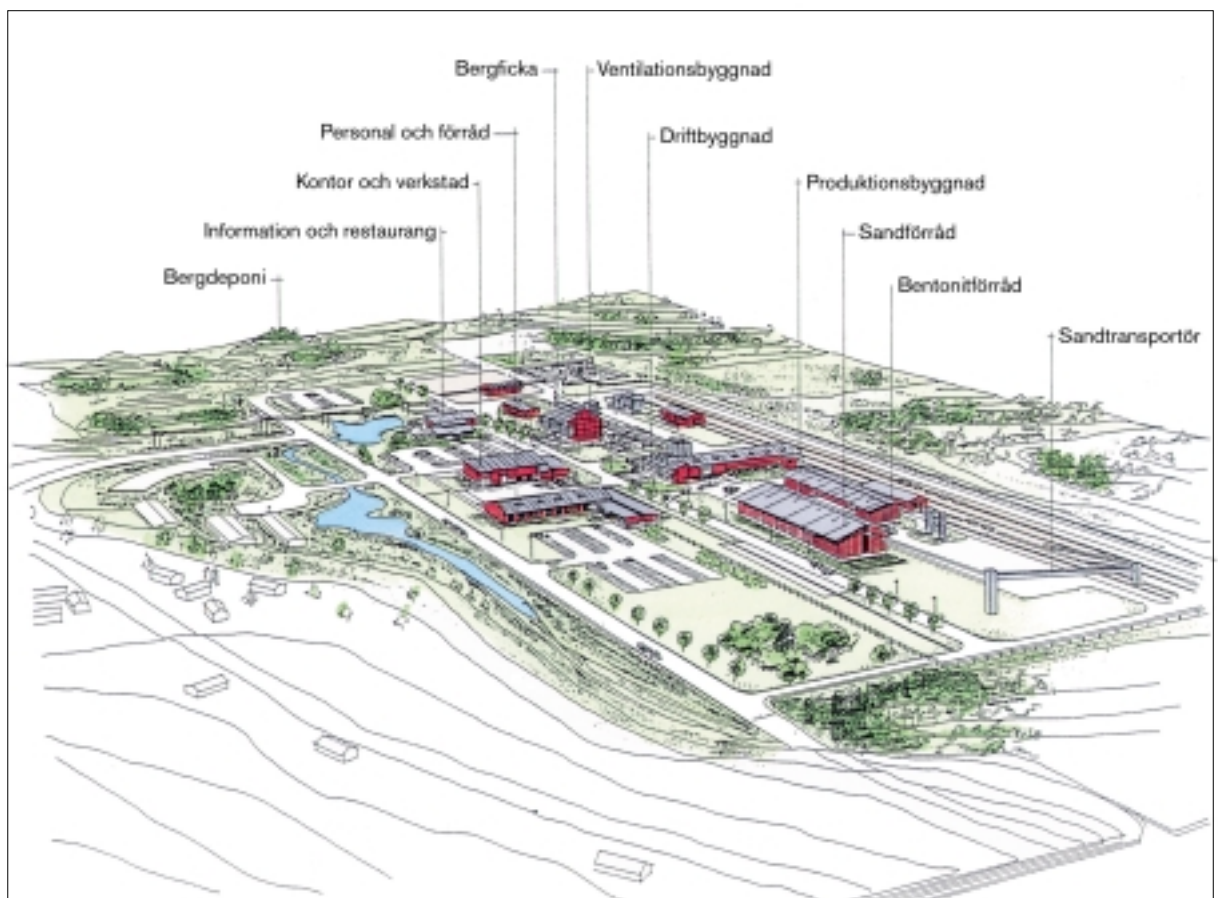
## 2.3 Anläggningar ovan jord

Anläggningarna ovan jord kan vad gäller storlek och utformning liknas vid en medelstor industri av konventionellt slag. Utrymmesbehovet är 15–20 hektar. Goda möjligheter finns att anpassa utformningen till lokala förutsättningar. Figur 2-4 visar schematiskt vilka huvuddelar som anläggningarna består av och hur dessa kan disponeras.

Det övergripande planeringsarbetet för djupförvaret har lett fram till behov av ett antal funktioner som fördelats på ett antal byggnader, inbördes grupperade med hänsyn till eftersträvd samfunktion. De funktioner som ska inrymmas i anläggningarna beskrivs närmare i avsnitt 2.5.

Följande byggnader och gårdsytor erfordras:

- kontor,
- personallokaler/matsal,
- informationslokaler,
- verkstäder/förråd/garage,
- driftbyggnad,
- ventilationsbyggnad,
- produktionsbyggnad/lager för buffert- och återfyllnadsmaterial,



*Figur 2-4. Djupförvarets anläggningar ovan jord.*

- bergkrossanläggning/lager,
- bergdeponi,
- uppställningsytor,
- körvägar,
- parkeringsplatser,
- bangård (om järnvägsanslutning byggs till platsen).

Det finns en rad tekniska och administrativa motiv för att dela upp verksamheten på ett flertal byggnader. De viktigaste är följande:

- respektive byggnad kan renodlas för sin funktion,
- enklare tekniska lösningar,
- större flexibilitet för om- och utbyggnad,
- större frihet att välja optimal lösning för respektive funktion,
- enklare upphandling,
- minskat behov av detaljsamordning,
- vissa investeringar kan läggas sent i projektet,
- projektets styrbarhet ökar,
- möjligheter till alternativ användning av allmängiltigt utformade byggnader.

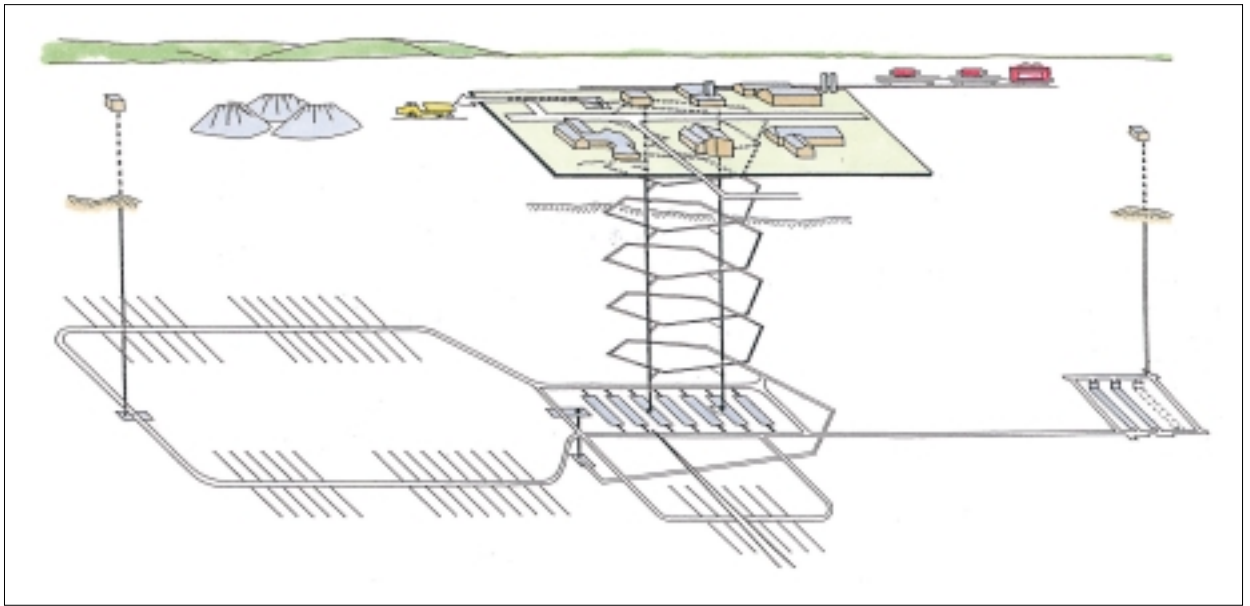
Byggnaderna kan i betydande utsträckning anpassas till lokal topografi, landskapstyp och bebyggelse, under förutsättning att erforderliga funktionella samband bibehålles. Det är samtidigt möjligt att undvika stora byggnader som lätt kan upplevas som störande, framför allt i kustlägen och flackt landskap.

## 2.4 Alternativa utformningar

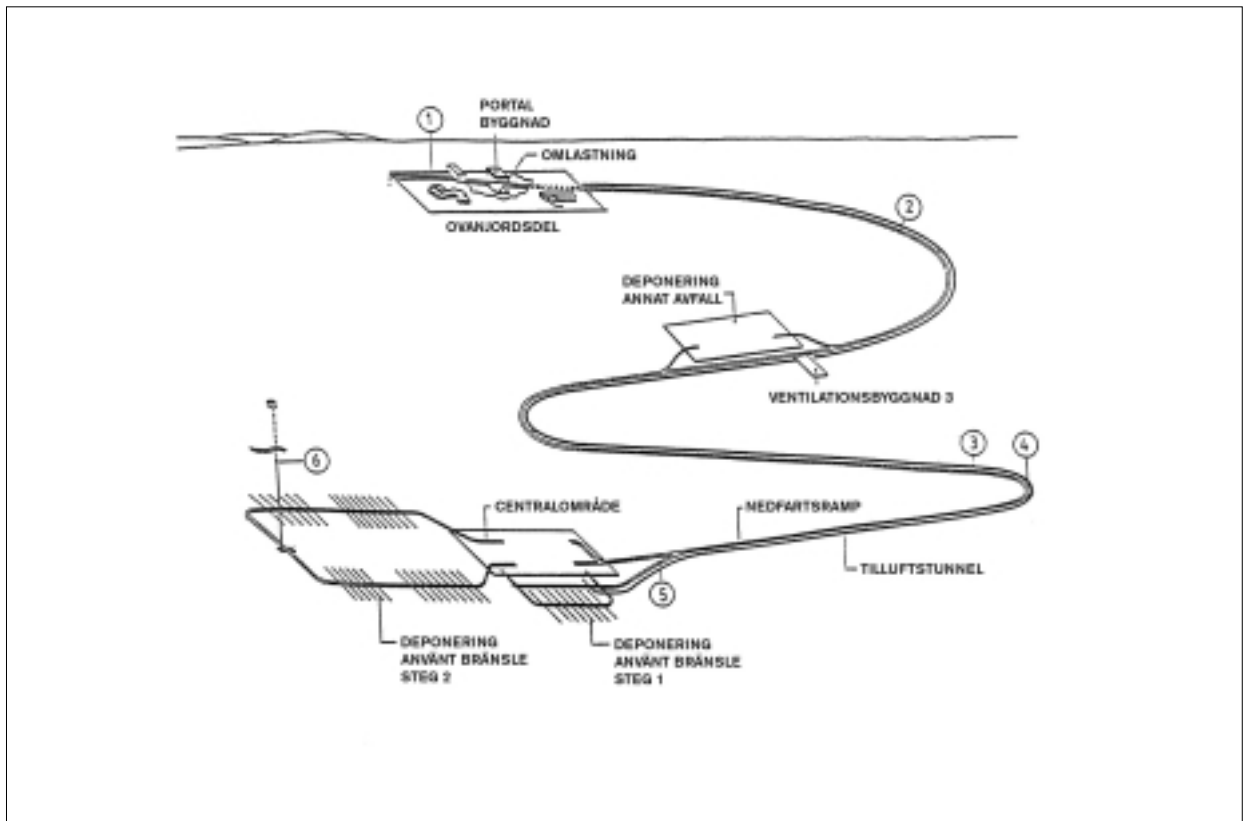
Var djupförvarets berganläggningar förläggs och hur de utformas bestäms till stor del av bergförhållanden. Anläggningarna på ytan kan däremot placeras och utformas med utgångspunkt från faktorer som marktillgång, bebyggelse, naturskyddsintressen, topografi, befintlig industri- och infrastruktur m m. Det finns goda möjligheter att anpassa anläggningarna så att såväl kravet på lämplig berggrund som andra önskemål kan tillgodoses /3, 4, 5/. Figurerna 2-5, 2-6 och 2-7 illustrerar olika möjligheter att anpassa utformningen i stort.

### 2.4.1 Driftområdet ovanför förvarets centralområde

Figur 2-5 visar en utformning där alla anläggningar ovan jord samlas inom ett driftområde, beläget rakt ovanför förvarets centraldel. En lutande tunnel (ramp) används för alla tunga transporter (behållare, bergmassor, buffert- och återfyllnadsmaterial) mellan driftområdet och förvarsnivån. Rampens dimensioner och lutning måste anpassas till transportbehoven. Vid ett djup på 500 meter till förvarsnivån innebär det att rampen



*Figur 2-5. Utformning där driftområdet förläggs ovanför förvarets centraldel. Kommunikation via spiralformad tunnel och schakt.*



*Figur 2-6. Utformning med sidoförskjutning mellan driftområde och förvar. Kommunikation via tunnel. Schakt används för ventilation och utrymning.*

måste göras minst cirka 3,5 kilometer lång. Någon form av spiralformad sträckning är därför lämplig.

Ett hissföretschakt nyttjas för snabba persontransporter mellan driftområdet och förvaret, samt för serviceändamål. Andra schakt används för att försörja anläggningarna med ventilationsluft etc.

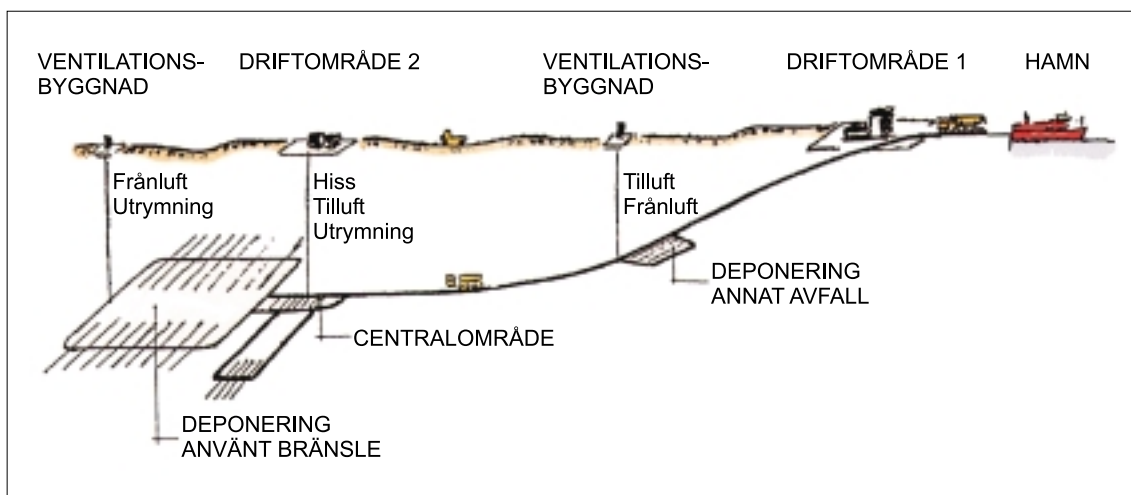
## 2.4.2 Driftområdet sidoförskjutet i förhållande till förvaret

Figurerna 2-6 och 2-7 visar schematiskt utformningar där driftområdet placeras mer eller mindre sidoförskjutet relativt förvaret. I det alternativ som visas i figur 2-6 sker alla transporter och all teknisk försörjning via en ramp. Schakt används endast för ventilation (frånluft från förvarsområdet) och som extra utrymningsväg. Här finns inga styrande samband mellan driftområdet ovan jord och förvarsområdet, och sidoförskjutningen kan uppgå till flera kilometer.

Om förvaret av något skäl skulle behöva placeras under havsbotten bortfaller sannolikt möjligheten att anlägga schakt för ventilation och utrymning. Lösningen skulle i så fall vara att i stället bygga två, eller möjligen tre, åtskilda ramper ner till förvaret. En sådan utformning medför dock betydande nackdelar ur såväl bygg- och driftsynpunkt /6/.

## 2.4.3 Två driftområden

Det finns fördelar med att dela upp verksamheten ovan jord på två driftområden på det sätt som visas i figur 2-7. Rampen kan då ansluta till det ena driftområdet som förläggas till en plats som passar för den industribetonade delen av verksamheten med godsmottagning, tillverkning av buffertmaterial, bergupplag m m. Det andra driftområdet placeras rakt ovanför förvaret för att möjliggöra kommunikation via schakt, och innefattar kontor, besöksmottagning, restaurang m m.



*Figur 2-7. Utformning med två driftområden. Det ena ligger sidoförskjutet, det andra ovanför förvarets centralområde. Kommunikation via tunnel och schakt.*

## 2.5 Verksamheten vid drift

### 2.5.1 Översikt

Som nämnts kommer verksamheten vid djupförvaret att genomgå flera skeden, alltifrån utbyggnad till förslutning och avveckling. I det följande beskrivs verksamheten under den 20–30 år långa period under vilken den reguljära driften av djupförvaret pågår.

Driftverksamheten kommer att ha stora inslag av teknik från gruvdrift och transport-industri, och ett mindre inslag av tillverkningsindustri. Liksom vid många andra industrier kommer en betydande del av personalen att svara för administration och service som stöd för den egentliga produktionen.

Figur 2-8 ger en översikt över de verksamheter som ska finnas och fungera i olika delar av djupförvarets anläggningar. Huvuduppgiften är att ta emot och deponera såväl kapslar med använt kärnbränsle som övrigt långlivat avfall. Samtidigt ska nya deponeringstunnlar skapas. I takt med deponeringen ska servicesystem monteras. Dessutom ska bentonit-block tillverkas, för att användas som barriärmaterial runt bränslekapslarna. Arbetet ska genomföras under noggrann kontroll.

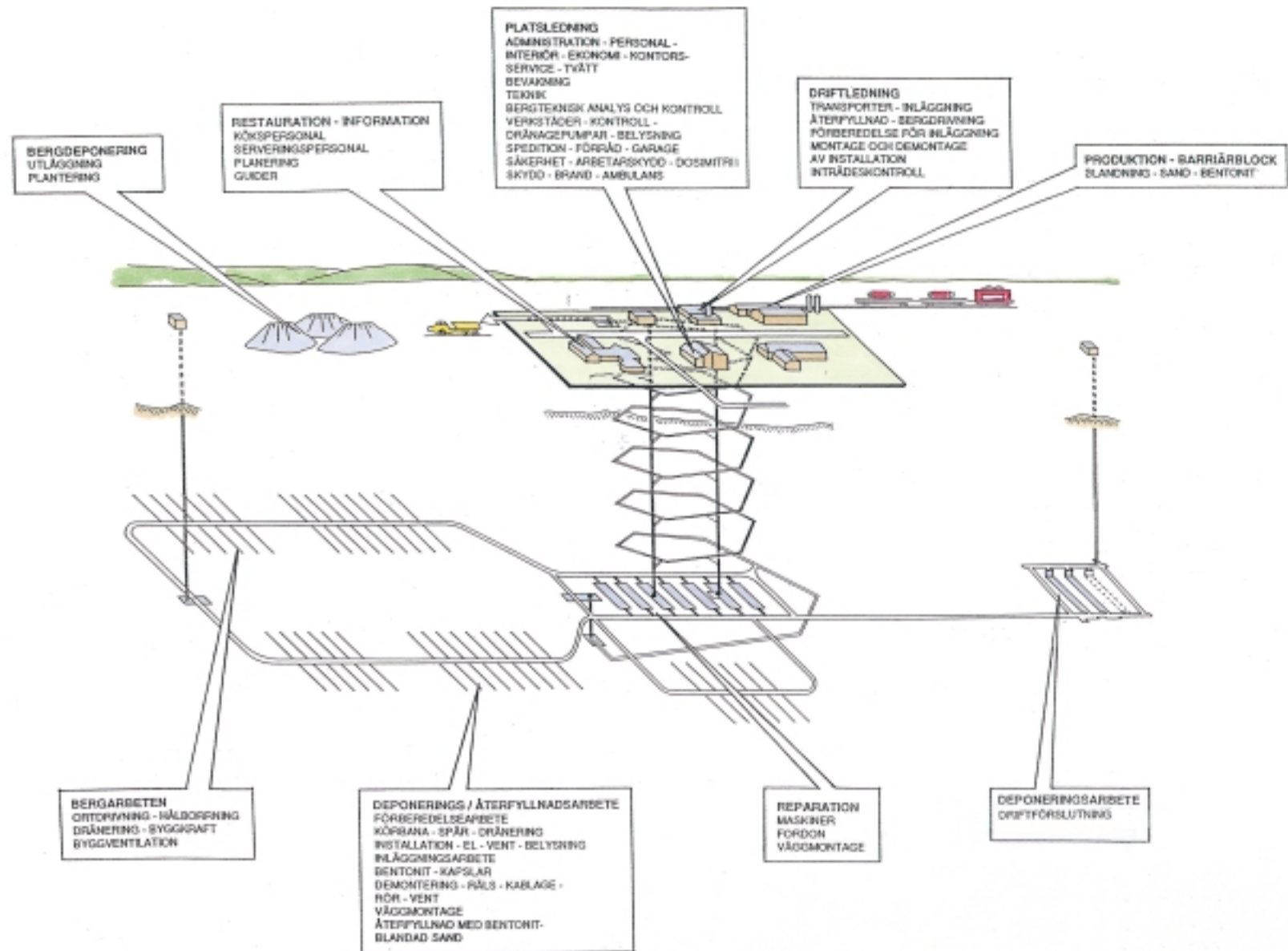
Driften planeras att pågå året runt med avbrott för helger och semestrar. Deponering av avfall förutsätts ske på dagtid. Vissa förberedelsearbeten och återfyllnad av deponeringstunnlar kan eventuellt behöva genomföras med två skift. Anläggningen behöver inte genomgå årliga revisioner av det slag som tillämpas för kärnkraftverken. Däremot kan reparationsarbeten behöva utföras utanför ordinarie arbetstid.

Deponeringsområden kommer att byggas ut successivt ut i den takt de behövs för deponeringen. Det är angeläget att planera förvaret så att deponeringsverksamheten kan hållas skild från tunneldrivning och hålbörning. Principskissen i Figur 2-9 visar hur transporttunnlar och deponeringsområden kan arrangeras så att transportererna av avfall respektive bergmassor inte behöver korsa varandra.

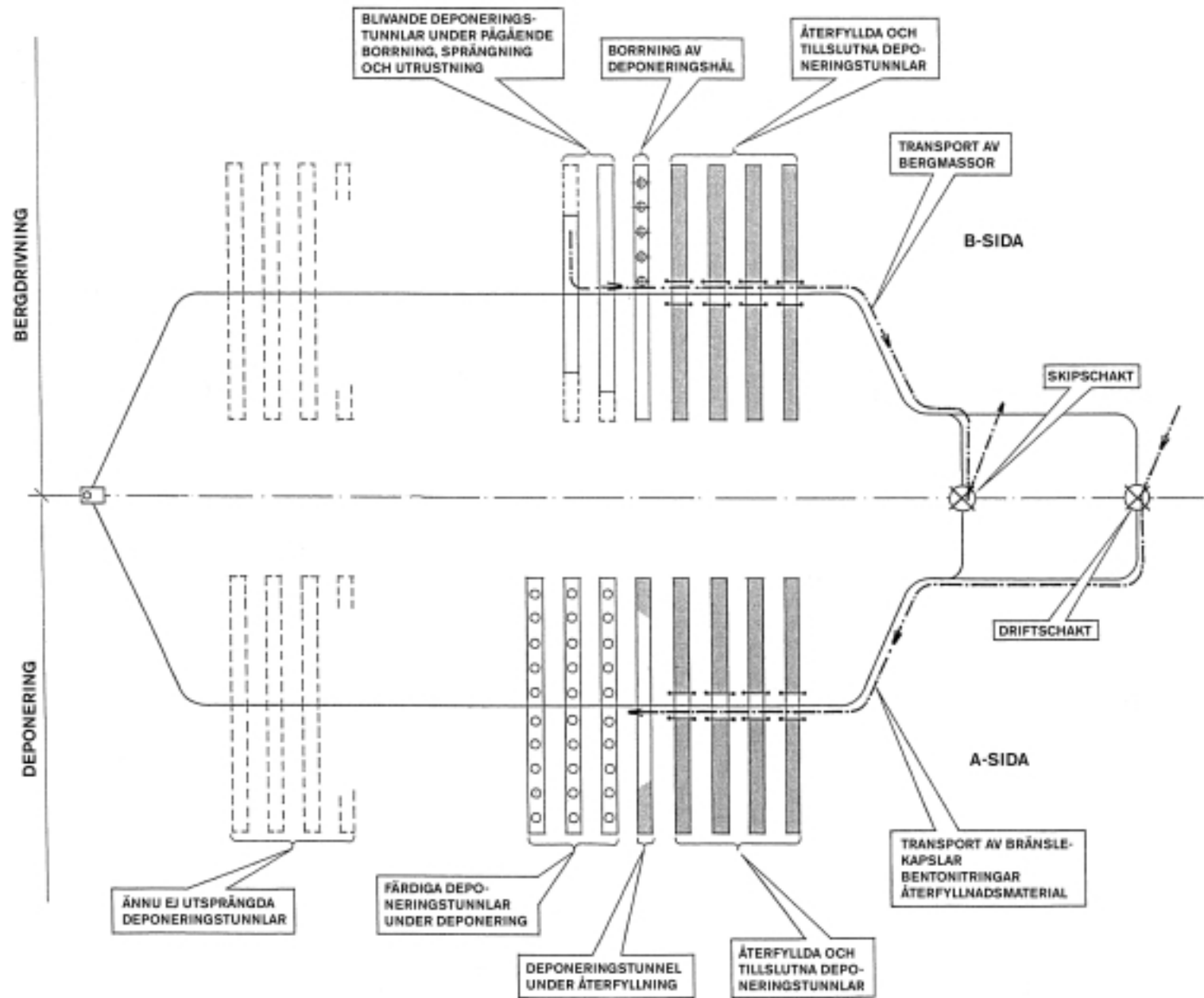
De olika verksamheterna, som i huvudsak pågår parallellt i anläggningen, kan grupperas i följande delfunktioner:

- interna transporter och deponering av avfall,
- utsprängning och iordningställande av deponeringstunnlar,
- återfyllnad,
- kontroll och dokumentation,
- tillverkning av bentonitblock samt beredning av återfyllnadsmassor,
- drift och underhåll av servicesystem,
- underhåll och reparation av fordon, maskiner och lyftanordningar,
- information,
- administration, bevakning.





Figur 2-8. Verksamheter vid djupförvarets anläggningar.



Figur 2-9. Verksamheter i deponeringsområden. Tillredningsarbeten och deponeringsarbeten pågår samtidigt, men i olika områden.

## 2.5.2 Interna transporter och deponering av avfall

### Inkapslat bränsle

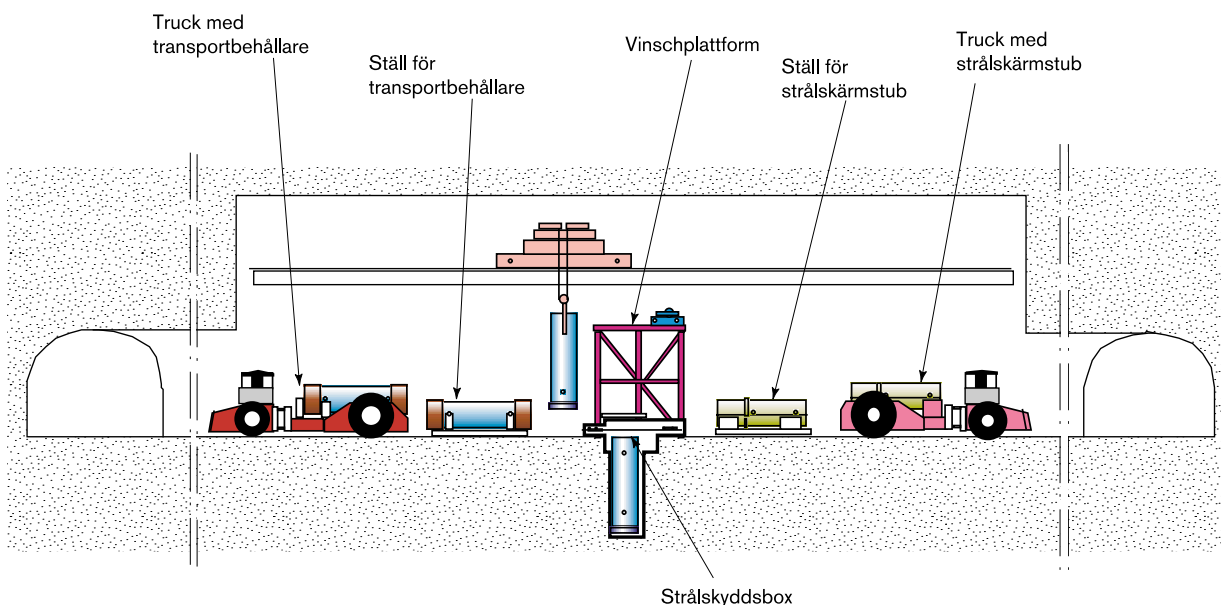
Transportbehållare innehållande en bränslekapsel lyfts av järnvägsvagnen eller lastfordonet med hjälp av en travers och ställs upp i ett mellanlager. Mellanlagret dimensioneras för 10 transportbehållare, vilket motsvarar en fartygslast. Växelvis lastas tömda transportbehållare på järnvägsvagnen för returtransport till inkapslingsanläggningen.

En transportbehållare i taget lastas på ett speciellt utformat fordon för nedtransport till centralområdet på förvarsnivån. Där sker omlastning till ytterligare ett fordon med uppgift att förflytta bränslekapseln fram till aktuell deponeringstunnel. Omlastningen illustreras i figur 2-10. Först öppnas transportbehållaren, varefter bränslekapseln överförs till ett särskilt strålskydd. Den tomma transportbehållaren försluts och transporteras upp till markplanet, där den tillfälligt placeras i mellanlagret med hjälp av travers. Omlastningen, som genomförs strålskyddat, motiveras av att transportfordonet på förvarsnivån måste vara anpassat till den deponeringsmaskin som arbetar i deponeringstunneln /7/.

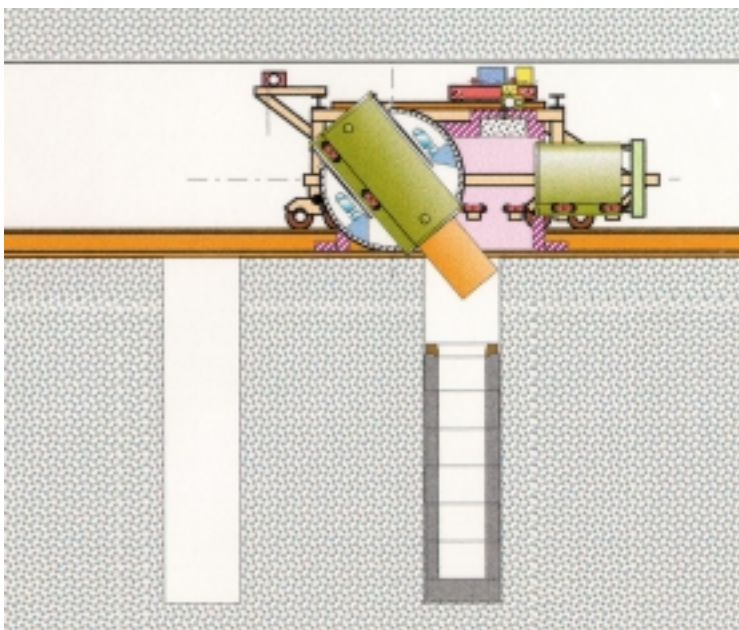
Bränslekapseln med omgivande strålskydd förflyttas därefter från omlastningsrummet i centraldelen fram till den aktuella deponeringstunneln. Där sker omlastning till en särskild deponeringsmaskin med uppgift att dels förflytta kapseln fram till aktuellt deponeringshål och dels sätta ned kapseln på plats, se figur 2-11.

Deponeringen av kapseln föregås av att ett antal ringformade bentonitblock placeras i hålet. Blocken transporteras från tillverkning och eventuellt tillfällig lagring i markplanet direkt till deponeringstunnels mynning med särskilt fordon, där omlastning och inplacering i deponeringshålet sker.

Efter det att bränslekapseln ställts på plats fylls återstoden av deponeringshålet upp med cirkulära bentonitlock. Därmed är proceduren avslutad och nästa deponering tar vid. Deponeringstakten planeras att vara en bränslekapsel per arbetsdag.



Figur 2-10. Omlastning av en transportbehållare i förvarets centraldel.



*Figur 2-11. Deponering av bränslekapsel.*

När deponeringen avslutats i en tunnel vidtar återfyllning. Återfyllnadsmaterialet blir sannolikt en blandning av bergkross och bentonit. Tillredningen av materialet planeras äga rum i en särskild hall i markplanet. Transporten sker i containrar lastade på specialutformade truckar. När en deponeringstunnel återfyllts försluts mynningen mot den anslutande transporttunneln.

### **Annat långlivat avfall**

Mottagning och nedtransport av behållare med annat långlivat avfall sker på samma sätt som för behållare med inkapslat bränsle. Deponeringen blir däremot annorlunda /8/. Transportbehållaren förs till lossningsplatsen i den särskilda anläggningsdelen för denna typ av avfall. Där öppnas den, och avfallskollit ifråga lyfts in på plats i det i förväg inbyggda bergrummet. All hantering sker med hjälp av fjärrstyrda lyftanordningar från ett särskilt strålskyddat kontrollrum.

### **2.5.3 Utsprängning - iordningställande**

Som tidigare nämnts sker utbyggnaden av förvaret med nya deponeringstunnlar parallellt med deponeringen. Utbyggnaden är konventionellt berg- och installationsarbete med inslag av förstärkningsåtgärder. Därutöver ingår montage och återmontage av service-system i form av rälsbanor, belysning, ventilation, elkraftmatning, dränering och dylikt.

Deponeringstunnlarna kan drivas antingen med traditionell borrhning, sprängning och utlastning eller med så kallad fullortsborrning. Skillnaden består i huvudsak av att den traditionella arbetsmetoden med borrhning, sprängning, utlastning innehåller flera arbetsmoment i förhållande till fullortsborrningen, där endast borrhning och utlastning erfordras. Behovet av efterföljande förstärkningsåtgärder är i regel mindre i det senare alternativet. Valet av drivningsmetod kommer att göras i ett senare skede. De frigjorda bergmassorna transporteras upp till markytan där en del lagras i avvaktan på återanvändning som återfyllnadsmaterial. Återstoden säljs eller deponeras lokalt.

I samband med att deponeringstunnlar byggs installeras ventilation, kraftmatning och belysning. När tunneln är färdigställd i hela sin längd vidtar borrning av deponeringshålen. Efter kontroll av tunnel och deponeringshål vidtar ett skede med deponering och återfyllning, se avsnitt 2.5.2.

#### **2.5.4 Kontroll och dokumentation**

Under arbetets gång ska kontroller av olika slag genomföras fortlöpande. Kontrollerna avser såväl tunnelsystemet som varje enskilt deponeringshål och kommer att genomföras såväl visuellt som med hjälp av uttagna borrhärdar. Varje deponeringshål ska godkännas innan deponering får ske.

Till arbetsområdet hör också att bokföra deponeringen av varje enskilt kolli med avseende på identitet, typ, innehåll, strålningsnivå m m och var kollit ifråga placerats i förvaret.

#### **2.5.5 Tillverkning av bentonitblock och återfyllnadsmaterial**

Bentoniten pressas i en särskild anläggning till hanterbara block, med dimensioner sådana att de passar i deponeringshålen. Anläggningen installeras i en separat byggnad i markplanet i nära anslutning till tunnelnedfarten. Produktionen kan där drivas tämligen separerad från övrig verksamhet. Höga kvalitetskrav ställs på bentonitblocken vad gäller bland annat homogenitet, densitet och fukthalt. Tillverkning och efterföljande hantering måste därför ske under noggrann kontroll.

Tillredningen av återfyllnadsmassor sker i en särskild hall, där bergmassor som krossats och siktats blandas med bentonit. Även här måste sammansättning och homogenitet hos materialet kontrolleras noga.

#### **2.5.6 Drift och underhåll av servicesystem**

En rad tekniska system i anläggningen ska drivas, underhållas och vid behov repareras. Det gäller system för ventilation, bergdränage, belysning och kraftmatning. Många tunga fordon ska vara eldrivna, vilket kräver ett särskilt kraftmatningssystem som torde vara speciellt servicekrävande. Arbetsområdet omfattar alla system såväl över som under jord.

#### **2.5.7 Underhåll av byggnader, markanläggningar och bergrum**

Alla byggnader kräver fortlöpande tillsyn och underhåll. Markområden, parkeringsplatser, vägar och bangård med inhägnad skall skötas. Bergutrymmen skall återkommande besiktigas och vid behov åtgärdas. Eventuell bergdeponi skall läggas upp på ett ur miljösynpunkt godtagbart sätt.

#### **2.5.8 Underhåll och reparation av lyftanordningar, fordon och maskiner**

Fordon och hanteringsutrustningar ska servas, besiktigas och eventuellt repareras efter i förväg planerade rutiner. För vissa tunga och skrymmande maskiner kommer dessa arbeten att genomföras under jord.

## 2.5.9 Information

Informations- och besöksverksamheten bedöms bli omfattande och relativt personalkrävande. Särskilda lokaler kommer att finnas för information till olika besöksgrupper. Dessutom kommer besökarna att beredas tillfälle till rundvandringar i anläggningarna, såväl ovan- som under jord.

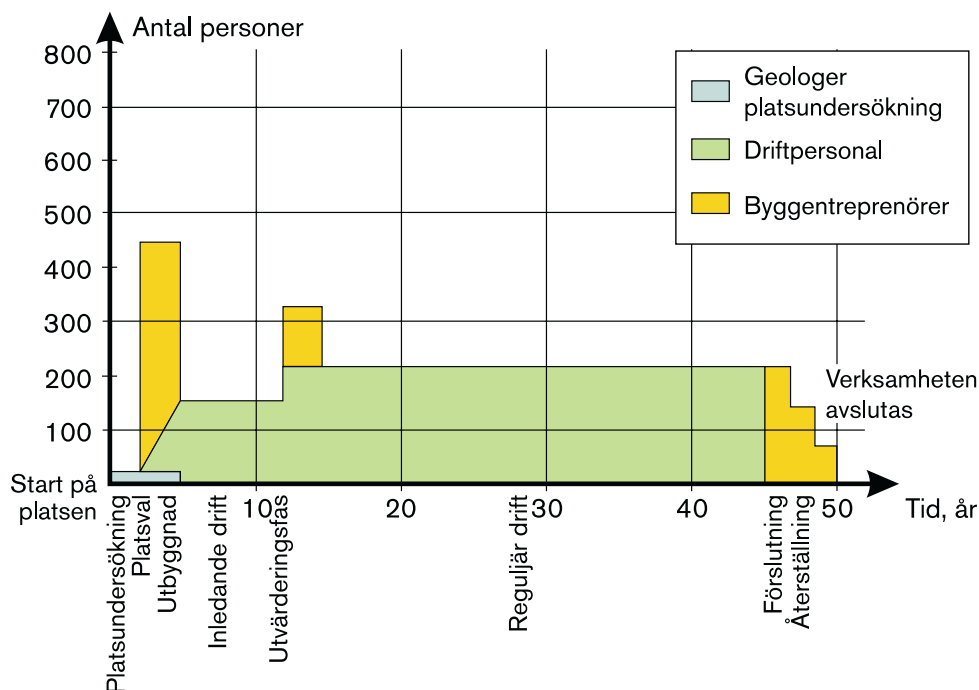
## 2.5.10 Administration, bevakning

Verksamheten beräknas sysselsätta cirka 200 personer. Lämpliga anställningsformer har inte fastställts. Under alla omständigheter krävs en administration av verksamheten av traditionell omfattning. Viss bevakning kommer att krävas när anläggningarna är i drift. Dit hör också att fortlöpande hålla reda på vilka som befinner sig under jord. Bevakningen av området förutsätts pågå dygnet runt.

## 2.6 Personalbehov

Med utgångspunkt från den övergripande planeringen för djupförvarsprojektet har uppskattningar gjorts av personalbehovet i olika skeden. Figur 2-12 visar schematiskt personalbehovet över tiden, uppdelat på några huvudkategorier.

Personalbehovet beror i viss mån på var djupförvaret lokaliseras. Det gäller framförallt utbyggnadsskedet, då arbetskraftsbehovet är som störst. En lokalisering där befintlig infrastruktur kan nyttjas i stor utsträckning minskar resursbehovet under denna period. Exemplet i figuren förutsätter en lokalisering där djupförvaret med alla kringaktiviteter byggs upp från grunden, men där inga omfattande utbyggnader av transportleder krävs. Under driftskedet kan en samlokalisering med annan industriverksamhet ge vissa samordningsvinster, men effekterna på personalbehovet är ganska marginella.



Figur 2-12. Schematisk bild av personalbehovet vid djupförvaret i olika skeden.

### 2.6.1 Platsundersökningar

Platsundersökningen beräknas pågå under cirka 5 år. Geologiska undersökningar och borrhningsarbeten svarar för merparten av arbetet under denna tid. Viss vägbyggnad och andra entreprenadarbeten tillkommer, men omfattningen är begränsad. I genomsnitt sysselsätts 10–20 personer på plats med dessa verksamheter.

### 2.6.2 Utbyggnad

När beslut om djupförvarets lokalisering och utbyggnad fattats startar en intensiv byggperiod som pågår under 5–6 år. Som mest kommer uppskattningsvis 500 personer att sysselsättas med dels etableringen av djupförvaret och industrianläggningarna, dels utbyggnaden av infrastruktur i form av vägar, eventuellt också järnväg och hamnanläggningar. Under denna period görs alla markarbeten för industriområdet med tillhörande försörjningssystem. Anslutande vägar byggs liksom alla byggnader inom industriområdet. Parallellt byggs ramp, tunnlar, schakt och alla övriga bergutrymmen som utgör förvarets centraldel. Ett deponeringsområde för den inledande driften tillreds.

Under denna tid pågår också transporter av byggnadsmaterial, maskiner och utrustning till platsen, samtidigt som bergmassor transporteras bort och/eller läggs på upplag. I den aktuella hamnen byggs lossningsutrustningar och mottagningsanläggningar för bentonit och eventuellt sand. En terminal anläggs för mottagning av behållare med avfall, för omlastning och vidare transport på väg eller järnväg.

Bergarbetare och byggnadsarbetare av alla slag utgör en stor del av arbetsstyrkan under byggskedet. Detsamma gäller maskinförare och annan personal från transportsektorn. Liksom för alla stora anläggningsprojekt blir också inslagen av tekniker, ekonomer och administratörer betydande.

### 2.6.3 Drift

När anläggningarna är färdiga och drifttillstånd erhållits påbörjas den inledande driften. Den pågår under en femårsperiod och sysselsätter cirka 150 personer.

Förutsatt att beslut fattas om att starta reguljär drift följer en 20–30 år lång period under vilken driften av anläggningen pågår parallellt med utbyggnad av deponeringsområden. Personalstyrkan uppgår under denna period till cirka 220 personer.

Under driftskedena är arbetsuppgifterna mångfaldiga, alltifrån vakthållning och guidning av besökare till bergsprängning och geologiska undersökningar. Tabell 2-2 visar en översikt över de arbetsfunktioner som behövs, men den slutliga personalsammansättningen kan bestämmas först när rekryteringen inleds. Vidare bygger tabellen på teknik och arbetsformer som finns tillgängliga idag.

En uppskattning av driftpersonalens utbildningsnivå visar följande:

Grundskola eller gymnasium	40 %	av arbetsstyrkan
Yrkesutbildning	45 %	” ”
Akademisk utbildning	15 %	” ”

Personer med yrkesutbildningar av olika slag utgör alltså den största gruppen, men en betydande del av arbetena ska också kunna skötas av personal med enbart grundläggande skolutbildning.

**Tabell 2-2. Arbetsuppgifter under djupförvarets driftskede.**

<b>Funktion</b>	<b>Verksamhet</b>
<b>Drift</b>	
Driftledning	Arbetsplanering, beredning, samordning, ledning, avfallsdokumentation, tillträdeskontroll, strålskydd, dosimetri, kontrollrumsfunktion
Bergarbeten	Drivning, förstärkning, bergtransporter, bergbyggnad, borrhållning – deponeringshål – provhål/kärnborrhållning
Deponering	Förberedelsearbeten i deponeringstunnlar, kontroll av bergarbeten, deponeringsarbeten, återfyllnad
Hamn	Drift och förvaltning, lossning/lastning/underhåll
Väg/järnväg	Transporter, övervakning
Transporter vid djupförvar	Lossning och mellanlagring av transportbehållare, bentonit, ev sand Avfallskapslar från mellanlager ovan jord till förvar för övrigt avfall Bentonitblock från fabrik till deponeringstunnlar Återfyllnadsmaterial från beredningsanläggning till deponeringstunnlar Byggnadsmaterial, maskindelar, förbrukningsmaterial m m
Beredning av återfyllnadsmtrl	Tillverkning av bentonitblock för deponeringshål och återfyllnadsmaterial för deponeringstunnlar Förrådshållning – sand, bentonit och färdigtillverkade bentonitblock
Service	Förebyggande underhåll, reparation – installationer och maskiner
Bergdeponering	Uppläggning av bergmassor, ev krossning, återplantering
<b>Teknik/underhåll</b>	
Anläggningsdokumentation	Byggnader, system, maskiner, komponenter
Systemteknik	Konstruktion: mek, el, hydraulik, pneumatik, elektronik för system, utrustning och maskiner
Verkstäder	Kvalificerade mekarbeten för stålkonstruktioner, svets och smide, el och elektronik
Förråd	Spedition, mottagningskontroll, intern distribution, förrådshållning
Montage	Montage i egen regi, montagekontroll, provdrift av entreprenörsarbeten
Underhåll	Hissar, spel, traverser, byggnader, tunnlar m m
<b>Bergundersökningar</b>	
Bergdokum	Geo-data, CAD-dokumentation
Geologi	Kartering, utvärdering
Bergmekanik	Dokumentation, hållfasthetsmätningar, beräkningar, utvärdering
Hydrologi	Mätningar flöden, kemisk sammansättning, provtagning
Kemi	Provtagning, kemiska analyser, utvärdering
Geofysik	Mätning, utvärdering
Gruvmätning	Gruvmätning, inmätning borrhål, karthållning
Borrkärnor	Borrhållning, borrhållning, provberedning
Geoinstrument	Instrumentservice, förvaring
<b>Administration</b>	
Personal	Löner, utbildning, personalvård, hälsovård
Ekonomi	Budget, uppföljning, redovisning, fakturering, kassa
Information	Utställning, besöksplanering, guidning, lokala och internationella kontakter
Inköp	Varor, tjänster
Kontorsservice	Vaktmästeri, växel, ADB-service, arkiv, bibliotek, kontorsmaterial, möbler
Bevakning	Behörighetskontroll, områdesskydd, räddningstjänst, brandskydd
Fastighetsserv	Städning, vägunderhåll, snöröjning, servicetransporter, sophantering, fastighetsunderhåll
Matservering	För egen personal, entreprenörer, besökare



## **2.7 Arbetsmiljö och skydd**

### **2.7.1 Utbyggnad**

Arbetsmiljön när anläggningarna ovan jord byggs kommer att bli den gängse för större byggarbetsplatser. Bergarbetena för underjordsdelen kan arbetsmässigt jämföras med tillredningsfasen i en gruva. Anläggningsarbete under jord medför erfarenhetsmässigt större risker för arbetsskador än vad många andra industrimiljöer uppvisar. Mycket kan göras – och har under senare år gjorts – för att nedbringa dessa risker. Teknikförbättringar, strikta säkerhetsrutiner och en god erfarenhetsåterföring är viktiga komponenter i skyddsarbetet.

### **2.7.2 Drift**

#### ***Allmänt***

Driftsmiljön vid djupförvaret kommer att innefatta allt från sedvanlig kontors- och verkstadsmiljö vid anläggningarna ovan jord, till tunnelmiljö i utrymmen under jord. I många avseenden kommer arbetsmiljön att likna den vid de nuvarande avfallsanläggningarna (CLAB och SFR).

Berganläggningarna består till allra största delen av oinklädda tunnlar och bergrum. Inbyggnader kommer dock att finnas på platser där det ställs särskilt höga krav på god miljö för personal, elektronik, elutrustning och vissa maskiner. Det gäller bland annat centralområdet. De lokaliteter som skall fungera som permanenta arbetsplatser utformas på ett sätt som i någon mån eliminerar känslan av att befinna sig under jord. SFR i Forsmark kan här tjäna som exempel på hur djupförvarets centraldel kommer att gestalta sig.

Deponeringsarbete och geologisk kontroll av tunnlar och deponeringshål är arbeten som kommer att utföras i tunnelmiljö. De fortlöpande bergarbetena, inklusive hjälpsystemmontage, kommer vad beträffar arbetsmiljö inte att skilja sig från utbyggnadsskedet.

För att få en god arbetsmiljö i berganläggningar ställs särskilda krav på bland annat hantering av inläckande grundvatten, ventilation och belysning. Inläckande vatten kommer ledas bort via öppna eller slutna ledningar längs tunnelväggarna, samlas upp i lågpunkter och pumpas upp från anläggningen för rening. Omfattande ventilation kommer krävas för att undvika problem med spränggaser, dieselavgaser och eventuellt radon (se avsnitt 4.5). Klimatet i tunnelarna förväntas bli relativt fuktigt, med en temperatur på 10–15 grader. Tunnelsystemet kommer att förses med allmänbelysning avpassad för i första hand fordonstrafiken. Hög belysningsstandard kommer att arrangeras i centralområdet och övriga områden där personal vistas mer eller mindre permanent.

#### ***Strålskydd***

Ur strålskyddssynpunkt kommer arbetsmiljön att utformas enligt de regler och principer som gäller för kärntekniska anläggningar. Det innebär att alla stråldoser till personalen ska hållas under gällande gränsvärden, samt att doserna därutöver ska hållas så låga som det är praktiskt möjligt och rimligt, med hänsyn till det arbete som ska utföras. Dessa krav kommer att stå i fokus vid konstruktionen av djupförvarets alla anläggningar, utrustningar och maskiner.

Utbildning av personalen är en annan nyckelkomponent i strålskyddsarbetet. Erfarenhet från till exempel SFR kan här vara värdefull. Även personalkategorier som inte direkt arbetar med hantering och deponering av avfallet ska ges grundläggande utbildning. En allmän förståelse för de krav och principer som tillämpas vad gäller säkerhet och strålskydd bidrar både till arbetstillfredsställelse och till minskad risk att någon åtgärd vidtas som på något sätt motverkar dessa syften.

Allt radioaktivt avfall som ska föras till djupförvaret kommer att anlända inneslutet i transportbehållare. Hanteringen ovan jord begränsar sig till mottagning, lossning, eventuell tillfällig uppställning, och därefter nedtransport av dessa behållare. De enda skyddsåtgärder som behövs för den personal som sköter hanteringen är att begränsa vistelsetiden intill behållarna till den som behövs för att utföra arbetet.

Uttaget av kapslar från transportbehållare, den vidare transporten till deponeringsplatsen och hela deponeringssekvensen kommer att ske med utrustningar och maskiner som medger strålskydd för personalen. Delar av anläggningen kommer att zonindelas beroende på strålningsnivå. Strålningsnivåerna i olika utrymmen och till personalen kommer att kontrolleras med mätinstrument. Ingen luftburen aktivitet (utom möjligen radon från berget) eller ytkontaminering kommer att finnas, vilket innebär att ingen speciell skyddsklädsel erfordras.

### **Brandskydd**

Underjordsanläggningen kommer att sektioneras i ett lämpligt antal brandceller. Cellerna avskiljs huvudsakligen med portar. Brandsektioneringen utförs så att alternativa utrymningsvägar finns i huvudparten av anläggningsdelarna. När alternativa utrymningsvägar inte kan ordnas på ett rimligt sätt kommer lokala, mobila räddningskammare att utplaceras. Centraldelen och transporttunnlarna förses med brandvattensystem med brandposter utplacerade på strategiska platser. Det ordinarie ventilationssystemet utformas så att det kan svara för rökevakivering.

### **Övrigt**

Kontroll av alla bergutrymmen är en viktig skyddsåtgärd för att eliminera risker i form av ras eller stenedfall. Regelbunden besiktning, skrotning och vid behov bergförstärkning är därför aktiviteter som ingår i det löpande underhållet av berganläggningarna.

Trafiken i anläggningen kommer att underkastas strikta regler för att undvika olyckor. Mötesplatser anordnas på lämpliga avstånd längs rampen. Underjordsdelen skyltas i lämplig omfattning för att underlätta körningen i anläggningen. Telekommunikation skall vara möjlig i hela underjordsdelen.

Tillträdet till underjordsdelen ska kontrolleras av säkerhetsskäl. Närhelst någon form av arbete förekommer i under jord ska personal finnas närvarande i driftbyggnaden ovan jord med uppgift att ingripa på lämpligt sätt om något oplanerat skulle inträffa.

## 3 Transportsystemet

### 3.1 Allmänt

Liksom andra industrianläggningar kommer djupförvaret att kräva lokal infrastruktur för transporter av personal, besökare, material m m. Bentonitlera till buffertmaterial kommer att importeras, vilket kräver en lång transportkedja innan materialet är på plats vid djupförvaret. De godsslag som är speciella för djupförvaret är emellertid inkapslat, använt kärnbränsle och annat avfall.

Sedan mer än ett decennium finns ett system i drift för transporter av kärnavfall från kärnkraftverken till avfallsanläggningarna CLAB och SFR /2/. Systemet hanterar såväl använt kärnbränsle som annat avfall av varierande art och ursprung. En grundprincip är att radioaktivt material transporteras i särskilda transportbehållare, dimensionerade så att de skyddar omgivningen från strålning och så att de tål stora yttre påfrestningar, inklusive de belastningar som kan uppstå vid svåra olyckor. Transporterna sker till sjöss på det specialbyggda fartyget M/S Sigyn. Vid kärnkraftverken och avfallsanläggningarna finns hamnar med hanteringsutrustning. Transportsystemet har under mångårig drift visat sig fungera mycket väl, både säkerhetsmässigt och praktiskt. Inga störningar eller incidenter som påverkat strålskyddet har inträffat /9/.

De framtida transporterna till djupförvaret kommer att bygga på det system som redan finns, men med modifieringar och kompletteringar som behövs. Transporter på land kan tillkomma som en ny del. Mångårig utländsk erfarenhet visar emellertid att inte heller landtransporter av radioaktivt avfall är förenade med särskilda tekniska svårigheter eller risker.

Hur transportkedjan och dess länkar kommer att utformas bestäms till stor del av djupförvarets lokalisering. För lokaliseringar som kräver sjötransport av avfallet finns två huvudalternativ /10/:

- Om djupförvaret placeras **kustnära** med tillgång till närbelägen hamn transporteras det radioaktiva avfallet i sina tunga behållare till denna hamn och därifrån på lokal väg eller i tunnel till djupförvaret. Annat material, huvudsakligen massgods av ordinarie slag och vikt, transporteras antingen via samma hamn eller på landsväg eller järnväg från någon annan hamn.
- Om lokal hamn saknas eller djupförvaret lokaliseras **längre bort från kusten**, transporteras det radioaktiva godset först till lämplig hamn och därefter på allmän järnväg eller landsväg till djupförvaret.

## **3.2 Godslag till och från djupförvaret**

### **3.2.1 Anläggningsskedet**

#### ***Bergmassor***

Den totala volymen på djupförvarets alla tunnlar och bergrum beräknas till 1–1,5 miljoner kubikmeter (fast mått) motsvarande 3–4 miljoner ton berg. Omräknat till volym efter utsprängning (löst mått) blir det 1,5–2,2 miljoner kubikmeter. Av detta produceras ungefär hälften under det 5–6 år långa anläggningsskedet, då tunnlar, schakt, gemensamma utrymmen och ett första deponeringsområde tas ut. Återstoden produceras under driftperioden på 20–30 år, i takt med att deponeringsområden etableras.

En del av bergmassorna kommer att användas som utfyllnadsmaterial när industriområdet och trafikanslutningar byggs. Vidare är bergkross blandad med bentonit huvudalternativet som material för senare återfyllning av djupförvarets tunnlar, efter deponering. Det innebär att närmare hälften av bergmassorna troligen kommer att återanvändas, efter en tids lagring ovan jord.

Hur återstoden av massorna ska hanteras beror mycket på lokala faktorer. Efterfrågan på bergkross har allmänt sett ökat i takt med att detta material ersätter naturgrus som fyllnads- och ballastmaterial. Efterfrågan varierar avsevärt mellan olika regioner, bl a därför att bergmaterial sällan har tillräckligt högt värde för att motivera långa landtransporter. I kustnära lägen kan export vara ett alternativ eftersom bergkross är en bristvara på många håll runt Östersjön.

Om man som ett realistiskt räkneexempel antar att hälften av de bergmassor som produceras under anläggningstiden ska transporteras bort blir transportbehovet 125 000–200 000 ton per år, vilket grovt räknat motsvarar 15–25 transporter per dygn med vägfordon av den typ som normalt används för bergtransporter.

#### ***Övrigt***

Till transportererna av bergmassor under anläggningstiden kommer lokala transporter av de slags som är gängse vid stora byggarbetsplatser, dvs schaktmassor, allehanda byggmaterial, maskiner och förnödenheter samt personal. Förutom platsen för djupförvaret kan transportverksamheten även beröra aktuell hamn och trafikleder som nyanläggs eller rustas upp.

### **3.2.2 Driftskedet**

Under den cirka 30 år långa driften ska transportsystemet till djupförvaret i huvudsak hantera två typer av gods, nämligen:

- tunga, enskilda enheter med inkapslat bränsle och annat långlivat avfall i transportbehållare,
- massgods i form av bentonitlera och bergkross samt eventuellt sand för återfyllnad.

Uppskattade mängder av avfallsprodukterna redovisas i tabell 2-1. Det antal kapslar som anges i tabellen kan direkt översättas till antal enheter som skall transporteras.

Behovet av bentonitlera beräknas till cirka 15 000 ton per år. Sand kan bli aktuellt som återfyllnadsmaterial, men mera troligt är att lokalt producerad bergkross nyttjas. Till detta kommer de i huvudsak lokala transportererna av personal och gods som krävs för den

dagliga driften av anläggningen. Djupförvaret skiljer sig därvidlag inte från andra industrianläggningar av jämförbar storlek. Även under driftsskedet kommer det troligen att behövas transporter av bergmassor, men i väsentligt mindre omfattning än under anläggningsskedet.

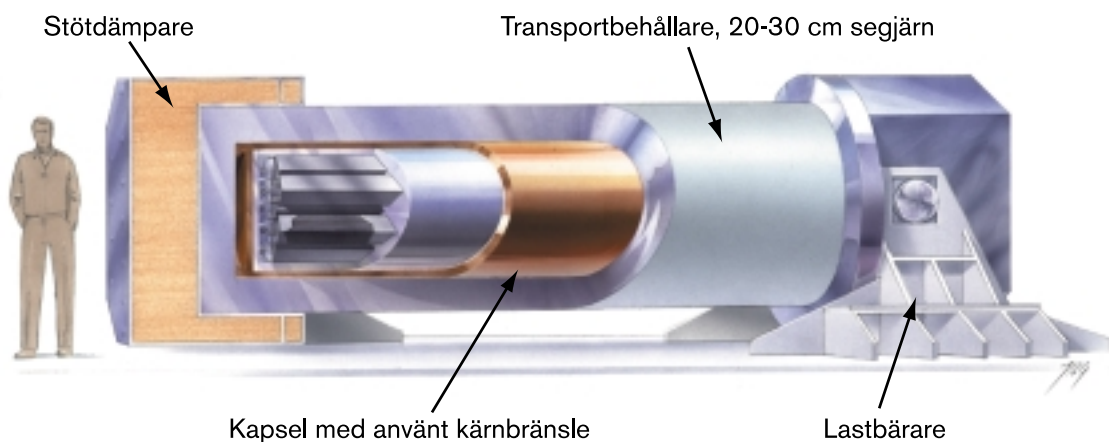
Nedan beskrivs närmare de godsslag som är speciella för djupförvaret, dvs transportbehållare med radioaktivt avfall samt material för buffert och återfyllnad.

### Transportbehållare med använt kärnbränsle

Det använda kärnbränslet är inneslutet i 5 meter långa, cirka 25 ton tunga kapslar av järn och koppar /11/. Kapslarna är helt täta och risken för spridning av radioaktiva ämnen under hantering eller transport bedöms som extremt låg. Däremot dämpas inte strålningen från bränslet helt, och kapseln har begränsad förmåga att motstå mekaniska belastningar vid exempelvis väg- eller järnvägsolyckor. Kapseln måste därför transporteras i kraftiga transportbehållare som skärmar av strålningen och skyddar lasten mekaniskt.

De transportbehållare som används vid dagens transporter från kärnkraftverken till CLAB är dimensionerade för bränsle som lagrats cirka ett år efter uttag ur reaktorn. Transporterna till djupförvaret kommer att avse cirka 30 år gammalt bränsle. Strålningen och värmeavgivningen från bränslet är då väsentligt lägre än vid dagens transporter, eftersom cirka 90 % av radioaktiviteten har avklingat under tiden i mellanlagret vid CLAB. Lägre strålning och värmeavgivning ger möjligheter att förenkla såväl transportbehållarna som hanteringen. Kraven på mekaniskt skydd innebär dock att behållarna blir tunga. En transportbehållare med kopparkapsel beräknas väga cirka 65 ton, varav kapseln svarar för cirka 25 ton. Ett exempel på hur en sådan behållare kan utformas visas i figur 3-1. Behållarna returneras tomma från djupförvaret för påfyllning och kommer således att cirkulera i transportsystemet.

Den kraftiga konstruktion innebär att transportbehållarna tål stora mekaniska påfrestningar, även sådana som kan bli aktuella vid olyckor efter transportvägen. Transportsystemet i övrigt behöver därmed inte utformas för att ge mekaniskt skydd åt godset. Trots detta är godset klassat som farligt gods enligt det internationella regelverket och skall märkas, separeras och övervakas enligt internationella regler för radioaktivt gods.



*Figur 3-1. Skiss av transportbehållare för kapsel med använt kärnbränsle.*

### **Transportbehållare med övrigt långlivat avfall**

Transporterna av annat långlivat avfall kommer att påbörjas tidigast när djupförvaret tas i reguljär drift. Merparten kommer att vara ingjutet i betongkokiller. Även denna avfallstyp kräver viss strålskärmning, varför transporterna sker i speciella transportbehållare av stål. Den typ av behållare som används idag för transporter till SFR väger cirka 70 ton, inklusive avfall.

### **Buffert- och återfyllnadsmaterial**

Bentonitlera exporteras från flera länder, bland annat från USA och Medelhavsområdet. Såväl till sjöss som på land kan transporten ske i bulkform (dvs i lös vikt), i särskilda bulkcontainrar eller i andra typer av behållare. Behovet av bentonit motsvarar cirka 18 containrar à 20 ton per vecka under i genomsnitt 40 veckor per år. Materialet är känsligt för fukt och måste hållas torrt under transport och lagring. Hantering och lagring i hamn och vid djupförvaret kan ske med konventionell utrustning.

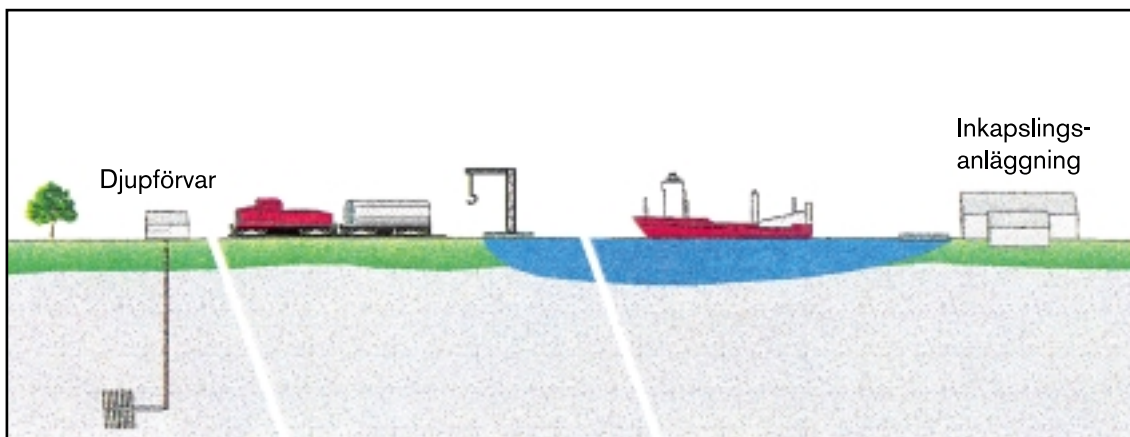
Om man, istället för bergkross, väljer sand som ballast i återfyllningsmaterialet kan lämplig kvalitet levereras från södra Östersjön. Transporten kan utföras med vanliga bulkfartyg eller pråmar. Behovet är maximalt cirka 45 000 ton per år, vilket skeppat i partier om 4 500 ton motsvarar cirka tio fartygstransporter per år.

## **3.3 Transportkedjan till djupförvaret**

### **3.3.1 Radioaktivt avfall**

Figur 3-2 visar schematiskt den planerade transportkedjan. Från inkapslingsanläggningen vid CLAB, strax norr om Oskarshamn, förs transportbehållarna med kapslar till den närbelägna hamnen på Simpevarpshalvön. Figur 3-3 visar den typ terminalfordon som kommer att användas. I hamnen lastas behållarna på isgående kustfartyg specialbyggt för dessa transporter.

Sjötransporten går till lämplig hamn, där behållarna lossas från fartyget för vidare transport till djupförvaret, om så behövs på väg eller järnväg. När fartyget förtöjts körs behållarna på sina lastbärare iland och ställs upp utefter järnvägsspår eller på fordons-



*Figur 3-2. Transportkedjan från inkapslingsanläggningen till djupförvaret.*



*Figur 3-3. Terminalfordon med transportbehållare för använt kärnbränsle.*

platser. Därifrån lyfts behållarna över till järnvägsvagnar eller landsvägsfordon och säkras. Tomma returbehållare lastas ombord för återresa med fartyget.

Valet av transportsätt för landtransporterna styrs av en rad faktorer. Ur strålskyddssynpunkt kan inget av alternativen tunnel, järnväg eller landsväg förordas eller uteslutas eftersom säkerheten bygger på transportbehållarens funktion, inte på transportsätt. Om transporter på allmänna kommunikationsleder erfordras finns det emellertid andra skäl som talar för järnväg. Ett är att det befintliga järnvägsnätet normalt klarar de aktuella vikterna utan särskilda åtgärder, medan vägtransport kan kräva förbättringar av bärlast hos vägar och broar, även längs större vägar. Ett annat är att järnvägstransporter, på ett helt annat sätt än vägtransporter, kan ske kontrollerat och avskilt från andra transporter och resande i samhället.

### **3.3.2 Bulkmaterial, massgods**

Bentonitlera, eventuell sand och annat massgods transporteras med järnväg, lastbil, landsvägstrailer eller motsvarande till förvaret. Bentoniten kommer troligen att transporteras i bulkcontainrar av standardstorlek. Dessa material ställer inga speciella krav på transportsystem eller hamn, förutom vanlig lasthantering och lagring. Mängderna är inte så stora att de påverkar kraven på huvudvägar och järnvägar.

### **3.3.3 Lokala transporter**

Borttransporten av bergkross och övriga transporter under anläggningstiden kan ställa krav på förbättringar av det lokala vägnätet. Omfattningen styrs helt av lokala faktorer.





*Figur 3-4. M/S Sigyn.*

### **3.4 Sjötransporter och hamnar**

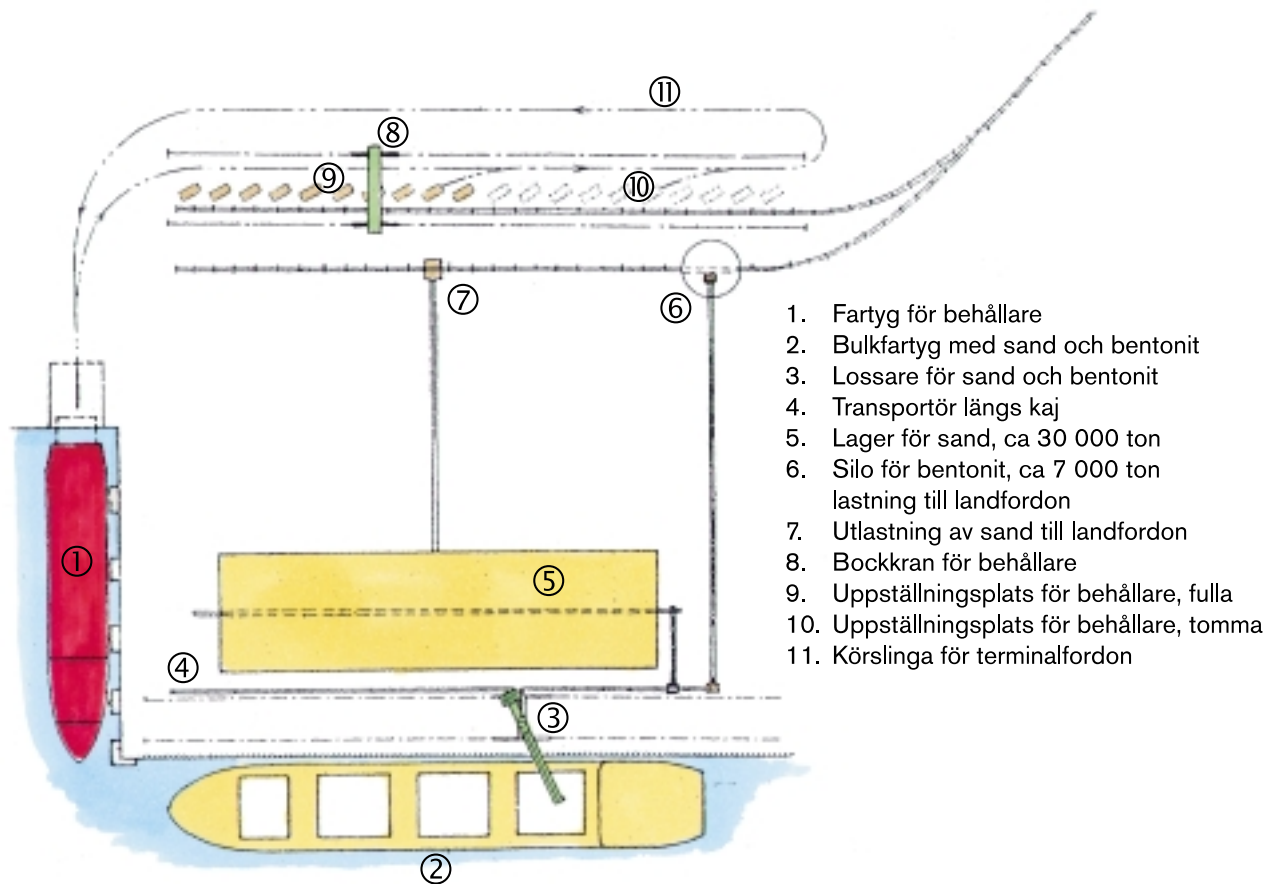
Det system som planeras för hantering av transportbehållarna vid inkapslingsanläggningen och sjötransport därifrån till djupförvarets hamn skiljer sig inte principiellt från det som idag är i drift för transporter av radioaktivt material från kärnkraftverken. Sedan 1985 har 80–100 behållare med använt bränsle årligen transporterats till CLAB. Sedan 1988 har årligen ungefär lika många transportbehållare med radioaktivt driftavfall forslats från kärnkraftverken till slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR, i Forsmark.

När djupförvaret ska tas i drift har M/S Sigyn, se figur 3-4, troligen av åldersskäl ersatts av ett annat fartyg av liknande konstruktion. Beroende på förvarets lokalisering måste fartyget ha tillräcklig maskinstyrka och skrovstyrka för gång i is. Transporterna till djupförvaret ska pågå året runt, och krav ställs därför på farlederna så att isbruten ränna och isbrytarassistans kan tillhandahållas vintertid. Farlederna längs sträckan måste vara anpassade till fartygsstorleken. Vid kärnkraftanläggningarna och CLAB har ett minsta farledsdjup på sex meter valts, vilket ger stora marginaler i förhållande till den aktuella fartygsstorleken.

Figur 3-5 visar ett schematiskt exempel på utrustning och arrangemang som behövs i den hamn där transportbehållarna lossas för vidare transport på land. Där behövs förutom körramper även lyftdon för behållare, hanterings- och uppställningsplatser för behållare, eventuellt järnvägsspår samt olika kontroll- och säkerhetsanordningar.

För importen av bentonitlera och eventuell sand kan antingen samma hamn som för det radioaktiva godset, eller närmaste kommersiella hamn, anlitas. Transporten sker med vanliga kustfartyg.





1. Fartyg för behållare
2. Bulkfartyg med sand och bentonit
3. Lossare för sand och bentonit
4. Transportör längs kaj
5. Lager för sand, ca 30 000 ton
6. Silo för bentonit, ca 7 000 ton lastning till landfordon
7. Utlastning av sand till landfordon
8. Bockkran för behållare
9. Uppställningsplats för behållare, fulla
10. Uppställningsplats för behållare, tomma
11. Körslina för terminalfordon

*Figur 3-5. Ett exempel på arrangemang i mottagningshamnen för transportererna till djupförvaret.*

## 3.5 Landtransporter

### 3.5.1 Järnvägstransport

Transportbehållarna, med vikter upp till 65 ton, är de tyngsta enheter som behöver transporteras till djupförvaret. Fyraxlade järnvägsvagnar för laster upp till 71 ton finns på marknaden. Dessa vagnar väger cirka 19 ton, och den totala vikten av en lastad vagn blir således upp till 90 ton. Figur 3-6 visar en vagn av äldre modell som används utomlands. Det svenska järnvägsnätet har till övervägande delar en bärighet av 22,5 ton per axel, och skulle således vara tillräckligt för aktuella transporter, men lokala avvikelser förekommer. Tågtransport av endast radioaktivt material till förvaret skulle kräva cirka 35 tåg med 10 vagnar i varje per år. Med tillägg för buffertmaterial blir frekvensen något eller några tåg per vecka.

### 3.5.2 Vägtransport

På de avsnitt av det svenska vägnätet som har högsta bärighetsklass, så kallade BK1-vägar, tillåts utan dispens fordon med en maximal vikt på 60 ton och med högst 11,5 tons axellast och 18 tons boggielast på två axlar. Landsvägsfordon som klarar upp till 65 ton, utan att yttermått eller axellaster överskrider gängse begränsningar, finns att tillgå. Däremot kommer fordonens totalvikter – cirka 100 ton – att väsentligt överskrida vad som utan särskilda tillstånd tillåts trafikera vägarna.



*Figur 3-6. Transportbehållare på järnvägsvagn med väderskydd.*

Vid enstaka transporter med så tunga fordon måste de vanligen framföras med reducerad hastighet och eventuellt på vägens mitt, särskilt på broar, vilket kräver särskilda arrangemang, poliseskort m m. Transporterna till djupförvaret ska emellertid pågå regelbundet i många år. För att landsvägstransport ska vara ett realistiskt alternativ är det ett krav att de kan ske utan sådana arrangemang och utan att övrig trafik störs nämnvärt. Det innebär vissa krav på minimihastighet samt på bredd, geometri och bärighet för vägar och broar. Vägar och broar kan därför behöva rustas upp och förstärkas.

Transporterna till djupförvaret skulle omfatta uppskattningsvis 5–13 ekipage per dygn, varav ett eller två är fordon med transportbehållare. Återstoden är transporter av återfyllnadsmaterial.

## **3.6 Transportsäkerhet**

### ***Principer och regelverk***

De säkerhetsmässiga principer som ska tillämpas vid transporterna mellan inkapslingsanläggning och djupförvar är följande /9/:

- risken för olyckor och incidenter under transporten skall minimeras,
- om en olycka av något slag trots allt inträffar, skall den inte orsaka frigörelse av radioaktivt material till omgivningen,
- strålningsnivåerna på transportbehållarnas utsida skall ligga under gällande gränsvärden så att behållarna kan hanteras utan risk för personalen.

Därutöver tillämpas, liksom vid allt annat arbete med radioaktiva ämnen, principen att den totala strålning (dosbelastning) som personalen utsätts för ska vara ett minimum för arbetets genomförande.

Genom att åstadkomma detta försäkras man sig om att transportererna inte medför någon fara för omgivningen, vare sig i närheten av förvaret eller längs de transportvägar som används.

Hur transporter av radioaktivt material får ske bestäms idag av främst tre lagar:

- lagen om transport av farligt gods,
- lagen om kärnteknisk verksamhet ("kärntekniklagen"),
- strålskyddslagen.

Till dessa lagar är ett stort antal föreskrifter kopplade. Där framgår vilka tillstånd som krävs och vilka säkerhetskrav som måste uppfyllas. Föreskrifterna bygger i stor utsträckning på internationellt accepterade regler. Kärntekniklagen reglerar bland annat vilken redovisning till, och tillstånd från, ansvariga myndigheter som skall finnas innan verksamheten börjar. Lagen om transport av farligt gods innehåller bestämmelser för transporter till sjöss, på landsväg och med järnväg.

### ***Transporter till djupförvaret***

Transportbehållarna konstrueras i enlighet med de krav som ställts upp av FN:s internationella atomenergiorgan, IAEA. Behållaren skall dels skydda den inneslutna kapseln mot skador, dels skärma av den strålning som avges från den, så att behållaren kan hanteras vid lastning och lossning. Viktigt vid en olycksituation är att behållarens strålskärmande förmåga i huvudsak bibehålls, dvs att den 40 ton tunga stål kroppen finns kvar kring det inneslutna avfallet.

Inga åtgärder ska eller behöver vidtas med transportbehållarna längs transportvägen, utöver surring vid lastning, lossning och omlastning. Nivån på strålningen från transportbehållarna ska alltid ligga under gällande gränsvärden. Erfarenheterna från dagens transporter till CLAB visar att systemet kan utformas så att den faktiska stråldosen till personalen blir långt under gränsvärdena. Som exempel kan nämnas att besättningen på fartyget M/S Sigyn utsätts för lägre stråldoser än vad en svensk i allmänhet erhåller. Orsaken är att strålningsnivåerna generellt sett är lägre till havs än på land och att strålningen från behållarna inte har uppvägt den lägre bakgrundsnivån.

### ***Planering och organisation***

De planeringsrutiner som används för dagens transporter av avfall från kärnkraftverken har visat sig fungera bra, varför transportererna till djupförvaret kan antas komma att organiseras på ett likartat sätt. Att djupförvarstransportererna kan bli längre och omfatta även landtransport har mindre betydelse, eftersom de säkerhetsmässigt viktiga faktorerna är desamma oavsett transportsätt och transportsträcka.

Transportplaneringen innefattar dels en långtidsplanering för något år i taget för att fastställa behovet av transportresurser, dels en detaljplanering för varje transport. Planerna delges i god tid berörd personal, ansvariga myndigheter och lokala organ.

## **Kommunikation och fysiskt skydd**

Det så kallad fysiska skyddet är en del av säkerhetssystemet som ska förhindra stöld eller avsiktlig åverkan på behållarna. Det fysiska skyddet innefattar en kombination av tekniska och administrativa åtgärder som skyddar godset och möjliggör upptäckt och larm om något onormalt inträffar. Det gäller bevakning, kommunikation med en transportledningscentral och liknande. Viss information om hur detta system är uppbyggt är sekretessbelagd för att minska risken att systemet störs. Däremot finns inget behov av sekretess om hur transporter utförs.

För dagens sjötransporter finns en central som följer transporter med M/S Sigyn. Vid ett haveri eller tillbud till sjöss informeras transportcentralen. Om människoliv är i fara informerar befälhavaren närmaste kustradiostation för larm till sjöräddningen. Transportcentralen tar kontakt med de instanser som kan behöva hjälpa till om det finns risk för skada eller förlust av transportbehållare.

Transportcentralens funktion vid järnvägs- eller landsvägstransporter blir i huvudsak densamma som vid sjötransporter. Vid ett eventuellt olyckstillbud kontakter tjänstgörande transportledare transportcentralen som tar kontakt med de instanser vilkas assistans kan behövas, såsom lokal polis och räddningstjänst. Kontakt tas också med tjänstgörande strålskyddsinspektör vid Statens strålskyddsinstitut. Skriftliga instruktioner för vilka åtgärder som bör vidtas i olika situationer kommer att finnas, liksom en plan för hur transportbehållare skall kunna bärgas längs olika sträckor av rutten.

## **Beredskapsplan**

Beredskapsorganisationen innefattar lokal polis och räddningstjänst samt berörd länsstyrelse och syftar till att dessa myndigheter ska kunna agera på bästa sätt om något onormalt inträffar. All information och kunskap om transportverksamheten ska finnas hos dessa instanser innan transporter till djupförvaret påbörjas. SKB har ansvar för att informationen är korrekt och tillgänglig, medan samhällets organ ansvarar för sin egen planering. Beredskapsplanen skall innehålla uppgifter om åtgärder i händelse av en olycka längs transportvägen samt vilka kontakter som skall tas med myndigheter eller annan expertis, som kan medverka till att inga felaktiga åtgärder vidtas.

## 4 Älvkarleby kommun – generella förutsättningar

### 4.1 Allmänt

Älvkarleby är en relativt liten kommun i Uppsala län. Den gränsar i söder och öster mot Tierps kommun och i väster mot Gävle kommun. Den norra gränsen utgörs av Bottenhavet, se figur 4-1. Dalälven, som flyter genom kommunen från söder till norr, har satt sin prägel på natur, boende, kommunikationer, näringsliv och fritidsaktiviteter.



Figur 4-1. Älvkarleby kommun.

Kommunens landareal är 208 km<sup>2</sup>, fördelad på cirka 70 % skog, 3 % åker- och betesmark samt 27 % bebyggelse och övrig mark. Landskapet är låglänt med inslag av sankmark i den nordöstra delen. Det övergår vid Bottenhavskusten, nordost om Gårdskär, i en långgrund skärgård.

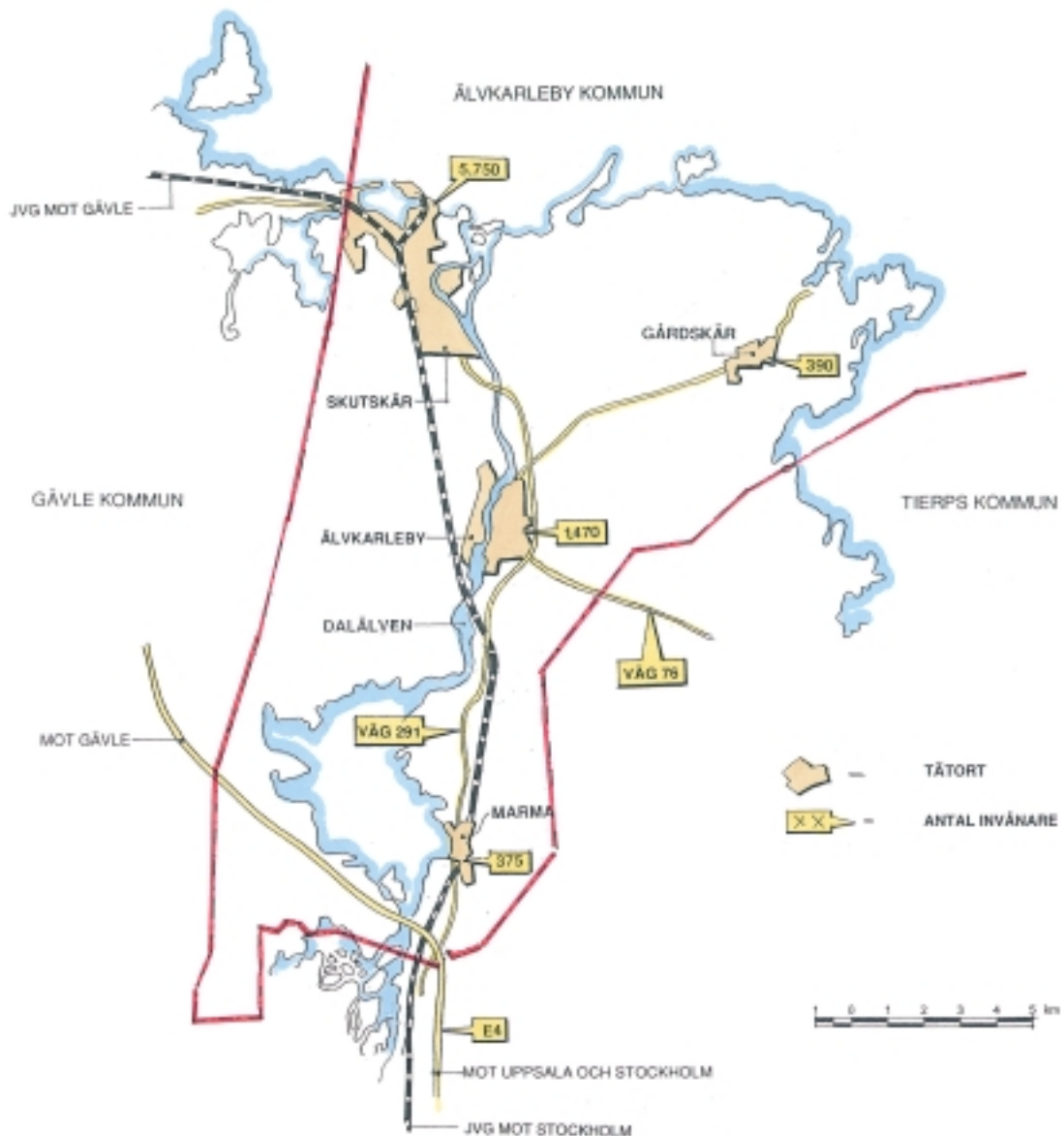
En av Sveriges största rullstensåsar, Uppsalaåsen, går som en nord-sydlig ryggrad genom kommunen och sätter sin prägel på landskapet. Vid Billudden, på den östra sidan av Dalälven, försvinner Uppsalaåsen ut i Bottenhavet. Vid badområdet Brämsand-Rullsand, som kallas "Mellansveriges Riviera", har åsmaterialet frispolats av havet och bland annat gett upphov till kilometerlånga sandstränder. Uppodlade slättområden breder främst ut sig vid Dalälven och kring Gårdskär.

Älvkarleby kommun hade vid årsskiftet 1999/2000 cirka 8 990 invånare, en minskning med cirka 3 % sedan mitten av 1980-talet. Minskningen har varit större i glesbygden än i tätorterna. I Älvkarleby tätort har en viss ökning skett. Sammanlagt bor omkring 90 % av kommunens befolkning i någon av tätorterna. Skutskär, som är kommunens administrativa centrum, är den största med cirka 5 700 invånare. Älvkarleby har cirka 1 500 invånare, Marma och Gårdskär cirka 400.

Befolkningsminskningen i Älvkarleby kommun står i kontrast till Uppsala län i sin helhet, som är ett av Sveriges snabbast växande län. Under samma period som Älvkarleby kommun minskat med 3 % har länet ökat med cirka 14 %.

Kommunen har en lång industritradition, som går tillbaka till 1600-talet då två järnbruk anlades, Älvkarleö bruk och Harnäs bruk. Idag svarar offentliga verksamheter och tillverkningsindustrin för vardera närmare tre av tio arbetstillfällen. Skogen utgör den främsta råvaran och massafabriken Stora Enso AB i Skutskär, med cirka 600 anställda, är en av Europas största massaproducenter. Dalälven har gett upphov till flera företags-etableringar. Förutom två kraftstationer, i den del av älvsträckningen som ligger inom kommunen, finns Vattenfall Utveckling AB med avancerad energiforskning (cirka 135 anställda i Älvkarleby), Fiskeriverkets försöksstation och Laxforskningsinstitutet.

Älvkarleby kommun har bra kommunikationer. Södra delen genomkorsas av Europaväg 4. Riksväg 76 passerar kommunens centrala och norra delar, medan den södra delen korsas i nord-sydlig riktning av länsväg 291, se figur 4-2. Järnvägssträckningen Uppsala-Tierp-Skutskär-Gävle – Ostkustbanan – passerar genom kommunen i ungefär nord-sydlig riktning. Det finns också planer på att från och med år 2003 förlänga regional-tåget "Upptåget" till Gävle med stopp i Älvkarleby kommun. I kommunen finns Stora Enso's hamn för tung godstrafik vid Skutskärsverken, och i Gävle, endast cirka 17 kilometer från Skutskär, finns ytterligare en hamn för tung godstrafik.



Figur 4-2. Tätorter, järnvägar och större vägar i Älvkarleby kommun.

## 4.2 Vägar och järnvägar

### 4.2.1 Vägar

Genom södra delen av Älvkarleby kommun löper Europaväg 4 i nordväst-sydostlig riktning. Sträckan Mehedeby-Gävle är motorväg och hårt trafikerad med ett trafikflöde på upp till cirka 10 000 fordon per dygn. Avståndet från kommungränsen söderut till Uppsala är cirka 65 km och till Stockholm cirka 125 km. Norrut är avståndet till Gävle cirka 20 km.

Från Karlholmsbruk i Tierps kommun kommer riksväg 76 – Kustvägen – en mellan åtta och tolv meter bred landsväg med högsta bärighetsklass, BK1. Riksväg 76 fortsätter norrut från Älvkarleby, passerar över Dalälven cirka 3,5 km norr om Älvkarleby tätort och går via Skutskär vidare mot Gävle. På sträckan mellan Karlholmsbruk och Älvkarleby är trafikflödet cirka 1 500 fordon per dygn. Närmare Skutskär ökar det till över 4 000 fordon per dygn.



Mellan Älvkarleby och Mehedeby går länsväg 291 som har hög standard med vägbredd över nio meter, högsta bärighetsklass och ett trafikflöde på cirka 1 500 fordon per dygn. Övriga länsvägar har högsta bärighetsklass och varierande bredd, upp till som mest cirka 7 meter. En grusväg nära kusten förbinder området vid Gårdskär med Karlholmsbruk.

Om avfallstransporterna till djupförvaret ska gå på kommunens landsvägar måste man räkna med upprustning i form av uträtning och breddning av vissa sträckor, förstärkning av vissa broar med mera. Transporterna av bulkmaterial skulle däremot knappast kräva några speciella åtgärder.

#### **4.2.2 Järnvägar**

Järnvägens motsvarighet till E4:an är Ostkustbanan, som går genom kommunen i ungefär nord-sydlig riktning och passerar centralorten Skutskär. Ostkustbanan förbinder, från norr till söder, Gävle, Skutskär i Älvkarleby kommun, Mehedeby, Tierp, Tobo, Örbyhus och Upplanda i Tierps kommun och fortsätter söderut mot Uppsala. Banan, som har relativt högt tågflöde, har dubbelspår på större delen av sträckan söder om Gävle. Utbyggnad till dubbelspår på återstående delar planeras ske före år 2007, som en del av satsningen på snabbtågstrafik mellan Stockholm och Sundsvall.

Ombyggnaden till dubbelspår förbi Skutskär kommer där att ge järnvägen en delvis en ny sträckning, med anslutning till befintligt stickspår till Skutskärs hamn och ny station vid Skutskär.

### **4.3 Hamnar**

I Älvkarleby kommun finns en hamn med förutsättningar att ta emot gods för djupförvarets behov, nämligen industrihamnen i Skutskär. En annan möjlighet kan vara att utnyttja Gävle hamnar.

#### **4.3.1 Skutskärs hamn**

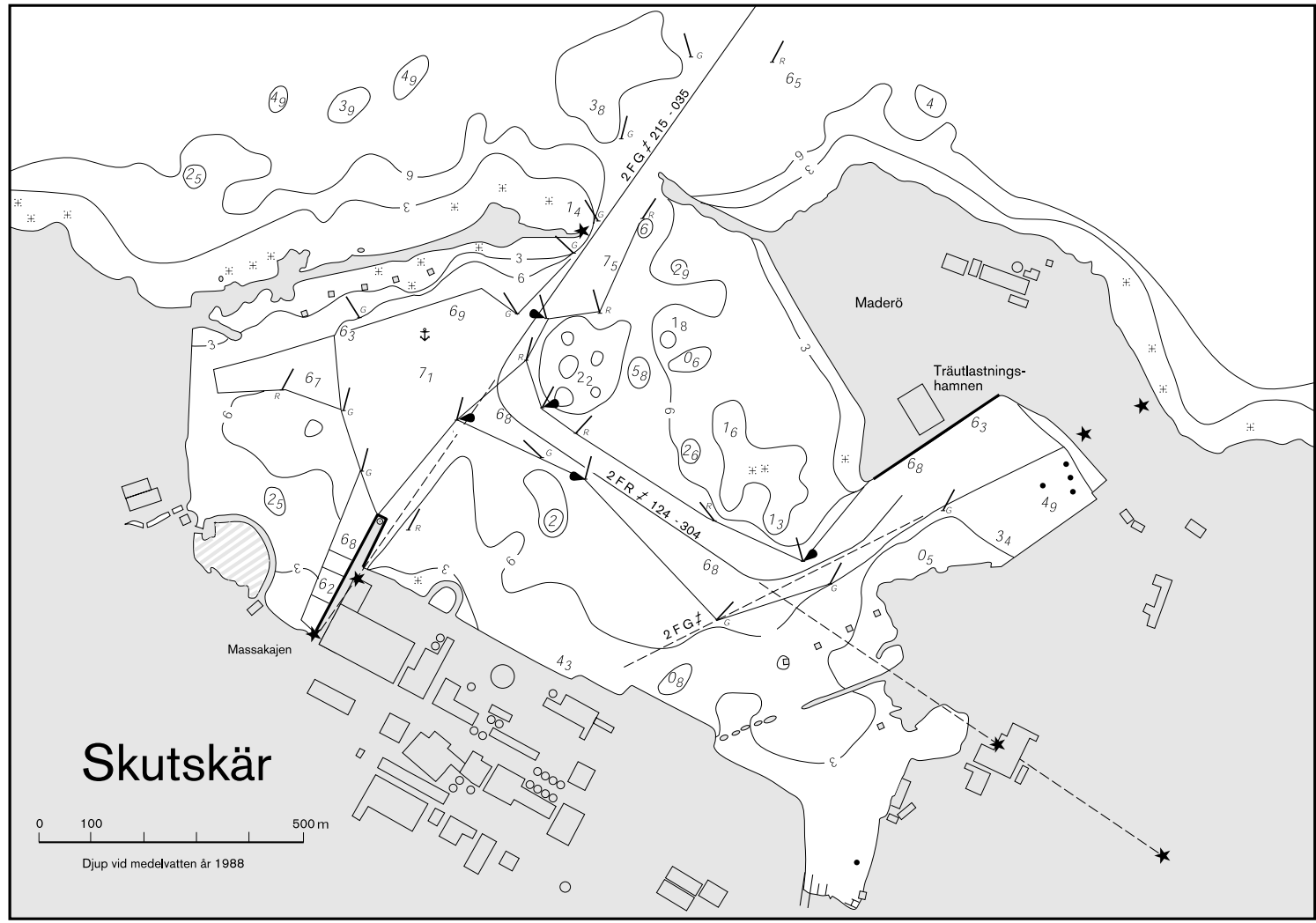
Hamnen i Skutskär är enskilt ägd och ligger i direkt anslutning till Skutskärsverken (Stora Enso). Den används idag uteslutande för import av vedråvara.

Figur 4-3 visar hamnen som den ser ut för närvarande /12/. Stora Enso planerar omfattande förbättringar av hamnanläggningarna. Beslut har fattats om en första etapp, som bland annat innefattar muddring av en ny inseglingsled och utbyggnader av nya kajplatser i den östra delen av hamnbassängen.

#### ***Insegling***

En fyrbelyst farled, som tillåter ett djupgående upp till 6,9 meter, leder till hamnen. Vid den trånga hamnmynningen måste ett grundflak och en öppning mellan två pirlar passeras. Även inne i hamnbassängen finns ett antal grundområden. Ishinder förekommer vanligen under perioden februari till april. Planerade muddringsarbeten kommer att förbättra inseglingsförhållandena avsevärt. Fartyg med upp till åtta meters djupgående kommer då att kunna tas emot utan väderrestriktioner.





©Sjöfartsverket tillstånd nr 0009067

Figur 4-3. Skutskärs hamn.

## **Kajer och upplagsplatser**

I dag har hamnen tre kajområden benämnda Oljekajen, Massakajen och Träutlastningshamnen /12/ Vattendjupet varierar mellan 6,1 och 6,9 meter. Hamnens södra del och Massakajen ligger inom fabriksområdet och är upptagen.

Trafiken i hamnen består av fartyg med inkommande laster av ved. Stora Enso tar in 700 000–900 000 kubikmeter årligen och räknar på sikt med en fördubbling av volymen. Massa som produceras vid Skutskärsverken, cirka 500 000 ton per år, transporteras ut på järnväg och lastbil, varav en del till hamnterminalen vid Granudden i Gävle.

## **Vägar och järnvägar**

Skutskärsverken har järnvägsspår till och inom fabriksområdet. Möjligheter finns att förlänga spåren så att de når även hamnanläggningarna. Industrispåren ansluter till Ostkustbanan, som passerar samhällets västra ytterområde. Hamnen har väganlutning till riksväg 76 som passerar genom samhället.

## **Möjlig hamnterminal för SKB:s gods**

Med de förbättringar som planeras skulle Skutskärs hamn lämpa sig väl för SKB:s transporter. För närvarande är hamnområdet fullt utnyttjat, men SKB:s eventuella behov ligger åtskilliga år framåt i tiden. Mot bakgrund av den snabba förändringstakt som kännetecknar massabranschens villkor går det inte att i dag avgöra om, och i så fall var, lämpliga kajer och upplagsytor skulle kunna härbärgeras. Bedömningen är dock att det finns goda förutsättningar att ordna hamnanläggningar för SKB:s verksamhet genom utbyggnader inom hamnbassängen.

Ett alternativ kan vara att bygga en ny hamn strax utanför och öster om den nuvarande. Stora Enso's verksamhet skulle då inte påverkas. Det område som i så fall skulle kunna bli aktuellt utgörs idag av skogbevuxen sand- och grushed. Insegling till den tänkta nya hamnplatsen skulle i stort kunna följa den fyrbelysta leden till den befintliga hamnen. Muddring för djupgående fartyg över sex meter behöver utföras cirka 60–80 meter från befintlig strandlinje.

### **4.3.2 Gävle hamnar**

#### ***Insegling***

Gävle har två kommunägda hamnar, Fredriksskanshamnen på norra sidan av Yttre Fjärden som leder in till staden, och Granudden på dess södra sida /12/, se figur 4-4. Inom Gävle hamnområde finns även piren i Karskär, som hör till Korsnäs fabriksområde och som inte är aktuell för SKB.

Farleden syd om Eggegrund (cirka 10 sjömil utanför Gävle) tillåter fartyg med djupgående på upp till 10,4 m, medan farleden norr om Eggegrund tillåter 9,5 meter djupgående. Hamnen och Yttre Fjärden är väl skyddad av en rad öar. Infarten mellan öarna består av den muddrade och sprängda Holmuddsrännan. Ishinder förekommer i regel från början av januari till slutet av mars. Isbrytare håller rännan öppen hela vintern och hamnen har inte behövt stängas på grund av is sedan 1966.



### **Fredriksskanshamnen**

Fredriksskanshamnen är den allmänna hamnen för blandad trafik. Här hanteras bland annat oljor, bulklaster, styckegods och containrar. För oljor och kemikalier finns kajer och cisterner med fasta anslutningar. Övriga kajer används flexibelt för hamnskjul, bulklaster, uppställning av containrar med mera. Järnvägsspår är dragna till flera kajer.

### **Terminal Granudden**

Denna hamn tillkom som en terminal för skogsprodukter åren 1975–76. Den är idag uthyrd till skogsbolagen Stora Enso och Korsnäs. Granudden har en enda kaj som är 350 meter lång, där den västra delen (150 m) tillåter ett djupgående på nio meter och den östra delen (200 m) ett djupgående på 10,4 meter. Detta vattendjup fortsätter ytterligare cirka 80 meter österut i hamnbassängen.

### **Vägar och järnvägar**

Från Fredriksskanshamnen leder en väg av bärighetsklass BK1 till E4:an och riksväg 76 mot Älvkarleby kommun. Vägens bredd är tillräcklig för SKB:s transporter, men den första delen fram till Bönavägen skulle troligen behöva förstärkas. Hamnleden fram till E4:an är troligen tillräckligt bred och bärig. Från Fredriksskanshamnen leder bärig järnväg till Gävle bangård som ligger nära stadens centrum, som måste passeras vid järnvägstransport söderut.

Från Granudden leder en smal väg med god bärighet som via större lokala genomfartsleder ansluter till riksväg 76 och E4:an. Terminalen har järnvägsanslutning till stambanan strax söder om Gävle bangård. Via ett triangelspår vid Fjällbackens industriområde skulle SKB:s transporter kunna ledas söderut utan att passera stadens centrum.

### **Möjlig hamnterminal för SKB:s gods**

För närvarande finns i det befintliga hamnområdet för Fredriksskanshamnen inga outnyttjade ytor som skulle kunna passa för en terminal för SKB:s godshantering. Den enda roro-rampen ligger i anslutning till cisternområdet för kemikalier, men där saknas öppna ytor som skulle kunna hägnas in. I hamnområdets nordöstra del finns ett område under utfyllnad. Här avser man att skapa nya uppställningsytor och dra om oljeledningar så att dessa ligger utanför området. Här skulle en terminal med roro-läge eventuellt kunna anläggas för SKB. Området är lämpligt med tanke på närheten till anslutande järnvägsspår och utfarten från hamnen.

Vid terminal Granudden skulle det vara möjligt att förlänga kajen öster om magasinen och bygga en terminal för SKB:s godshantering. Samråd med de företag som nyttjar hamnen måste ske om detta alternativ ska studeras vidare.

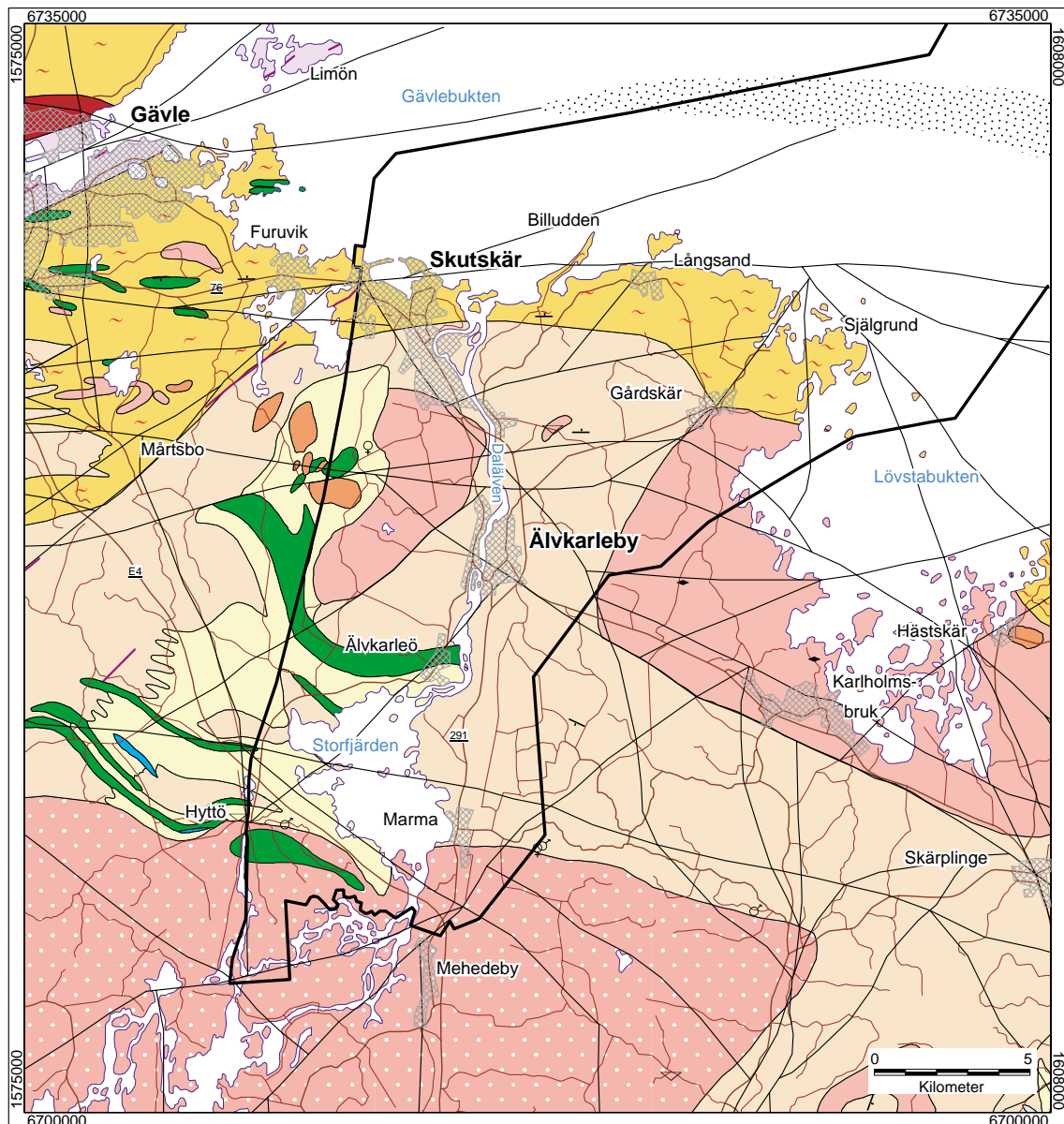
## 4.4 Geologiska förutsättningar

Geologiska förhållanden har avgörande betydelse för såväl förvarets långsiktiga säkerhet som förutsättningarna för att bygga och driva djupförvarets berganläggningar. En stor del av utredningsinsatserna i förstudien ägnas därför åt att sammanställa och utvärdera tillgänglig information om kommunens berggrund, jordtäcke och grundvattenförhållanden /13, 14/. Resultaten redovisas bland annat i form av berggrunds- och jordartskartor i kommunskala samt översiktliga bedömningar av lokaliseringsförutsättningarna i olika delar av kommunen, sett ur ett geologiskt perspektiv.

När det gäller anläggningarna ovan jord har berggrunden inte någon stor betydelse för platsens lämplighet. Jordtäckets mäktighet och sammansättning är viktigare, men inte heller det är normalt sett någon avgörande faktor. Resultaten från de geologiska utredningarna är ändå viktiga som underlag för föreliggande arbete. Anläggningarna ovan jord måste funktionsmässigt kunna kopplas till själva förvaret. Möjliga lägen (se kapitel 5) styrs därför av var det kan finnas berggrund som är lämplig för förvaret. Vidare utgör den berggrundsgeologiska informationen grunden för de översiktliga bedömningar som i detta skede kan göras av de tekniska förutsättningarna för att bygga djupförvarets alla bergutrymmen.

I det följande sammanfattas viktiga resultat vad gäller berggrunden i Älvkarleby kommun. Underlaget har hämtats från förstudiens geologiska utredningar /13/.

Figur 4-5 visar den berggrundsgeologiska karta som sammanställts i förstudien. Förutom förekommande bergarter har även sprickzoner (spröda deformationszoner) som kunnat tolkats i den aktuella skalan markerats. Kartan visar på ett flertal olika bergarter, men det är två typer av granitiska bergarter som bedöms kunna vara av intresse för ett djupförvar. Den ena är metagranitoider (beige på kartan), som till utbredningen dominerar kommunens berggrund. Dessa har bildats på stort djup i jordskorpan (djupbergarter) och är ofta påverkade av deformation i mer eller mindre plastiskt tillstånd, med bland annat förgnejsning som resultat. Den andra är mera välbevarade graniter som ofta betecknas ”yngre” (röda på kartan). Beteckningen ska inte ses i absoluta termer (graniterna bildades för mer än 1 500 miljoner år sedan) utan anger åldersrelationen i förhållande till omgivande bergarter. Till skillnad från metagranitoiderna är de yngre graniterna sällan påverkade av deformation i plastiskt tillstånd. Spår av spröd deformation, i form av sprickor och sprickzoner, finns i båda granityperna.



DJUP- OCH GÅNGBERGARTER

- Granit, ca 1500 milj. år (Strömsbrogranit)
- Granit, grovkornig och vanligtvis porfyrisk, ca 1780 milj. år (Hedesundagranit)
- Pegmatit, ca 1800 milj. år
- Granit, fin- till medelkornig, jämnkornig, ca 1800 milj. år
- Metagranitoid, ca 1890 milj. år
- Metagabbro och basisk bergart av osäkert ursprung, ca 1890 milj. år
- Diabas

YTBERGARTER

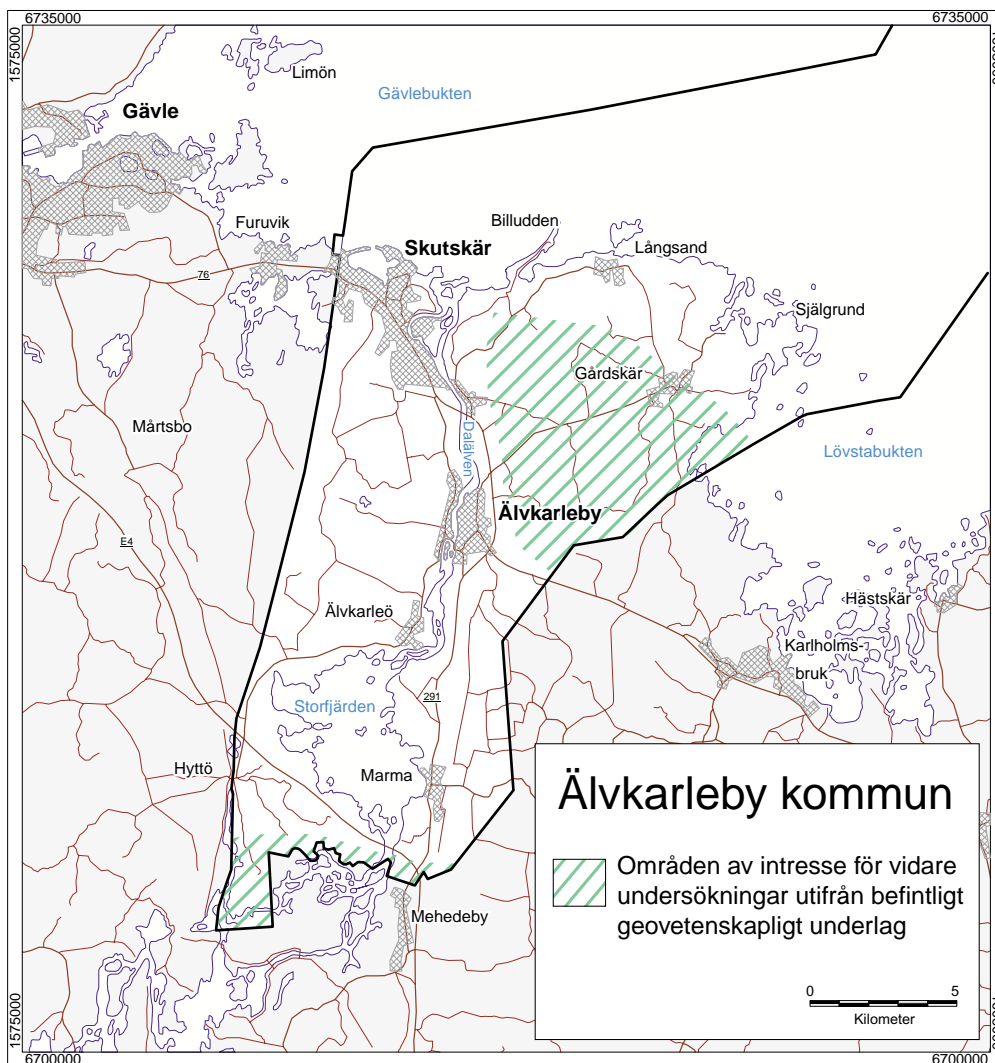
- Sandsten, yngre än 1500 milj. år
  - Metasedimentär bergart i allmänhet, ca 1900 milj. år
  - Marmor (kristallin kalksten), ca 1900 milj. år
  - Metavulkanisk bergart, sur till intermedjär, ca 1900 milj. år
- BERGARTER AV VARIERANDE URSPRUNG
- Migmatit och ådergnejs

- Inneslutning av äldre bergart i yngre
- Nedlagd gruva eller skärpning (järnmalm)
- Nedlagd gruva eller skärpning (sulfidmalm)
- Bergtäkt
- Förskifring och lagring
- Sprickzon
- Bred lågmagnetisk zon under havet, sannolikt av tektoniskt ursprung
- Kommungräns

SGU  
Sveriges Geologiska Undersökning

GeoVista

Figur 4-5. Berggrundsgeologisk karta över Älvkarleby kommun med omnejd (från /13/).



**Figur 4-6.** Områden i Älvkarleby kommun där berggrunden bedöms vara potentiellt gynnsam för ett djupförvar (från /13/).

Med utgångspunkt från den berggrundsgeologiska kartan och annan geologisk information har berggrundens lämplighet för ett djupförvar bedömts /13/. Resultatet sammanfattas i figur 4-6, som visar de områden där berggrunden preliminärt bedömts som intressant för vidare undersökningar. Det bör understrykas att bedömningarna är osäkra, eftersom underlaget begränsar sig till undersökningar på ytan. En faktor som bidrar starkt till osäkerheten är att det i merparten av kommunen är mycket glest mellan berghällar där direkta observationer kan göras.

Med dessa reservationer kan man konstatera att intresset i första hand är knutet till ett cirka 30 kvadratkilometer stort område öster om Dalälven. Större delen av området utgörs enligt figur 4-5 av metagranitoid. Återstoden är yngre granit, som finns mot kommungränsen i områdets östra del. Även ett litet granitområde längst i söder bedöms enligt figur 4-6 hysa intressant berggrund. Andra skäl än geologiska, främst den begränsade arean och naturskyddsintressen, talar emellertid emot detta område som därför inte beaktats i föreliggande utredning.

Även jordtäcket studeras i de geologiska utredningarna (jordarters utbredning, bedömningar av mäktighet m m). Inget har dock framkommit som tyder på ovanliga eller ur anläggningsteknisk synpunkt besvärliga förhållanden i någon del av kommunen. Utvärderingar med avseende på bärighet för grundläggning mm kan göras först när konkreta platser aktualiserats, inte i nuvarande skede.

## **4.5 Bergtekniska förutsättningar**

### **4.5.1 Allmänt**

Valet av plats för djupförvaret styrs av en rad krav och önskemål knutna i första hand till anläggningens långsiktiga säkerhet men också till teknisk genomförbarhet och arbetsmiljö. Till grundkraven hör att berggrunden måste ha sådana egenskaper att alla arbeten i samband med byggande och drift kan utföras så att krav på personsäkerhet och arbetsmiljö i övrigt uppfylls, med känd teknik och med god kontroll på erforderliga arbetsinsatser, tidsåtgång och kostnader. Det innebär bland annat att stabila tunnlar och schakt skall kunna konstrueras samt att bergdriften skall kunna ske med god kontroll på stabilitet och vatteninläckning.

Allmänt ger relativt sprickfattigt berg av god kvalitet och med få större sprickzoner byggtekniska fördelar. En enhetlig geologisk miljö med homogena och enkla bergförhållanden ger också fördelar i form av bland annat goda möjligheter att förutsäga byggförhållandena och få ett rationellt byggande. Starkt inhomogen berggrund liksom mycket höga eller på annat sätt onormala bergspänningar kan innebära direkt olämpliga förhållanden för ett djupförvar. Sammantaget kan man säga att de bergförhållanden som är önskvärda ur byggsynpunkt sammanfaller väl med vad som eftersträvas ur säkerhetsmässig synpunkt.

### **4.5.2 Bedömningsunderlag**

Det underlag som finns tillgängligt i förstudieskedet tillåter relativt detaljerade värderingar av olika alternativ vad gäller anläggningarna ovan jord. Så är inte fallet när det gäller placering och utformning av djupförvarets berganläggningar eller de tekniska förutsättningarna för att bygga och driva dessa anläggningar. För att fullt ut kunna värdera dessa faktorer krävs kunskap om bergförhållandena på plats, vilket bara kan fås genom undersökningar som innefattar borrhning.

De bergtekniska bedömningar som kan göras i förstudien blir därmed översiktliga, i paritet med den geologiska information som finns tillgänglig. De baseras i stor utsträckning på allmän kunskap om byggande och drift av berganläggningar i aktuell geologisk miljö och generella data om djupförvarets planerade utformning.

Sammantaget finns det betydande erfarenhet av bergbyggande av det slag, och i den miljö, som blir aktuellt för djupförvaret. En generell slutsats är att det urberg som täcker merparten av Sveriges yta ger goda förutsättningar för bergbyggnad. Studerar man erfarenheterna från olika regioner inom urbergsområdet så finner man att det är svårt att peka ut några avgörande regionala skillnader i förutsättningarna /15/. De variationer som uppträder i lokal skala – t ex vid övergång från en bergart till en annan – har ofta långt större betydelse för byggmiljön än eventuella regionala särdrag.



Djupförvaret kommer att innefatta tunnlar, bergtrum och schakt i ett flertal varianter. Varken dimensionerna på dessa bergutrymmen eller deras utformning i övrigt skiljer sig från vad som är vanligt i gruvor och andra berganläggningar. Speciella krav kommer att ställas på täthet mot vatteninläckning, skadezoner från brytning samt metoder och material för tätning och bergförstärkning. Förläggingsdjupet för djupförvaret – cirka 500 m – är jämförbart med typiska djup för underjordsgruvor i Sverige och utomlands, men större än vad som är vanligt för andra berganläggningar. Djupet är en väsentlig parameter när erfarenheter från andra anläggningar används som grund för bedömningar, eftersom byggförhållandena är djupberoende i viktiga avseenden. Vidare kommer djupförvaret att omfatta en större yta (några kvadratkilometer) än de flesta andra berganläggningar. Det innebär att man med stor sannolikhet kommer att möta förhållanden som varierar inom ganska vida gränser, eftersom viktiga geologiska parametrar erfarenhetsmässigt kan variera mycket lokalt. I det följande diskuteras först faktorer som generellt är viktiga ur bergbyggnadssynpunkt. Därefter redovisas de bedömningar som görs för Älvkarleby kommun.

### 4.5.3 Viktiga faktorer

Generellt kan man peka på två faktorer som har avgörande betydelse för byggande och drift av berganläggningar, nämligen:

- Stabilitetsförhållanden i de bergutrymmen som tillskapas.
- Grundvattnets effekter, i form av inläckage till anläggningen m m.

Dessa faktorer är beroende av såväl berg- som konstruktionsparametrar. Här behandlas några viktiga bergparametrar närmare, eftersom dessa står i fokus vid bedömningar av lokaliseringsförutsättningarna.

#### **Stabilitet**

Begreppet ”bergets stabilitet” kan när det gäller djupförvaret associeras till radikalt olika företeelser. En geolog tänker kanske främst på geologiska processer eller jordskalv och de effekter dessa fenomen kan ha på förvarets funktion. En bergbyggare associerar snarare till parametrar som spännvidd på bergtrum, borrplan, säkerhet mot stenedfall i en tunnel, behov av bergförstärkning och annat som har direkt med byggande och drift att göra. Det är den innebörd som bergbyggaren lägger i stabilitetsbegreppet som avses här.

De egenskaper hos berggrunden som påverkar stabilitetsförhållandena i en berganläggning är principiellt belastningarna – bergspänningarna – och bergmassans egenskaper som konstruktionsmaterial – bergkvalitén.

De spänningar som råder i berggrunden kan ytterst spåras till gravitationen (bergets egentynghet) och yttre krafter relaterade till storskaliga geologiska processer som kontinentalförskjutning och erosion. Bergspänningarna ökar generellt med djupet, men uppvisar betydande variationer i regional och lokal skala. I svenskt urberg är den dominerande belastningen i regel mer eller mindre horisontell. Typiska värden för bergspänningarna på 500 meters djup är 10–25 MPa (cirka 100–250 kp/cm<sup>2</sup>).

Bergkvalitén styrs av en rad parametrar varav bergartens hållfasthet, sprickgeometrin (frekvens, orientering, utbredning) och sprickornas hållfasthetsegenskaper är de viktigaste. Alla dessa egenskaper är funktioner av bergets geologiska historia, varför

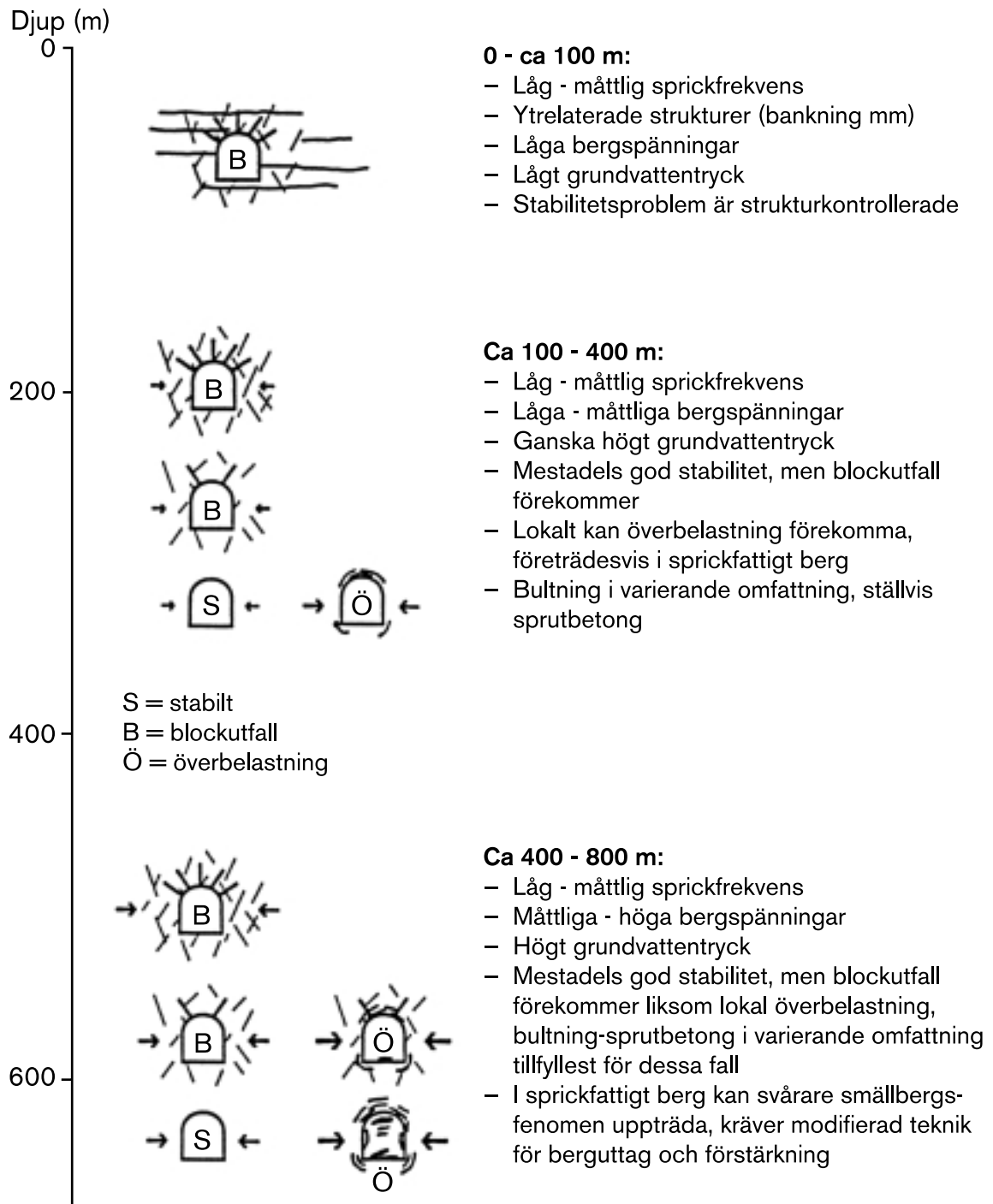
bergkvalitén i högre grad än bergspänningarna är knuten till den lokala geologin. Förhållandena kan växla avsevärt mellan olika geologiska enheter. Större sprickzoner uppvisar ofta radikalt sämre bergkvalitet än bergmassan i gemen. Lägen och karaktär på sprickzoner är därför viktiga parametrar ur byggsynpunkt.

Beroende på kombinationen av belastningar och bergkvalitet (och en rad konstruktionsparametrar) kan stabilitetsproblem av olika slag förekomma i berganläggningar. För att få fullgod stabilitet krävs i regel någon form av bergförstärkning. Bergbultar, dvs stålstänger som gjuts eller spänns in i borrhål är den vanligaste metoden för bergförstärkning. Även betongsprutning av bergytorna är vanligt. I svårare fall, t ex vid passage av sprickzoner med mycket dåligt berg, kan det krävas tyngre konstruktioner av stål eller betong för att hålla utrymmet stabilt.

Figur 4-7 illustrerar tänkbara förhållanden i tunnlar inom det djupintervall som djupförvarets bergutrymmen innefattar. Det troliga scenariot ändras med djupet, mest beroende på att bergspänningarna ökar successivt. Generellt kännetecknas anläggningar i svenskt urberg av goda stabilitetsförhållanden även om det finns välkända undantag. De problem som förekommer är till övervägande del blockutfall i varierande omfattning. Blocken formas av sprickorna i bergmassan och stabiliteten styrs i hög grad av sprickgeometrin i relation till tunneln. Bultning är den vanligaste åtgärden för bergstabilisering i denna miljö men även sprutbetong och nätning används.

Bergspänningarna kan ha både positiv och negativ inverkan på stabiliteten. Måttliga belastningar är i regel gynnsamma därför att de "låser" bergblocken vid varandra vilket skapar bärkraftiga valv ovanför tunnlarna. Detta är den normala situationen på aktuella djup. Om spänningarna är höga kan man dock få oönskade effekter i form av sönderbrytning av berget närmast tunneln. Under vissa förutsättningar kan sådan överbelastning leda till så kallat smällberg, som innebär att sönderbrytningen sker plötsligt, varvid bergskivor kan kastas ut från bergytan. Till skillnad från andra stabilitetsproblem uppträder smällberg företrädesvis i sprickfattigt berg med hög hållfasthet. Sönderbrytningen förutsätter att belastningarna överskrider hållfastheten, varför smällberg är ovanligt, utom på stora djup. Undantag finns, och man har i vissa fall observerat smällbergsfenomen på djup mindre än 200 m. Konsekvenserna av de skador på berget som uppstår varierar inom mycket vida gränser. Smärre belastningsskador har ringa inverkan på drivningen och tillhör vardagen i många anläggningar, särskilt gruvor. Smällberg i större omfattning kan vara en allvarlig störningskälla som kräver anpassning av drivningsteknik och bergförstärkning.

Större sprickzoner kan uppvisa en bergkvalitet som är starkt varierande och radikalt sämre än det "normala" berget. Hög sprickfrekvens liksom närvaro av kemiska och mekaniska omvandlingsprodukter med ibland jordliktande egenskaper bidrar till låg bärförmåga hos berget. Extrabelastningar i form av svällande leror eller, på större djup, höga vattentryck kan ytterligare försämra stabiliteten. Tunneldrivning genom sprickzoner kan därför kräva modifierad drivningsteknik och helt andra förstärkningsinsatser än i omgivande berg.



Figur 4-7. Tänkbara stabilitetsförhållanden i tunnlar på olika djup.

## **Grundvatten**

Den för byggande och drift viktigaste konsekvensen av grundvattnet är inläckage till anläggningen. Bergmassans vattengenomsläpplighet (konduktivitet) har avgörande betydelse för inläckningen. Konduktiviteten avgörs framförallt av spricksituationen, som alltså har stor betydelse för både stabilitet och täthet. Sprickzoner har ofta långt högre konduktivitet än det omgivande berget och fungerar då som huvudsakliga transportleder för grundvatten. Tunneldrivning genom sprickzoner kan därför åtföljas av stora vatteninläckage om inte speciella tätningsåtgärder vidtas. Även enskilda sprickor i för övrigt bra berg kan vara kraftigt vattenförande.

Även grundvattentrycket har betydelse för inläckningen. Vattentrycket i ostört berg ökar proportionellt med djupet under grundvattenytan, varför inläckage kan bli väsentligt svårare att hantera med ökande djup. Höga grundvattentryck kan i vissa fall också utgöra ett hot mot stabiliteten i en tunnel, företrädesvis i zoner med dålig bergkvalitet.

Kontroll av vatteninläckningen är nödvändig av flera skäl. Dels måste tillflödet begränsas för att byggande och drift skall kunna ske med fullgod personsäkerhet och effektivitet, dels vill man begränsa påverkan på grundvattensystemet i sin helhet, eftersom störningar kan ge omgivningspåverkan i form av sänkt grundvattennivå. Vidare kan inläckande vatten orsaka korrosionsskador på bergförstärkning och andra installationer, i vissa bergarter även vittring av exponerade bergytor. Detta kan påverka behovet av kontroll och underhåll av anläggningen. Grundvattnets kemiska sammansättning har stor betydelse i sammanhanget. Höga salthalter i vattnet kan exempelvis ge starkt korrosiv miljö, med speciella material- och konstruktionskrav på installationer som följd.

Där så behövs kommer inläckaget till djupförvarets berganläggningar att begränsas med tätningsåtgärder. Den viktigaste tätningsmetoden är injektering, varvid tätningsmedel pressas ut i bergmassan via borrhål. Injektering kan göras framför drivningsfronten (förinjektering) eller i efterhand (efterinjektering). Olika tätningsmedel finns att tillgå, de flesta baserade på cement. Alla tätningsmedel kommer att granskas noga med avseende på eventuella hälso- och miljöeffekter innan de tas i bruk.

## **Radon**

Radon i bostäder är ett välkänt hälsoproblem som uppmärksammas alltmer på senare år. Det har sin motsvarighet i berganläggningar där det under vissa omständigheter kan utgöra ett arbetsmiljöproblem. Radon är en ädelgas som bildas när grundämnet radium sönderfaller. Radongasen sönderfaller i sin tur i så kallade radondöttrar, som är radioaktiva metalljoner. Processen ingår i den långa sönderfallskedja som börjar med uran och slutar med bly. En likartad kedja som utgår från torium ger upphov till så kallad torongas, som är en annan radonisotop.

Den strålning som når människan utifrån då radongas i omgivningen sönderfaller når endast i undantagsfall sådana nivåer att den utgör en fara. Huvudproblemet är istället radondöttrar som kan transporteras till människokroppen, via inandningsluft eller dricksvatten, och där kan fastna i vävnader och avge strålning av olika slag.

I berganläggningar kan radongas avges till luften från bergytor och inläckande grundvatten. Tillförseln styrs av de naturliga uranhalterna i berggrunden och av en rad konstruktionsparametrar. Det uran som finns bundet i berget avger mätbar strålning. Uranhalter kan därför beräknas ur strålningsmätningar som görs från marken eller från flygplan. Mera exakta bestämningar kan ganska enkelt göras på hållar eller i borrhål. Detta ger i sin tur möjlighet att beräkna radiumhalterna, och därmed berggrundens "radonpotential".

De halter som fås i en anläggning styrs emellertid också av bergets vattenförande egenskaper, samt av en rad konstruktionsparametrar. Ventilationen är den viktigaste, men även anläggningens geometri och mängden inläckande grundvatten har stor betydelse. Exempel på åtgärder som kan vidtas för att begränsa radonhalterna är förbättrad ventilation, skärmd bortledning av vatten och betongsprutning av bergytter.

Gränsvärden för radonexponering i underjordsanläggningar finns etablerade, och mycket tyder på att dessa kommer att skärpas i framtiden. I flertalet berganläggningar krävs inga särskilda åtgärder för att nedbringa radonhalterna. Undantag finns emellertid, däribland anläggningar belägna i eller nära områden med förhöjda uranhalter där det krävs omfattande åtgärder.

Förutsättningarna för radonproblem i en djupförvarsanläggning och möjliga åtgärder för att hantera sådana problem har utretts tidigare /16/. Allmänna slutsatser är att radonförekomsten kan bli dimensionerande för ventilationsbehovet om anläggningen förläggs i berggrund där de naturliga uranhalterna är förhöjda. Vidare att det finns goda möjligheter att undvika problemet genom att anpassa anläggningens läge och utformning till lokala förutsättningar.

#### **4.5.4 Data från kommunen och regionen**

##### ***Bergarter och deformationszoner***

Förstudiens geologiska utredningar har visat att det i första hand är i områden med olika typer av graniter (metagranitoider och yngre graniter) som det kan finnas goda förutsättningar för att lokalisera ett djupförvar, se avsnitt 4.4. Graniter betraktas generellt som gynnsamma för berganläggningsändamål. Eventuella problem i form av dåligt berg och/eller hög vattenföring brukar i hög grad vara knutna till deformationszoner eller gångar där andra bergarter har trängt in. I sådana zoner eller gångar kan bergförhållandena vara markant sämre än i bergmassan i övrigt.

Inom de områden som bedömts som intressanta för vidare studier (figur 4-6) förekommer såvitt kan bedömas sprickzoner i en omfattning som är normal för svenskt urberg. Vidare berörs delar av kommunen av stora skjuvzoner som bildar breda stråk inom vilka berggrunden är mer eller mindre deformerad (ej markerade i figur 4-5). Vissa partier kan vara starkt deformerade och inhomogena, medan andra är väl bevarade. Stråk med starkt deformerad berggrund kommer att undvikas vid eventuella vidare undersökningar i mera detaljerad skala.

##### **Metagranitoid**

Metagranitoider av den typ som dominerar inom det intressanta området, se figur 4-5, täcker stora områden i regionen, däribland Forsmarkstrakten i Östhammars kommun och området kring Finnsjön i Tierps kommun. I Forsmark finns SFR och andra berganläggningar, varifrån praktiska erfarenheter av bergbyggnad kan hämtas. Från Finnsjöområdet finns data från omfattande borrhålsundersökningar.

##### *Forsmark*

Berganläggningarna i Forsmarksområdet omfattar bland annat SFR-anläggningen med dess två nedfartstunnlar, samt två tunnlar som leder kylvatten från reaktorerna till Östersjön. I anslutning till anläggningarna finns ett flertal borrhål, varav ett par når

större djup. Hela området ligger inom en lins med relativt väl bevarad berggrund, omgiven av betydande skjuvzoner. En huvudslutsats från bergtekniska data och erfarenheter från Forsmark är att bergförhållandena inte skiljer sig från vad som är normalt i svenskt urberg /17/. Detta bekräftas också av att såväl byggande som åtskilliga års drift av anläggningarna har fungerat väl.

Samtliga fyra tunnlar i Forsmark passerar en känd förkastningszon, den så kallade Singöförkastningen. Tunnelbyggena genom Singöförkastningen orsakade problem i varierande grad, och väckte en del uppmärksamhet. Slutsatsen är ändå att varken passagera av förkastningen eller tunnelarbetena som helhet var mer besvärliga än vad som var att förvänta. Driften av anläggningarna har inte störts av förkastningen.

Det finns inga indikationer på höga bergspänningar från anläggningarna i Forsmark. Det är inte heller att förvänta, med hänsyn till att anläggningarna ligger relativt nära ytan (SFR-anläggningens djupaste delar ligger cirka 140 meter under havsnivån). Av det skälet är erfarenheterna vad gäller bergspänningar inte direkt överförbara till förväntade förhållanden på planerat djup för djupförvaret. Det bör också nämnas att borrhålsmätningar i Forsmark indikerade avsevärt förhöjda bergspänningar lokalt på cirka 300 meters djup, sannolikt relaterat till en sprickzon.

### *Finnsjön*

Finnsjöområdet i Tierps kommun är en av många platser där SKB gjort geovetenskapliga undersökningar i syfte att öka kunskapen om förhållandena på djupet i olika urbergsmiljöer /18/. Platsen har också nyttjats för att studera sprickzoners egenskaper och som beräkningsexempel för säkerhetsanalyser /19/. Undersökningarna har inte innefattat några schakt eller tunnlar, men väl omfattande kartläggningar från ytan och i ett flertal djupa borrhål, det flesta inom ett cirka 6 kvadratkilometer stort område. De bergtekniska bedömningar som gjorts med utgångspunkt från borrhålsdata visar att Finnsjöområdet skulle lämpa sig väl för bergbyggnad /17, 20/. Till grund för den bedömningen ligger bland annat att data överlag visar på god bergkvalitet, måttliga bergspänningar och normal vattenföring. Liksom på de flesta andra håll uppvisar de sprickzoner som finns i området andra egenskaper än bergmassan i övrigt, och skulle därför ha en styrande inverkan på placering och utformning av en berganläggning.

### **Yngre graniter**

Den yngre granit som finns i ett område mot kommungränsen i öster är en del en större formation som har sin huvudsakliga utbredning i Tierps kommun, och betecknas på äldre kartor ofta Stockholmsgranit. Som namnet antyder är denna granittyp vanlig i Stockholmsområdet, där den är välkänd från många tunnlar och anläggningar. Erfarenheterna är generellt sett goda. I den mån den aktuella graniten är jämförbar med Stockholmsområdets graniter när det gäller tekniska egenskaper kan man därför förvänta sig goda förutsättningar för bergbyggnad.

I övrigt är erfarenheterna av bergbyggande i yngre graniter jämförelsevis begränsade, särskilt på större djup. De data som finns vittnar om homogen berggrund med goda hållfasthetsegenskaper, ofta låg sprickfrekvens och därmed goda byggegenskaper. På större djup kan eventuellt höga bergspänningar ge stabilitetsproblem.

## **Grundvatten**

Tillgängligt underlag om grundvattenförhållandena i Älvkarleby kommun har sammanställts i en av förstudiens utredningar /14/. Underlaget är för begränsat för att tillåta några slutsatser vad beträffar förutsättningarna för bergbyggnad. Det finns exempelvis inga mätningar av vattengenomsläppligheten på större djup.

Generellt kan grundvattenflödet i hög grad förväntas ske i sprickzoner och enskilda sprickor, som kan ha avsevärt högre vattengenomsläpplighet än bergmassan i övrigt. Potentialen för inläckage i en berganläggning beror därmed framför allt anläggningens djup och utformning i övrigt, samt på läge och egenskaper på berörda sprickor och sprickzoner. Vilka konsekvenser en eventuell åtföljande grundvattenavsänkning kan få på ytan beror dessutom mycket på markförhållandena. Detta är lokala faktorer som måste bestämmas genom undersökningar på plats. Vidare innebär kustläget och den låglänta terrängen att salt grundvatten kan förväntas på större djup, med de effekter detta kan ha på drift och underhåll i en berganläggning.

## **Radon**

Den allmänna bakgrunden till radon som ett möjligt arbetsmiljöproblem i berganläggningar beskrivs i avsnitt 4.5.1. Flyg- eller markmätningar av naturlig strålning från jord och berg kan användas för att få en uppfattning om berggrundens "radonpotential". För Älvkarleby kommun har berggrundens radiumhalter (modernuklid till radon) beräknats på basis av flygradiometriska mätningar /13/. Resultaten visar på mestadels normala radiumhalter. Lokalt förekommer områden med förhöjda värden. Inom de delar av kommunen där berggrunden bedöms vara potentiellt gynnsam för ett djupförvar är de förhöjningar som observerats mycket begränsade till såväl belopp som utbredning. Några särskilda radonproblem är därför knappast att förvänta i en eventuell djupförvarsanläggning. Om vidare lokaliseringsstudier blir aktuella är det ändå motiverat att göra noggranna bestämningar av berggrundens "radonpotential" genom mätningar från ytan och i borrhål. Det ger möjlighet att i första hand undvika möjliga problem genom att anpassa placering och utformning av anläggningarna. Skulle det ändå, mot förmodan, krävas särskilda åtgärder för att begränsa radonhalterna kan det bli aktuellt med exempelvis extra ventilation eller särskilda arrangemang för skärmd bortledning av inläckande grundvatten.

## **Anläggningar**

Det finns såvitt bekant inga borrhål eller berganläggningar som når större djup i Älvkarleby kommun. Anläggningar förlagda i det ytnära berget finns i form av en tunnel som försörjer Skutskärsverken med råvatten, samt kraftstationen vid Älvkarleby tätort.

## **Vattentunneln i Skutskär**

I början av 1970-talet anlades en mindre tunnel för att trygga Skutskärsverkens behov av råvatten. Tunneln är i drift sedan 1973. Vattnet tas från Bodaån (en västlig förgrening av Dalälven), leds via tunneln till industriområdet, och pumpas där upp till marknivån via en stigort. Tunneln är cirka 1,6 kilometer lång och har en tvärsnittsarea på 6 kvadratmeter. Förläggingsdjupet är 20–40 meter. Enligt den berggrundsgeologiska kartan i figur 4–5 domineras berggrunden längs tunnelsträckningen av migmatit och ådergnejs. Enligt förstudiens geologiska utredningar /13/ präglas kommunens kustområde, däribland området vid Skutskärsverken, av deformerad berggrund med en hög frekvens av skjvzoner.

Byggandet av tunneln åtföljdes av en del problem med vatteninläckning. Problemen tycks i stor utsträckning ha varit knutna till lerfyllda och vattenförande sprickor eller stråk, något som inte är förvånande om man beaktar den geologiska bilden. Vid ett tillfälle vattenfylldes tunneln, och omfattande tätningsarbeten krävdes innan tunneldrivningen kunde fortsätta.

Tunneln är fortfarande i drift, och har alltsedan drifstarten 1973 fungerat störningsfritt. Inga underhållsarbeten har erfordrats.

### **Kraftstationen i Älvkarleby**

Älvkarleby kraftstation ligger cirka 8 kilometer uppström Dalälvens utlopp, i höjd med södra delen av Älvkarleby tätort. Stationen byggdes i början av 1900-talet. Under perioden 1987–1993 gjordes omfattande om- och tillbyggnader, inklusive bergarbeten. Anläggningarna ligger i det område som domineras av metagranitoider, se figur 4-5.

I samband med utbyggnaden 1987–1993 gjordes byggnadsgeologiska undersökningar vid kraftstationen, med syfte att ta fram underlag för att utforma anläggningarna och utföra bergarbetena. Provbörningar utfördes, men undersökningsdjupen var (liksom anläggningarna) begränsade till som mest cirka 40 meter. Totalt undersöktes en cirka en kilometer lång sträcka längs älven.

Enligt dokumentationen från undersökningarna är huvudbergarterna i området gnejs och gnejsgranit. Berget beskrivs som mestadels sprickfattigt, med sprickor som till orientering och karaktär inte avviker från det normala i den aktuella typen av berggrund. Ett fåtal större sprickor med inslag av svällande lera påträffades, liksom pegmatitgångar av varierande mäktighet och någon enstaka zon med nedsatt bergkvalité.

Bergarbetena utfördes i huvudsak i samband med att tillloppskanal, kraftstation, utloppstunnel och utloppskanal färdigställdes. De geologiska undersökningarna föranledde inga förändringar av planerad utformning av anläggningarna. Behovet av bergförstärkning och tätning betecknas som överlag normalt för anläggningstypen i fråga. På några ställen krävdes extra förstärkningsåtgärder, bland annat vid utloppstunnelns mynning, där spricksituationen lokalt var ogynnsam.

Sammantaget finns det i den tillgängliga informationen från kraftstationen inget som tyder på annat än normala förhållanden för bergbyggnad, i en för svenskt urberg typisk geologisk miljö.

### **4.5.5 Bedömning**

Det är viktigt att observera att förutsättningarna för att bygga och driva anläggningarna under jord inte kan utvärderas med samma precision eller tillförlitlighet som förutsättningarna för anläggningar och infrastruktur ovan jord. Skälet är skillnaden i kunskap mellan förhållandena på ytan och förhållandena i berggrunden. I fallet Älvkarleby kommun förstärks denna skillnad av ett jordtäckte som ger få möjligheter att göra direkta observationer av berggrunden. Det krävs därför direkta undersökningar, inklusive borrning, för att få den information som krävs för mera tillförlitliga bergtekniska bedömningar.



Med dessa reservationer är den allmänna slutsatsen att det område öster om Dalälven, där berggrunden bedömts som intressant för ett djupförvar ur säkerhetsmässig synvinkel, även bedöms erbjuda en realistisk och sannolikt gynnsam miljö för bygge och drift av anläggningarna. Denna bedömning grundar sig främst på allmän erfarenhet av bergbyggande i jämförbar geologisk miljö. Erfarenheterna från de berganläggningar som finns i kommunen – kraftstationen i Älvkarleby samt en tunnel för vattenförsörjning i Skutskär – motsäger inte denna bedömning. Anläggningarna ligger emellertid nära ytan och ger ingen information om förhållanden på större djup.

En viktig faktor som kan bestämmas endast genom borrhålmätningar är vilka belastningsförhållanden (bergspänningar) som råder på djupet. Inget tyder på onormala förhållanden, men sådana kan inte heller uteslutas. Det gäller i högre grad i områden med yngre graniter än i områden med metagranitoider. Andra faktorer som bör uppmärksammas särskilt vid eventuella fortsatta undersökningar är vattenföringen i berggrunden samt möjlig förekomst av salt grundvatten.

Möjliga sätt att placera och utforma anläggningarna ovan jord i förhållande till det område som kan vara intressant för underjordsdelen beskrivs i kapitel 5. En generellt viktig byggtekniskt förutsättning är att förvaret kan placeras så att större sprickzoner undviks, och/eller utformas så att sprickzoner i den berörda bergvolymen inte får oacceptabel inverkan på tunnelstabilitet eller vatteninläckning. Utformningar där djupförvaret ligger sidoförskjutet i förhållande till driftområdet ovan jord innebär sannolikt att tillfartstunneln måste passera någon eller några större sprickzoner. Detta ses inte som något tekniskt hinder, men det kan krävas mer eller mindre omfattande åtgärder för att säkra tunnelns stabilitet och framförallt för att kontrollera inläckningen av grundvatten. Det senare är viktigt med avseende på såväl bygge och drift, som möjliga miljöeffekter på ytan ovanför tunneln.

En tänkbar utformning som diskuteras i kapitel 5 innefattar en tillfartstunnel, direkt från en mottagningshamn i Skutskärsområdet och ner till djupförvaret med tänkt placering inom det i figur 4-6 markerade området, öster om Dalälven. Tunneln skulle då, beroende på förvarets placering inom det aktuella området, bli 4–12 kilometer lång och passera under Dalälven. Den befintliga geologiska informationen indikerar att tunnelsträckningen skulle korsa några större deformationszoner samt beröra ett område med deformerad berggrund kring Skutskär. Bergförhållandena under Dalälven är inte kända och även i övrigt saknas mera detaljerad geologisk information. Generellt följer älvdalarna ofta stråk med mer eller mindre deformerad berggrund. Hur detta påverkar byggförhållandena kan variera inom vida gränser. Det inte ovanligt att frekvensen av sprickzoner är förhöjd, samtidigt som det mellan sprickzonerna finns partier med påfallande bra berg. Bergbyggande i sådan miljö är ingenting okänt eller ovanligt. Ett stort antal kraftstationer och tunnlar har genom åren byggts utefter älvdalarna, i de allra flesta fall utan särskilda bergtekniska problem. Sammantaget bedöms en tunnel från Skutskär till ett eventuellt djupförvar någonstans i det intressanta området nordost om Älvkarleby vara ett fullt genomförbart alternativ. Om alternativet ska studeras vidare bör man emellertid, på ett tidigt stadium, klargöra de geologiska förutsättningarna genom undersökningar längs den tilltänkta tunnelsträckningen.

## 5 Lokaliseringsalternativ i Älvkarleby kommun

### 5.1 Allmänt

Placeringen av djupförvarets berganläggningar styrs huvudsakligen av var det finns berggrund med lämpliga egenskaper. Förstudiens geologiska utredningar (se avsnitt 4.4) visar att det finns ett område norr och nordost om Älvkarleby tätort där berggrunden preliminärt bedöms vara lämplig. Däremot saknas det i detta skede underlag för en exakt placering. Anläggningarna i markplanet bör placeras inom rimligt avstånd från berganläggningarna, och på lämpligt sätt i förhållande till nuvarande och planerad markanvändning, bebyggelse, infrastruktur i form av vägar, järnvägar med mera. Med detta som utgångspunkt har två förslag till lokalisering av anläggningarna ovan jord tagits fram.

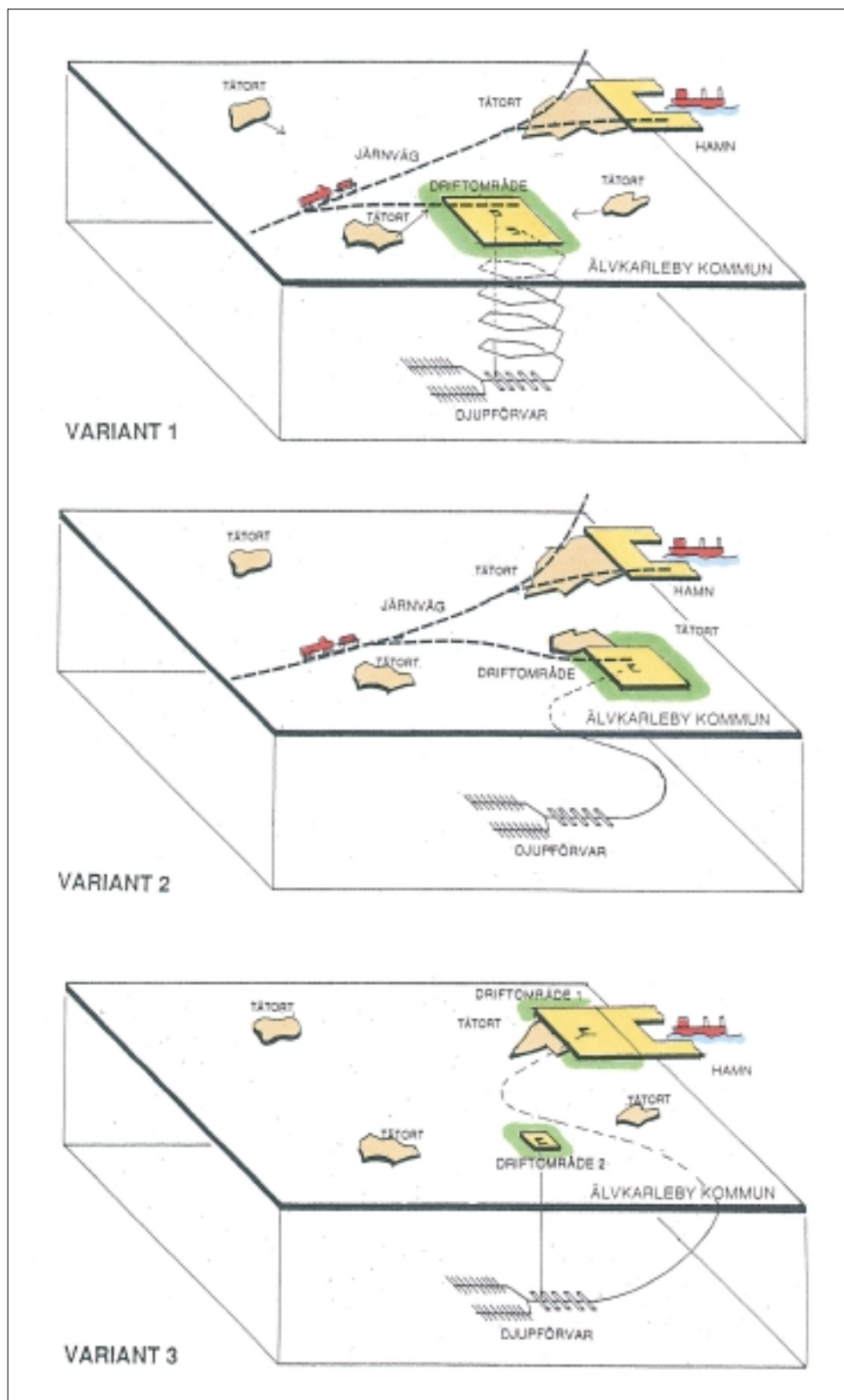
#### 5.1.1 Målsättning

Ett givet grundkrav för de förslag som utarbetats är att byggande och drift av anläggningarna ska kunna ske med god funktion och hög säkerhet. Vidare måste områden och platser som aktualiseras för driften ovan jord finnas inom eller rimligt nära områden som bedöms ha goda geologiska förutsättningar att hysa förvaret. Utöver dessa grundkrav har följande eftersträvat då förslagen tagits fram:

- utnyttjande av befintlig infrastruktur,
- begränsat markintrång,
- anpassning till konkurrerande intressen,
- måttliga transportavstånd,
- hänsynsfull anpassning till naturförhållanden och befintlig bebyggelse,
- tilltalande miljö och god arkitektur,
- rimliga kostnader.

#### 5.1.2 Lokaliseringsförslag

Djupförvarets anläggningar ovan- och under jord kan utformas och sammanbindas på flera, principiellt olika sätt (se kapitel 2). Med de generella förutsättningar som Älvkarleby kommun ger kan man tänka sig de varianter som illustreras i figur 5-1. I samtliga fall förläggs anläggningarna under jord inom det geologiskt intressanta området nordost om Älvkarleby tätort. Den exakta placeringen kan bestämmas först efter omfattande bergundersökningar, inklusive borrhning. Skillnaderna mellan principlösningarna i figur 5-1 består i hur transportererna från mottagningshamn ordnas samt var anläggningarna ovan jord placeras.



*Figur 5-1. Djupförvar i Älvkarleby kommun – alternativa principlösningar.*

En utformning enligt antingen den översta eller den mellersta varianten i figur 5-1 innebär att:

- Driftverksamheten ovan jord förläggs inom eller nära det geologiskt intressanta området.
- Transporterna från mottagningshamn till driftområdet sker på järnväg.

Detta ger möjlighet att placera anläggningarna ovan jord på olika sätt, i förhållande till förvaret och till tätorten Älvkarleby. Den övre varianten i figuren innebär att driftverksamheterna samlas till en plats, belägen rakt ovanför förvaret. En sådan lösning ger funktionsmässiga fördelar. Platsen kan antas sakna användbar utbyggd infrastruktur. Anläggningar, teknisk försörjning och trafikanslutningar får därför byggas upp ”från noll” (så kallad green-field anläggning).

Den mellersta varianten i figur 5-1 innebär att hela eller huvuddelen av verksamheten ovan jord förläggs i anslutning till Älvkarleby tätort. Detta kan ge fördelar i form av samutnyttjande av befintlig infrastruktur och inte minst reducerat behov av personalresor under den långa driftperioden. Beroende på avståndet i sidled mellan underjordsdelen och den valda platsen vid tätorten kan i detta fall behövas ett mindre driftområde (driftområde 2) rakt ovanför underjordsdelens centralområde (ej markerat i figur 5-1).

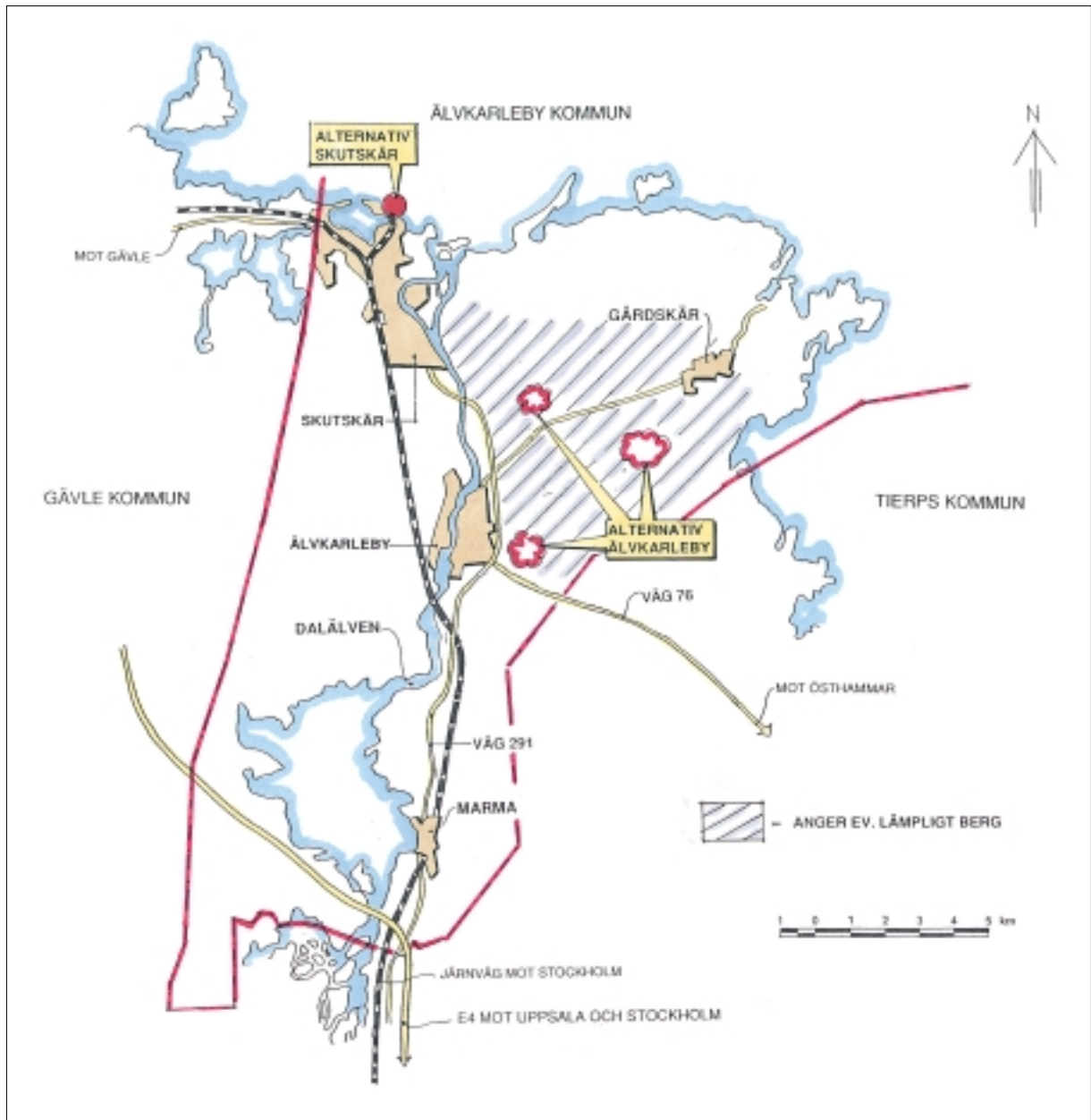
En utformning enligt någon av dessa varianter benämns i det följande **Alternativ Älvkarleby**.

En utformning enligt den nedre varianten i figur 5-1 innebär att:

- Mottagningshamn och huvuddelen av driftverksamheten ovan jord förläggs till Skutskär.
- Transporterna från Skutskär till anläggningarna under jord sker via en tunnel.

Fördelarna med en sådan lösning är att driftverksamheten i huvudsak förläggs till en ort som redan idag har tydlig industriprägel, samt att behovet av avfallstransporter på allmänna kommunikationsleder bortfaller. Förutom en transporttunnel under Dalälven krävs för detta alternativ ett mindre driftområde, placerat rakt ovanför underjordsdelens centralområde. En utformning enligt denna variant benämns fortsättningsvis **Alternativ Skutskär**.

Figur 5-2 illustrerar de båda förslagen – Alternativ Älvkarleby med varianter, samt Alternativ Skutskär. I det följande beskrivs förslagen närmare.



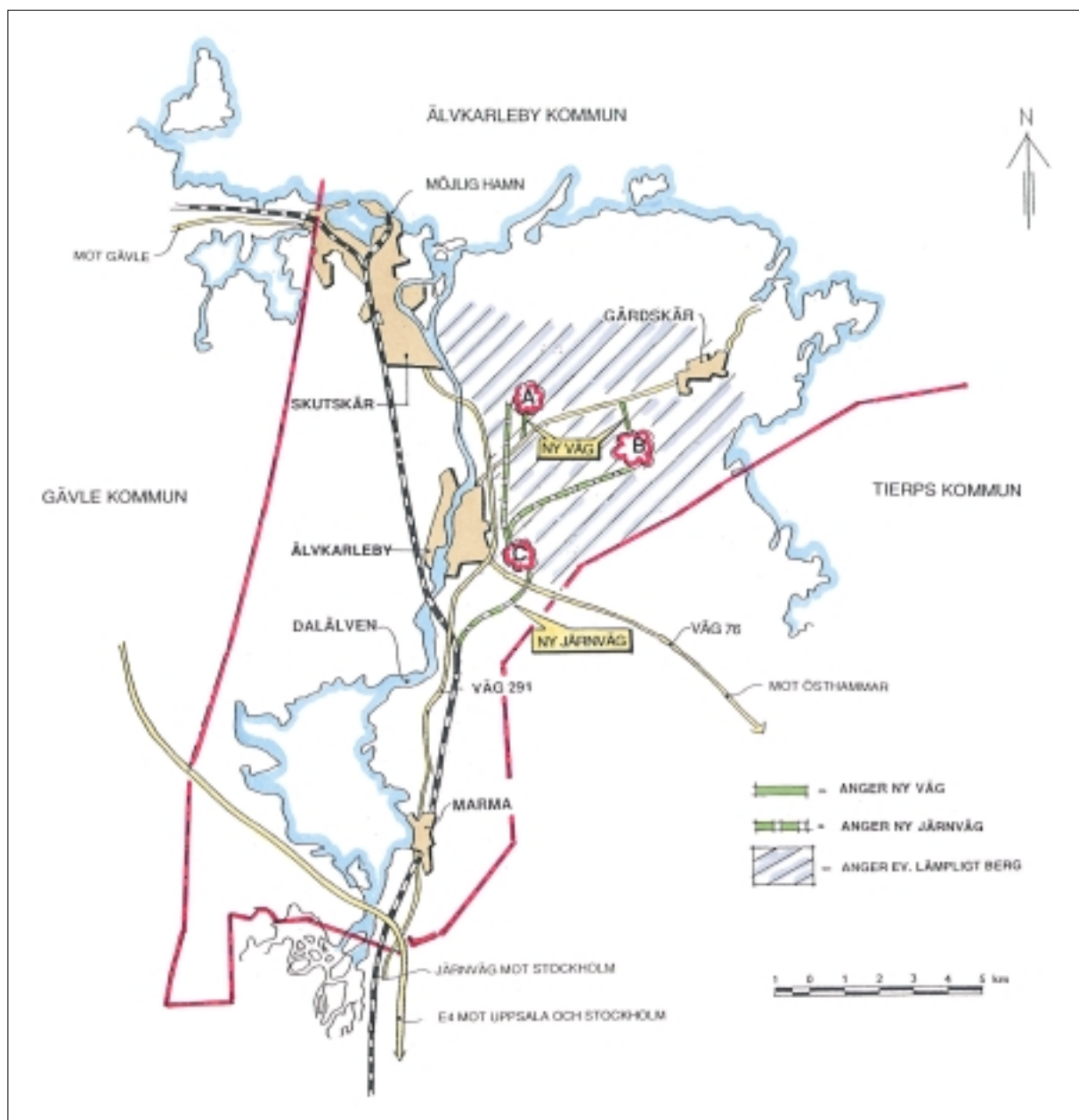
*Figur 5-2. De två lokaliseringsförslagen, Alternativ Älvkarleby och Alternativ Skutskär.*

## 5.2 Alternativ Älvkarleby

### 5.2.1 Bakgrund

Det område som kan vara av intresse för djupförvarets underjordsanläggning kännetecknas av flack skogsterräng och gles bebyggelse. Avgränsningen i söder sammanfaller i stort med riksväg 76. Väg 762 mellan Älvkarleby och Gårdskärs by går rakt genom området. Det finns också ett nät av skogsbilvägar inom området. I öster finns en kommunal avfallsanläggning.

Områdets storlek innebär goda förutsättningar att placera och utforma anläggningarna ovan jord så att de funktionella kraven tillgodoses, samtidigt som hänsyn tas till befintlig bebyggelse, infrastruktur och andra markanvändningsintressen. Figur 5-3 visar några möjliga lägen för anläggningarna. Läge A och B i figuren är slumpmässigt valda exempel, som får illustrera möjligheten att någonstans inom det geologiskt intressanta området förlägga driftverksamheten ovan jord i direkt anslutning till anläggningarna under jord.



Figur 5-3. Alternativ Älvkarleby – läge och transportleder.

Ingen specifik plats kan anges i detta skede. Det aktuella områdets karaktär bör ge goda möjligheter att samla alla erforderliga funktioner ovan jord till ett driftområde, som placeras ovanför själva förvaret.

Läge C i figur 5-3 markerar möjligheten att förlägga anläggningar och driftverksamhet i anslutning till Älvkarleby tätort. En sådan tätortsnära förläggning kan ge fördelar. Infrastrukturen i form av vägar, vatten, avlopp, elförsörjning med mera kan samutnyttjas. Närheten till ett samhälle med bostäder, affärer, skolor och fritidsanläggningar reducerar behovet av resor för personalen, något som får stor betydelse för många under en mångårig driftperiod.

En lokalisering av anläggningen strax öster om Älvkarleby tätort bedöms ha goda möjligheter att tillvarata tätortens fördelar. I Älvkarleby ligger Vattenfalls vattenkraftstation och forskningsanläggning, Fiskeriverkets laxodling samt Laxforskningsinstitutet. Samhället har skola, affärer samt servicefunktioner som hotell, restauranger och fritidsanläggningar. Orten har utvecklats till ett betydande sportfiskecentrum.

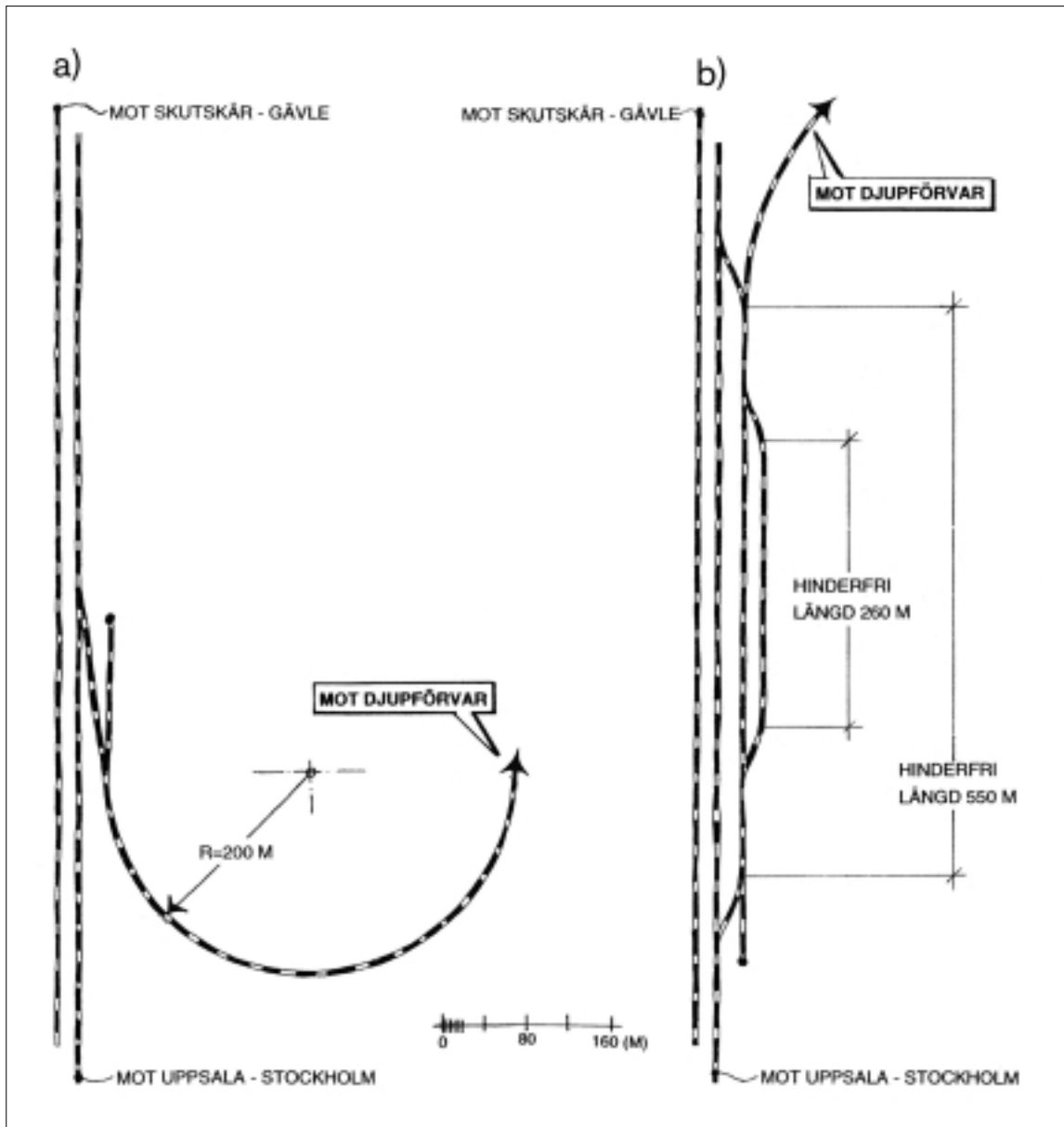
### **5.2.2 Transporter**

Skutskär är förstahandsalternativ som mottagningshamn för transportbehållare med avfall och för bentonitlera. Gävle hamn är också ett möjligt alternativ. Beroende på fartygsstorlek och andra transportrelaterade faktorer kan man också tänka sig att nyttja olika hamnar för avfall respektive bentonitlera.

Transporten från hamnen till driftområdet sker på järnväg, se figur 5-3. Transportbehållare med avfall transporteras i tågsätt med maximalt tio vagnar, en behållare per vagn. Bentonit transporteras antingen i containrar eller i lösvikt i bulkvagnar. Transportbehovet vid full drift uppgår till något eller några tågsätt per vecka.

Såväl hamnen i Skutskär som Gävle hamn har anslutning till Ostkustbanan. Från Ostkustbanan byggs ett stickspår till driftområdet. Anslutningen till Ostkustbanan förläggs på lämplig plats söder om den plats där den befintliga järnvägen korsar väg 291. Anslutningen kan utformas på två sätt, se figur 5-4. Det ena innebär en anslutning som inte kräver att tåget vänds. Det andra innebär parallella spår utmed järnvägen på vilka tåget vänds för vidare transport mot djupförvaret.

Driftområdet behöver också anslutas till vägnätet i området på lämpligt sätt. Goda förutsättningar finns att utforma vägarna på ett godtagbart sätt i förhållande till bebyggelse och övrig markanvändning i området. Vid en förläggning som innebär att all personal åker bil eller buss uppskattas de dagliga vägtransporterna till 50–70 personbilar och 2–4 bussar för personal och besökare, samt 5–10 servicefordon av olika slag. En förläggning i anslutning till tätorten reducerar transportbehovet, framförallt resandet med personbilar.



**Figur 5-4.** Alternativ Älvkarleby. Järnväganslutning till Ostkustbanan – principskiss.  
 a) utan tågvändning b) parallellspår med tågvändning.



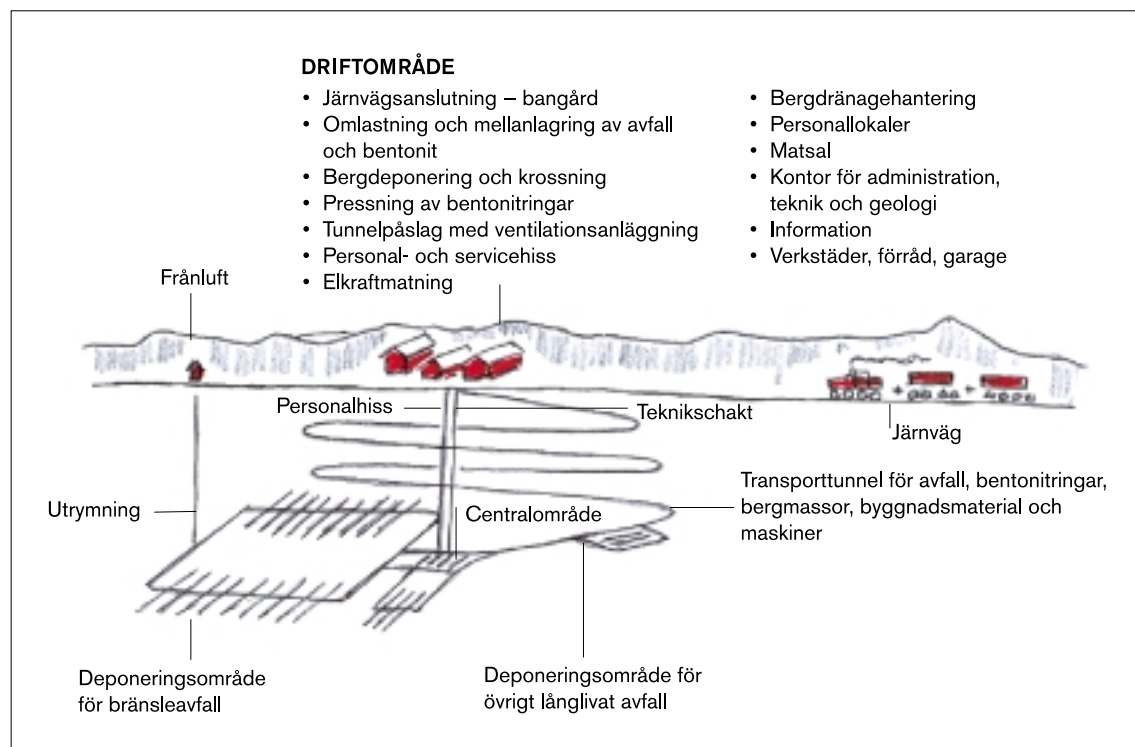
### 5.2.3 Anläggningar – allmängiltig utformning

Figur 5-5 visar principiell utformning av anläggningarna samt funktionsfördelning för det fall att driftverksamheten samlas till ett driftområde, med placering rakt ovanför förvarets centraldel (jämför även figur 2-5). Det är också möjligt att välja en utformning som innebär sidoförskjutning av anläggningarna.

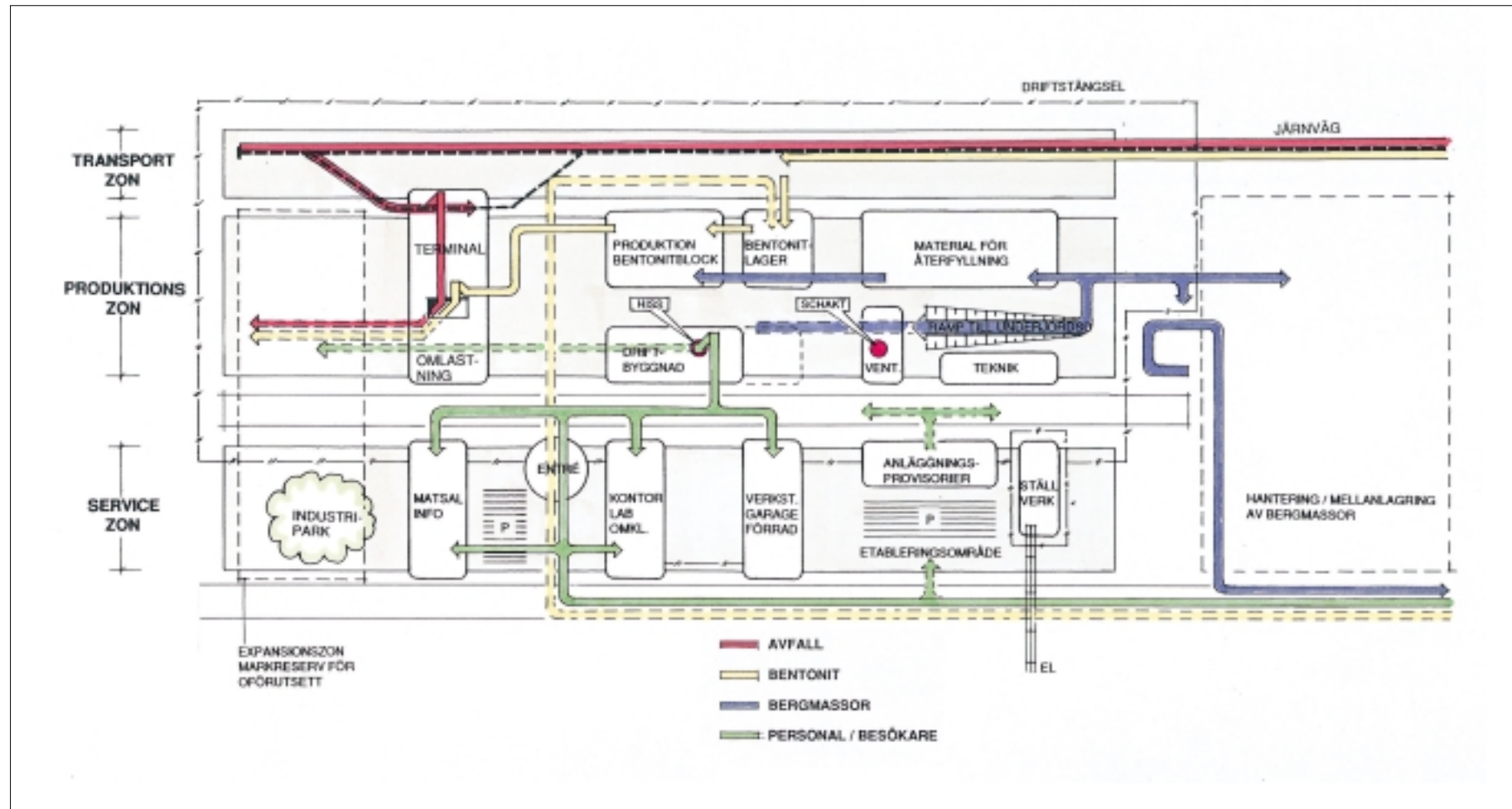
Figur 5-6 visar en föreslagen, principiell markdisponering av driftområdet. Funktionerna grupperas i tre parallella stråk i form av en transportzon, en produktionszon och en servicezon. De färgade pilarna i figuren visar flödesvägar för radioaktivt avfall, bentonit, bergmassor och personal/besökare. Flödesvägarna ger en uppfattning om samspelet mellan funktionerna och zonerna.

Utformningen av driftområdet styrs till stor del av bangården som måste vara rak, plan och horisontell. Bangårdens längd dimensioneras av ett tågsätt med lok och tio vagnar. Produktionszonens form styrs i sin tur av schaktet till underjordsanläggningens centralområde.

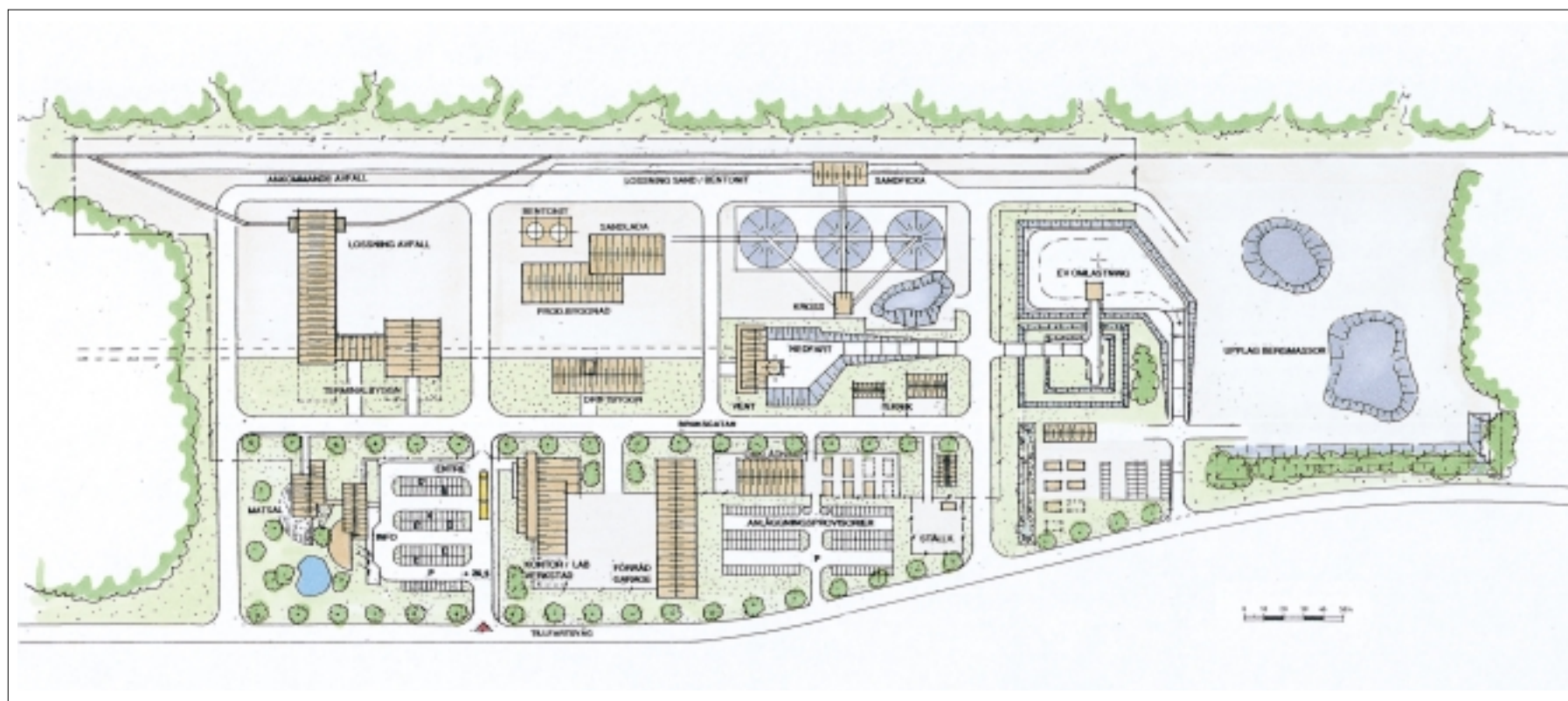
Figur 5-7 visar ett allmängiltigt förslag till situationsplan för driftområdet. Anpassningar till terrängen och lokala förutsättningar i övrigt kan göras först då en specifik plats valts. Den illustrerade utformningen motsvarar ett arealbehov på cirka 15 hektar, inklusive upplagsytor för bergmassor.



*Figur 5-5. Alternativ Älvkarleby. Principiell utformning och funktionsfördelning för det fall att driftområdet placeras ovanför förvarets centraldel.*



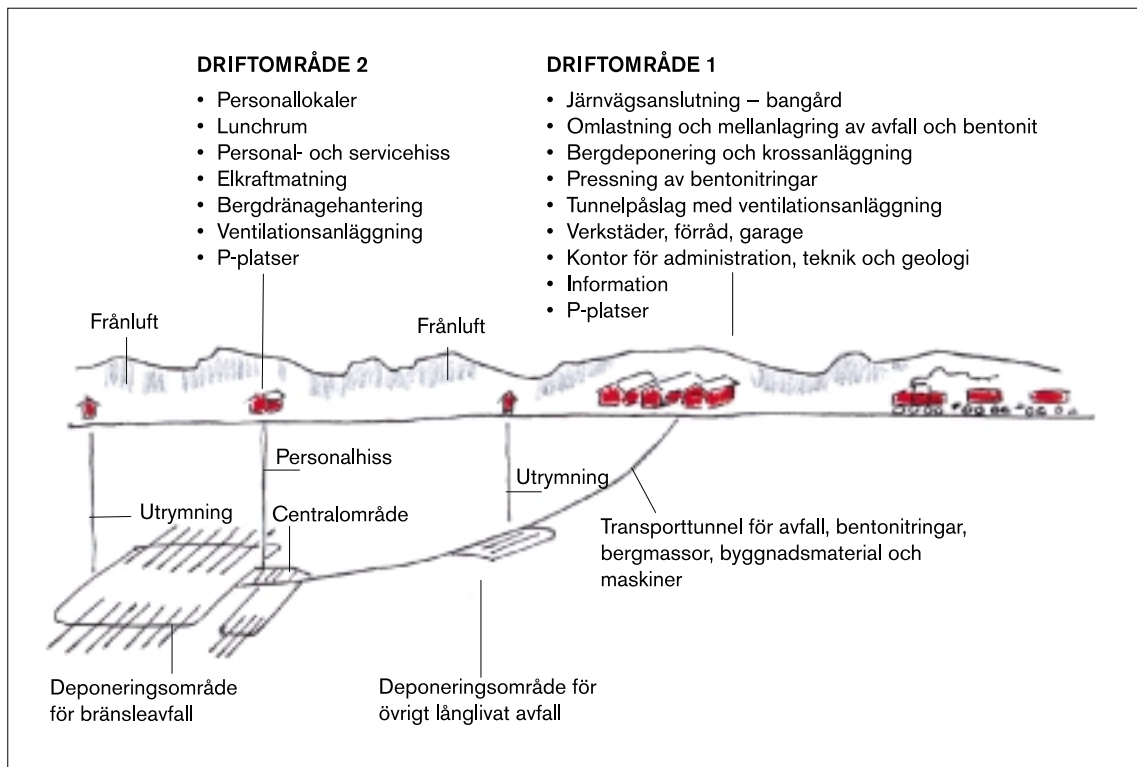
Figur 5-6. Alternativ Älvökarleby. Markdisponering och transportflöden inom driftområdet – allmängiltigt exempel.



*Figur 5-7. Alternativ Alokarleby. Situationsplan – allmängiltigt exempel.*

## 5.2.4 Anläggningar – förläggning vid Älvkarleby tätort

Figur 5-8 visar principiell utformning av anläggningarna, för det fall att huvuddelen av driftverksamheten (driftområde 1) förläggs i anslutning till Älvkarleby tätort. Driftområdet ovan jord förbinds med förvaret med en lutande tunnel. Tunneln används för såväl nertransport av avfall och bentonit som uppforsling av bergmassor. Längd och sträckning avgörs av var underjordsdelen kan placeras och av bergförhållandena ”längs vägen”. Om avståndet mellan driftområdet och förvaret blir långt etableras ett mindre (driftområde 2) rakt över underjordsdelens centralområde.



**Figur 5-8.** Alternativ Älvkarleby. Principiell utformning och funktionsfördelning för det fall att huvuddelen av driftverksamheten förläggs i anslutning till Älvkarleby tätort.

Figur 5-9 visar mera i detalj området omedelbart öster om Älvkarleby tätort, samt föreslaget läge för driftområde 1. En rekognosering på plats har visat att området utgörs av flack skogsmark med såvitt kan bedömas goda grundläggningsförhållandena. Avståndet till riksväg 76 anpassas så att en gränsszon skapas mellan den tänkta anläggningen och vägen.

Industriområdet kan anslutas mot landsvägen i båda ändar, vilket medger att persontrafiken kan separeras från övriga transporter. Med dessa anslutningar bedöms befintliga vägar vara fullt tillräckliga för djupförverkets behov. Stickspåret från Ostkustbanan dras i en viadukt under riksväg 76 och ansluts mot driftområdet.

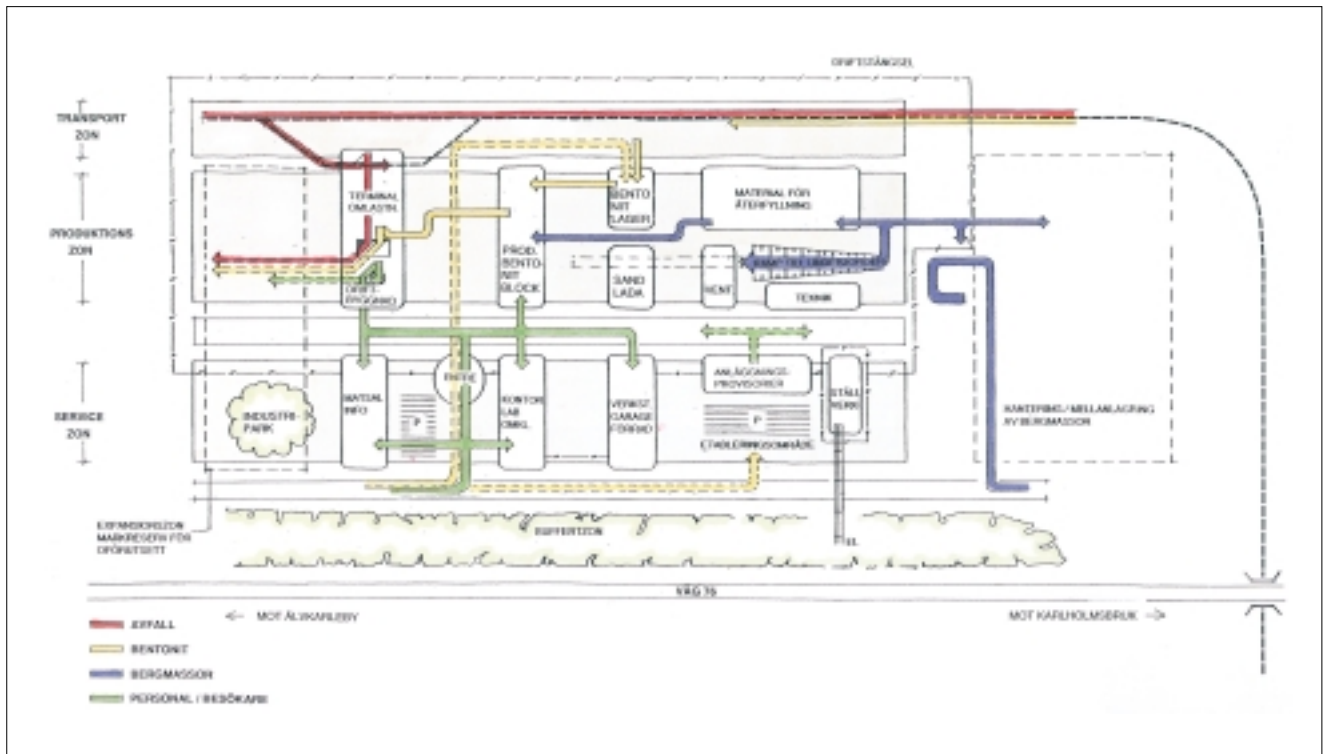
Den tänkta disponeringen av markområdet visas i figur 5-10. Disponeringen följer de principer som redovisats tidigare, med en uppdelning i en transportzon, en produktionszon och en servicezon, arrangerade i tre parallella stråk. Den längd som krävs för järnvägens bangård styr områdets geometri. Transportflödena inom området markeras med pilar i figuren. De olika funktionerna har placerats för att ge optimala transportvägar med minsta möjliga antal plankorsningar inom området.

Figur 5-11 visar ett förslag till situationsplan, baserat på den redovisade markdisponeringen. Byggnaderna utformas för att passa de olika funktioner som driften kräver. Form och storlek på byggnaderna har valts utifrån dagens kunskaper och planeringsläge. Utrymme har reserverats för anpassning till eventuella förändringar av förutsättningarna.



**Figur 5-9.** Alternativ Älvkarleby. Lokala förutsättningar och föreslaget läge vid en förläggning av driftverksamheten i anslutning till tätorten.





**Figur 5-10.** Alternativ Älvkarleby. Markdisposition och transportflöden inom driftområdet, vid förläggning i anslutning till tätorten.



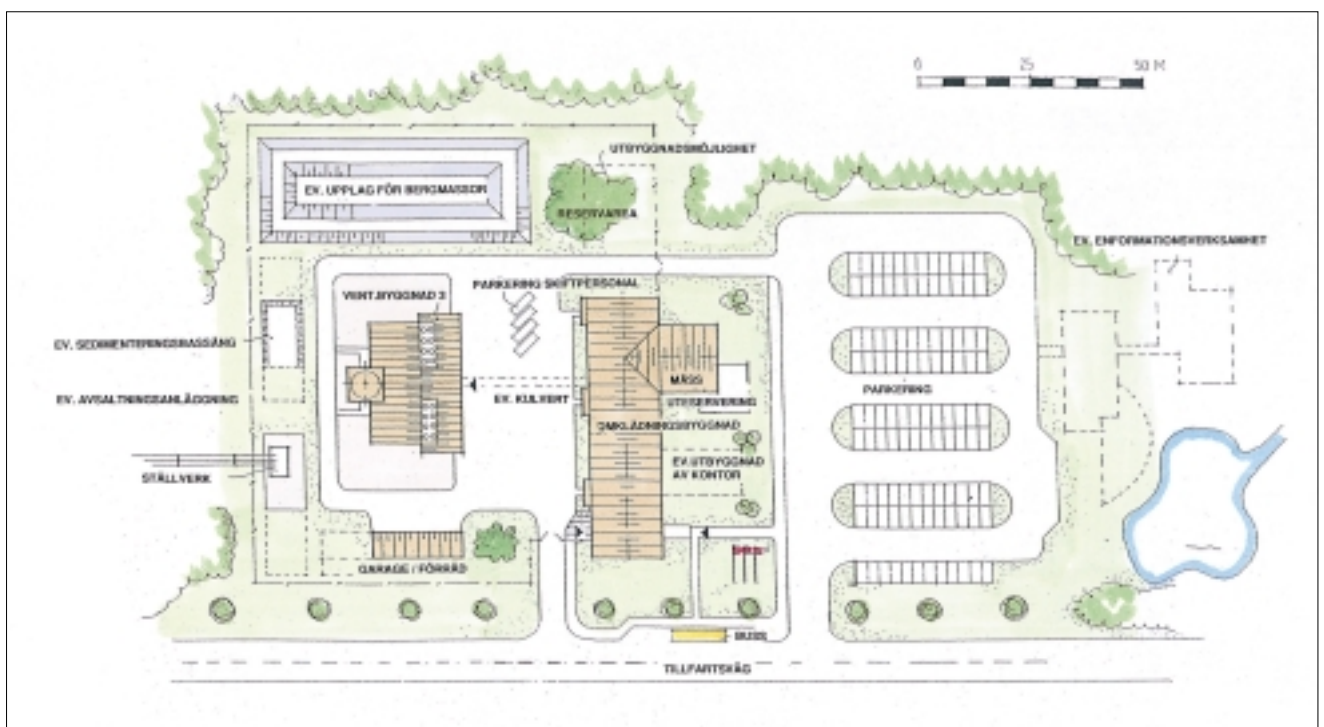
**Figur 5-11.** Alternativ Älvkarleby. Situationsplan vid förläggning av driftområdet i anslutning till tätorten.

## Driftområde 2

Utformningen med ett driftområde 2 ovanför förvarets centraldel underlättar driften av avsevärt, jämfört med alternativ som innebär att all kommunikation sker via transporttunneln. Det ger möjlighet att snabbt och smidigt transportera personal och besökare till och från berganläggningarna, via ett hissförsett schakt. Samtidigt blir försörjningsvägarna för bland annat elkraft korta.

Figur 5-12 visar hur driftområde 2 skulle kunna utformas. Exemplet är generellt, eftersom läget inte kan preciseras i detta skede. Även denna anläggning anpassas till det aktuella markområdets naturförhållanden och eventuell näraliggande bebyggelse. Även om läget i stor utsträckning styrs av bergförhållanden bör det vara möjligt att genom mindre lägesjusteringar och anpassning av anläggningarna åstadkomma en varsam och tilltalande anpassning till den omgivande miljön. Trafiken till driftområde 2 begränsas väsentligen till persontransporter per buss och bil. Övriga transporter, inklusive kärnavfall och återfyllningsmaterial, sker via driftområde 1.

Till driftområde 2 förläggs dels en personalbyggnad, dels en byggnad ovanför schaktet med hissmaskineri och ventilationsutrustning. Området blir den naturliga samlingspunkten för personal som har sina arbetsplatser på olika håll i anläggningarna under jord. Här börjar och slutar arbetsdagen och här samlas man för raster och möten. Det kan också vara praktiskt och ekonomiskt fördelaktigt att ordna huvuddelen av kraftmatningen till underjordsdelarna liksom omhändertagandet av dränagevatten från tunnelnsystemen via driftområde 2 och schaktet.



Figur 5-12. Situationsplan för driftområde 2.

## **Ventilationsbyggnader**

Ventilationen av berganläggningarna kräver några ventilationsschakt utplacerade dels längs nedfartstunneln, dels i förvarets ytterområden. Schakten från tunnelsystemet är också tänkta att kunna användas som utrymningsvägar.

Ovanför schakten placeras enkla byggnader som bland annat innehåller ventilationsfläktar. Byggnaderna är relativt små och bör kunna inordnas i landskapet på ett acceptabelt sätt. Fläktsystemen fjärrmanövreras och kräver därför endast sporadisk tillsyn. Ljudet som genereras av fläktarna dämpas genom speciella arrangemang så att störningen i omgivningen blir marginell. En väganslutning med tillräcklig standard för att vara framkomlig med en normal lastbil krävs för tillsyn och service av anläggningarna.

## **5.3 Alternativ Skutskär**

### **5.3.1 Bakgrund**

Skutskärsområdet bedöms av geologiska skäl inte vara lämpligt för djupförvarets berganläggningar. Däremot skulle en förläggning av såväl hamn som huvuddelen av verksamheten ovan jord till Skutskär ge en rad fördelar. Den kanske viktigaste är möjligheten att helt slippa transporter av radioaktivt avfall på allmänna kommunikationsleder, från mottagningshamn till platsen för djupförvaret. Även om transporterna kan genomföras med betryggande radiologisk säkerhet på såväl järnväg som väg utgör de en verksamhet som av många kan upplevas som oroande eller åtminstone onödig.

I Skutskär finns sedan länge en omfattande industriverksamhet genom Stora Enso's anläggningar. Ur miljösynpunkt kan en förläggning av djupförvarets driftverksamhet ovan jord i anslutning till industri ge stora fördelar. De störningar som uppstår till följd av att mark tas i anspråk för anläggningarna blir i regel mindre än vid lokaliseringar till tidigare oexploaterade områden. Det kan också vara möjligt att samutnyttja befintliga trafikanslutningar och annan infrastruktur, även det med minskade miljöstörningar som resultat.

Som samhälle präglas Skutskär av den starka industritraditionen. All erfarenhet visar att detta underlättar nya industrietableringar på många sätt. Vidare skulle en förläggning till Skutskär ge goda möjligheter att ta tillvara de kommunikationsmässiga fördelarna med ett tätortsnära läge. Mer än hälften av kommunens befolkning bor i Skutskär som också är kommunens administrativa centrum, med fullt utbyggd offentlig och privat service.

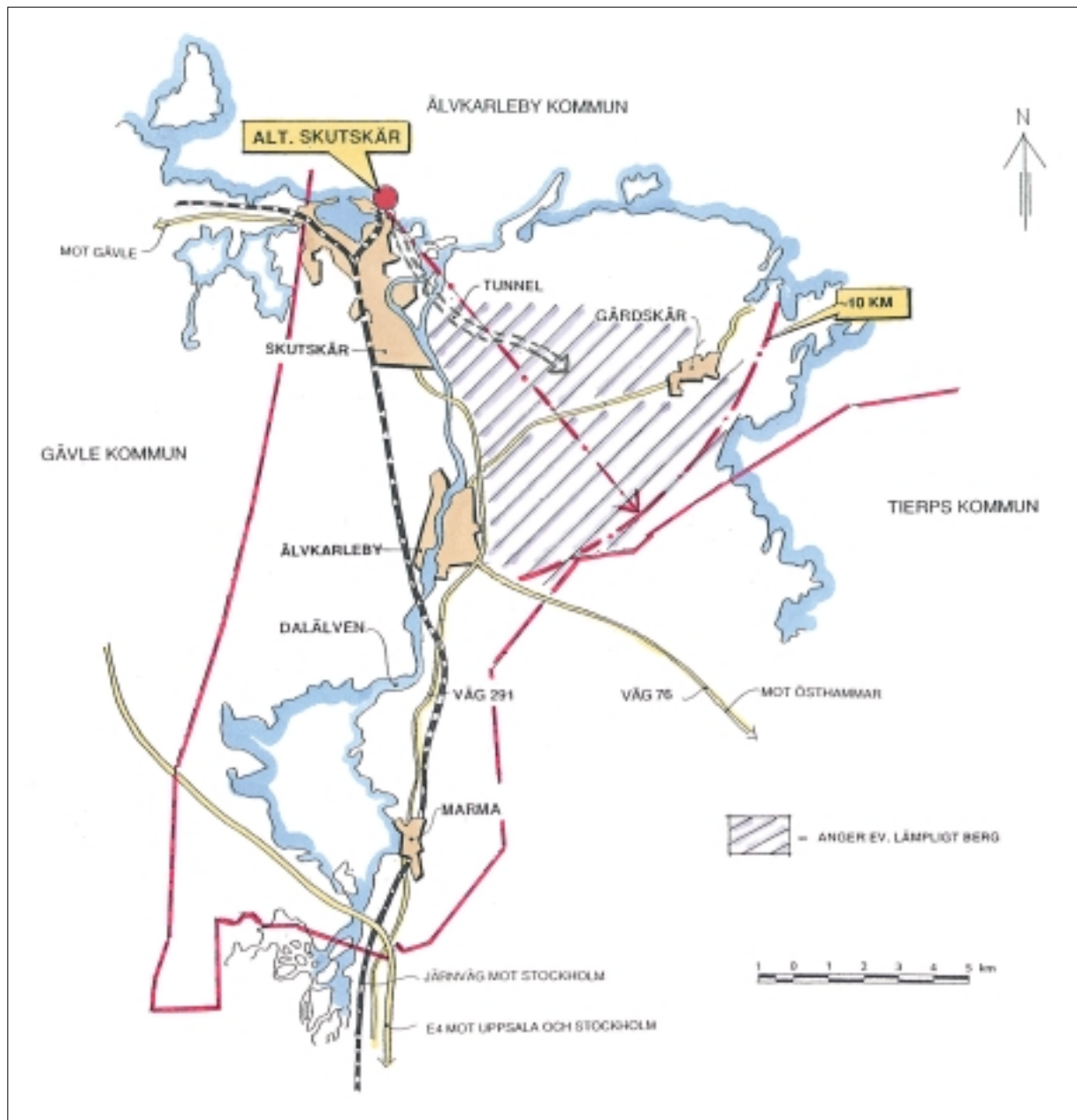
### **5.3.2 Transporter**

Skutskär framstår alltså som ett gynnsamt alternativ för mottagningshamn och djupförvarets anläggningar ovan jord. Berganläggningarna antas även för detta alternativ placeras inom det område öster om Dalälven där berggrunden bedömts vara potentiellt lämplig. Avståndet från Skutskärs hamn blir då som minst cirka 4 kilometer och som



mest cirka 12 kilometer. Den transportlösning som föreslås är att en tunnel byggs från mottagningshamnen, ner under Dalälven och till platsen för berganläggningarna. Figur 5-13 visar den del av området som kan nås med en 10 kilometer lång tunnel. Tunneln används för nedtransport av avfall, bentonitbuffert och återfyllnadsmaterial, samt uppforsling av bergmassor.

Det tätortsnära läget reducerar väsentligt behovet av personaltransporter. I övrigt är de allmänna transportbehoven för service mm jämförbara med de som angetts för Alternativ Älvkarleby.



**Figur 5-13.** Alternativ Skutskär: Föreslaget läge för anläggningar vid hamnen samt transporttunnel.

### **5.3.3 Anläggningar**

Figur 5-14 visar den principiella utformning av djupförvarets anläggningar som skulle bli aktuell vid en förläggning till Skutskär. Mottagningshamn, driftområde och tunnelnedfart sammanbyggs till en enhet. Därifrån går transporttunneln under Dalälven, och vidare till platsen för underjordsanläggningen. Tunnelsträckningen kan anpassas så att eventuella områden med ogynnsamma bergförhållanden undviks i största möjliga utsträckning. De bergtekniska aspekterna på att anlägga en transporttunnel enligt figur 5-12 diskuteras i avsnitt 4.5. Eftersom avståndet mellan driftområdet och berganläggningarna blir betydande (minst 4 kilometer) etableras även för detta alternativ ett mindre driftområde (driftområde 2), med placering ovanför förvarets centraldel. Från driftområde 2 utgår ett schakt för persontransporter med hiss till och från förvarnsnivån.

#### ***Hamn och driftområde 1***

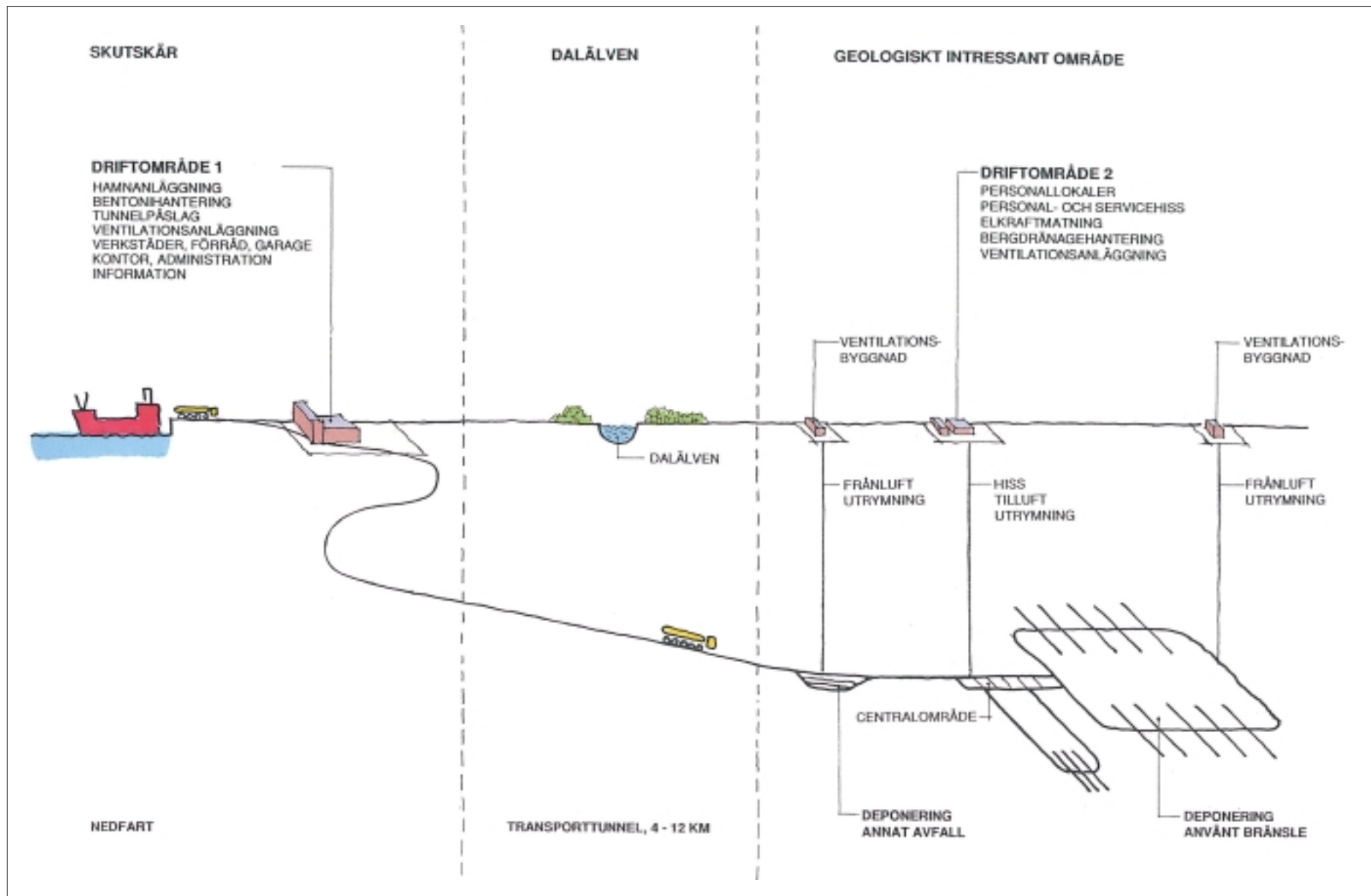
Möjliga lägen för mottagningshamn och anslutande driftområde har studerats översiktligt. Den nuvarande hamnbassängen skulle kunna bli aktuell för utbyggnad av enbart en hamnterminal för djupförvarets behov (se kapitel 4) men inte för ett industriområde som innefattar både hamn och driftverksamhet.

En plats som bedöms vara lämplig finns emellertid utanför, och cirka 1 kilometer öster om, det nuvarande hamninloppet. Den föreslagna platsen är belägen på utsidan av den landtunga som begränsar den befintliga hamnen åt öster. Idag pågår ingen verksamhet inom området, men de finns lämningar av tidigare industriverksamhet. Djupförhållanden och andra förutsättningar för att anlägga en hamnterminal på platsen bedöms vara goda. Detsamma gäller möjligheterna att etablera ett anslutande driftområde med tunnelnedfart. Bergmassor från utsprängningen av transporttunneln kan med fördel användas för de utfyllnader som krävs för grundläggning av hamn- och industriområdet. Det bedöms också möjligt att etablera erforderliga anläggningar utan att det medför oacceptabla störningar för kuststräckan öster därom (dvs i riktning mot Dalälvens utlopp) där det bland annat finns en badplats.

Tillgängligt underlag har inte medgett någon närmare precisering av platsens förutsättningar, eller konkret beskrivning av hur anläggningarna skulle kunna utformas. För att alternativet ska kunna konkretiseras krävs kontakter med Stora Enso, för att klargöra marktillgång och möjliga lägen för anläggningarna i förhållande till nuvarande och planerad verksamhet vid Skutskärsverken. Av liknande skäl kan det också behövas diskussioner med kommunen och eventuellt med andra lokala intressenter. Det finns också behov av att på plats mera ingående studera markförhållanden och andra tekniska aspekter. En annan faktor som behöver beaktas är eventuella markföroreningar till följd av tidigare industriverksamhet.

#### ***Driftområde 2***

Föreslagen omfattning och utformning av driftområde 2 för Alternativ Skutskär skiljer sig inte från det förslag som presenterats för Alternativ Älvkarleby, se avsnitt 5.2.4 och figur 5-12. Detsamma gäller utformningen av de ventilationsbyggnader som behövs på några ställen längs sträckningen för transporttunneln.



Figur 5-14. Alternativ Skutskär. Principiell utformning av djupförvarets anläggningar.

## 5.4 Slutkommentar

Betraktade ur ett tekniskt perspektiv bedöms de båda förslag som redovisats ge goda förutsättningar att med rimliga insatser bygga och driva anläggningarna med god funktion och hög säkerhet. Direkta jämförelser är svåra att göra, bland annat därför att det underlag som funnits tillgängligt inte medgett att alternativen bearbetats till jämbördig detaljeringsgrad. Vidare bör jämförande värderingar göras utifrån ett helhetsperspektiv – inte med begräsning till de väsentligen tekniska faktorer som varit utgångspunkterna för föreliggande arbete. Utredarna har därför avstått från sådana värderingar. Nedan listas emellertid några väsentliga för- och nackdelar med respektive alternativ, vilka kan fungera som stöd vid jämförelser.

### **Alternativ Älvkarleby**

Fördelar:

- Närhet till stora områden med potentiellt gynnsam berggrund.
- God tillgång till lämpliga markområden.
- Stor flexibilitet vad gäller läge och utformning.

Nackdelar:

- Begränsade möjligheter att nyttja befintlig infrastruktur.
- Trafikanslutningar måste byggas.
- Avfallstransporter på allmänna kommunikationsleder.
- Hittills oexploaterad mark tas i anspråk.
- ”Industrifrämmande” miljö.

### **Alternativ Skutskär**

Fördelar:

- Inga transporter på allmänna kommunikationsleder.
- Goda möjligheter att nyttja befintlig infrastruktur.
- Industrimiljö.

Nackdelar:

- Långt till potentiellt lämplig berggrund.
- Begränsad flexibilitet vad gäller läge och utformning.
- Viss osäkerhet om bergtekniska förutsättningar för transporttunnel.

## 6 Referenser

- /1/ **SKB, 1998. FUD-program 98.** Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning samt utveckling och demonstration av inkapsling och geologisk djupförvaring. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /2/ **SKB, 1998.** Systemredovisning av djupförvaring enligt KBS-3-metoden. SKB Rapport R-98-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /3/ **Pettersson S, Svemar C samt Vattenfall Energisystem AB och Lange Art AB, 1993.** Anläggningsbeskrivning. Nedfart endast via schakt. SKB AR 44-93-003, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /4/ **Pettersson S, Svemar C samt Vattenfall Energisystem AB och Lange Art AB, 1993.** Anläggningsbeskrivning. Nedfart via spiralramp och serviceschakt. SKB AR 44-93-004, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /5/ **Pettersson S, Svemar C samt Vattenfall Energisystem AB och Lange Art AB, 1993.** Anläggningsbeskrivning. Nedfart via rak ramp. SKB AR 44-93-005, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /6/ **Larsson H, Leijon B, 1999.** Förstudie Oskarshamn. Bergtekniska data, erfarenheter och bedömningar. SKB Rapport R-99-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /7/ **Lönnerberg B, Petersson S, 1998.** Säkerheten vid drift av djupförvaret. SKB Rapport R-98-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /8/ **Forsgren E, Lange F och Larsson H, 1996.** SFL 3-7, Layoutstudie. SKB AR D-96-016, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /9/ **Ekendahl A-M, Pettersson S, 1998.** Säkerheten vid transport av inkapslat bränsle. SKB Rapport R-98-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /10/ **Leijon B, 1998.** Nord-syd/Kust-inland. Generella skillnader i förutsättningar för lokalisering av djupförvar mellan olika delar av Sverige. SKB Rapport R-98-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /11/ **Andersson L-G, 1998.** Provtillverkning av kopparkapslar med gjutna insatser. Lägesrapport augusti 1998. SKB Rapport R 98-09, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /12/ **Sjöfartsverket, 1998.** Svensk Lots. Sjöfartsverket, Norrköping.
- /13/ **Bergman T, m fl, 2000.** Förstudie Älvkarleby. Jordarter, bergarter och deformationszoner. SKB Rapport R-00-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

- /14/ **Follin S, m fl, 2000.** Förstudie Älvkarleby. Grundvattnets rörelse och långsiktiga förändringar.  
SKB Rapport R-00-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /15/ **SKB, 1995.** Översiktsstudie 95. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /16/ **Åkerblom G, Lindén A, 1995.** Förstudie Storuman. Radon i djupförvar.  
SKB PR 44-94-039, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /17/ **Larsson H, Leijon B, 1996.** Förstudie Östhammar. Bergtekniska erfarenheter i regionen. SKB PR D-96-025, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /18/ **Ahlbom K, m fl, 1992.** Finnsjön study site. Scope of activities and main results.  
SKB Technical Report TR 92-33, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /19/ **SR 97** Djupförvar för använt kärnbränsle – Säkerhet efter förslutning.  
Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /20/ **Leijon B, Ljunggren C, 1992.** A rock mechanics study of fracture zone 2 at the Finnsjön site.  
SKB Technical report TR 92-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.