

# Ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen

## Toppdokument

Ansökan om tillstånd enligt Kärntekniklagen för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

## Bilaga Begrepp och definitioner

Begrepp och definitioner för ansökan om utbyggnad och fortsatt drift av SFR

## Bilaga F-PSAR SFR

Första preliminär säkerhetsredovisning för ett utbyggt SFR

## Allmän del 1

Anläggningsutformning och drift

## Allmän del 2

Säkerhet efter förslutning

## Typbeskrivningar

- Preliminär typbeskrivning för hela BWR reaktortankar exklusive interndelar.
- Preliminär typbeskrivning för skrot i fyrkokill
- Preliminär typbeskrivning för hårdkomponenter i stältankar **Utgått maj 2017**

## Bilaga AV PSU

Avvecklingsplan för ett utbyggt SFR  
Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall

## Bilaga VOLS-Ansökan PSU

Verksamhet, organisation, ledning och styrning för utbyggnad av SFR – Ansökans- och systemhandlingskede

## Bilaga VOLS-Bygg PSU

Verksamhet, organisation, ledning och styrning för utbyggnad av SFR – Tillståndsprövnings- och detaljprojekteringskedet samt byggskedet.

## Bilaga MKB PSU

Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

## Bilaga BAT

Utbyggnad av SFR ur ett BAT-perspektiv

## Kapitel 1

Inledning

## Kapitel 2

Förläggingsplats

## Kapitel 3

Konstruktionsregler

- Tolkning och tillämpning av krav i SSMFS
- Principer och metodik för säkerhetsklassning – Projekt SFR utbyggnad
- Säkerhetsklassning för projekt SFR-utbyggnad
- Acceptanskriterier för avfall, PSU

## Kapitel 4

Anläggningens drift

## Kapitel 5

Anläggnings- och funktionsbeskrivning

- Preliminär plan för fysiskt skydd för utbyggt SFR
- SFR Förslutningsplan
- Metod och strategi för informations- och IT-säkerhet, PSU

## Kapitel 6

Radioaktiva ämnen

- Radionuclide inventory for application of extension of the SFR repository - Treatment of uncertainties. **(1) (2)**
- Låg- och medelaktivt avfall i SFR.  
Referensinventarium för avfall 2013 **(uppdaterad 2015-03)**

## Kapitel 7

Strålskydd

- Dosprognos vid drift av utbyggt SFR

## Kapitel 8

Säkerhetsanalys för driftskedet

- SFR – Säkerhetsanalys för driftskedet

## Kapitel 9

Mellanlagring av långlivat avfall **Utgått maj 2017**

- Ansökansinventarium för mellanlagring av långlivat avfall i SFR **Utgått maj 2017**

## Huvudrapport

Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR

Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU **(1) (3)**

### FHA report

Handling of future human actions in the safety assessment **(2)**

### FEP report

FEP report for the safety assessment

### Waste process report

Waste process report for the safety assessment

### Geosphere process report

Geosphere process report for the safety assessment

### Barrier process report

Engineered barrier process report for the safety assessment

### Biosphere synthesis report

Biosphere synthesis report for the safety assessment

### Climate report

Climate and climate related issues for the safety assessment

### Model summary report

Model summary report for the safety assessment

### Data report

Data report for the for the safety assessment **(2)**

### Input data report

Input data report for the safety assessment **(2) (3)**

### Initial state report

Initial state report for the safety assessment **(2)**

### Radionuclide transport report

Radionuclide transport and dose calculations for the safety assessment **(2)**

### SDM-PSU Forsmark

Site description of the SFR area at Forsmark on completion of the site investigation

Samrådsredogörelse

Konsekvensbedömning av vattenmiljöer vid utbyggnad av SFR

**Ersatt juli 2016 av bilaga SFR-U K:2**

Naturmiljöutredning inför utbyggnad av SFR, Forsmark, Östhammar kommun.

## Kompletteringar

- September 2015 – Svensk version av *Huvudrapport SR-PSU* i allmän del 2 samt ny version (3.0) av *Radionuclide inventory* i allmän del 1 kapitel 6
- Oktober 2015 – Fem uppdaterade rapporter i allmän del 2 samt ny version (4.0) av *Radionuclide inventory* i allmän del 1 kapitel 6
- Oktober 2017 – Uppdatering av *Huvudrapport SR-PSU* och *Input data report*



Öppen

Säkerhetsrapport Allmän del

DokumentID 1221857	Version 2.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (19)
Författare Patrik Berg			Datum 2014-04-22	
Kvalitetssäkrad av David Persson (KG)			Kvalitetssäkrad datum 2014-11-17	
Godkänd av Peter Larsson			Godkänd datum 2014-11-18	
Kommentar Granskning har skett enligt granskningsprotokoll SKBdoc 1413587.				

## F-PSAR SFR - Allmän del 1 kapitel 2 - Förläggingsplats

### Innehåll

<b>2</b>	<b>Förläggingsplats.....</b>	<b>3</b>
2.1	Inledning.....	3
2.2	Anläggningsområde.....	4
2.2.1	Allmänt.....	4
2.2.2	Byggnader och anläggningar.....	4
2.2.3	Övrig verksamhet.....	5
2.2.4	Tunga transporter.....	6
2.3	Omgivning.....	7
2.3.1	Befolkning.....	7
2.3.2	Näringsliv.....	7
2.3.3	Kommunikationer.....	7
2.4	Meteorologi.....	9
2.4.1	Lufttemperatur.....	9
2.4.2	Nederbörd.....	10
2.4.3	Vindar.....	10
2.4.4	Tromber.....	12
2.4.5	Luftryck.....	12
2.4.6	Blixurladdningar.....	13
2.5	Geologi.....	13
2.6	Hydrologi.....	14
2.7	Hydrogeologi.....	15
2.7.1	Inläckage av grundvatten till tunnelsystemet.....	15
2.7.2	Grundvattenkemi.....	16
2.8	Seismologi.....	18
2.9	Referenser.....	19

## Revisionsförteckning

Version	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Granskad	Godkänd
1.0	2014-04-28	Dokument utfärdat	Patrik Berg	Enligt granskningsprotokoll SKBdoc 1413587	Peter Larsson
2.0	Se sidhuvud	Uppdaterat referenslistan samt mindre redaktionella ändringar	Patrik Berg	Enligt granskningsprotokoll SKBdoc 1413587.	Se sidhuvud

## 2 Förläggningsplats

### 2.1 Inledning

I detta kapitel beskrivs förhållanden på förläggningsplatsen, den geografiska plats där SFR är placerad, och i dess närmaste omgivning. Kapitlet redogör för:

- anläggningar på platsen
- befolkningsfördelning, näringsliv och kommunikationer
- meteorologiska förhållanden
- hydrologiska förhållanden
- geologiska förhållanden
- seismologiska förhållanden.

Kapitlet utgör underlag för:

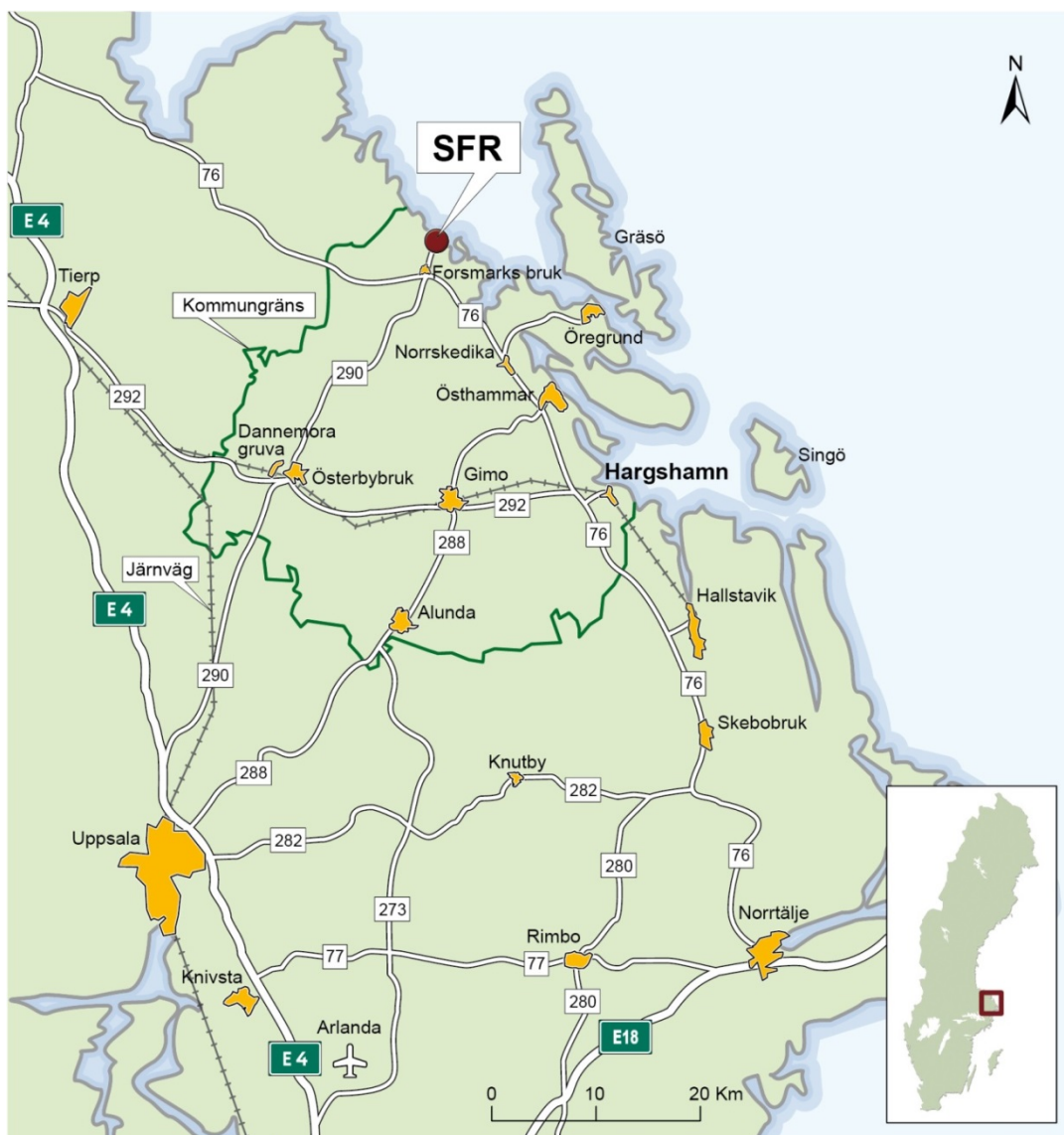
- analys och utvärdering av slutförvarsanläggningens säkerhet vid yttre påverkan
- dimensionering av beredskapsåtgärder vid potentiella icke-nukleära händelser.

Detta kapitel beskriver förhållanden som är av betydelse fram till förslutning. Förhållanden som är av betydelse för SFR:s långsiktiga säkerhet beskrivs i Allmän del 2 kapitel 6.

## 2.2 Anläggningsområde

### 2.2.1 Allmänt

Forsmarks industriområde är beläget nordost om Forsmarks brukssamhälle och riksväg 76 i Östhammars kommun, se figur 2-1. Inom industriområdet ligger Forsmarks kärnkraftverk med tre reaktorer som ägs av Forsmarks Kraftgrupp (FKA). Öster om kärnkraftverket ligger SFR cirka 60 meter under havets botten.

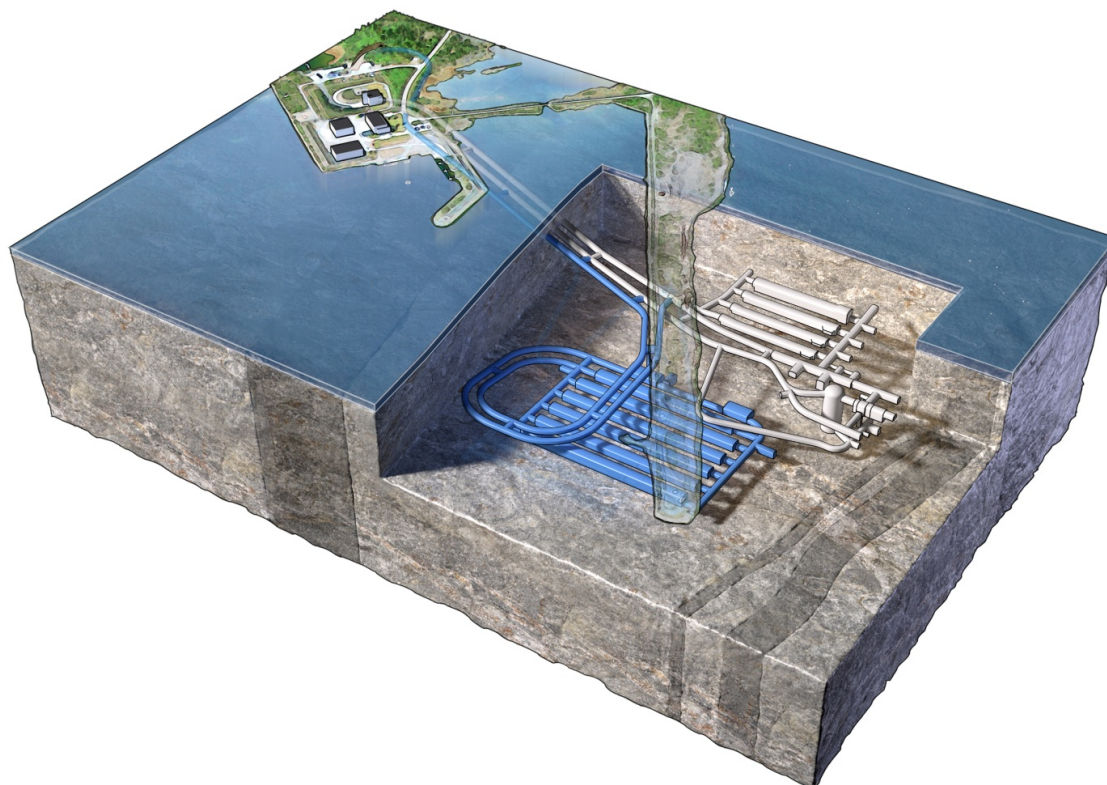


Figur 2-1. Östhammars kommun med omgivning. SFR ligger nordost om Forsmark.

### 2.2.2 Byggnader och anläggningar

SFR består av en ovanjordssdel och en underjordssdel, se figur 2-2. Ovanjordssdelen har förlagts i anslutning till Forsmarks hamn. Tre stycken bergtunnlar leder från hamnområdet till underjordsanläggningen. Underjordsanläggningen är placerad i berggrunden under havet nordost om kraftverksområdet mellan öarna Stora Asphällan och Grisselgrundet.

Förvaret försörjs med bl a elkraft och vatten från anläggningar inom Forsmarksverket. Ledningar för detta ändamål är förlagda i anslutning till vägen som förbinder hamnområdet med kraftstationen.



*Figur 2-2. Situationsplan över SFR:s anläggningsområde. Blåmarkerat avser utbyggd del, SFR3.*

### 2.2.3 Övrig verksamhet

Inom Forsmarksverkets område finns tre kärnkraftsreaktorer benämnda F1, F2 och F3 med tillhörande servicebyggnader, figur 2-3. Vid kärnkraftverket finns även kringverksamheter som krävs för driften av kärnkraftverket, bland annat vattenverk, avloppsreningsverk, oljedepå, kraftledningar och Svalörens markförvar för lågaktivt avfall.

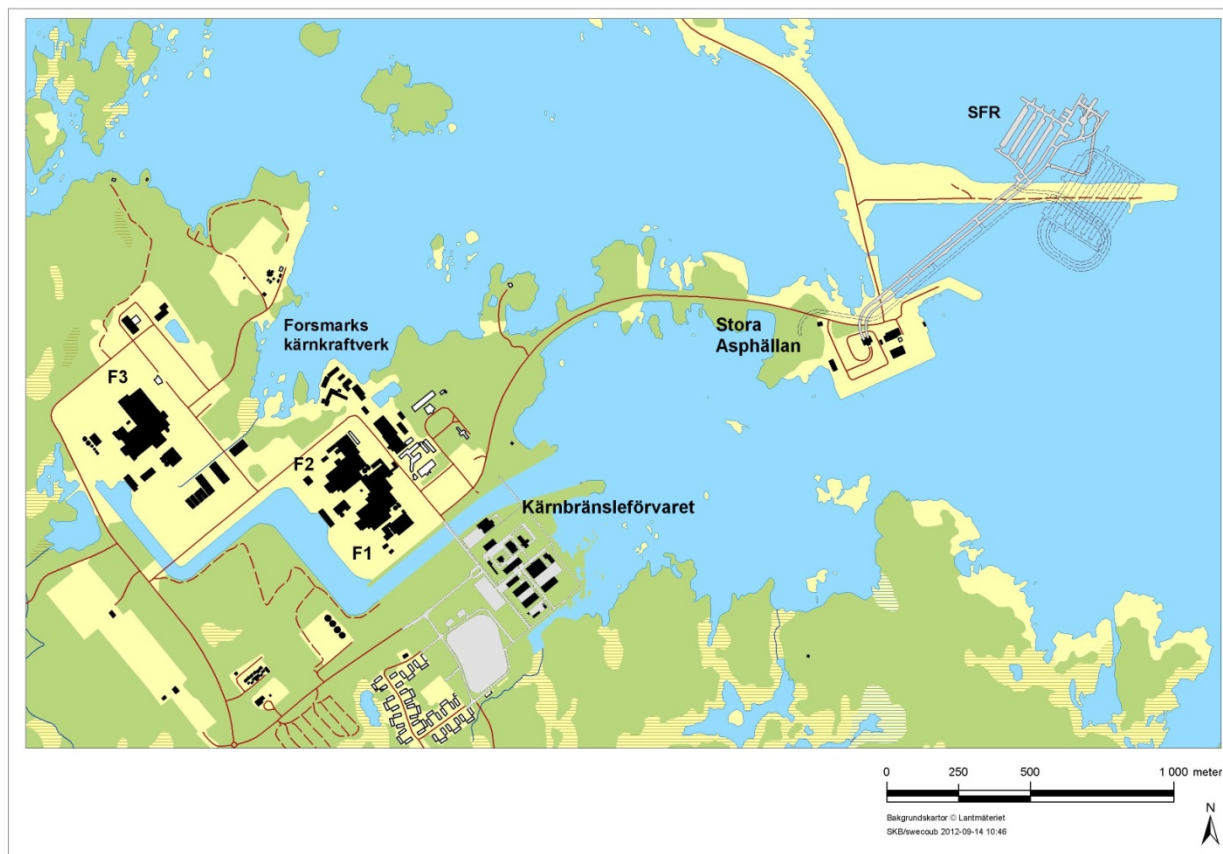
Biotestsjön, som är belägen norr om kärnkraftverket, uppfördes genom att vallar byggdes av överskottsberg mellan ett antal öar i Forsmarks skärgård. Till Biotestsjön pumpas uppvärmt kylvatten från kärnkraftverket.

Till kraftverksområdet hör ett förläggingsområde avsett för personal som arbetar tillfälligt vid kraftverket. Inom området finns också förråds- och verkstadsbyggnader för reparations- och underhållsarbeten.

En hamn har byggts för transporter till kärnkraftverket under driftskedet. Hamnen har senare kompletterats för transport av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.

Anläggningarna enligt ovan utnyttjas för SFR genom avtal mellan SKB och FKA, så sker även med t ex informationsanläggningen som är placerad vid vattentornet där information om SKB:s verksamhet kan ges till besökare.

SKB ansöker även om att bygga ett slutförvar för kärnbränsle på området. Kärnbränsleförvarets ovanjordsdel planeras uppföras under perioden 2019-2029 och förläggas enligt figur 2-3.



*Figur 2-3. SFR och övrig verksamhet inom Forsmarksverkets område samt det planerade kärnbränsleförvaret.*

## 2.2.4 Tunga transporter

Tunga transporter förekommer på Forsmarks kraftverksområde.

Transporter med behållare innehållande använt kärnbränsle som ska mellanlagras i Clab (Oskarshamn) förekommer. Transporterna sker mellan F1, F2 och F3 och hamnen i Forsmark. Totalvikten för en sådan transport är 130 ton.

När kärnbränsleförvaret är byggt kommer transporter av kapseltransportbehållare att ske mellan hamnen och kärnbränsleförvaret

Andra kärntekniska transporter är de som förflyttar låg- och medelaktivt avfall i kokiller, betongtankar och containrar från hamnen och kärnkraftverket till SFR. Avfallstransportbehållare, ATB, används vid transport av kokiller och betongtankar. Vikten för transport av ATB är 123 ton.

Andra typer av tunga transporter förekommer, exempelvis förflyttning av mellanöverhettare, turbin- och generatordelar och liknande. Vikten för sådana transporter kan variera mellan 40-250 ton.

## 2.3 Omgivning

Markområdet inom en radie av 5 km från SFR ligger i huvudsak inom Forsmarks församling i Östhammars kommun. Församlingen omfattar en total landareal av 3 745 ha varav cirka 300 ha utgörs av åkermark. Församlingens norra och östra delar domineras av vattenområden med mindre öar. Jordbruksområdena inom 5 km-radien ligger syd och sydväst om förläggningsplatsen.

Ett fågelskyddsområde är beläget inom kustområdet innefattande bl.a. öarna Grisselgrundet, Norrskäret och Låggrundet.

Hela kustområdet ligger inom ett område som är av riksintresse för naturvården och i närheten av förläggningsplatsen finns naturreservaten Kallriga och Skaten-Rångsen. Dessa reservat samt fågelskyddsområdet utgör även Natura 2000-områden.

### 2.3.1 Befolkning

Närområdet saknar i stort sett bostadsbebyggelse. Närmaste samlade bostadsbebyggelse ligger runt Forsmarks bruk, ungefär fyra kilometer från kärnkraftverket. Konsulter och entreprenörer med flera bor periodvis i FKA:s anläggning för tillfällig logi i närheten av kärnkraftverket (Barackbyn). Inom ett avstånd av en kilometer från SFR finns i övrigt inga boende. Inom fem kilometer från SFR bor cirka 60 folkbokförda personer. Därutöver finns också fem fastigheter för fritidsboende. Inom tio kilometer bor knappt 350 folkbokförda personer, se tabell 2-1.

*Tabell 2-2-1. Antal boende (folkbokförda) och antal fastigheter av olika typ år 2011 inom olika avstånd från SFR. [2-2]*

Avstånd, km	Lantbruksfastighet	Småhusfastighet	Fritidshus	Hyreshus	Befolkning
1	0	0	0	0	0
5	8	14	5	1	60
10	119	214	349	1	348

### 2.3.2 Näringsliv

#### Lantbruk

Enligt SCB:s data för 2011 finns det 2 370 lantbruksfastigheter i Östhammars kommun. Den totala mängden lantbruksmark var 56 317 hektar. Av denna var cirka 28 % åker, 8 % betesmark och 64 % skog. [2-2]

#### Industri

De största industrierna i närheten av förläggningsplatsen är Forsmarksverket och Sandvik Coromant som ligger i Gimo, se Figur 2-1, och tillverkar hårdmetallverktyg för spånavskiljande bearbetning.

#### Kommersiellt fiske

Öregrundsgrepen utgör riksintresse för yrkesfisket. Enligt Havs- och vattenmyndigheten finns det i Östhammars kommun 10 licensierade fiskare (maj 2012), vilka bedriver småskaligt fiske med passiva redskap (till exempel nät eller ryssjor).

### 2.3.3 Kommunikationer

#### Vägar

Vägar som ansluter till Forsmarksområdet är länsväg 290 från Uppsala via Österbybruk och riksväg 76 från Norrtälje och Gävle. Från Östhammar leder länsväg 288 till Uppsala. Dessa vägar har högsta bärighetsklass, BK1. Från Forsmarks industriområde finns en enskild väg med hög bärighet som ägs och sköts av FKA ut mot riksväg 76. Avståndet från Forsmark till Uppsala är cirka 80 kilometer och



till Stockholm cirka 150 kilometer. Länsväg 288 är den viktigaste förbindelsen mellan nordöstra Uppland och Uppsala med sina anslutningar till Europaväg E4 och riksväg 55. Riksväg 76 har störst betydelse för boende och arbetande i Östhammar, Öregrund och Hargshamn.

Vägförstärkning har även utförts mellan Forsmarks kärnkraftverk och hamnområdet vid SFR. Vägen är dimensionerad för transport upp till 30 ton/m<sup>2</sup>.

### **Järnvägar**

Kommunen genomkorsas av en järnväg för godstrafik. Den utgår från Hallstavik, passerar Hargshamn och går sedan via Gimo och Österbybruk vidare västerut och ansluter till Norra stambanan vid Örbyhus. Banan är inte elektrifierad och ingen persontrafik förekommer. Järnvägen utnyttjas i varierande grad för transporter av fastbränslen till/från Hargshamn samt för transporter till pappersbruket i Hallstavik. Banan har rustats upp under 2010-2011 för att möjliggöra transport av malm från Dannemora gruvor till Hargshamns hamn. [2-3]

### **Flygplatser**

Arlanda internationella flygplats är belägen söder om Uppsala vid E4. Avståndet till Forsmark är cirka 110 km. Närliggande sportflygfält och militära flygstationer finns i Uppsala, Gimo, Hallstavik och Gävle.

### **Hamn**

#### **Forsmarks hamn**

Forsmarks hamn ligger drygt två kilometer öster om kärnkraftverket i direkt anslutning till SFR:s ovanjordsanläggning. Hamnen ägs och drivs av FKA och används nästan uteslutande för transporter med SKB:s fartyg m/s Sigrid, men även för enstaka transporter för kärnkraftverkets räkning. Fartyg upp till 2 000 ton och 130 meters längd kan angöra hamnen. Djupgåendet är begränsat till 6 meter. Hamnen skyddas av vågbrytare mot sjögång och ispressning från norr. Från hamnen leder en väg som är speciellt byggd för tung trafik till kraftverket. [2-3]

Infarten till hamnbassängen sker via en inseglingsled med en längd på cirka 11 km. Närmast hamnen består farleden av en muddrad ränna cirka 800 m lång och med ett djup som medger anlöpning även vid lägsta lågvattenstånd. Farleden in till hamnen är försedd med erforderliga hjälpmedel för navigering. Hamnområdet är förbundet med fastlandet genom en två kilometer lång enskild väg.

#### **Hargshamns hamn**

Hargshamns hamn är en industri- och bulkhamn som ägs av Hargs Hamn AB. Den är belägen cirka tio kilometer söder om Östhammars tätort och cirka 30 kilometer söder om Forsmark. Hamnen är länets viktigaste djuphamn, numera en renodlad godshamn med fyra olika kajlägen. I Hargshamns hamn sker i dag bergutlastning för export, hantering av biobränsle och där finns även transportband för spannmål. Farleden till Hargshamn är väl lämpad för större fartyg och tillräcklig för fartyg med 8,5 meters djupgående och största längd 175 meter. Hamnen har trafikerats med fartyg upp till 50 000 ton dödvikt på dellast, vilket är väsentligt större än de fartyg som antas bli aktuella för transporter till SFR. Hargs Hamn AB har ansökt om tillstånd för att fördjupa befintlig farled till Hargshamn till 11,0 meter. Hamnen skulle då kunna upplåtas för 230 meter långa och 33 meter breda fartyg primärt för malmexport från Dannemora gruva.

Från Hargshamn leder länsväg 292 ut till riksväg 76 och vidare i västlig riktning. Vägen har högsta bärighetsklass och en bredd över åtta meter. Hargshamn har också enkelspårig järnväg som an knyter till Norra stambanan. [2-3]

### **Sjöfart**

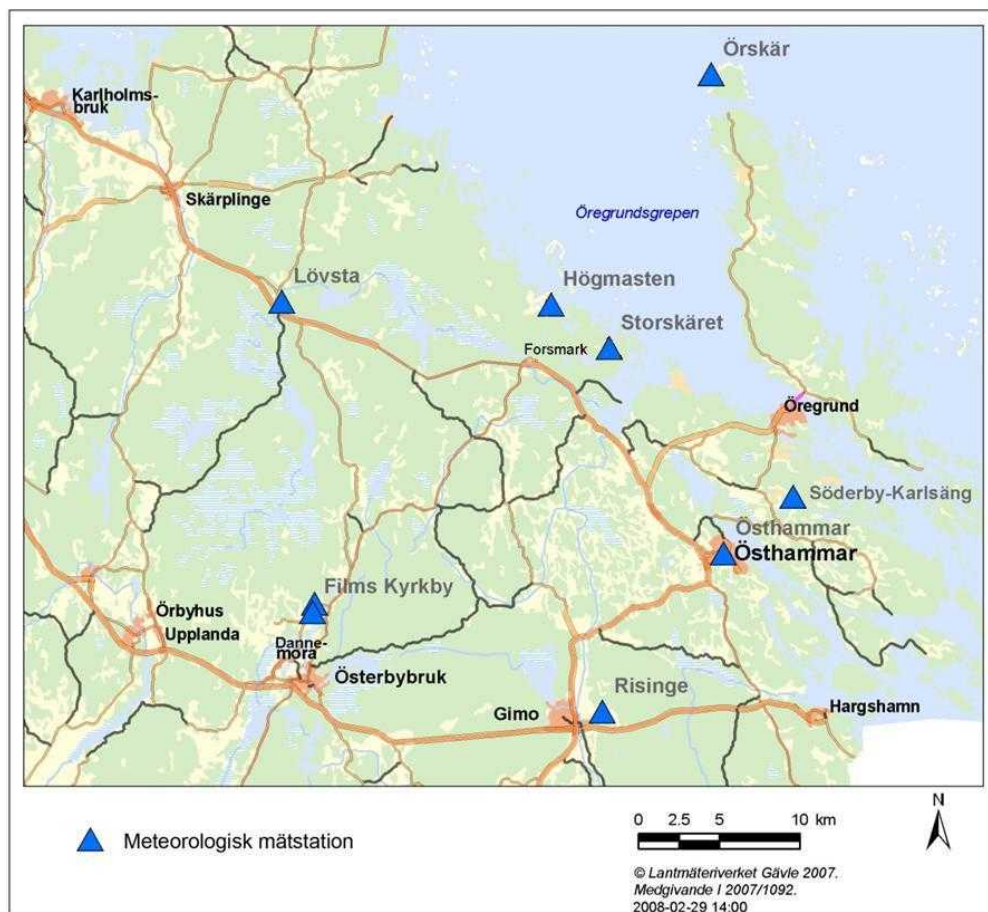
Utanför Forsmark finns två farleder; dels en inre längs kusten, som så gott som uteslutande nyttjas av fritidsbåtar, dels en yttre c:a 10 km öster om förläggningsplatsen - längs Gräsös västsida. Denna led trafikeras av mindre lastfartyg. I leden går även en del bogserbåtar med timmersläp. Sjöfartsverket övervakar trafiken utanför förläggningsplatsen.

## 2.4 Meteorologi

Figur 2-4 visar lokaliseringen för meteorologiska mätstationer vid förläggningsplatsen och i dess omgivning. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) insamlar meteorologiska data i förläggningsplatsens omgivning. SKB:s mätstationer Högmasten och Storskäret (se Figur 2-4) installerades våren 2003 för att få representativa lokala meteorologiska värden. Mätningarna vid Storskäret upphörde sommaren 2007. Högmasten kommer att flyttas i samband med bygget av kärnbränsleförvaret.

Högmasten och Storskäret mäter/mätte följande parametrar:

- Nederbörd.
- Lufttemperatur.
- Vindriktning och vindhastighet.
- Luftfuktighet.
- Lufttryck (endast Högmasten).
- Globalstrålning (endast Högmasten).



Figur 2-4. Meteorologiska mätstationer vid förläggningsplatsen.

### 2.4.1 Lufttemperatur

Det nuvarande klimatet i Forsmarksregionen har typiska värden för klimatet på den svenska ostkusten, med en genomsnittlig årlig lufttemperatur på ca 5,5 °C under perioden 1961-1990. Detta kan jämföras med en genomsnittlig årlig lufttemperatur på ca 7 °C för perioden 2004-2010. Skillnaden mellan dessa värden beror sannolikt på en observerad ökning av den genomsnittliga årliga lufttemperatur men även till den korta medelvärdesperioden (7 år) som används som gör detta värde känsligt för naturliga klimatvariationer. [2-7]

Den vegetativa perioden, definierat som den period då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C, var i medel 180 dagar per år under 1961–1990 jämfört med i medel 205 dagar per år enligt mätningarna vid Högmasten under 2004–2010.

## 2.4.2 Nederbörd

Nederbörd i Forsmarksområdet under perioden 1961-1990 representeras här av närläggna stationer Högmasten och Storskäret. Genomsnittlig årlig nederbörd på dessa stationer var 568 mm och 549 mm, för denna period. Detta kan jämföras med en genomsnittlig årlig nederbörd på 589 mm för perioden 2004-2010. 25–30 % av den årliga nederbörden faller i form av snö. [2-7]

SKB har beräknat högsta extremvärden för årsmedelnederbörden för Högmasten och Storskäret, se tabell 2-2. Då data för dessa mätstationer endast insamlats under en kortare period (sedan 2003) har extremvärdena tagits fram genom att utnyttja data från närliggande SMHI-mätstationer och deras korrelation med Högmasten och Storskäret. [2-4]

*Tabell 2-2. Beräknad maximal årsnederbörd med återkomsttid på 10, 50 och 100 år.*

Mätstation	Maximal årsnederbörd mm	Maximal årsnederbörd mm	Maximal årsnederbörd mm
	10-års återkomsttid	50-års återkomsttid	100-års återkomsttid
Högmasten	722	817	851
Storskäret	696	789	823

Det högsta dygnsvärdet som uppmäts i Sverige är 276 mm. Mätningen gjordes vid Rörstugan på Fulufjället i Dalarna den 30-31 augusti 1997.

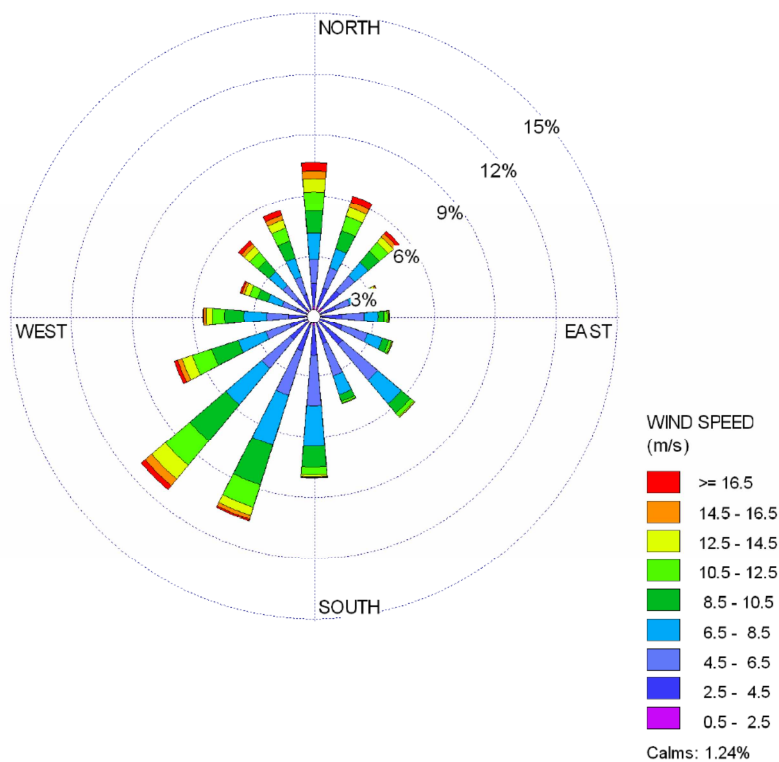
## 2.4.3 Vindar

Vindförhållanden har mätts vid Örskär (1968–2008), Högmasten (2003–2009) och Storskäret (2003–2007).

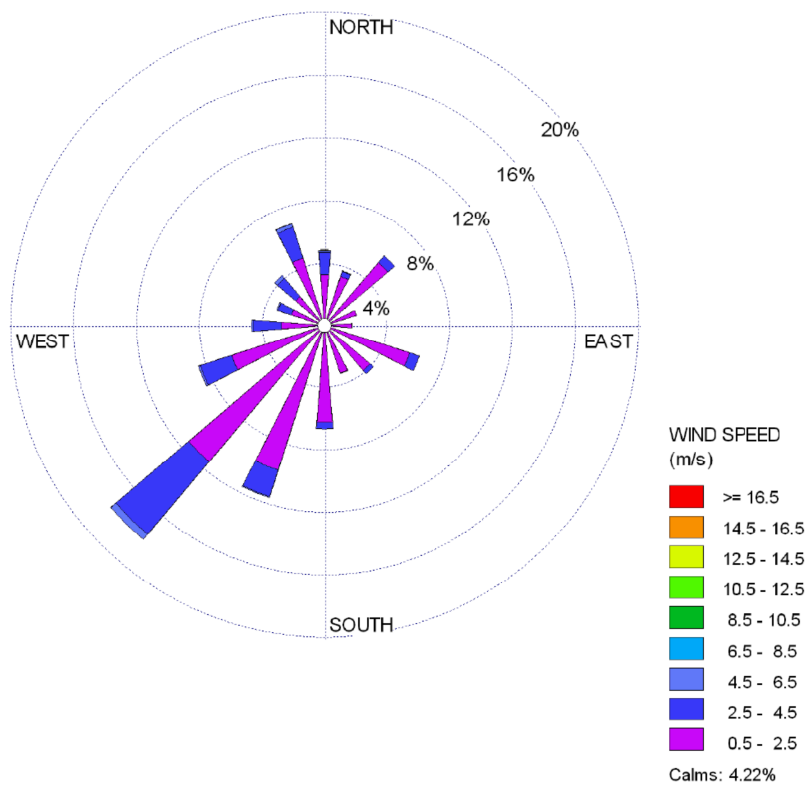
Figur 2-5 - 2-7 visar vindriktningsförhållandena och fördelningen på 16 vindriktningar och 9 vindhastighetsklasser (0–0,4 m/s, ”lugnt”, visas ej), på de tre mätstationerna [2-5]. Underlaget till vindrosorna är observationer varje timme och den vinden som anges är 10-minuters medelvind. Vindriktning anger den riktning varifrån vinden kommer.

Som vindrosorna visar är vindhastigheterna vid Högmasten och Storskäret betydligt lägre än Örskär. Detta är en naturlig skillnad eftersom Örskär mätstation är placerad nära havet, på 34 m höjd över marken, medan Högmasten och Storskäret är placerade i skogsomgivning på 10 m höjd över marken. Energiförlusten i vinden över skog är stor på grund av friktion. Terrängen kring de olika mätstationerna medför även en viss styrning av vindriktningen och är därför en bidragande orsak till skillnaden vad gäller riktning i vindrosorna.

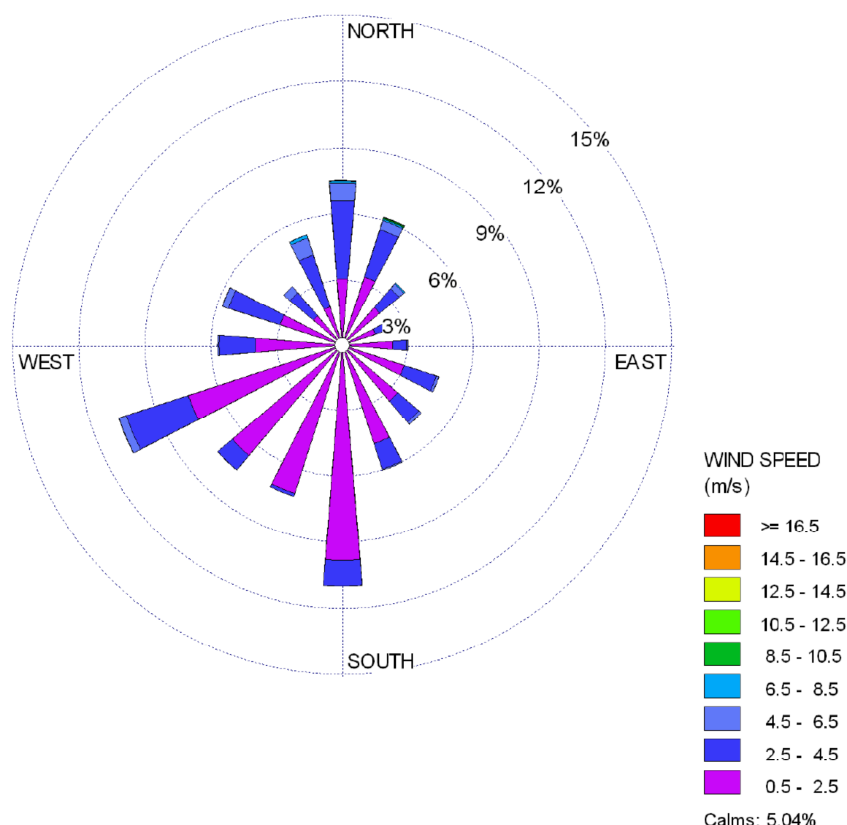
Vindmätningar har även gjorts på årstidsbasis. Den högsta medelvindhastigheten för samtliga mätstationer hade perioden december–februari. Den lägsta medelvindhastigheten för samtliga mätstationer hade perioden juni–augusti.



Figur 2-5. Vindros Örskär. Medelvindhastighet 7,37 m/s.



Figur 2-6. Vindros Högmasten. Medelvindhastighet 1,64 m/s.



Figur 2-7. Vindros Storskäret. Medelvindhastighet 1,88 m/s.

I Sverige har medelvindhastigheter på högst 35-40 m/s uppmätts vid kusterna och i fjälltrakterna. I fjällen har byvindar på 81 m/s uppmätts vid Tarfalastationen. Det bedöms sannolikt att de extrema vindstötarna vid Tarfalastationen delvis orsakas av topografin vid platsen och i mer ordinär terräng utanför fjällområdet torde så extrema momentana vindhastigheter inte kunna förekomma annat än i tromber [2-6].

#### 2.4.4 Tromber

Tromber uppstår i samband med åskmoln och är därför något vanligare i de åskrikare södra delarna av landet än i de norra. Vindhastigheten hos svenska tromber bedöms enligt SMHI uppgå till maximalt 80–90 m/s. En stortromb, det vill säga en tromb där vindhastigheten överstiger 70 m/s, bedöms dock inträffa mindre än en gång per år. Medeltromber, med vindhastighet på 25–70 m/s, förekommer cirka 10–15 gånger per år. [2-6]

Den årligt totalt drabbade ytan för medeltromber är i genomsnitt 4 km<sup>2</sup>. Sveriges totala landyta är cirka 400 000 km<sup>2</sup>. Sannolikheten för att en viss punkt drabbas av en medeltromb är då 10<sup>-5</sup> per år. Sannolikheten att drabbas av en stortromb är mindre än 10<sup>-6</sup> per år.

#### 2.4.5 Luftryck

Luftrycket ligger i allmänhet mellan 950 och 1 050 hPa. Vid enstaka tillfällen kan dessa gränser under- respektive överskridas. De lägsta luftryck som uppmätts i Sverige är 937,2 hPa och det högsta är 1 063,8 hPa. De lägsta och högsta luftrycken har störst frekvens under vintermånaderna. Det betyder att det också är större variationer under dessa månader. [2-4]

En luftrycksförändring på 10 hPa/h har observerats i Skandinavien. Över Atlanten har en tryckförändring på 35 hPa/h iakttagits i samband med ett mycket djupt lågtryck [2-4]. En förändring

av denna storleksordning är ytterst ovanlig och kan gälla som en ungefärlig gräns för snabb lufttrycksförändring över Sverige.

### 2.4.6 Blixurladdningar

Normalt bestäms normalblixten så att 10 % av alla blixтар medför större risk än normalblixten. Vid kärnkraftverk brukar man använda definitionen på normalblixt så att 2 % av alla blixтар kan beräknas medföra större effekter.

I tabell 2-3 ges data för båda blixтарna enligt definitionen ovan. Värdena bygger på IEC standard 611024-1.

*Tabell 2-3. Data för blixurladdningar [2-4]. Stigtid innebär tiden från blixтens start till maxvärdet. Ryggtiden (halvvärdet) innebär tiden från blixтens maxvärde fram till att blixтen minskat till halva maxvärdet.*

	10 %	2 %
Total tid $t_0$ (sek)	0,4	0,9
Stigtid $t_1$ (μsek)	0,9	0,7
Ryggtid (halvvärde) $t_2$ (μsek)	45	100
Antal strömstötar per blixт N	7	12
Laddning Q (As)	90	160
Strömmax I (kA) (stöt nr 1)	60	110
Branthet $dl/dt$ (kA/usek) (stöt nr 2)	25	80

Högsta värde på N, I och  $dl/dt$  förekommer ej i samma blixт.

## 2.5 Geologi

Berggrundens överyta på havsbotten ovanför SFR:s förvarsdelar ligger på nivåer kring -10 till -6 m.

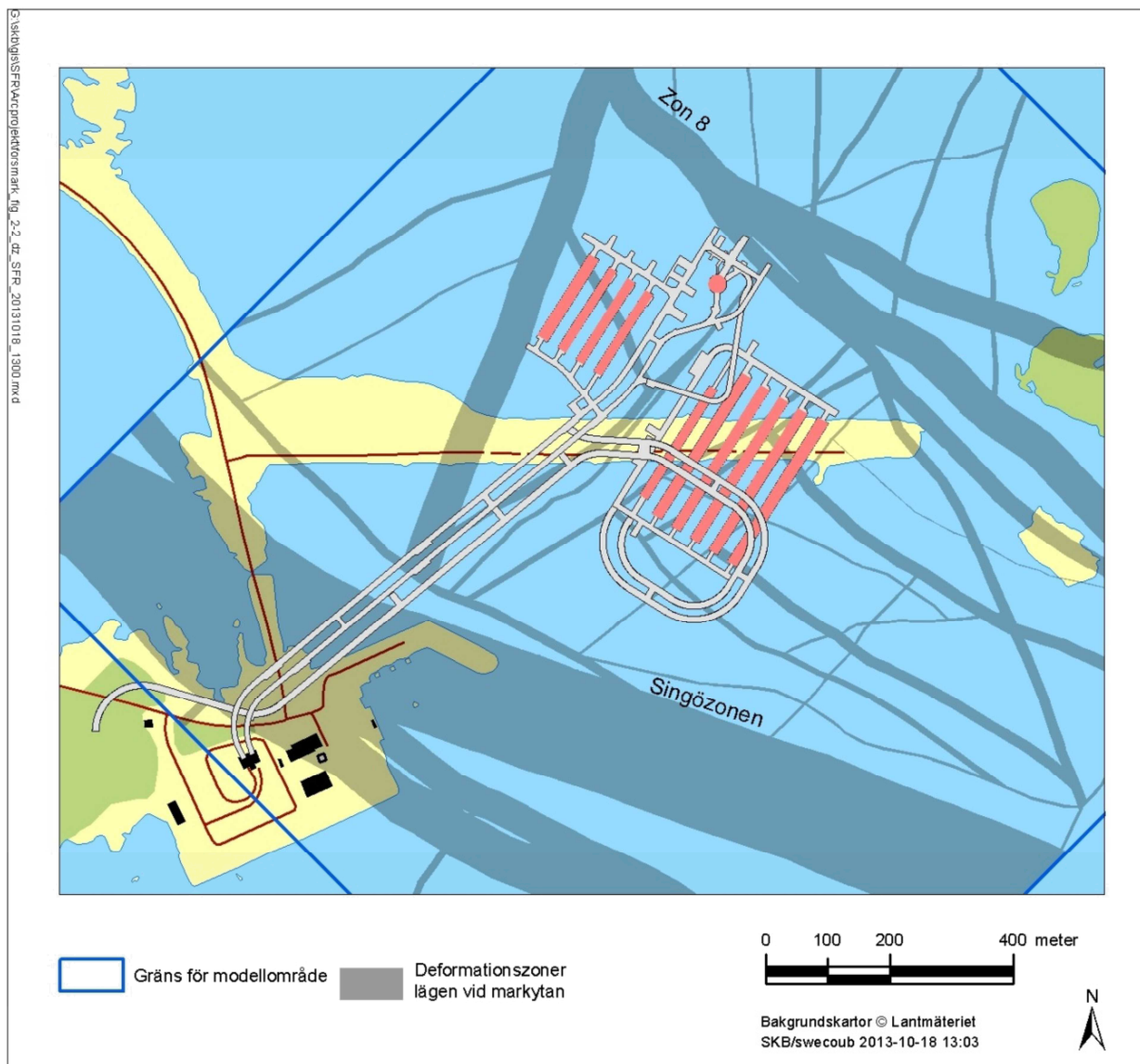
Dominerade bergarter inom SFR är pegmatitisk granit och metagranodiorit. Det förekommer även pegmatit, yngre granit, amfibolit och aplitisk metagranit. Inom vad som tolkats som metagranodiorit kan även finnas metamorfa vulkaniter, eftersom det är svårt att särskilja dessa båda bergarter [2-1].

Berggrunden vid SFR har genomgått både plastisk och spröd deformation. Plastiska och spröda-plastiska skjuvzoner förekommer, liksom mylonit, bland annat vid Singözonen. Den plastiska deformationen har gjort att berggrunden har en planparallell struktur (tektonisk foliation) som i allmänhet är orienterad västnordväst med varierande lutning.

Brantstående sprickor orienterade västnordväst till nordväst och nordost dominerar tillsammans med horisontella eller flacka sprickor. Öppna sprickor är oftast horisontella eller flacka samt har ofta högre vattengenomsläpplighet än brantstående sprickor.

SFR ligger inom ett bergblock som begränsas i sydväst och nordost av två större deformationszoner, Singözonen respektive ZFMNW0805, även kallad Zon 8, se figur 2-8. Förutom Zon 8 finns i nära anslutning till SFR1 ett antal brantstående mindre deformationszoner. Dessutom finns en nära horisontell zon under förvarsdelen i SFR1. En av de brantstående zonerna korsar fyra av förvarstunnlarna i SFR1; övriga zoner ligger runt anläggningen.

Inom det bergblock där SFR3 ligger finns en serie av liknande, mindre deformationszoner, med nordvästlig orientering, det vill säga i stort sett parallell med Singözonen, samt en nordostlig grupp. De sistnämnda zonerna slutar ofta vid kontakten med nordvästliga zoner, har en mindre bredd och är kortare än dessa.



Figur 2-8. Deformationszoner i SFR-området. Bergsalar och silon i SFR är markerade i rött.

## 2.6 Hydrologi

### Vattenstånd

Vattenståndsnivån för Östersjön styrs av in- och utflöden genom Öresund och de danska bälten samt av tillflöden från floderna. In- och utflöden genom sunden styrs i sin tur av lufttrycksvariationer samt tillhörande vindförhållanden. Ihållande högtrycksläge över Östersjön ger generellt lågt vattenstånd. Även lokalt påverkas vattenstånden av vinden. Pålandsvind medför ett tillfälligt högre vattenstånd vid kusten som vid hårda vindar kan vara högst märkbart. Ett omfattande oväder kan medföra att vatten som dämts upp mot en kust strömmar tillbaka och höjer vattenståndet på motsatta kusten.

SMHI mäter sedan 1975 vattenståndet vid stationen Forsmark (station 2179) belägen i Forsmarks hamn. Denna station har ersatt den tidigare mätstationen Björn vid Björns fyr där man registrerade havsvattenståndet mellan 1892 och 1978. Beräknat medelvattenstånd för Forsmark år 2013 är -0,11 meter (i höjdsystemet RHB70). Det lägsta vattenstånd som uppmätts vid Forsmark och Björn är 0,83 meter under medelvattenståndet (år 1996) och det högsta 1,46 meter över medelvattenståndet (år 2007). Om dessa vattenstånd skulle registreras idag (relaterat till 2013 års medelvattenstånd) skulle de motsvara -0,94 meter respektive +1,35 meter i RHB70.

SKB har genomfört en studie om förhöjda havsvattennivåer i Forsmark inför utbyggnaden av SFR, där även extrema vattenstånd vid 100-års återkomsttider vid stormtillfällen har beaktats [2-7]. Syftet med studien var att ge en prognos av framtida maximala havsvattenstånd fram till år 2100 med hänsyn taget till det man vet idag om framtida klimatförändringar.

Det finns två huvudorsaker till framtida högvattenstånd:

1. Långsamma, stadigvarande processer
2. Snabba, men temporära processer

Sammantaget, och mycket pessimistiskt räknat, skulle de långsamma stadigvarande och snabba temporära processerna tillsammans kunna ge en temporär vattennivå på +3,5 m (angivet i höjdsystem RH2000) år 2100 vid SFR i Forsmark. Detta motsvarar en vattennivå på +3,3 m i höjdsystem RHB70.

## 2.7 Hydrogeologi

Inläckage av grundvatten samt grundvattenkemi för SFR redovisas i detta avsnitt. Utförlig beskrivning av hydrogeologin i Forsmark redovisas i Allmän del 2 kapitel 4 Initialtillstånd i förvaret och dess omgivning.

### 2.7.1 Inläckage av grundvatten till tunnelsystemet

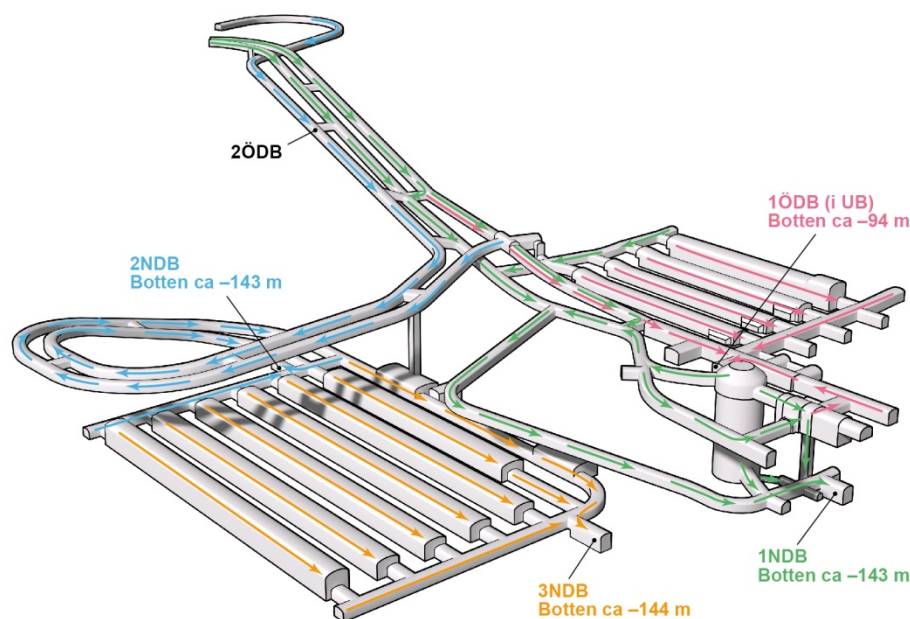
Inläckaget av grundvatten till anläggningen är kopplat till vattenförande egenskaper i omgivande berg och då speciellt i närzonen.

Detaljerade numeriska beräkningar har genomförts för de olika delarna av SFR. Redovisningen i tabell 2-4 avser beräkningsresultat för framtida inläckage till respektive länshållningspunkt. Se figur 2-9.

*Tabell 2-4. Beräknat framtida inläckage till olika länshållningspunkter i SFR.*

Länshållningspunkt	Beräknat inläckage (l/min)
1ÖDB (befintligt SFR)	36
1NDB (befintligt SFR)	200
2NDB (utbyggnad)	340
3NDB (utbyggnad)	90
<b>Totalt</b>	<b>666</b>





Figur 2-9. Vattenflöden i SFR.

Samtliga ovanstående beräkningar förutsätter stationära förhållanden. Under inledningsskedet råder dock transienta förhållanden, då grundvattenmagasinen håller på att anpassa sig till de nya förhållandena. Detta innebär att man har brantare hydrauliska gradienter in mot anläggningen, vilket ger ett större inläckage än vid stationära förhållanden. Samtidigt förutsätter beräkningen en helt utbyggd anläggning och under den tid som byggnationen sker kommer grundvattenmagasinen successivt anpassa sig och de hydrauliska gradienterna att fläckas ut. SFR1 har också under nästan 30 år successivt sänkt av grundvattennivåerna i omgivningen och i stort sett skapat ett pseudostationärt tillstånd i dess närliggande bergmassa. Med anledning av detta bedöms det totala inläckaget på ca 670 l/min vara rimligt initialt för anläggningen.

Vid inledningen av driftskedet förutsätts ett sk pseudostationärt tillstånd ha inträffat, där de omgivande grundvattenmagasinen i stort sett har anpassat sig efter rådande grundvattenbortledning. Med tiden kommer ett stationärt tillstånd att utvecklas, då influensområdet når sin fulla utbredning och en balans mellan bortledning av grundvatten och nybildning av grundvatten råder.

Det totala inläckaget till anläggningen på ca 670 l/min som redovisas ovan bygger på ett antagande att den omgivande injekterade närzonen har en hydraulisk konduktivitet på  $1 \times 10^{-8}$  m/s. Erfarenheten från SFR1 har visat att inläckaget i tillfartstunnlarna har minskat betydligt sedan byggnationen på 1980-talet, delvis beroende på igensättningsmekanismer och aperturförändringar i sprickor. Det är inte omöjligt att detta blir fallet även vid en utbyggnad av SFR, men för att ha ett konservativt angreppssätt bör bedömningar av konsekvenser och effekter utgå från en bortledning av ca 670 l/min. [2-11]

## 2.7.2 Grundvattenkemi

Grundvattensammansättningen i SFR är ett resultat av Östersjöns olika utvecklingsstadier och förändrade hydrauliska förhållanden på grund av att SFR:s existens har påverkat grundvattnet under senare tid. Grundvattenkemiska data som representerar prov tagna 1) årligen i tidiga borrhål inom SFR under perioden 1986 – 2010 samt 2) vid undersökningar i borrhål som borrades inom projekt SFR-utbyggnad under perioden 2007-2010 har använts för den hydrogeokemiska platsbeskrivningen som har tagits fram under platsundersökningen inför utbyggnaden av SFR [2-8].

Datasetet om ca 400 grundvattenprov täcker ett maximalt djup ner till 250 m med enstaka provpunkter vid 300 och 400 meters djup och representerar ett relativt begränsat salinitetsintervall (1500 till 5500 mg/L klorid). Värdena för  $\delta^{18}\text{O}$  (-15.5 till -7.5 ‰ V-SMOW) och marina indikatorer som Mg/Cl, K/Cl

och Br/Cl varierar däremot avsevärt och tyder på stor variation vad gäller grundvattnens ursprung och omsättningstider i olika delar av bergvolymen trots det begränsade salthaltsintervallet. De mätningar av redoxpotentialer som har gjorts visar att det generellt råder måttligt reducerade förhållanden (-140 till -190 mV) i de undersökta grundvattnen vilket också är i överensstämmelse med kemin för Fe, Mn, S och U. Det är värt att påpeka att detta gäller också för de yngsta grundvattnen som till stora delar består av inträngande Östersjövatten. Varken kloridhalten, pH eller grundvattensammansättningen i stort visar några tydliga systematiska trender mot djupet utan reflekterar ett heterogent grundvattensystem som snarare har samband med tolkade flödesvägar och olika geologiska och hydrogeologiska egenskaper.

Dränaget av SFR har orsakat förändringar i grundvattensammansättningen och förväntas leda till en fortsatt långsam förändring av grundvattnet mot en sammansättning liknande den i havet ovanför förvaret. Vid tolkningen av de långa dataserier som finns sedan mitten av 1980-talet från ett antal borrhålssektioner i borrhål inom SFR kan följande förändringar konstateras;

- De största förändringarna av salthalten har skett i borrhålssektioner där grundvattnet initialt har uppvisat de högsta salthalterna dvs. utbytet mot modernt Östersjövatten är mest påtaglig i de brantstående sprickzoner som initialt dominerades av ett äldre marint vatten (Littorinahavet, 8000 - 1000 f.kr). De största förändringarna i salthalt skedde under byggskedet och efter år 2000 har halterna mer eller mindre planat ut.
- Andra provtagna borrhålssektioner innehåller ett äldre och mer isolerat grundvatten av till största delen icke-marint ursprung med en stor andel glacialt smältvatten. Grundvattensammansättningen i flertalet av dessa borrhålssektioner har i stort sett förblivit oförändrad under de över 20 åren sedan förvaret byggdes.
- De förändrade hydrauliska förhållandena har också medfört en ökad blandning av vatten med marint och vatten med icke-marint ursprung i vissa delar av förvarsvolymen.
- Trots att modernt Östersjövatten har trängt in och fortsätter att tränga in i SFR så har de hydrokemiska förhållandena ändå varit förhållandevis stabila och förändringarna när det gäller pH, Eh och kalcit-mättnad är mycket begränsade. Den sammantagna effekten består i en måttlig minskning av kloridkoncentrationerna.

Koncentrationsintervallen för olika grundvattenkomponenter i SFR-förvaret presenteras i Tabell 2-5. Tabellen grundar sig på analysresultaten för år 2010 då prov togs ut i samtliga borrhålssektioner som fortfarande ger vatten.

**Tabell 2-5.** Koncentrationsintervall för olika komponenter. Sammanställning grundad på analysresultat från 2010 för borrhål i SFR (ca 30 borrhålssektioner). Motsvarande data för Östersjön ges för jämförelse. (koncentrationer i [mg/l] om inget annat anges) [2-8].

Komponent	Uppmätt i SFR 2010	Östersjön
pH	7,3 – 7,7	7,8
HCO <sub>3</sub>	56 – 134	80
SO <sub>4</sub>	160 – 400	430
Cl	2750 – 4610	2900
F	1.0 – 1.7	–
Na	1020 – 1640	1600
K	5.2 – 38	63
Ca	170 – 1210	90
Mg	91 – 200	200
Mn	0,48 – 3,2	–
Fe <sup>2+</sup>	0,29 – 4,3	–
Tritium (TU)	1.7 – 10	13
δO-18 (‰ SMOW)	-8,0 – -15,0	-8

## 2.8 Seismologi

Den svenska berggrunden är av gammalt ursprung och betraktas som ett område med låg seismisk aktivitet då Sverige ligger långt från närmaste gräns mellan globala plattor. Plattekoniken, med spänningsfortplantning från Mittatlantiska ryggen och den efter senaste glaciärperioden pågående landhöjningen, har anförts som två huvudhypoteser för varför jordbävningar inträffar i Sverige. Flest jordskalv i Sverige har vi i sydväst, runt Väneren, längs Norrlandskusten och i Norrbotten. Sydöstra Sverige däremot, där Forsmark ligger, har relativt låg aktivitet [2-9].

Seismiciteten är i allmänhet episodisk (inträffar med oregelbundna intervall), vilket tillsammans med den korta observationstiden (cirka 100 år med instrumentella observationer) gör att vår kunskap om seismiciteten är långt ifrån fullständig.

Mycket stora jordbävningar, med magnitud omkring 8, har förekommit i Sverige. Den vetenskapliga forskningen är dock överens om att dessa orsakades av isavsmältningen vid slutet av den senaste istiden, så på de tidsskalor som här omfattas är det den nutida seismiciteten som är relevant. Det senaste århundradets data visar att minst ett magnitud 5-skalv per hundra år kan förväntas i regionen och minst ett magnitud 6-skalv vart tusende år [2-9].

I [2-10] beskrivs förhållanden som gäller allmänt för förläggningsplatsen. Av studien framgår att i den befintliga svenska jordskalvsstatistiken finns inga rapporterade skalv som kan ha orsakat markaccelerationer över 0,005 g i berg i Forsmark. Sannolikhetsberäkningar utifrån konservativa antaganden, baserade på jordskalvsstatistik, makroseismiska observationer, samband mellan intensitet och markacceleration och beräkningar av vågutbredningar i Skandinavien, ger som resultat att med sannolikheten  $10^{-2}$  per år kan markaccelerationen i berg uppgå till 0,006 g och med sannolikheten  $10^{-5}$  per år till 0,13 g vid Forsmark. Det är huvudsakligen skalv med magnitud större än 6 som står för dessa accelerationer.

## 2.9 Referenser

Rapporter publicerade av SKB kan hämtas på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer) och opublicerade SKBdoc dokument lämnas ut vid förfrågan till SKB:s mejladress [dokument@skb.se](mailto:dokument@skb.se)

- 2-1 **SKB, 2013.** "Site description of the SFR area at Forsmark at completion of the site investigation phase". SDM-PSU Forsmark.  
SKB TR-11-04,  
Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- 2-2 **SCB, 2012** "Utdrag ur SCB:s databaserade befolkningsstatistik". Statistiska centralbyrån 2012-06-11 (handläggare Harriet Löfqvist, uppgifterna avser 2011)
- 2-3 **Robinson T, 2013.** "Transport- och masshanteringsutredning SFR-utbyggnad L2", Tyréns, SKBdoc 1348120, version 2.0
- 2-4 **SKB, 2007.** "Metrologiska och oceanografiska omgivningsförhållanden i Simpevarp". Uppdatering av rapport 1999 nr 22. Framtagen av SMHI, 9903-0273/203, SKBdoc 1083614, version 1.0
- 2-5 **SMHI, 2009.** "Jämförelse av vindklimatet vid Storskäret, Högmasten och Örskär ", SMHI, 2009-07-09, SKBdoc 1215587, version 1.0
- 2-6 **Westinghouse, 2007.** "NOG Säk och Miljö – Metodik för analys av vissa yttre händelser", Westinghouse SEP 04-204, SKBdoc 1215581, version 1.0
- 2-7 **SKB, 2013.** "Climate and climate-related issues for the safety assessment SR-PSU". SKB TR 13-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- 2-8 **SKB, 2011.** "SFR Site investigation. Bedrock Hydrochemistry", SKB R-11-06, Svensk Kärnbränslehantering AB Stockholm.
- 2-9 **SKB, 2006.** "Earthquake activity in Sweden. Study in connection with a proposed nuclear waste repository in Forsmark or Oskarshamn", SKB R-06-67, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- 2-10 **Slunga R, 1976.** "Jordskalvsorsakade markskakningar i Forsmark", FOA Rapport C 20099-T1, Försvarets forskningsanstalt, Stockholm. SKBdoc 1215584, version 1.0
- 2-11 **Hellman H, 2013.** "Hydrogeologisk utredning rörande befintligt SFR och planerad utbyggnad" SKBdoc 1346469, version 2.0