

SKB P-24-04

ISSN 1651-4416

ID 2039547

Oktober 2024

Borrning av kärnborrhål KFR90 och KFR91 under jord, SFR, Forsmark

Göran Nilsson
GNC AB

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna. SKB kan dra andra slutsatser, baserade på flera litteraturkällor och/eller expertsynpunkter.

Data i SKB:s databas kan ändras av olika skäl. Mindre ändringar i SKB:s databas kommer inte nödvändigtvis att resultera i en reviderad rapport. Revideringar av data kan även presenteras som supplement, tillgängliga på www.skb.se.

Denna rapport är publicerad på www.skb.se

© 2024 Svensk Kärnbränslehantering AB

Abstract

Two steered cored boreholes, KFR90 and KFR91, are included in the investigation programme for the SFR-3 Extension project. The boreholes are designed and drilled from underground inside the SFR-facility, in order to assure high class hydrogeochemical samples close to the repository depth. Performance of and results from drilling and measurements during drilling of boreholes KFR90 and KFR91 are presented in this report.

KFR90 is designed as a so-called traditional borehole of SKB type. The borehole length measures 450.15 m and it is at its starting point inclined -4.50° from the horizon. The borehole reaches about 448 m in horizontal distance and approximately 33 m in vertical depth from the collar, the elevation of which is -86.39 m RH2000. The elevation of the borehole end is -119.11 RH2000. The purpose of the one performed steered drilling was to minimise the divergence, at end of hole, from a theoretical completely straight borehole inclined by -4.50° . The result of the steered drilling was a vertical difference at end of hole of 1.2 m downwards from the target point at 450 m borehole length. The inflow of groundwater from the entire borehole (0–450.15 m) amounted at c. 18 L/min, which was measured immediately after completion of drilling.

KFR91 is also designed as a so-called traditional borehole of SKB type. It is 340.11 m long and is at its starting point inclined -5.30° from the horizon. The borehole reaches about 338 m in horizontal distance and approximately 30 m in vertical depth from the collar, the elevation of which is -80.01 m RH2000. The elevation at end of hole is -110.48 RH2000. Just as in the previous borehole, the purpose of the four performed steered drillings was to minimise the vertical divergence at end of hole from a theoretical completely straight borehole, in this case inclined by -5.30° . The result of the steered drilling was a vertical difference at end of hole of 0.4 m downwards and 0.9 m to the right from the target point at 340 m borehole length. The inflow of groundwater from the entire borehole (0 – 340.11 m) amounted at c. 40 L/min, which was measured immediately after completion of drilling.

A relatively complicated flushing water/return water system is applied by SKB for drilling of cored boreholes. The flushing water is prepared in several steps before use, and the return water is taken care of, as to permit drill cuttings to settle before the water is discharged to an approved recipient. During drilling, a number of technical and flushing water/return water parameters are registered in order to obtain a good control of the drilling process and to permit an estimation of the impact on the rock aquifer penetrated by the borehole of flushing water and drilling debris. A sampling- and measurement programme for core drilling provided preliminary but current information about the geological and hydraulic character of the borehole directly on-site. This information also served as a basis for extended post-drilling analyses, e.g. the drill cores, together with later produced OPTV-images of the borehole wall, were used for Boremap mapping of the borehole performed after drilling.

Sammanfattning

Två styrda kärnborrhål, KFR90 och KFR91, som ingår i undersökningsprogrammet för utbyggnaden av SFR-3, borrhades under jord från byggtunneln i SFR. Borrhål KFR90, är ansatt med en lutning av $-4,50^\circ$ från horisontalplanet och är 450,15 meter långt. KFR90 når ca 449 meter i horisontell riktning och är 32,72 meter djupare från startpunkten, där vertikaldjupet är -86,39 meter RH2000. Vid borrhålets slutpunkt uppgår vertikaldjupet till -119,11 RH2000. För att hålla det styrda borrhålet inom kravbilden, det vill säga att dess slutpunkt ska hamna så nära slutpunkten på ett teoretiskt helt rakt hål som möjligt, utfördes en styrning. Resultatet blev att slutpunkten för borrhålet hamnade 1,2 meter rakt under det teoretiska raka borrhålets slutpunkt.

Grundvattenflödet i det färdigborrade borrhålet uppgick till 18 L/min.

Borrhål KFR91, är ansatt med en lutning av $-5,30^\circ$ från horisontalplanet och är 340,11 meter långt. Det når ca 338,72 meter i horisontell riktning och är 30,47 meter djupare från påslagspunkten, där vertikaldjupet är -80,01 meter RH2000. Vid borrhålets slutpunkt uppgår vertikaldjupet till -110,48 RH2000. För att hålla det styrda borrhålet inom kravbilden, det vill säga att dess slutpunkt ska hamna så nära slutpunkten på ett teoretiskt helt rakt hål som möjligt, utfördes 4 styrningar. Resultatet blev att slutpunkten för borrhålet hamnade 0,4 meter under och 0,9 meter till höger om det teoretiska raka borrhålets slutpunkt.

Grundvattenflödet i det färdigborrade borrhålet uppgick till 40 L/min.

Vid borring av kärnborrhål använder SKB ett relativt komplicerat spol- och returvattensystem, där spolvattnet prepareras i olika moment före användning. Returvattnet leds till ett system av containrar, där borrhålets sedimenterar i två steg innan returvattnet leds vidare till godkänd recipient. Under borringen registreras ett antal borrhål- och spolvattenparametrar, så att god kontroll uppnås dels avseende borringens tekniska genomförande, dels beträffande den påverkan av spolvatten och borrhål på grundvattenakvifären i anslutning till borrhålet som kärnborringen medför.

Ett mät- och provtagningsprogram för kärnborringen gav preliminär information om borrhålets geologiska och hydrauliska karaktär direkt under borring samt underlag för fördjupade analyser efter borring. Bland de insamlade proverna utgör borrhålskärnorna från den kärnborrade delen av borrhålet, tillsammans med OPTV-bild av borrhålsväggen underlag för borrhålskartering som utförs efter borring.

Innehåll

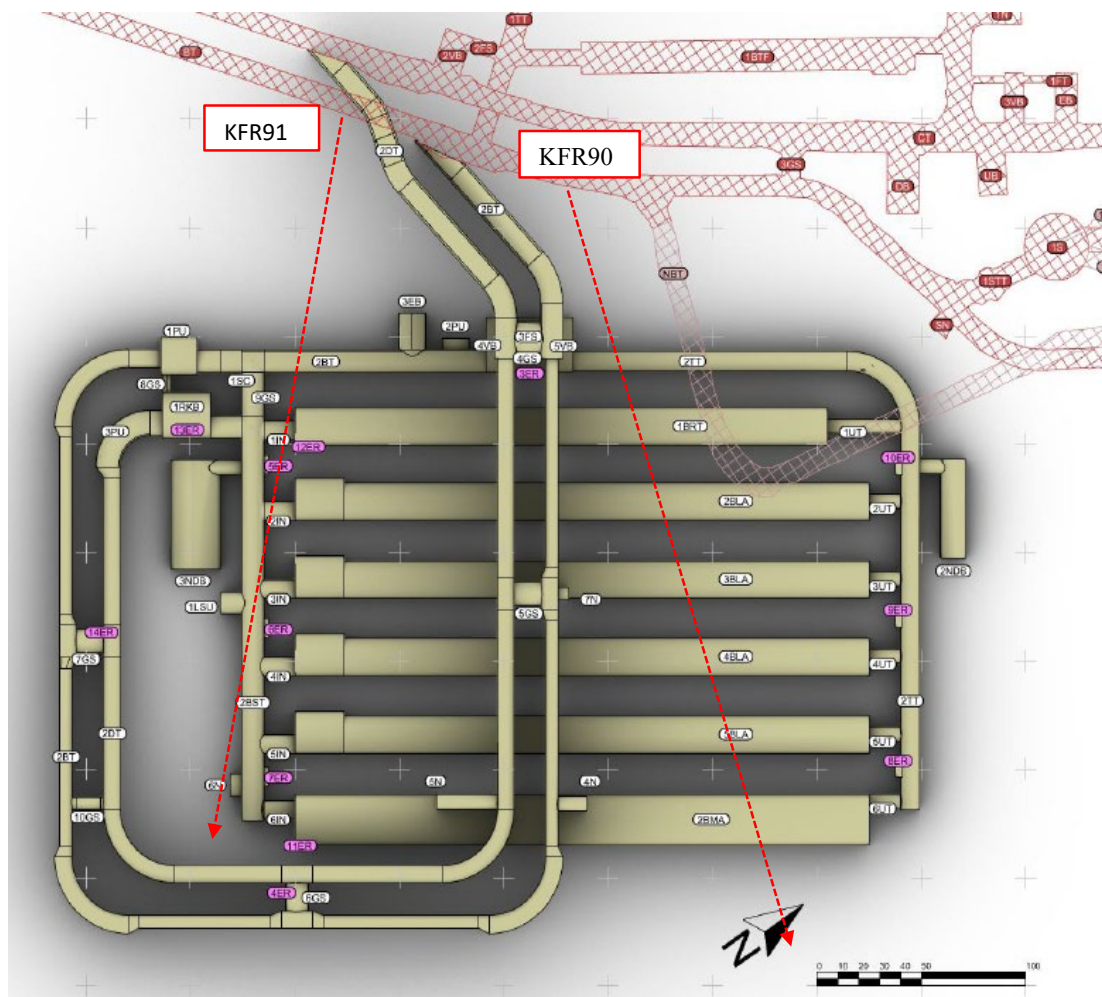
1	Inledning och syfte	4
2	Mål.....	6
3	Utrustning	7
3.1	Kärnborrhägar	7
3.2	Injekteringsteknik.....	7
3.3	Vattenhantering	8
3.4	Styrd borrhägar	10
4	Utförande	12
4.1	Förborrning och rymning	13
4.1.1	Foderrör.....	13
4.1.2	Installation av foderrör	14
4.2	Krökmätningssutrustning.....	15
4.3	Kärnborrhägar och borrhägarhantering	17
5	Resultat.....	19
5.1	Kärnborrhägar i KFR90 och KFR91	20
5.2	Borrhägar KFR91.....	20
5.2.1	Styrd kärnborrhägar KFR91	21
5.2.2	Spol- och returvattenflöden samt vattenbalans vid borrhägar av KFR91	23
5.2.3	Uraninhalter i spolvattnet och returvattnet vid borrhägar av KFR91	24
5.2.4	Vattenprovtagning	25
5.3	Borrhägar KFR90.....	25
5.3.1	Styrd borrhägar KFR90.....	26
5.3.2	Spol- och returvattenflöden och vattenbalans vid borrhägar av KFR90	28
5.3.3	Uraninhalter i spolvattnet och returvattnet vid borrhägar av KFR90.....	28
5.3.4	Vattenprovtagning	29
	Bilaga 1 - Tekniska data för kärnborrhägar KFR90 och KFR91.....	30

1 Inledning och syfte

Svensk Kärnbränslehantering (SKB) driver sedan mitten av 80-talet det underjordiska slutförvaret för låg- och medelaktivt radioaktivt avfall (SFR) vid Forsmark inom Östhammars kommun, se figur 1-1. SFR, slutförvaret av det lågaktiva materialet, ska byggas ut med flera stora bergsalar, SFR-3 i första hand i syfte att skapa nya utrymmen för rivningsavfallet från de nedstängda kärnkraftverken i Barsebäck, Ringhals och Oskarshamn.

Den aktivitet som redovisas i föreliggande rapport ingår i projekt PSU – DPU KFR90 och KFR91 som har som syfte att borra, undersöka och instrumentera två stycken flacka borrhål inom volymen ovanför SFR-3 (dokument id 1915676 ver 1.0, internt dokument).

Rapporten omfattar utförandet av kärnborrningen av de två flacka borrhålen KFR90 och KFR91, vilka borrades från den befintliga byggtunneln, BT, ut mot volymen för den planerade utbyggnaden SFR-3, figur 1-1. I de styrande dokumenten för aktivitetens genomförande, vilka presenteras i tabell 1-1, stipuleras att borrhålen ska utföras så att det minsta avståndet till de planerade bergssalarna inte understiger 10 meter.



Figur 1-1 Planerade lägen för KFR90 och KFR91 i relation till det planerade SFR-3.

I samtliga borrhål gjordes efter borring undersökningar omfattande filmning med OPTV, detaljerad borrhånekartering, geofysisk loggning enligt ett standardprogram samt vattenprovtagning och PFL-mätning. Vidare kommer dessa borrhål att instrumenteras för fortsatt hydrogeologisk och hydrokemisk övervakning.

Tabell 1-1. Styrande dokument för genomförandet av borrhåtsaktiviteten. SKB interna dokument.

Aktivitetsplan	Namn	Version
Borring av 2 kärnborrhål i SFR	AP SFK 22-034	1.0
Metodbeskrivningar och Instruktioner		
Metodbeskrivning för kärnborring	SKB MD 620.003	1.0
Instruktion för rengöring av borrhålsutrustning och viss markbaserad utrustning	SKB MD 600.004	1.0
Instruktion för användning av kemiska produkter och material vid borring och undersökningar	SKB MD 600.006	1.0
Metodbeskrivning för registrering och provtagning av spolvattenparametrar samt borrhålskax under kärnborring	SKB MD 640.001	1.0
Metodbeskrivning för krökningsmätning av hammar- och kärnborrhål	SKB MD 224.001	1.0

2 Mål

Projektets ”Kärnborrning SFR3-utbyggnad” mål är dels att komplettera den nuvarande platsspecifika modellen med nya data om utsträckning och egenskaper hos vattenförande strukturer på förvarsnivå, dels att komplettera det befintliga monitoringsprogrammet över utbyggnaden av SFR3. Målen sammanfattas nedan.

- Att utföra de två traditionella kärnborrhålen så att en kontinuerlig borrhärna erhålls från bergväggen ner till borrhålens slut vid ca 120 meters vertikalt djup. Med borrhärnorna som underlag kan utbredning och egenskaper av såväl områdets bergarter som diskreta sprickor och sprickzoner beskrivas.
- Att möjliggöra borrhålsundersökningar, till exempel med TV-loggning (det så kallade OPTV-systemet).
- Att möjliggöra geofysisk borrhålsloggning.
- Att ge möjlighet för hydrogeologiska undersökningar såsom flödesloggning och interferenstester som stöd för den geologiska och hydrogeologiska karakteriseringen.
- Att skapa förutsättningar för långtidsmonitoring av grundvattennivåer och hydrokemiska parametrar i avgränsade sektioner av borrhålet.

3 Utrustning

3.1 Kärnborriggar

Två typer av kärnborrmaskiner användes för att genomföra borrhålsprogrammet för projekt SFR-utbyggnad i byggtunneln i SFR i Forsmark. KFR91 borrades med en Sandvik DE142 bormaskin medan KFR90 borrades med en Diamec Smart 6 bormaskin. För bägge maskinerna användes I-hålet utrustning Epiroc WL N-dimension med trippeltub-system, se figur 3-1.

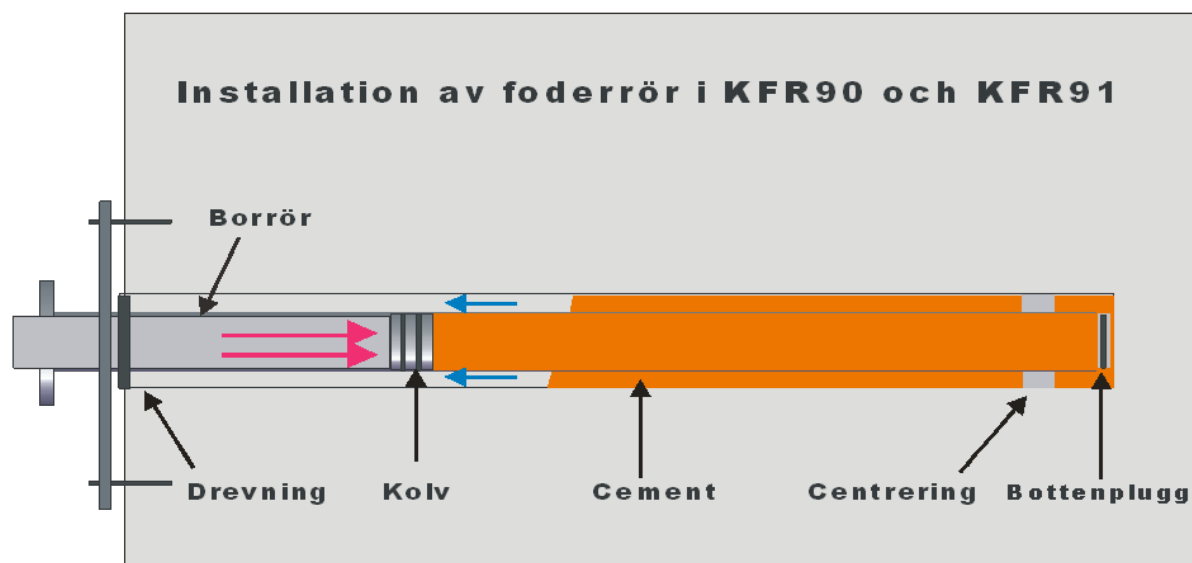


Figur 3-1 T.v. KFR90 borrades med Diamec Smart 6, som är en digitalt styrd bormaskin, medan KFR91 (t.h.) borrades med en Sandvik DE142, vilken är en manuellt styrd bormaskin.

3.2 Injekteringsteknik

Vid borrning under jord och under grundvattennivån står borrhålen alltid under ett övertryck motsvarande grundvattenpelarens höjd över borrhålsläget. Därför är det viktigt att installationen och gjutningen av foderöret utförs med stor noggrannhet så att läckage förbi foderröret undviks, se figur 3-2. För att åstadkomma en väl utfylld spaltinjektering trycks cementen nerifrån och ut. När cementen når borrhålsmyrningen tätas spalten med drevning. Infästningen säkras dessutom mekaniskt genom att tvärbalken (se figur 3-2) förankras med ingjutna gängstänger.

Eftersom borrhålen KFR90 och KFR91 ska fungera som monitoringsborrhål under mycket lång tid är foderrör och ventiler tillverkade av syrafast rostfritt stål.



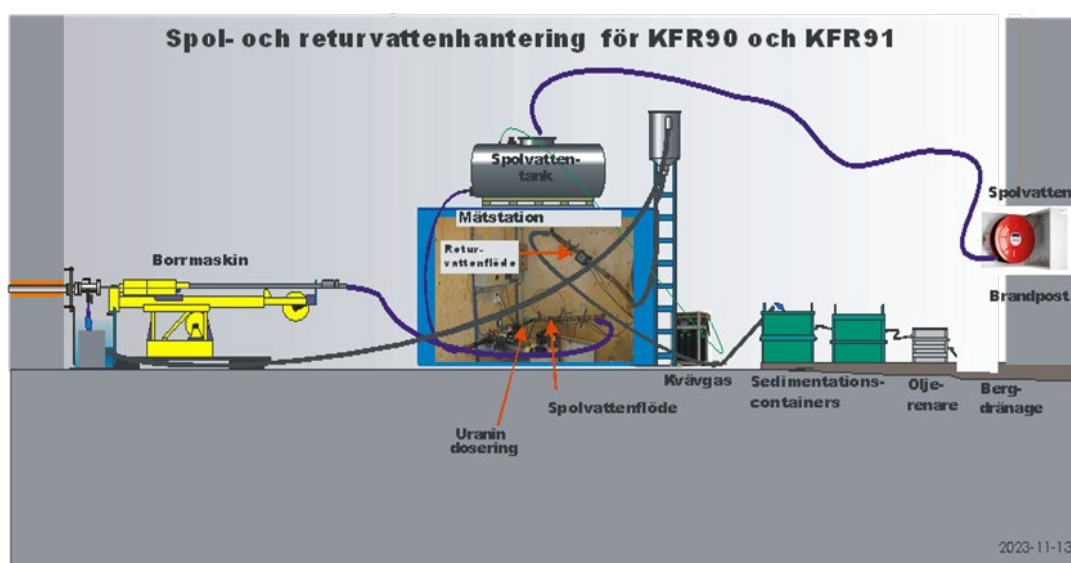
Figur 3-2 Översiktlig bild över injekteringen av foderröret till underjords borrhålen KFR90 och KFR91. Foderröret har fyllts upp med cement och med bormaskinen trycks borrhålsväggen mot pluggen så att cementen pressas ut i spalten mellan foderrör och borrhålsvägg.

3.3 Vattenhantering

För vattenhanteringen vid kärnbörning under jord i en kärnteknisk anläggning krävs stort utrymme för all utrustning, se figur 3-3. Ingående vatten togs från brandpost ca 200 meter längs tunneln ovanför borrhålen och fördes via en ledning in i en 5 m³ tank som står under konstant kvävgasövertryck för att reducera syrehalten i spolvattnet. Från tanken leds vattnet in i mätcontainer/mätstation där spårämne tillsattes från en flödesstyrd doserare. Efter att ha passerat genom en flödesmätare sögs vattnet in i bormaskinens vattenpump.

Vattnet, nu benämnt spolvatten, användes nu för att kyla borkronan under börning, för att spola bort kax ur borrhålet samt för inpumpning av innertub, hämtning av borkärna och inpumpning av mätinstrument. En del av spolvattnet som pumpades in i borrhålet trängde in i sprickor i berget, medan överskottet kom ut som returvatten genom sidoutkastet på avledarhuvudet, se figur 3-4.

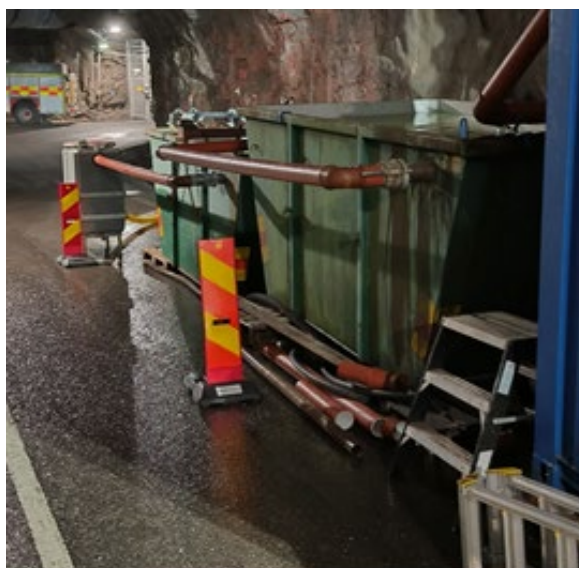
Returvattnet pumpades upp i cyklonen och flödade genom en flödesmätare, innan det i returvattnet inblandade borkkaxet fick sedimentera i två steg i containrar, se figur 3-5. Slutligen passerade returvattnet genom en oljerenare innan det släpptes ut i dränet.



Figur 3-3 Översiktlig bild av vattenhantering vid börningen av KFR90 och KFR91.



Figur 3-4 När foderröret är ingjuter och väl förankrat i bergväggen skruvas ett ventilt paket med sidoutkast fast på foderrets fläns. Därefter kan nu även bormaskinens balk fästas i bergväggen så att bormaskinen blir väl förankrad under borrhningens genomförande.



Figur 3-5 Sedimentationsanläggningen nedanför bormaskinen. Huvuddelen av borkaxet sedimenterar i den första containern. Vid låga inflöden i början av borrhningen består huvuddelen av returvattnet av spolvatten som är färgat grönt av spårämnet uranin.

3.4 Styrd borrhning

Det WL-baserade DeviDrill™ kärnrörssystemet består av två rör, dels ett inre borrhör som kan justeras i olika så kallade Dogleg*-inställningar**, dels ett yttre rör som låses i en fast orientering genom att expanderande klackar kläms fast i berget med spolvattentryck (ca 20 bar), se figur 3-6. Med DeviDrill-systemet™ justeras borrhålets riktning mot den valda slutpunkten. Efter styrningen borras konventionellt i 6-9 meter innan en mätning med DeviGyro™ kontrollerar effekten av utförd styrning. DeviDrill-systemet för styrd borrhning är endast tillämpligt på borrhål med en diameter på 76 mm (NQ).

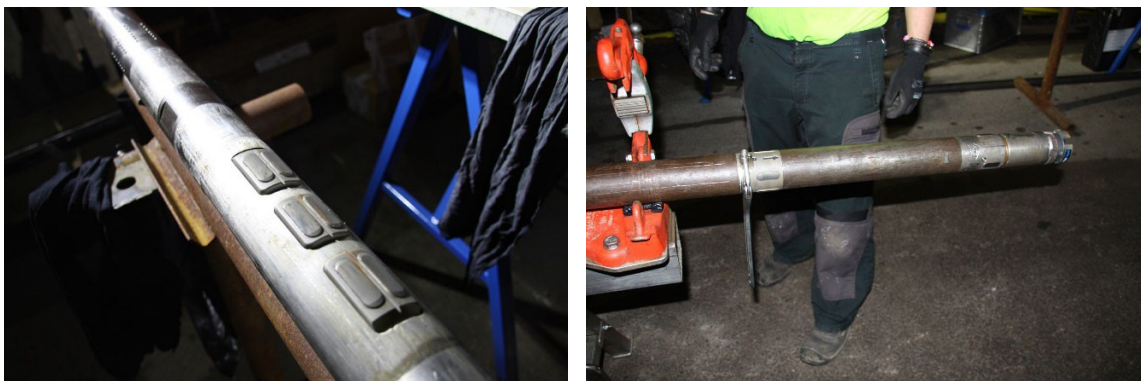
Genom att använda wire-line-teknik går det idag relativt snabbt att utföra den styrda borrhningen, se figur 3-7. Ett instrument, Devidip, som mäter tool-face och inclination, är monterat i ett innerrör som är placerat inuti DeviDrill-kärnröret vid borrhålsbotten. En gradskiva (360°) fästs på borrhöret, och efter att ha vinschat upp innerröret med instrumentet och läst av "tool-face" vinkeln*** görs en beräkning av hur mycket borrhsträngen behöver vridas (med en rörtång) för att få styrningen att gå åt rätt håll, se figur 3-8 och figur 3-9.

Slutligen, för att säkerställa att korrekt orientering uppnås, pumpas ett Devidip-instrument in i DeviDrill, en avläsning görs, varefter instrumentet vinschas tillbaka för datakontroll. En tolerans på $\pm 3^\circ$ för tool-face avläsningen anses vara acceptabel av Devico. Devidip-instrumentet pumpas ner till kärnröret och registrerar data under den styrda borrhningen, som huvudsakligen är en kvalitetssäkring av styrningen. Det slutliga resultatet från styrningen fås vid mätningen med Devigyro efter konventionell borrhning av några upptag.

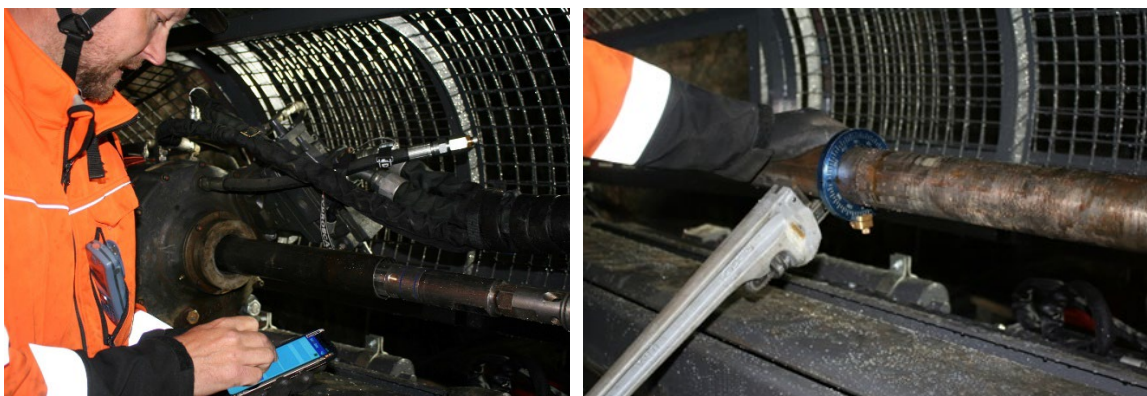
* Dogleg: Måttet på borrhålsbanans krökning (anges som vinkelgrader/30 m). För att instrument och mätutrustning ska kunna installeras i borrhålet bör den maximala krökningen för KFR90 och KFR91 vara $0,2^\circ/\text{m}$, vilket kan uttryckas som 6/30 m, d.v.s. Dogleg = 6.

** Inställning av DeviDrill reglerar styrkan på den påtvingade styrningen på en skala från 0 till 8 (där 0 är "ingen styrning" och 8 innebär en stark påtvingad krökning). Skalan är inte linjär och inställningen är därför inte direkt korrelerad till Dogleg-kurvan. Inställningen och effekten av styrningen är beroende av ett antal variabler.

*** Parametern TF (toolface) visar (över 360 grader) den orientering som DeviDrill styr mot. "Noll" är orienterad längs borrhriktningen men uppåt; TF 270 innebär aktiv styrning "åt vänster" etc.



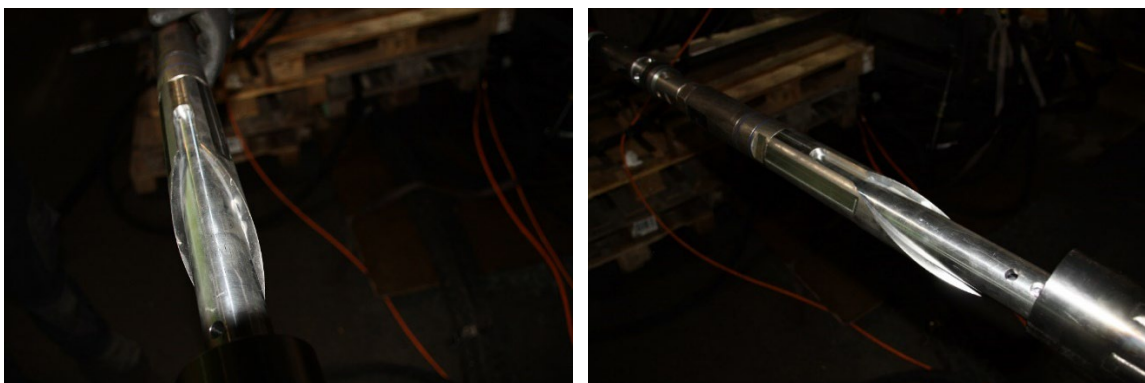
Figur 3-6 DeviDrill kärnrör. T.v.: När vattentrycket ökar (till ca 20 bar) expanderar de rörliga klackarna och låser röret i sitt läge. T.h.: Borrhkronan ger en kärna på 31,5 mm i sektioner där styrd borrhning utförs.



Figur 3-7 Orientering av DeviDrill-verktyget. Instrumentet vinschas upp och toolface läses av så att borrhöret, baserat på avläsningen, kan vridas till rätt läge enligt beslutad riktning på styrningen.



Figur 3-8 T.v.: I DeviDrill- kärnröret finns ett enklare gyro som mäter tool-face och lutning. Detta används för att orientera DeviDrill- kärnröret. T.h.: Devico gyro pumpas in i borrhören, och ger med det digitala räkneverk längdmåttet som används för att mäta resultatet av den gjorda styrningen.



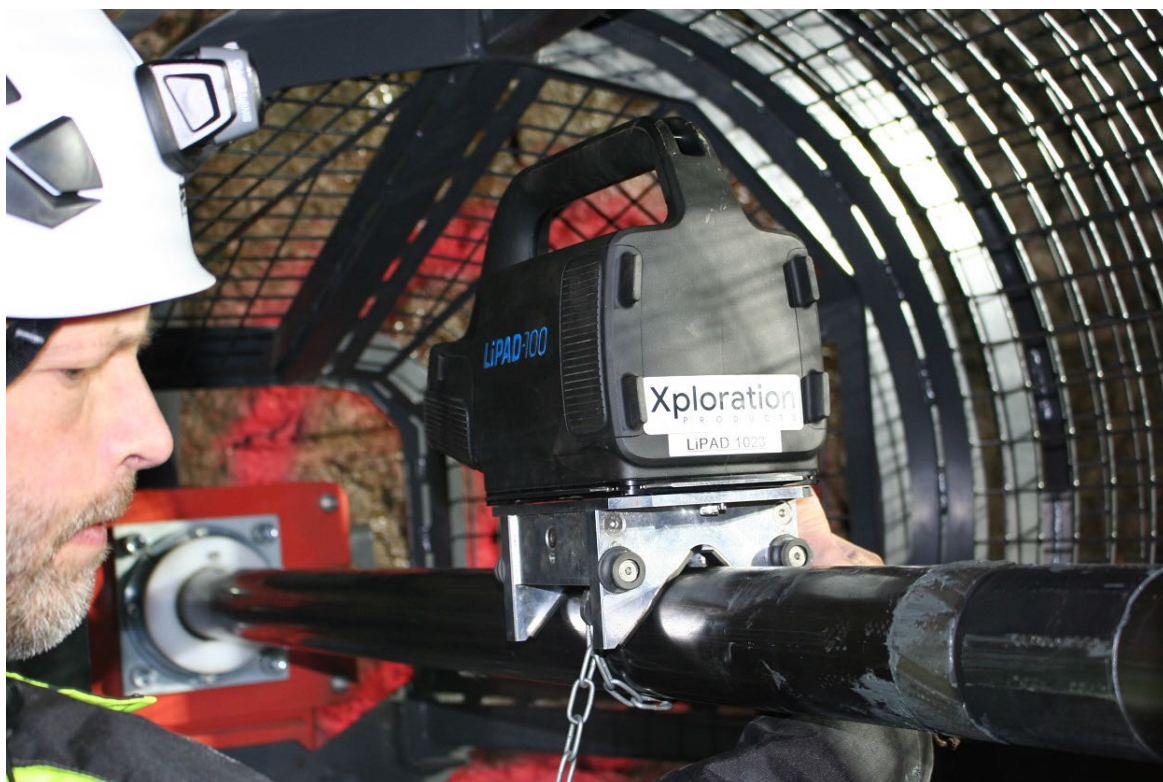
Figur 3-9 Kilen till vänster är monterad i DeviDrill-kärnröret, Till höger syns den övre instrumentdelen (DeviDip) som passar in i den undre kilen.

4 Utförande

Förborrning och installation av foderrören modifierades något jämfört med utförandet enligt metodbeskrivningen för genomförande av kärnborrning under jord. Inom projektet ”utveckling av borrarbete” har tester av nya gyrobaserade inriktningsinstrument och krökmätningsskärmar från tre olika tillverkare utförts. Testerna genomfördes i krökmätningsskärmen på Äspö. Resultatet visar att alla tre testade instrument mäter med hög noggrannhet och är relativt enkla att använda. Som en följd av utvecklingsprojektet implementerades nu den nya inriktnings- och mättekniken till detta borrarbete. För alla borrhål som har en preciserad målbild är det viktigt att borrhålets startriktning blir enligt plan. När dessutom kraven på raket är höga är det ännu viktigare att starta rakt, eftersom styrd kärnborrning är betydligt dyrare och mer tidskrävande än konventionell kärnborrning.

Efter att bormaskinen etablerats till borrarbete och el-anslutningen till hydraulaggregatet var utförd ställdes bormaskinen på en körplåt och med matarbalken mot bergväggen. Genom att fästa inriktningsinstrumentet, LiPAD100, på borrhöret kunde bormaskinen finjusteras tills rätt startriktning konstaterats, se figur 4-1. Eftersom inriktningsinstrumentet kontinuerligt skickar uppdaterade orienteringsdata till en datorenhet, underlättas justeringen av bormaskinen avsevärt.

Därefter förankrades borbalken i bergväggen, och bormaskinen svetsades fast ordentligt i körplåten. Innan alla skruvförband drogs åt kontrollerades startriktningen på nytt. För det första borrhålet som utfördes, KFR91, gjordes dessutom en dubbelkontroll med inmätning med totalstation av SKB:s geotekniker. Mycket god överensstämmelse mellan de två metoderna kunde påvisas.



Figur 4-1 Startriktningen för N-borrhålet (det vill säga ett 76 mm borrhål) mättes in med ett gyrobaserat inriktningsinstrument, LiPAD 100.

4.1 Förborrning och rymning

När inriktningen var fastlagd och bormaskinen väl förankrad i bergväggen, kärnborrades först ett 76 mm borrhål (N) till drygt 5 metr längd. Därefter rymdes borrhålet upp till 107 mm diameter med en pilotstyrd rymningsborkrkrona till ca 2,4 meter längd, se figur 4-2. Det är viktigt att anpassa rymningslängden i förhållande till foderrörets längd, speciellt om bergväggen är ojämn, eller om borrhålet inte är ansatt vertikalt mot bergväggen. Genom detta förfaringsätt får foderröret rätt startriktning, samtidigt som den fortsatta kärnborrningen får en guidning av det längre N-borrhålet. Rymningsdiametern anpassas efter foderrörets ytterdiameter (100 mm). I det här fallet valdes en spaltbredd av 3,5 mm. Dessutom pluggades N-borrhålet med en trasa för att hindra att det fylls upp med cement vid spaltinjekteringen av foderröret.



Figur 4-2 Bilden visar rymningsverktyget som användes för att rymma upp N-borrhålet till 107 mm diameter. Piloten med N-borkrkrona och kaliberring passar perfekt i det förborrade N-borrhålet.

4.1.1 Foderrör

Efter upprymning flyttades bormaskinens borbalk från borrhålet och foderröret fördes in i borrhålet, i syfte att märka ut en korrekt längd, så att spalten mellan foderrörets nedre del och det rymda borrhålet skulle bli så liten som möjligt. Det ska finnas tillräckligt utrymme för gjutpluggen att gå ur foderröret så att cementen kan pumpas ut. Dessutom måste tvärbalken ligga så nära bergväggen som möjligt för att få minsta möjliga utstick. För att undvika heta arbeten under jord justerades foderrörets längd uppe i verkstaden hos SFR, se bilderna i figur 4-3. Att få en liten spalt mellan foderröret och N-hålet, samtidigt som tvärbalken på foderröret ligger an mot bergväggen, är ett viktigt moment för att få en god funktion vid borrhålsarbetena, både under borrning och senare även för mätningar och installationer. På bergväggen märktes även ut var gångstängerna som håller fast foderröret skulle sitta. Därefter borrades och fastgjöts gångstänger så att allt var förberett innan injekteringen utfördes.



Figur 4-3. T.v.: När borrhålet hade rymts upp fördes foderröret in och mättes upp så att det fanns ett utrymme för plastpluggen att gå in i rymningen, samtidigt som tvärbalken passade mot bergväggen. T.h.: Foderröret kapades i SFR-verkstanen ovan jord till det justerade måttet.

4.1.2 Installation av foderrör

Foderröret tätades i botten med tejp, varefter standardcement och vatten blandades i en gjuthink. Cementblandningen fylldes upp i hela foderröret, och en plastplugg sattes ovanpå cementen, innan foderröret lyftes in i borrhålet, se figur 4-4. När bormaskinen åter riktats in mot borrhålet och när foderrörets tvärbalk hade fästs med gängstängerna, kunde spaltinjekteringen påbörjas. Borrhörens trycktes sakta mot pluggen så att cementen pressades ut i spalten, se även figur 3-2. När cementen nått borrhålsmynningen tätades spalten med drevning, se figur 4-5.



Figur 4-4 Foderröret fylls upp med cement och en plugg tätar foderröret innan det lyfts in i det rymda borrhålet.



Figur 4-5 Det cementfyllda foderröret förs nu in i borrhålet och tvärbalken förankras med gängstängerna. Borrmaskinen trycker på pluggen så att cementen pressas ut i spalten mellan foderrör och borrhålsvägg. När cementen når borrhålsmyningen tätas spalten med drevning.

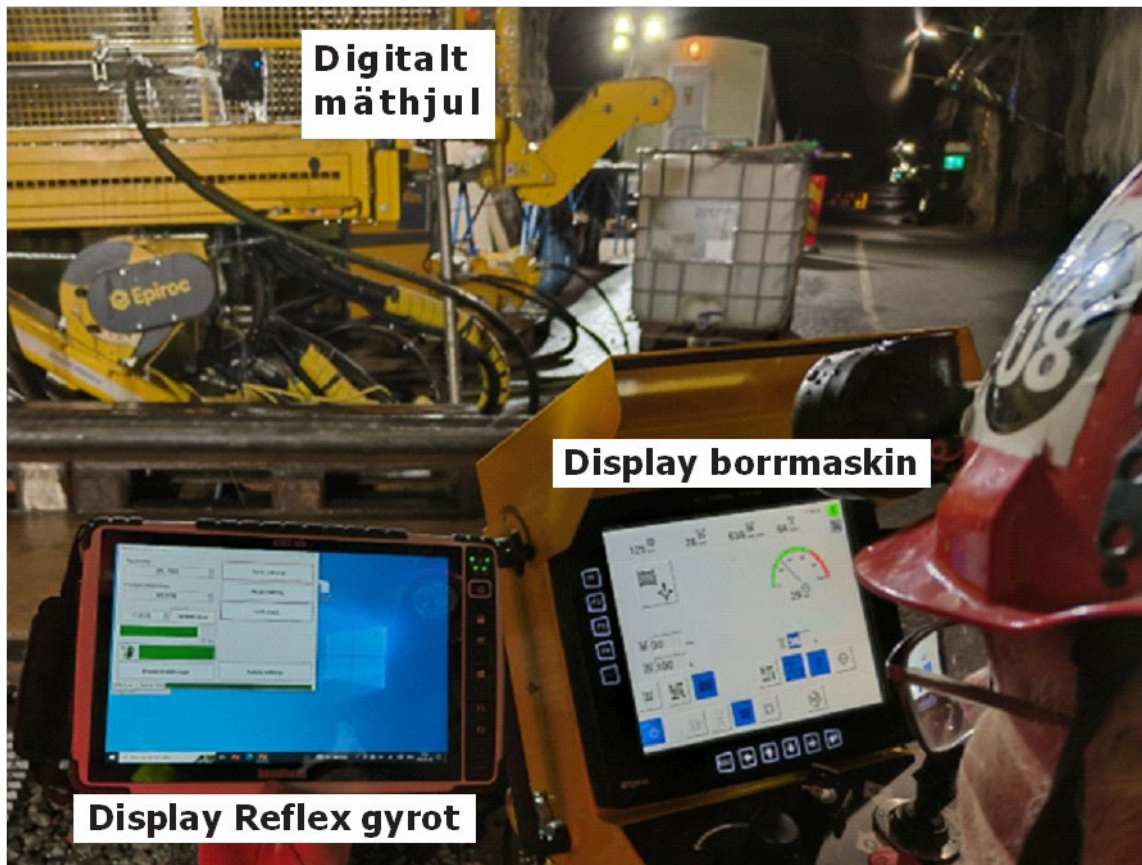
4.2 Krökmätningstrustning

För första gången vid borrhingsarbeten i SKB-regi användes nu gyrobaserade instrument som pumpas in i borrhöret och kan mäta borrhålets avvikelse under färden in och ut ur borrhöret. Förutom att Devicos gyro fanns tillgängligt, eftersom det ingick i den styrda borrhöret, hade SKB även hyrt ett instrument, Twin-gyro från Inertial Sensing. De två olika krökmätningstrustningarna visas i figur 4-6. Mättekniskt är instrumenten likartade. De yttre skillnaderna finns i centreringarnas utformning, IS Twin-gyro har fjädrande centreringar medan Devigyrot har snedställda hjul på sin centrering.

Enheterna har ett digitalt mätthjul som borrhörets vajer träs igenom. Instrumentet pumpas ner genom borrhöret med en hastighet av ca 20 m/s. Instrumenten kan i vertikala borrhål mäta i upp till en hastighet av 50 m/min, men den hastigheten kan inte uppnås i horisontella borrhål under jord på grund av mottrycket. Genom att ha synkroniserade klockor i mätsonden i borrhöret, i mätthjulet och i en handdator kan längdmåttet samköras mot mätdata. Alla gyroinstrument har en drift över tid, vilket dock kan kompenseras genom att instrumentet står stilla i borrhöret under 10 s för en ”driftcheck”. För twin-gyrot stannas sonden för varje 1½ minuts mätning och för Devigyrot för varje 8 min. Under denna ”driftcheck” justerar instrumentet inklinationen mot accelerometerdata samt gör en offsetjustering på gyrot. I figur 4-7 visas mätningen med twin-gyro. Mätningen med Devigyrot utförs på precis samma sätt. Borrhören som sköter inpumpningen avläser på handdatorn mätthastighet och instrumentpositionen i borrhöret, liksom när mätningen ska stoppas. En mätning av ett 450 meter borrhål in/ut tar mindre än en timme.



Figur 4-6 T.v.: Reflexgyrot förberett för att stoppas in i borrhöret. T.h.: Devigyrot som används vid styrningen och för kontrollmätning efter styrning.



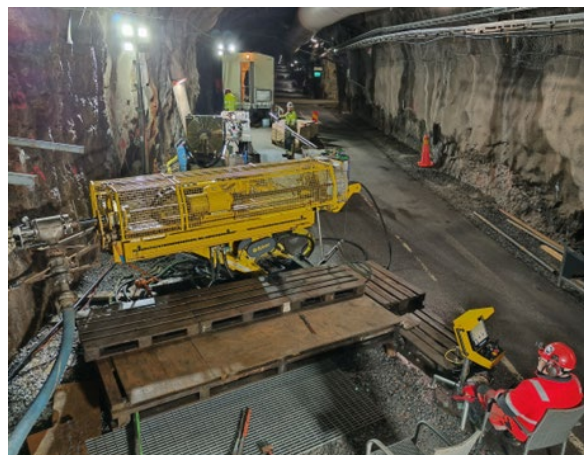
Figur 4-7 Mätning med Twin-gyro pågår. Instrument pumpas in i borrhöret med en hastighet av ca 20 m/min. Med handdatorn (t.v.) ser borrarern vad som händer med gyrot i borrhålet och kan då justera hastigheten eller stänga av vattenpumpen när instrumentet ska kalibreras.

4.3 Kärnborrning och borrhärnehantering

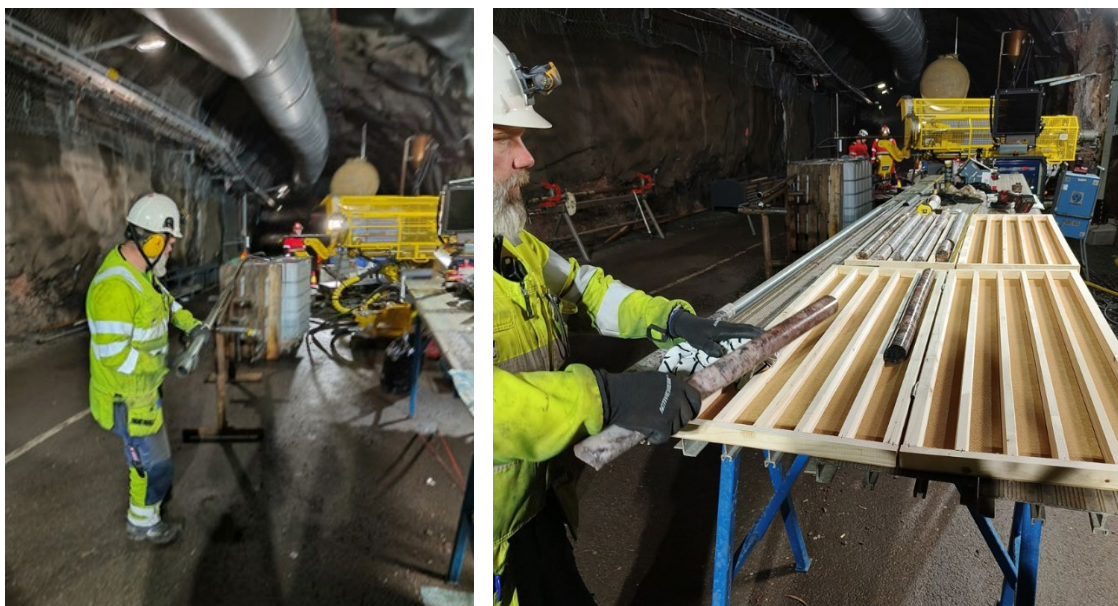
Under projektet användes två olika typer av bormaskiner, där KFR91 borrades med en manuellt styrd borrhär, Sandvik DE142. Med det systemet styr borrhären maskinen med spakar som öppnar/stänger hydrauliken för de olika bormomenten. För det andra borrhålet, KFR90, användes bormaskin av typen Diamec Smart 6, som är utrustad med ett digitalt styrsystem. I den maskinens hydraulsystem finns inbyggda givare vilka skickar rådata till en programvara som hanterar och styr utförandet av borrhären och även rör – och spolvattenhanteringen. Digitalisering av kärnbormaskiner påbörjades under 2000-talet, men det är först under de senaste 10-åren som de digitala styrsystemen blivit robusta och, inte minst viktigt, fått acceptans av den yngre generationens borrhäre. Denna teknikutveckling har medfört att borrhären blivit effektivare, samtidigt som arbetsmiljön förbättrats markant. Tekniken medför att borrhärpersonalen delvis frigörs från borrhärsarbetet, så att löpande underhåll kan utföras medan borrhärning pågår. För rörhantering, till exempel vid kronbyte, lyfter bormaskinen rören och gängar lös dem, medan borrhärpersonalen endast lyfter bort dem. Redan nu börjar allt fler bormaskiner utrustas med rörhanterare, som sannolikt blir standardutrustning inom en snar framtid, speciellt vid borrhärning av långa borrhär.

För borrhärning av kärnborrhären i detta projekt användes så kallad WL-teknik med trippeltub utrustning från leverantören Epiroc. Med detta system blir borrhären 75,8 mm i diameter (N), medan borrhären med dagens trippeltub får 45 mm diameter.

Under kärnborrhären användes ett 3 meter kärnrör. Efter varje avslutat borrhärupptag vinschas innertuben upp, varefter split-tuben med borrhären pumpas fram för kvalitetskontroll. Borrhären lyfts försiktigt över till borrhärnelådor där noggrann måttsättning och uppmärkning av kärnlådorna sker, se figur 4-8 och figur 4-9. Lådorna packas på pall innan de skickas till Uppsala för detaljerad borrhärnekartering.



Figur 4-8 Borrhärnehantering. Genom att ha två innertuber tillgängliga kortas borrhärskeln. Så fort innertuben med borrhären är uppe pumpas den andra innertuben ner i borrhären. I den digitalt styrda bormaskinen behöver borrhären ställa in borrhärparametrarna och övervaka borrhärprocessen på datapanelen.



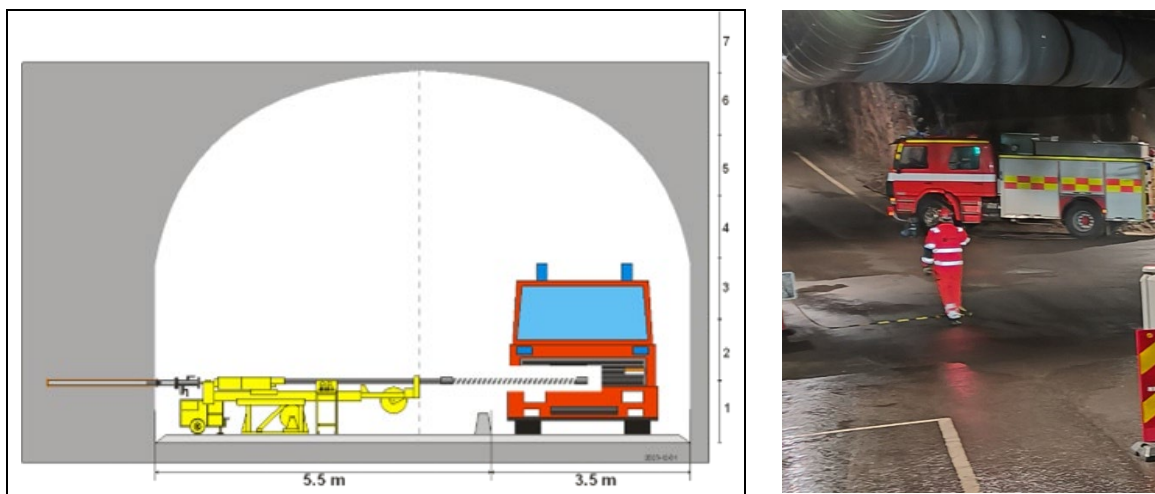
Figur 4-9 Borrkärnehantering. Splittuben med borrkärnan pumpas ut och borrkärnan lyfts över till borrkärnelådan för uppmärkning och måttsättning.

5 Resultat

I detta kapitel presenteras resultat från alla aktiviteter som utfördes vid borring av borrhål KFR90 och KFR91, som ingår i projektet Utbyggnaden av SFR3.

Nödvändiga styrdokument togs fram och inköpsförfarandet resulterade i att ett norskt borrarbolag med det svenska dotterbolaget Norse Diamondrilling AB anlätades för att utföra de två borrhålen KFR90 och KFR91 och med Devico Sweden AB (filial Devico AS) som leverantör av styrningsutrustning samt expertisstöd. Aktiviteten omfattade borring av två så kallade traditionella kärnborrhål, ca 340 meter respektive 450 meter långa. Eftersom SFR klassas som en kärnteknisk anläggning krävdes säkerhetsprövning, läkarintyg avseende drogprov samt intyg på personalens tillförlitlighet innan tillträde till anläggningen beviljades.

I de förberedande aktiviteterna var brandskyddet i SFR en viktig fråga. Eftersom borrhålen var orienterade vinkelrätt mot tunnelriktningen hamnade borrarutrustningen långt ut i tunneln och i vissa bormoment saknades utrymme för brandbil att passera borrarutrustningen. Beslutet blev därför att hyra in en brandbil som ställdes nedanför borrarplatserna och som fick vara kvar under hela arbetsperioden, se figur 5-1.

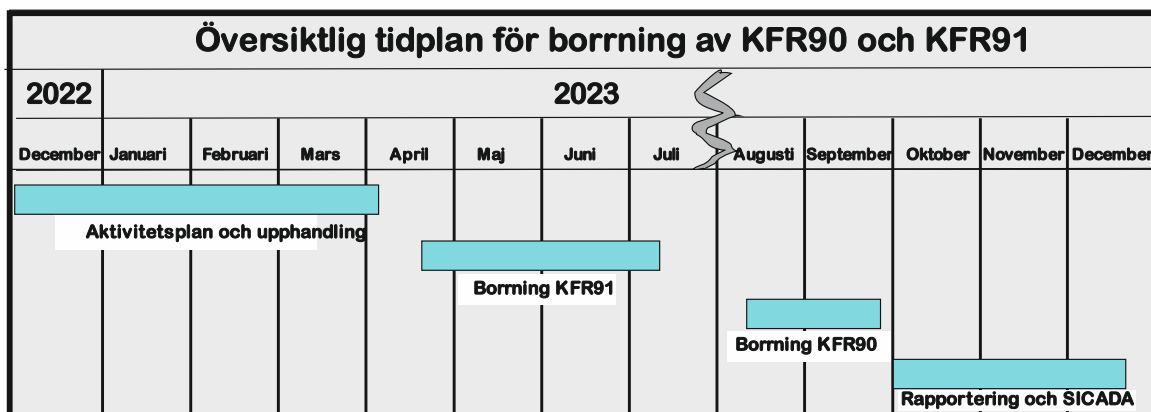


Figur 5-1 Brandskyddet i SFR är av högsta vikt och måste fungera under alla förhållanden. Eftersom borrarutrustningen blockerade passage av brandbil blev lösningen istället att en extra brandbil hyrdes in och placerades nedanför borrarplatserna.

Inför utbyggnaden av SFR-3 betraktades även kärnborrningen som en entreprenad, vilket medförde att en borrare efter genomgången utbildning fungerade som BAS-U och därmed ansvarade för sitt arbetsområde i tunneln. I praktiken medförde det att alla som måste passera arbetsplatsen måste få tillstånd från BAS-U för att kunna göra detta.

Eftersom borringen utfördes med enkel-skift kunde detaljschemat planeras direkt mellan aktivitetsledare och borrarpersonal. Inledningsvis begränsades arbetstiden till 07:00 -15:45 måndag till fredag, eftersom vaktpersonal måste bemanna SFR-anläggningen vid underjordsarbete. Senare kunde dock arbetstiden förlängas, först till 18:00 och senare även till 20:00, vilket var helt nödvändigt för att få en effektiv borring.

I entreprenad- och gruvindustrin har det under flera år rått högkonjunktur, och för att få tillgång till ledig borrar kapacitet hos entreprenörerna krävs god framförhållning. Den övergripande tidsplanen fastslog att borrarprogrammet skulle avslutas före semesteruppehållet under sommaren 2023. Men med sen start och en bormaskin som krävde större effektbehov än vad som fanns tillgängligt förlängdes den övergripande tidsplanen till september 2023. Till det andra borrhålet investerade entreprenören i en ny digital bormaskin vilket medförde att det andra borrhålet slutfördes inom fastställd tidplan, se figur 5-2.



Figur 5-2 Översiktlig tidsplan för förberedelser och borrhning av KFR90 och KFR91. Det inledande arbetet påbörjades ca 5 månader innan etablering av borrhutrustning. Genomförandet av borrhprogrammet samt efterföljande avetablering utfördes mellan april-september 2023.

5.1 Kärnborrhning i KFR90 och KFR91

Eftersom de två borrhålen ska användas både som undersöknings- och monitoringsborrhål för berganläggningen, är deras position i förhållande till bergsalarna viktig. Om borrhålen hamnar för långt ifrån anläggningen minskar nyttan av informationen, men om de i stället hamnar för nära anläggningen kan de istället påverkas av till exempel injektering och fungerar i så fall inte som monitoringshål. Det övergripande regelverket innebär också att om borrhålen hamnar <10 meter ifrån anläggningen så måste de förseglas. Baserat på dessa förutsättningar var styrd borrhning nödvändig för att uppfylla de ställda kraven.

5.2 Borrhning KFR91

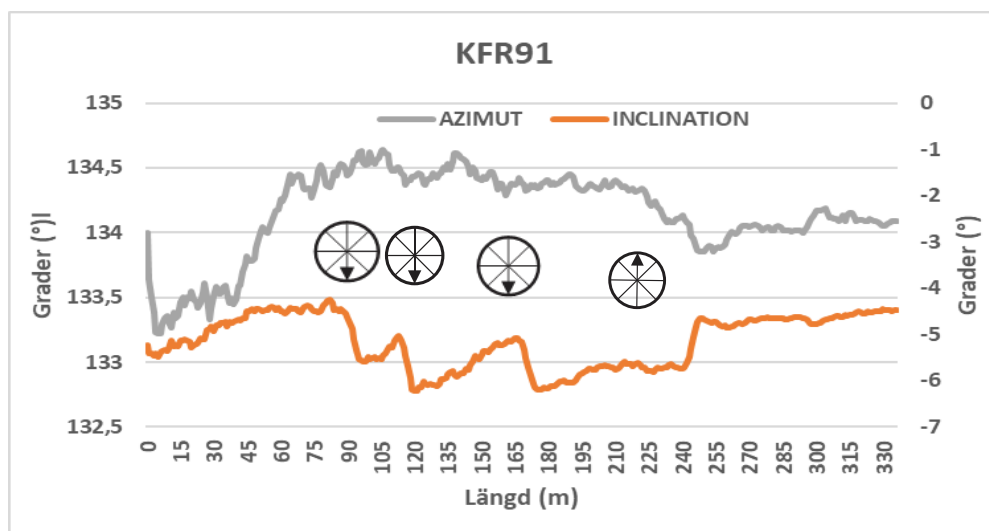
Under lång tid har det inte utförts större entreprenader utanför de ordinarie aktiviteterna inom förvarsverksamheten i SFR. Med den nu beslutade utbyggnaden av SFR-3 kommer emellertid en omfattande verksamhet att ske under jord i Forsmark. Borrhningen av de två borrhålen var den första delen av en verksamhet som påverkar SFR-organisation, och som kan ses som en första övning för vad som komma skall. Eftersom arbetet utfördes i en kärnteknisk anläggning måste regelverket följas till punkt och pricka på grund av att eventuella avvikelser kan påverka försvarsarbeten och tillstånd negativt.

För entreprenören är underjordsarbete en normalitet, men utföraren måste också hinna lära och förstå det speciella med arbete i en kärnteknisk anläggning. Ovanan med etablering av omfattande kringutrustning i anläggningen i kombination med ett strikt regelverk medförde att det första borrhålet, KFR91, krävde längre tid än beräknat för genomförandet, se figur 5-3.

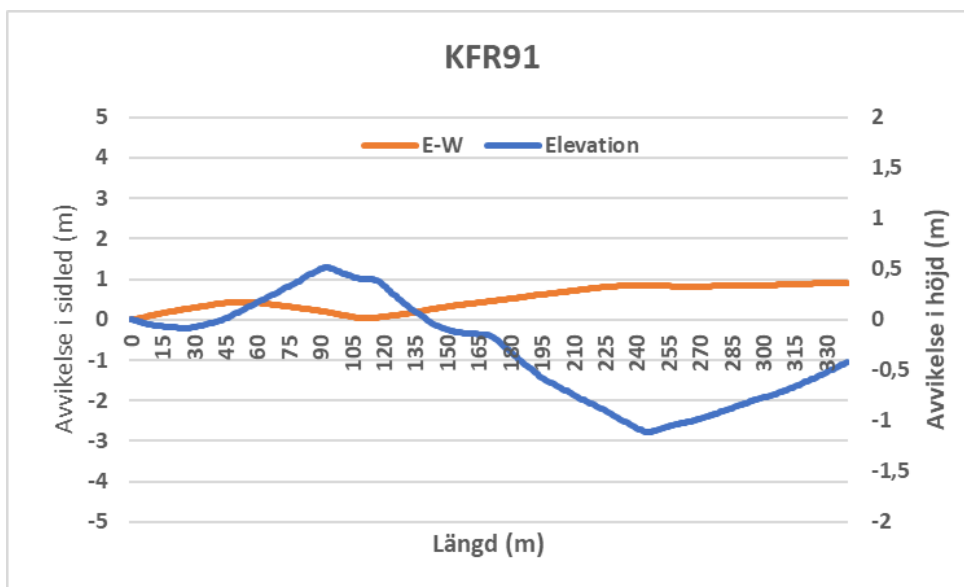
Parallellt med borrhningen av KFR91 pågick revision på FKA, vilket medförde förlängd etableringstid, framför allt för att få tillgång till elektriker för inkoppling av borrhmaskinen innan borrhningsarbetena kunde starta. Dessutom måste kabeln mellan elskåp och borrhmaskin skarvas med 15 meter eftersom borrhålsplåsen hade flyttats isär. När det dessutom visade sig att entreprenörens borrhmaskin krävde större effektbehov än vad som fanns tillgängligt, stördes borrhningen av upprepade elavbrott, vilket resulterade i lägre indrift per dag än planerat. För att klara kraven på rakhet utfördes fyra styrningar. Trots dessa störningar kunde borrhålet dock slutföras innan semesteruppehållet den 5 juli. Den genomsnittliga framdriften visade sig efter entreprenadens avslut vara 9 m/per dag.

Tabell 5.1. Fyra styrningar utfördes i KFR91.

Nr	Sektion (m)	Mål	Tool-face	Storlek	Resultat
1	88,66–93,66	Inklination $-4,31^\circ$ vid 88 m. Borrhålet går rakt i riktning men uppåt och längre ifrån anläggningen, och den första styrda borrhningen riktas nedåt.	180°	Dogleg 6	Korrigerig av lutningen med $0,8^\circ$ över 6 m längd.
2	112,70–117,66	1:a styrningen lyckad med tydlig riktning nedåt men den naturliga tendensen strävar uppåt. Försätter med styrning nedåt.	180°	Dogleg 6	Fortsatt korrigerig nedåt.
3	166.69–171.25	2:a styrningen lyckad med tydlig riktning nedåt men den naturliga tendensen fortsätter uppåt.	180°	Dogleg 6	Fortsatt korrigerig nedåt.
4	241.66–244.70	3:e styrningen lyckad med därefter nästan rakt så därför görs nu riktningsförändring uppåt.	0°	Dogleg 4	Borrhålet korrigerat uppåt och fortsätter sedan rakt. Kommer att gå nära målpunkten.



Figur 5-4 Borrhål KFR91. Bilden visar azimuth och inklination, samt de 4 styrningar som utfördes i borrhålet. Samtliga styrningar syftade till att justera positionen i höjddled.



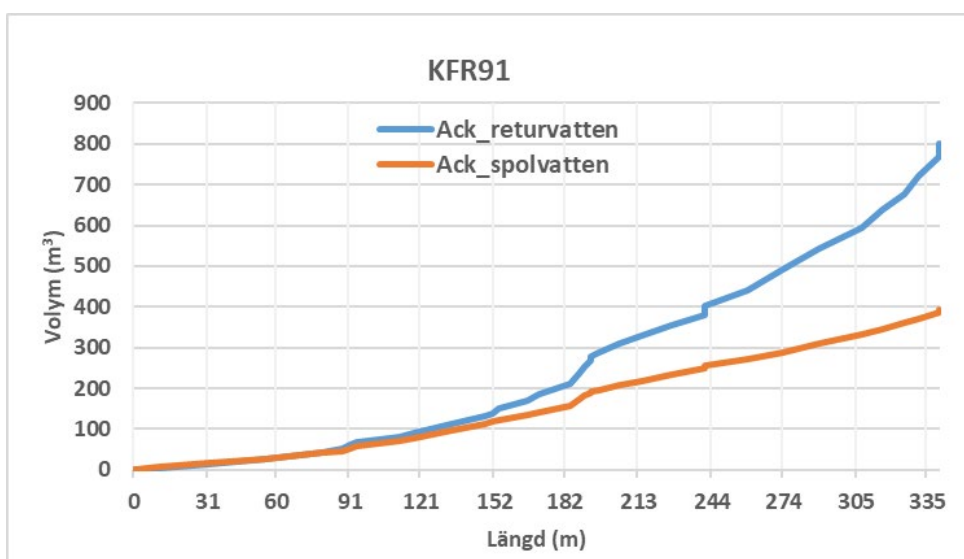
Figur 5-5 Borrhål KFR91. Bilden visar borrhålets position i höjd och sidled i förhållande till ett tänkt rakt borrhål. Efter de tre första styrningarna fortsatte borrhålet att gå nedåt, varför den fjärde styrningen riktades åt motsatt håll så att trenden bröts. Borrhålets slutpunkt hamnade 0,4 meter under målpunkten.

5.2.2 Spol- och returvattenflöden samt vattenbalans vid borrning av KFR91

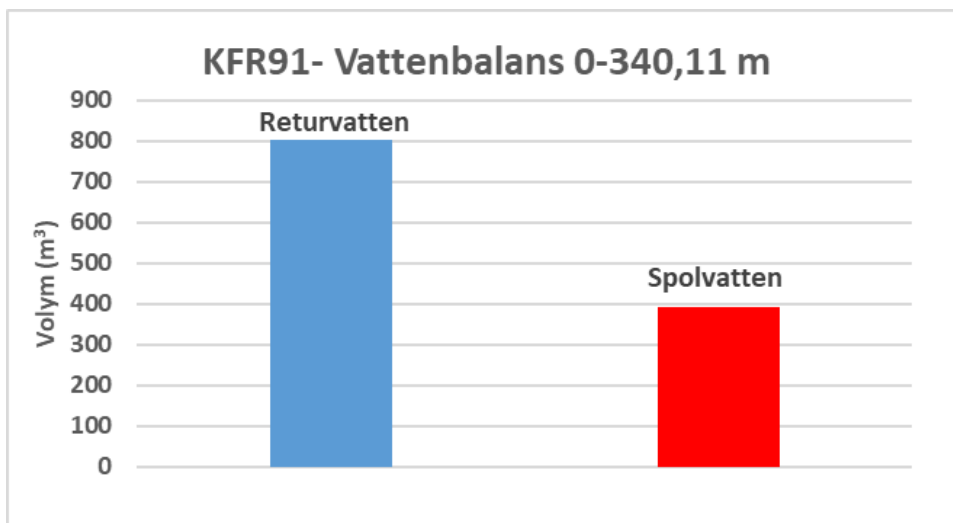
För de allra flesta borrhål i anslutning till SFR-anläggningen är kännedom om vattenkemin ett viktigt kunskapsområde. Det är därför angeläget att dokumentera mängden spolvatten som pumpas in i borrhålet under borrningen liksom att mäta volymen vatten (spolvatten samt grundvatten) som kommer ut ur borrhålet. Utifrån dessa uppmätta volymer är det enkelt att beräkna vattenbalansen för borrhålet.

I mätcontainern finns flödesmätare både för spolvattnet och returvattnet. Det returvatten som kommer genom borrhölen, exempelvis när innertuben dras ut ur borrhölen, passerade dock inte flödesmätaren. Istället noterades tiden för hur länge borrhålet var öppet och den totala volymen beräknades efter storleken på grundvatteninflödena i borrhålet.

I figur 5-6 visas den ackumulerade volymen spolvatten och returvatten gentemot borrarlängd, medan i figur 5-7 de totala volymerna av spol- och returvatten från hela borrarperioden redovisas, vilket ger en vattenkvot på 2,05.



Figur 5-6 Ackumulerad volym av spolvatten (röd) och returvatten (blå) mot borrarlängden under borrningen av KFR91.

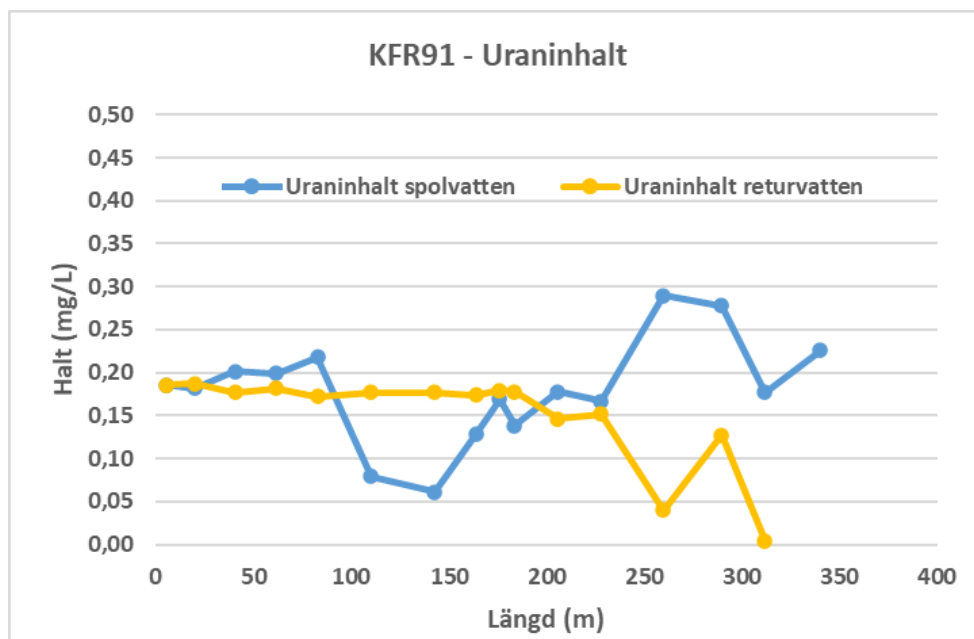


Figur 5-7 De totala volymerna av spolvatten och returvatten under borrhningen av KFR91. Den totala volymen av spolvatten som användes var 392 m³. Under samma period, uppmättes den totala volymen av returvatten till 892 m³. Returvatten-/spolvattenbalansen blir då så pass hög som 2,05, framförallt beroende på ökade inflöden från ca 150 meter längd.

5.2.3 Uraninhalter i spolvattnet och returvattnet vid borrhning av KFR91

Returvattnet är en blandning av spolvatten och inflödande grundvatten från bergformationen som borrhålet genomkorsar. För att beräkna mängden spolvatten som är kvar i bergformationen och i borrhålet efter borrhningen används mängden av spårämnet uranin i prover tagna från spol- och returvattnet. Provtagningen utfördes regelbundet med en provtagningsfrekvens av ungefär ett prov för varje 20-30 meter borrhlängd, se figur 5-8. En flödesstyrd doseringsutrustning användes för att hålla koncentrationen av uranin vid 0,20 mg/L.

I borrhål under jord som står under konstant övertryck (7 bar för KFR91) bör allt spolvatten som pumpas in i borrhålet också komma ut ur borrhålet som returvatten. Om medelvärdena för uraninkoncentrationen i spolvattnet och i returvattnet används för att beräkna den mängd uranin som tillförts och flödat ut från borrhålet, blir beräkningarna 82 g in och 100 g ut. Det finns en osäkerhet i beräkningen på grund av att antalet prover var litet, men värdena visar att allt spårämne rimligtvis har kommit ut, och därmed också allt spolvatten.



Figur 5-8 Figuren visar halterna av spårämnet uranin i spol- och returvattnet vid borrningen av KFR91. När inflödet i borrhålet ökar med ökad borrar längd ska halten av uranin i returvattnet minska. Detta stämmer väl för i KFR91.

5.2.4 Vattenprovtagning

Eftersom all vattenkemisk provtagning för SFR utförs i de gamla borrhålen från 1980-talet är det naturligtvis intressant att få nya data från området över den planerade utbyggnaden. Vattenprover (10 L) togs ut vid ökande inflöden i borrhålet, se tabell 5.2.

Tabell 5.2. Vattenprov (10 l) tagna för vattenkemianalys i KFR91.

ID	Datum	Från (m)	Till (m)	Flöde (L/min)	pH	EC (mS/m)	Omsättning
KFR91	2023-05-12 09:35	0	13,66	1,4	7,26	823	
KFR91	2023-05-15 15:00	0	88,66	1,8	8,27	870	1
KFR91	2023-05-31 17:30	0	154,66	10,4	7,15	841	1,8
KFR91	2023-06-21 15:40	0	244,7	40			2

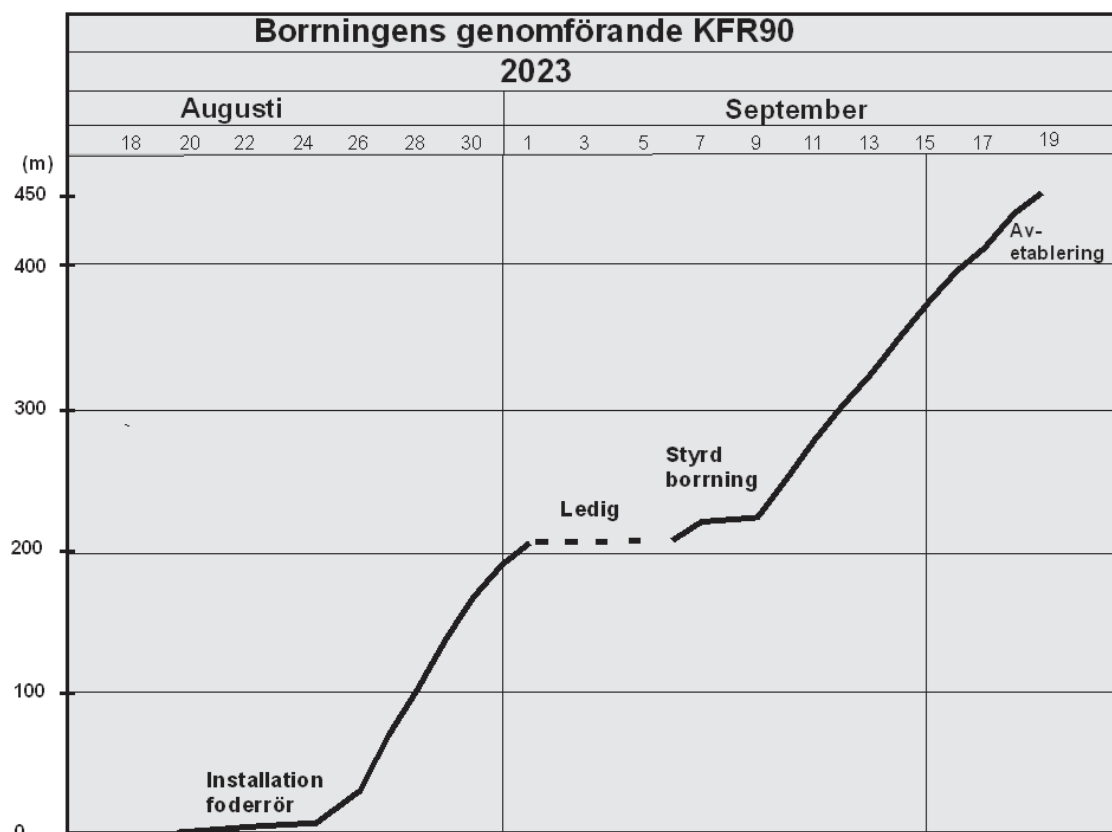
5.3 Borrning KFR90

Inför borrningen av KFR90 hade borrentreprenören investerat i ny digital bormaskin av typ Diamec Smart 6. Eftersom bormaskinen drivs med 1000 V, medan matningen från SFR:s ställverk är 400 V, hyrdes en transformator för att omforma spänningen till maskinens elhydraulaggregat.

Etableringen till borrhålet gick nu mycket snabbare än för borrhål KFR91, eftersom all utrustning fanns på plats under jord och mycket av kringutrustningen redan var iordninggjord och inkopplad. Borrtekniskt gjordes även en förändring genom att nu använda ett Hexagon kärnrör som är mycket styvare än ett standardkärnrör. Baserat på erfarenheten från KFR91 hade vi nu även kännedom om att berggrunden i SFR-området i Forsmark gör att borrhålen blir ganska raka men styrs uppåt.

Efter installationen av foderröret och anslutning och inkoppling av all kringutrustning kunde produktionsborrningen börja. Den nya bormaskinen fungerade perfekt redan från början, och kontrollmätningar visade att borrhålet gick rakare än KFR91 och med endast liten stegring uppåt.

Kombinationen av en ny bormaskin, ett rakare borrhål, och endast en styrning på hela borrhålslängden medförde att borringen fick en avsevärt bättre framdrift per dag än borringen av KFR91. Trots att borrhålet var 110 meter längre än KFR91 blev framdriften i medeltal 19,5 m/dag, det vill säga mer än dubbelt så stor framdrift per dag än vid borringen av KFR91. Tidsschemat för borringens genomförande framgår av figur 5-9.



Figur 5-9 Tidschema för borringen av KFR90.

5.3.1 Styrdd borring KFR90

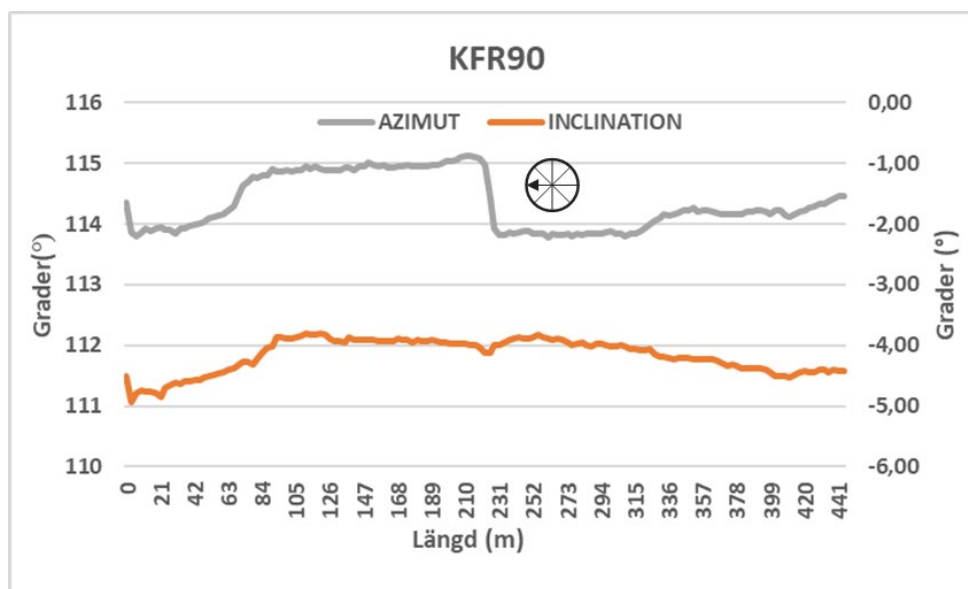
Inför borringen av det andra borrhålet, KFR90, byttes som ovan nämnts bormaskinen ut mot en ny Diamec Smart 6 borrhålsborrigg. Dessutom användes ett Hexagonkärnrör som är betydligt tyngre och styvare än det tidigare använda standardkärnröret. På grund av den vunna erfarenheten från borringen av KFR91, som påvisade den tydliga trenden att borrhålet strävar uppåt, justerades startriktningen för KFR90 med 0,5° nedåt jämfört med planerad riktning.

Inledningsvis gick borrhålet svagt uppåt och något åt höger, men från 70 meter gick borrhålet i stort sett rakt. Styrning mellan 220.91-226.30 meter justerade borrhålet åt vänster, då det fanns en svag trend för borrhålet att gå åt höger, se tabell 5.3 och figur 5-10. Efter styrningen fortsatte borrhålet att gå rakt, och trenden indikerade att det skulle gå att klara kraven utan ytterligare styrningar.

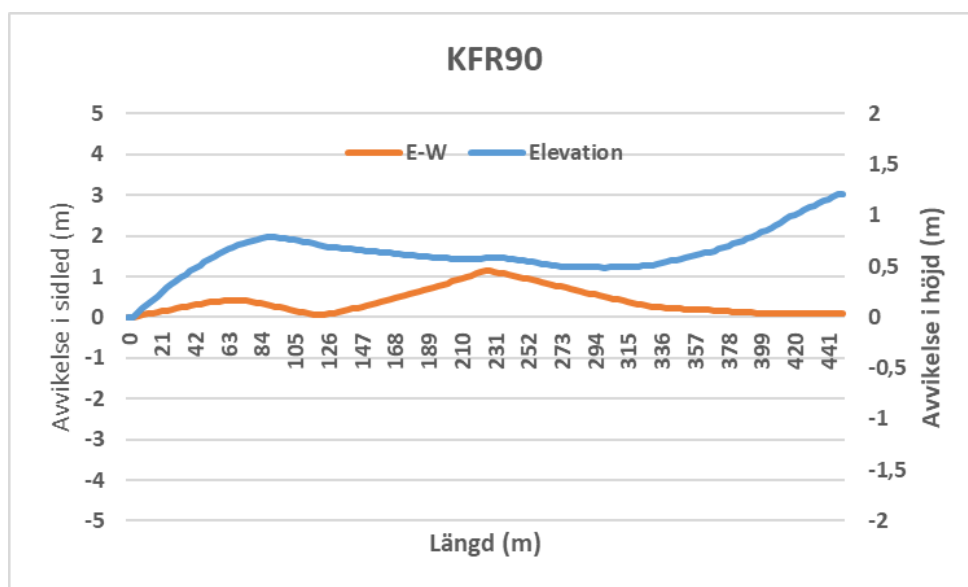
I figur 5-11 ser vi borrhålets avvikelse jämfört med ett tänkt rakt borrhål för hela borrhålslängden. Styrningen i sidled medförde att borrhålet till slut hamnade endast 10 cm till höger om målpunkten. I höjddled fortsätter borrhålet mot slutet att sakta gå nedåt och hamnar 1,2 meter under målpunkten vid fullt borrhålsdjup. Som helhet är dock borrhålet mycket rakt och klarar kravbilden med marginal. Det kan konstateras att med Hexagonkärnröret blir borrhålets avvikelse betydligt mindre än med ett standardkärnrör, även om den nya driftsäkra bormaskinen också kan ha viss betydelse.

Tabell 5.3. Endast en styrning utfördes i KFR90.

Nr	Section (m)	Mål	Tool-face	Storlek	Resultat
1	220.91-226.30	Behöver justera borrhålet åt vänster.	260°	Dogleg 6	Korrigerig av riktningen med 1° över 6 m längd.



Figur 5-10 Borrhål KFR90. Bilden visar azimuth, inklinatlon och position samt effekten av den enda styrningen som utfördes i borrhålet.

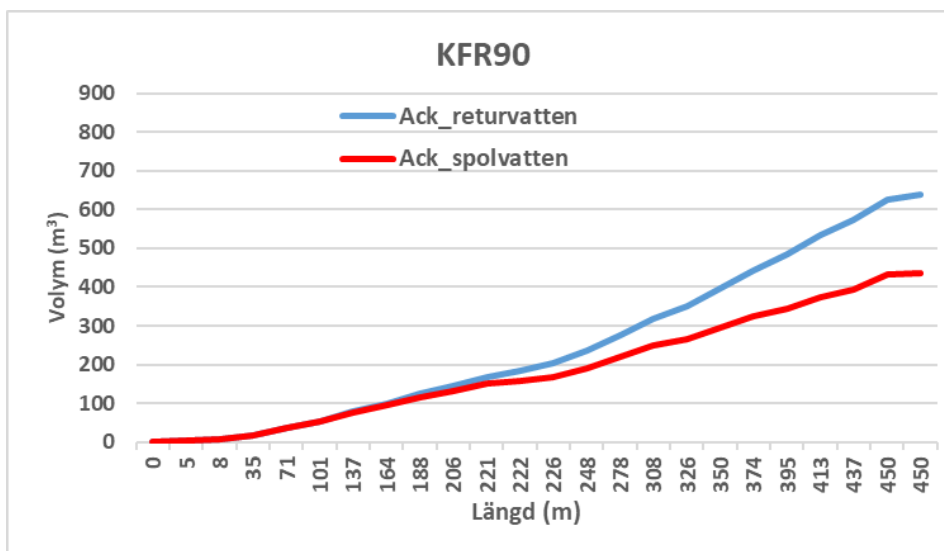


Figur 5-11 Borrhål KFR90. Bilden visar borrhålets position i höjd och sidled i förhållande till ett tänkt rak borrhål. Endast en styrning utfördes varvid riktningen justerades mot vänster. I sidled var borrhålet endast 10 cm från målpunkten, medan borrhålets slutpunkt i höjldled hamnade 1,2 meter under målpunkten.

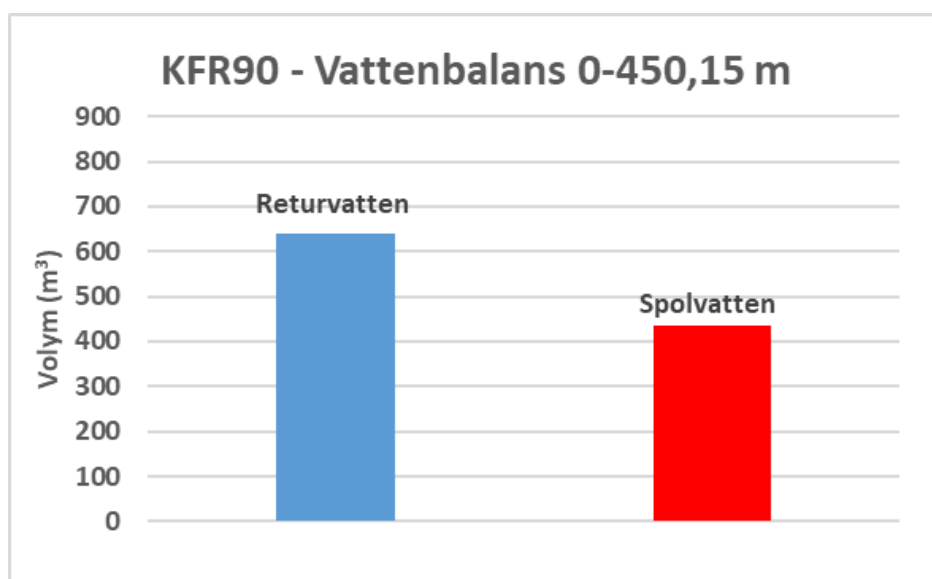
5.3.2 Spol- och returvattenflöden och vattenbalans vid borrhning av KFR90

KFR90 borrades under en kortare tid och hade ett mycket lägre inflöde jämfört med KFR91.

På grund av de mycket låga inflödena i första halvan av borrhålet är det liten skillnad mellan de ackumulerade volymerna av spol- och returvatten, se figur 5-12. Med gradvis ökat inflöde i borrhålet och länge hanteringstider för borrarcykeln ökade skillnaden, och den totala volymen spolvatten som användes för borrhningen av KFR90 var 436 m³, medan returvattenvolymen blev 640 m³, vilket ger en spolvattenbalans av 1,47, se Figur 5-13.



Figur 5-12 Ackumulerad volym av spolvatten (röd) och returvatten (blå) mot borrhålets längd under borrhningen av KFR90.

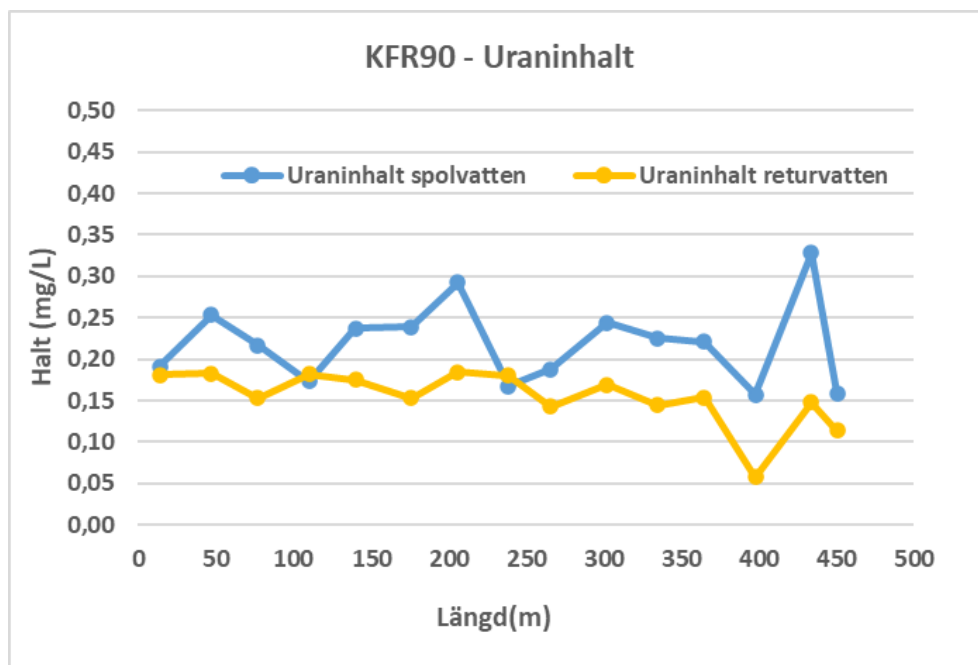


Figur 5-13 De totala volymerna av spolvatten och returvatten som användes under borrhningen av KFR90. Den totala volymen av spolvatten som användes var 436 m³. Under samma period uppmättes den totala volymen av returvatten till 640 m³. Returvatten-/spolvattenbalans blir då 1,47.

5.3.3 Uraninhalter i spolvattnet och returvattnet vid borrhning av KFR90

Under borrhningen har på samma sätt som vid borrhning av KFR91 provtagning och analys av spolvatten och returvatten för analys av uraninhalten utförts regelbundet med en provtagningsfrekvens av ungefär ett prov per 20-30 meter borrhåets längd, se figur 5-14. En flödesstyrd doserare användes för att hålla uranin koncentrationen vid 0,20 mg/L.

I borrhål under jord som står under konstant övertryck (8 bar för KFR90) bör allt spolvatten som pumpas in i borrhålet också komma ut ur borrhålet som returvatten. Om medelvärdena för uraninkoncentrationen i spolvattnet och i returvattnet används för att beräkna den mängd uranin som tillförts och flödat ut från borrhålet, blir beräkningarna 92 g in och 95 g ut. Det finns en osäkerhet i beräkningen på grund av litet antal prover, men värdena visar att allt spårämne, och därmed även allt spolvatten, rimligtvis har kommit ut ur hålet.



Figur 5-14 Figuren visar halterna av spårämnet uranin i spol- och returvattnet vid borrhningen av KFR90. När inflödet i borrhålet ökar med ökad borrhad längd ska halten av uranin i returvattnet minska. Detta stämmer väl för i KFR90.

5.3.4 Vattenprovtagning

Eftersom all vattenkemisk provtagning för SFR utförs i de gamla borrhålen från 1980-talet är det naturligtvis intressant att få nya data från området över den planerade utbyggnaden. Vattenprover (10 L) togs ut vid ökande inflöden i borrhålet, se tabell 5.4.

Tabell 5.4. Vattenprov (10 l) tagna för vattenkemianalys.

ID	Datum	Från (m)	Till (m)	Flöde (L/min)	pH	EC (mS/m)	Omsättning
KFR90	2023-08-30 07:30	0	135,91	2,8	7,43	553	3,3
KFR90	2023-09-20 15:00	0	450,15	18	7,59	777	3,2

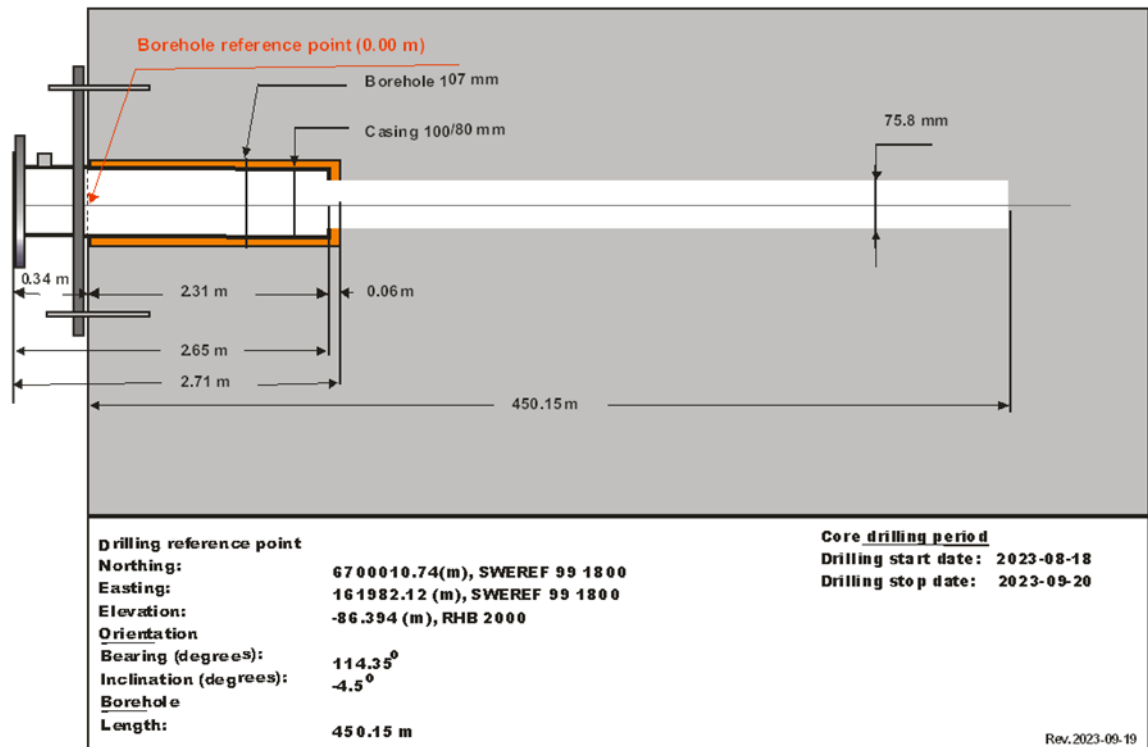
Bilaga 1 - Tekniska data för kärnborrhålen KFR90 och KFR91

Tabell B1.1. Administrativa, geometriska och tekniska data för kärnborrhål KFR90.

Parameter	Data
Borrhål ID	KFR90
Plats	Forsmark, Östhammars kommun, Sverige
Kärnborrning	2023-08-18 till 2023-09-20
Entreprenör kärnborrning	Norse Diamond Drilling AB
Kärnborrningsutrustning	Diamec Smart 6 Epiroc N
Styrd kärnborrning	Devico Sverige AB
Utrustning	Devidrill
*Position bergvägg (SWEREF 99 18 00 / RH 2000)	N 6700010,74 (m)
	E 161982,12 (m)
	Z -86,394 m (RH 2000)
Azimuth (0–360°):	114,35°
Dip (0–90°):	–4,50°
Position vid borrhålsbotten (SWEREF 99 18 00 / RH 2000)	N 6699825,62 (m)
	E 162391,12 (m)
	Z -119,11 m (RH 2000)
Azimuth (0–360°):	114,45°
Dip (0–90°):	-4,42°
Borrhålets längd	450,15 m
Borrlängd och dimensioner	
	Från 0,00 m till 450,15,01 m: 0,0758 m
Foderrör	Casing Øo/Øi = 100,0/80,0 mm från 0,34 m till 2,31 m
Dimension borrhärlarna	0,00 – 450,15 m/Ø 45 mm
Borrhärlarnas längd	0,00 – 450,15 m
Styrd borrrning	220,91-226,30
Dimension borrhärlarna vid styrd borrrning	Ø 31,5 mm
Medelvärde för borrhärlarnas längd	2,88 m
Antal upptag	156

Technical data

Borehole KFR90



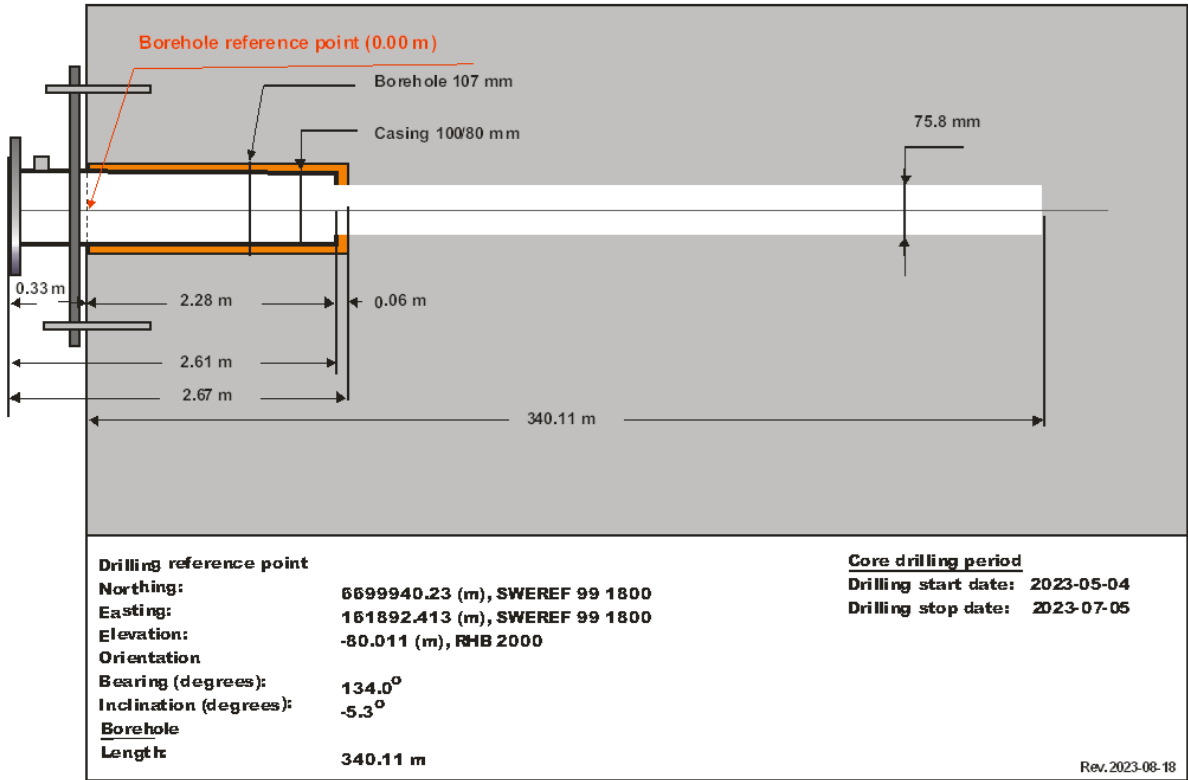
Figur B1-1. Teknisk illustration av borrhål KFR90.

Tabell B1.2. Administrativa, geometriska och tekniska data för kärnborrhål KFR91.

Parameter	Data
Borrhål ID	KFR91
Plats	Forsmark, Östhammars kommun, Sverige
Kärnborrning	2023-05-04 till 2023-07-05
Entreprenör kärnborrning	Norse Diamond Drilling AB
Kärnborrningsutrustning	Sandvik DE142
Styrd kärnborrning	Devico Sverige AB
Utrustning	Devidrill
*Position bergvägg (SWEREF 99 18 00 / RH 2000)	N 6999407,23 (m)
	E 161892,41 (m)
	Z -80,01 m (RH 2000)
Azimuth (0–360°):	134,00°
Dip (0–90°):	–5,30°
Position vid borrhålsbotten (SWEREF 99 18 00 / RH 2000)	N 6699704,28 (m)
	E 162135,43 (m)
	Z -110,48 m (RH 2000)
Azimuth (0–360°):	134,09°
Dip (0–90°):	–4,48°
Borrhålets längd	340,11 m
Borrlängd och dimensioner	
	Från 0,00 m till 340,11 m: 0,0758 m
Foderrör	Casing Øo/Øi = 100,0/80,0 mm från 0,33 m till 2,34 m
Dimension borrhärna	0,00 – 340,11 m/Ø 45 mm
Borrhärnans längd	0,00 – 340,11 m
Medelvärde för borrhärnans längd	2,78 m
Styrd kärnborrning	88,66-93,66
Styrd kärnborrning	112,70-117,66
Styrd kärnborrning	166,69-171,25
Styrd kärnborrning	241,66-244,70
Dimension borrhärna vid styrd borrrning enl ovan	Ø 31,5 mm
Medelvärde borrhärnans längd	2,89 m
Antal upptag	121

* Data som redovisas i tabell och figur hämtas från Sicada för aktiviteterna EG150 och EG151 (inmätning av koordinater och borrhålets startorientering). Mindre avvikelser jämfört med motsvarande data som redovisas i Sektion 5.2 och 5.3 för krökningsmätningar kan då erhållas.

Technical data Borehole KFR91



Figur B1-2. Teknisk illustration av borrhål KFR91.