



PLATSUNDERSÖKNING Forsmark 2002–2007



ISBN 978-91-976891-2-0
EnaInfo/Edita Mars 2008

Foto: Alf Sevastik, Lasse Modin, Curt-Robert Lindqvist, SKB:s arkiv.

Omslaget: Foto Lasse Modin. Kurre Granström registrerar borkärnor som tagits upp under nattskiftet.
Lilla bilden: Gerd Nirvin, informationsansvarig, i samtal med Niclas Börjesson, markägare.

Platsundersökning Forsmark 2002–2007

Innehåll

En plats i Forsmark	3
Platsundersökning Forsmark	5
Kaj Ahlbom – platsledning	8
Gerd Nirvin – information	12
Forsmarks geologiska historia	15
Assen Simeonov – berggrundsgeologi	24
Johan Nissen – geofysik	26
Anna Hedenström – kvartärgeologi	36
Forsmark i dag	39
Sara Nordén – ekologi	46
Bergspänningar i Forsmark	48
Rolf Christiansson – bergmekanik	52
Göran Nilsson – borrning	54
Vatten i Forsmark	57
Per-Olof Johansson – hydrogeologi	62
Vatten i berget	64
Sven Follin – hydrogeologi	68
Vattnets kemi	71
Ann-Chatrin Nilsson – kemi	76
Från data till platsförståelse	79
Michael Stephens – geologi	82
En möjlig framtid i Forsmark	85
Projektering	85
Bengt Leijon – projektering	94
Påverkan på omgivningen	97
Östhammars kommun granskar	102
Länsstyrelsen granskar	104
Platsundersökningen i siffror	107
Vad händer nu?	111
Borrhålsresultat	113
Regionförbundet observerar	120
Kunskap att hämta hem	123
Gästbok	124



En plats i Forsmark

Platsundersökningen för ett eventuellt slutförvar för använt kärnbränsle har avslutats i Forsmark. En reflektion vi gör vid avslut är att vi känner att vi har byggt ett fundament som står på två ben – det ena handlar om tekniska lösningar, det andra om samförstånd med de människor som bor i trakten. Säkerhet och acceptans – utan det ena eller det andra byggs inget slutförvar för använt kärnbränsle – varken i Forsmark eller någon annanstans i den fria världen. Det har vi lärt oss efter sex arbetsamma men roliga år.

I den här boken presenterar vi den plats i Forsmark som legat under lupp. Ett strand- och skogsområde har granskats av olika discipliner i en av de mest omfattande undersökningar av en plats som någonsin gjorts. Resultatet är en bild som i detalj beskriver platsen – ovan och under jord.

Sedan 2002 har vi årligen gett ut en årsrapport om platsundersökningen. I den här årsboken tar vi ett vidare grepp. Vi berättar om hur platsen ser ut och varför, men vi berättar också om de människor som gjort det stora arbetet, var och en av dem med egna specialkunskaper. Gemensamt tecknar de en unik förståelse för platsen.

Vi ger glimtar ur väderstatistiken från platsundersökningsåren. Kan det finnas något bruk för gårdagens väder? Ja, det gör det – vädret spelar en roll för hur vattenomsättningen i området beräknas, ett viktigt inslag i säkerhetsanalysen. Vi ger också utdrag ur våra gästböcker. Tusentals och åter tusentals besökare har under åren velat lära sig mer om platsundersökningen.

Efter sex år vet vi mycket om platsen i Forsmark. Men vi vet fortfarande inte om den blir plats för Sveriges använda kärnbränsle. Analysarbetet pågår – slutsatserna kommer under 2009.

Forsmark i december 2007

Kaj Ahlbom, platschef

Moa Lillhonga-Åberg, redaktör



Vi pratar **väder**

Årsmedeltemperatur

Knappt sju plusgrader, det är årsmedeltemperaturen i Forsmark.

2003 – uppgift saknas.

2004 – 6,3 grader.

2005 – 6,6 grader.

2006 – 7,3 grader.

2007 – 6,9 grader.

Platsundersökning Forsmark Östhammars kommun 2002–2007

2002. 2003. 2004. 2005. 2006. 2007. Platsundersökningen för ett eventuellt slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark har pågått i närmare sex år. Den 30 juni 2007 avslutades de flesta undersökningar, bormaskinerna tystnade redan den 10 mars. En tid av granskning och analys av undersökningsresultaten inleddes. Den pågår än.

Platsundersökningen i Forsmark har genomförts i ett område sydost om Forsmarks kärnkraftverk (se karta på nästa uppslag). Kandidatområdet, det vill säga det område där ett slutförvar kan placeras, är cirka tio kvadratkilometer stort. Vissa undersökningar har sträckts ut i ett område större än så.

Området har höga naturvärden och det har ställt särskilda krav på hur platsundersökningen genomförts. Länsstyrelsen är tillsynsmyndighet för natur- och kulturmiljö och kontrollerar att SKB genomför undersökningarna i enlighet med lagstiftningen.

Ett uppdrag i tiden

SKB:s uppdrag är att ta hand om det radioaktiva avfallet från de svenska kärnkraftverken. Vi tar också hand om radioaktivt avfall från sjukvård, forskning och industri. Det är SKB:s uppgift att utveckla och förverkliga en metod för att på ett säkert sätt ta hand om detta avfall.

Vi gör platsundersökningar för en eventuell lokalisering av ett slutförvar för använt kärnbränsle i två kommuner, Östhammars kommun i norra Uppland och Oskarshamns kommun i östra Småland.



Flygbild över undersökningsområdets nordvästra del. Här, i berget under Forsmarksverkets bostadsområde, kan slutförvarets centralområde komma att placeras. Det är också här som slutförvarets anläggningar ovan jord kan placeras, liksom de schakt och den lutande tunnel som förbinder anläggningarna ovan och under jord.



Området avgränsat med rött är det vi kallar kandidatområdet, det vill säga det område där ett slutförvar för använt kärnbränsle kan placeras. Innanför den blå avgränsningen bör de vi kallar särskilt berörda av platsundersökningen.

Vi samverkar också med Östhammars kommun. Ända sedan förstudietiden och starten av platsundersökningen har kommunen aktivt följt vårt arbete genom egna arbetsgrupper. Det gäller inte bara frågor om geologi, teknik och miljöhänsyn utan även hur ett slutförvar påverkar kommunen och i ett vidare perspektiv hela samhället.

800 rapporter

Platsundersökningen har bland annat resulterat i nästan 800 rapporter där undersökningarna och resultaten av dem beskrivs. Dessutom har vi varje år gett ut en årsrapport där aktiviteterna beskrivs i ord och bild. Utrednings- och forskningsarbetet kring ett slutförvar sträcker sig längre än till själva kandidatområdet. I samråd med kommunen har vi låtit utreda olika konsekvenser av en slutförvarsetablering. Dessutom finansierar SKB ett omfattande samhällsforskningsprogram som genomförs vid landets högskolor och universitet.

Alla rapporter från platsundersökningen, alla årsrapporter och rapporter om samhällsutredningar och samhällsforskning finns att hämta på vår webbplats på www.skb.se.

Avsikten med denna bok är att ge en sammanfattande bild av platsundersökningen. Vi beskriver ett komplicerat skeende och vi har ansträngt oss för att vara så tydliga som möjligt. Ibland är det svårt att helt undvika facktermer och ovanliga begrepp.

Välkommen att kontakta oss – vi förklarar gärna.



Christina Roshag, enhetssekreterare, med en del av platsundersökningens rapportskörd.

Platschefen reflekterar

Namn: Kaj Ahlbom, geolog och platschef

Projektledare för förstudien i Östhammars kommun 1995–2001, platschef för platsundersökningen sedan 2002. Arbetat med slutförvarsfrågan sedan 1978, bland annat som projektledare för förstudien i Storuman.

- Sent på hösten 1995 kom jag första gången till Östhammar. Jag skulle informera kommunpolitiker. Det var en mörk, regnblöt höstkväll och informationen hölls i en källarvåning. Östhammar var inte till sin fördel, få orter är det under regniga höstkvällar. Jag minns att det slog mig att jag skulle tillbringa många år framöver här och jag måste erkänna att jag kände mig lite betryckt. Claes Thegerström, då vice vd, gav mig en uppmuntrande klapp på axeln och sa: "det här klarar du fint, Kaj" och så åkte han hem till Stockholm ...

Gjorde du det, klarade dig fint?

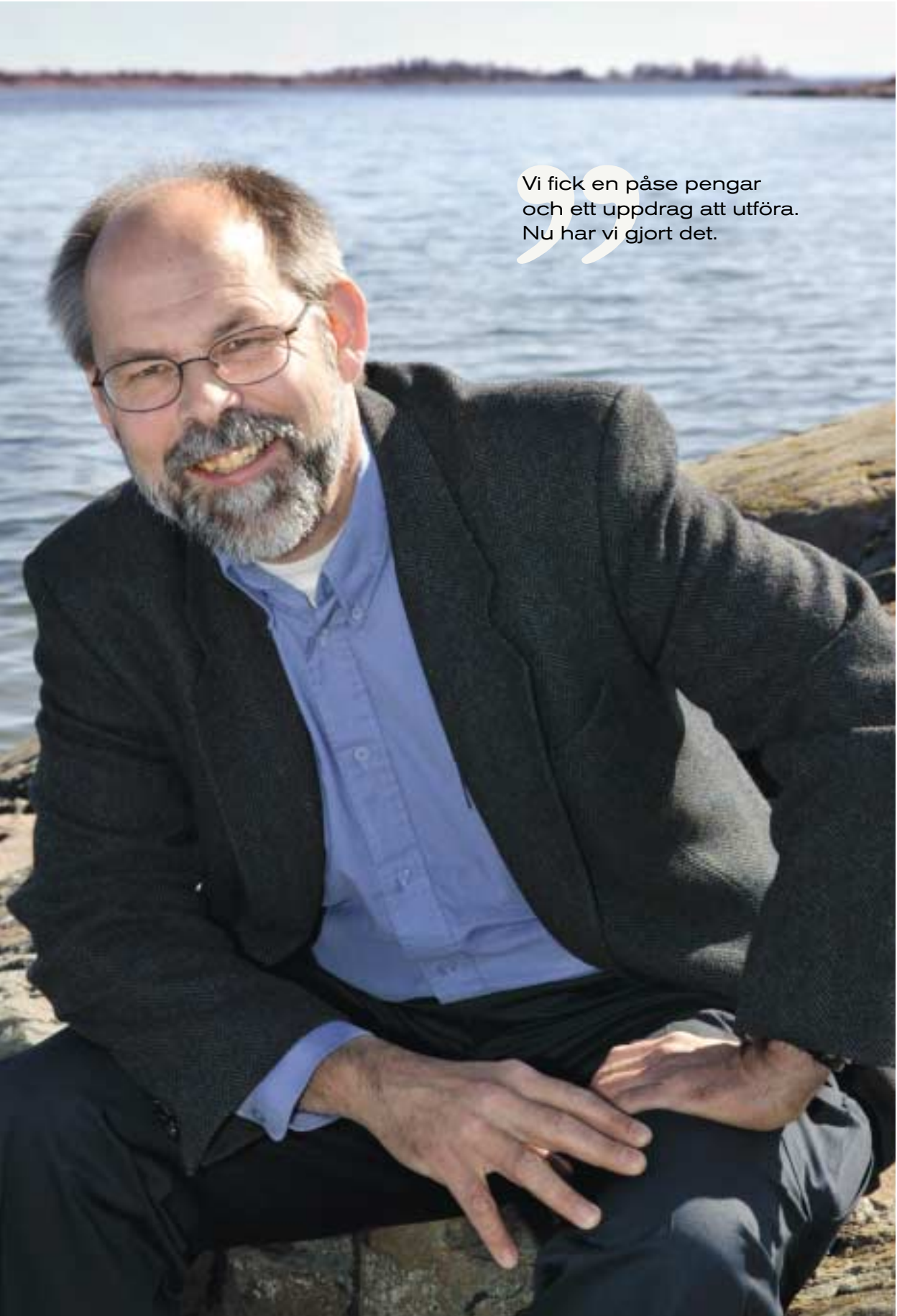
- Ja, det kan man säga så här tolv år senare. Det har varit en bra tid, den tid i mitt arbetsliv som förmodligen varit den viktigaste. Engagerande, rolig, arbetsam, tuff och stimulerande. Stämningen från höstkvällen 1995 försvann snabbt.
- När platsundersökningen började 2002 så blev min uppgift att sätta ihop ett team som tillsammans skulle ro den i hamn. Det var oerhört viktigt att det blev rätt folk – det är människorna som är avgörande när det gäller att göra något så omfattande, så nytt och så viktigt. Jag valde mitt eget team och nu efteråt kan jag säga att jag inte kunde ha önskat mig bättre.

Hur menar du?

- Ja, men ta som ett exempel: När jag kom på morgnarna brukade jag kolla läget bland kollegerna. Problem var det oftast varje dag. Men inställningen var alltid "Vi har en lösning på gång och till eftermiddagen ska det vara löst".
- Så har det varit genomgående hos alla. Kompetenta människor som ställt upp för varandra, lyssnat på varandra och som har sett till projektets bästa. De har ofta jobbat toklänge på toktider, alla med stark ansvarskänsla för sitt område. Det har jag lärt mig genom åren; ge tydliga arbetsuppgifter åt människor så tar de också ansvar för dem.

Du hade erfarenhet från Storuman. Där gick det inte lika bra?

- Nej, det var en nyttig läxa, kan man säga i efterskott. Dessutom minns vi alla hur det var i Almunge redan 1985 när provborrningar där var aktuella. Personligen gick jag på en nit i Storuman såtillvida att jag hade ett intryck av att stämningen där var positiv. Det var den bilden som



Vi fick en påse pengar
och ett uppdrag att utföra.
Nu har vi gjort det.



Foto Bengt Backström, Upsala Nya Tidning.

Almunge 1985. Så här såg det ut när lokalbefolkningen i februari 1985 satte stopp för provborrningar i Almunge i Uppland. Borrningarna genomfördes aldrig.

målades upp, men sedan blev det ett rungande nej i folkomröstningen. Då lärde jag mig att stormöten inte fungerar – man kan inte stå framför massor med folk och informera dem. De flesta är då tysta, vill inte säga sin mening. I Östhammar valde vi en annan väg – vi pratade med människorna, inte till dem. Det är först i ett samtal som det kryper fram vilka frågor folk har och vad som oroar dem. Det skulle ha blivit en mycket tung resa om vi hade fått de närboende mot oss. Därför träffade vi så många vi kunde tidigt i små grupper. På det sättet kunde vi lösa de praktiska problem som bekymrade dem. För det är ju så att det ofta inte är ett framtida slutförvar som oroar dem utan mer närliggande saker.

Som till exempel?

– Att det skulle bli mycket trafik på vägarna, att inbrottsrisken skulle öka, att vi skulle förstöra i naturen, att jakten skulle störas och så vidare. I direkta samtal lyckades vi oftast lösa sådana problem. Sedan när vi gemensamt löst de akuta problemen så kom också de andra frågorna – om ett slutförvar i ett vidare perspektiv.

Så du kan känna dig ganska nöjd?

– Det kan vi alla göra.
– Man kan säga att vi fick en påse pengar och ett uppdrag att utföra.
Nu har vi gjort det.



Samtal pågår i Forsmark

Tv uppifrån och medsols: Erik Waernulf, Forsmarks bruk, och Gerd Nirvin, SKB.

Olle Olsson, SKB, och Bo Andersson, Söderön.

Marianne Kjellgren, Öregrund, och Inger Nordholm, SKB.

Kaj Ahlbom, SKB, och Sivert Jansson, Elvisjö.

Börje Andersson, Elvisjö, och Kaj Ahlbom, SKB.

Johan Swahn, Miljöorganisationernas avfallsgranskning, Erik Setzman och Olle Olsson, SKB.

Göran Risberg, SGU, Inger Nordholm och Gerd Nirvin, SKB.

Bilden ovan: Carl-Johan Nässén, Östhammar, och Kerstin Karlsson, Östhammar. I bakgrunden Kaj Ahlbom och Bengt Leijon, båda SKB.



Expertens eftersnack

intervju

Namn: Gerd Nirvin, informatör

Informationsansvarig sedan 1996, först för förstudien och sedan 2002 för platsundersökningen i Forsmark.

– Det är det personliga mötet som är viktigast. Informationsmaterial i all ära men ingenting slår den personliga kontakten. Det blir ett samtal då man både ger och får. Det är därför som vi informatörer på platsundersökningen i Forsmark lagt oss vinn om att träffa så många som möjligt. Enligt en opinionsundersökning i kommunen har ungefär hälften av de tillfrågade haft personlig kontakt med oss och det ser vi som ett gott resultat. Men det har kostat många timmar i telefon och mycket spring i byarna på kvällarna. Vi kan ju inte förvänta oss att folk kommer till oss – nej, det är vi som ska söka upp dem och berätta vad som kanske kommer att hända i deras kommun. Dessutom måste man alltid vara öppen, rak och tydlig med informationen.

Har informationen gått fram?

– Naturligtvis kan man aldrig bedöma exakt vad människor tar till sig av informationen men står man kvar så hinner man få följdfrågorna ... Under förstudien hade informationen mer allmän karaktär, vi sökte upp företag, föreningar och vi åkte runt till mindre orter, kyrkbyar, bygdegårdar och så vidare. När platsundersökningen skulle börja i Forsmark tog vi personlig kontakt med cirka 260 hushåll inom cirka en mil från kärnkraftverket. Vi ringde helt enkelt upp alla och samlade dem till informationsträffar i deras egna byar. Det blev möten i bygdegårdar, församlingshem och hemma runt folks köksbord. Den kontakten har vi sedan inte släppt utan vi ordnar årliga träffar och skickar ut nyhetsbrev.

Men det är inte bara närboende som kontaktas?

– Nej, givetvis inte. Vi har hela kommunen som arbetsfält. Vi har till exempel träffat runt 1 000 anställda inom vård och omsorg. Under 105 tvådagarsstudieresor till våra anläggningar i Oskarshamn har vi informerat och samtalat med cirka 3 000 personer. För att ge några exempel. Informationsarbetet är i gång hela tiden, kan man säga. Och så kommer det att fortsätta ...

Som så ofta förr – Gerd Nirvin får leta upp Niclas Börjesson, markägare i kandidatområdet, på åkern för att informera honom om en brådiskande åtgärd som berör hans mark.



Vi pratar **väder**

Vinter i Forsmark

Vintern har under platsundersökningsåren kommit i december men också så sent som i januari.

2003 kom vintern på juldagen – 25 december.

2004 blev det vinter den 28 december.

2005 fick vi vinter precis till jul – den 22 december.

2006 kom ingen vinter alls under årets sista månader – den dröjde till den 24 januari 2007.

Hösten 2007 blev vinter den 18 december, dock en kortvarig sådan.

Meteorologiskt är det vinter när dygnsmedeltemperaturen håller sig varaktigt under 0 grader. Med varaktigt menas minst fem dygn.

Forsmarks geologiska historia

Det som skulle bli Forsmark i norra Uppland i Sverige började för över 1900 miljoner år sedan på botten av ett hav. "Forsmark" låg på gränsen till en dåtida kontinent som det numera bara finns rester av i Norrbotten, i östra Finland och i Ryssland. I området pågick ständiga vulkanutbrott.

Ett slutförvar för använt kärnbränsle måste vara säkert i minst 100 000 år. Vi vet inte vad som händer med berget och grundvattnet under så lång tid men vi kan göra prognoser om vi känner till platsens geologiska historia, och har kunskap om vilka geologiska processer som kan komma att påverka berggrunden och grundvattnet i framtiden. Den kunskapen är även viktig för att kunna förstå vad vi ser i Forsmark och därmed kunna göra modeller över delar av berggrunden där vår kunskap är begränsad. Under platsundersökningen har viktiga pusselbitar kompletterat den allmänna kunskap som tidigare fanns och nu kan vi berätta Forsmarks geologiska historia.

Det var inte i "tidernas begynnelse" som Forsmark blev till. Jordens ålder uppskattas till 4,6 miljarder år. Forsmarks historia började för drygt 1,9 miljarder år sedan.

Upprepade vulkanutbrott

Berggrunden i Forsmarksområdet tillhör den sydvästra delen av den så kallade fennoskandiska urbergsskölden. Den bildades under den svekokarelska bergskedjebildningen för mellan 1,9 och 1,8 miljarder år sedan på gränsen mellan en dåtida kontinent och en ocean. Förhållandena liknade faktiskt de man ser i dag i västra Sydamerika där oceanbotten i Stilla havet pressas ner under den sydamerikanska kontinenten.

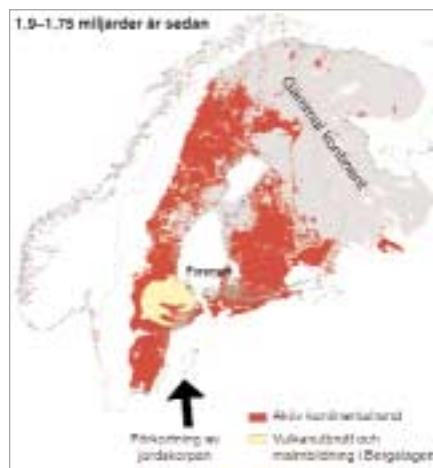
Den äldsta geologiska processen var upprepade vulkanutbrott, som bildade såväl mäktiga lager av lavar, aska och sediment som vulkaniska intrusioner. De äldsta bergarterna i Forsmark, som vi ser på ytan i dag, härstammar från dessa vulkanutbrott. Mot slutet av denna tid avtog vulkanismen och mäktiga lager av sediment och kalkstenar bildades. Under denna period skapades även

de hundratals zink-, bly-, koppar- och järnfyndigheter som finns i Bergslagen. Exempel på stora och viktiga mineralfyndigheter är järnmalmerna i Stollbergsfältet och i Norberg, koppar- och guldmalmerna i Falun och bly- och silvermalmerna i Sala. Närmast Forsmark finns några mindre järnmalmfyndigheter, bland annat vid Norrskedika. Den mest kända, och för bygden mest betydelsefulla mineralfyndigheten är den i Dannemora.

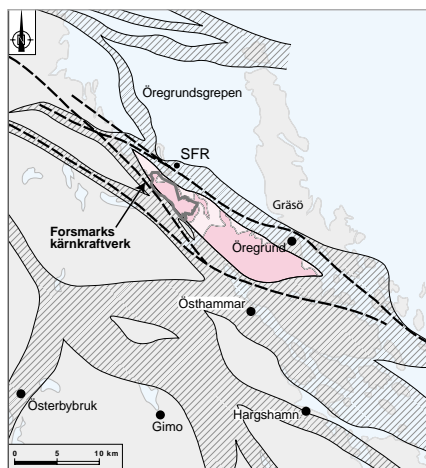
Olika typer av bergsmältor (magmor) trängde in och började långsamt stelna under markytan till så kallade magmatiska djupbergarter. Den granit som bildar kärnan i den tektoniska linsen i Forsmark bildades för 1 867 miljoner år sedan genom denna process.

En bergskedja bildas

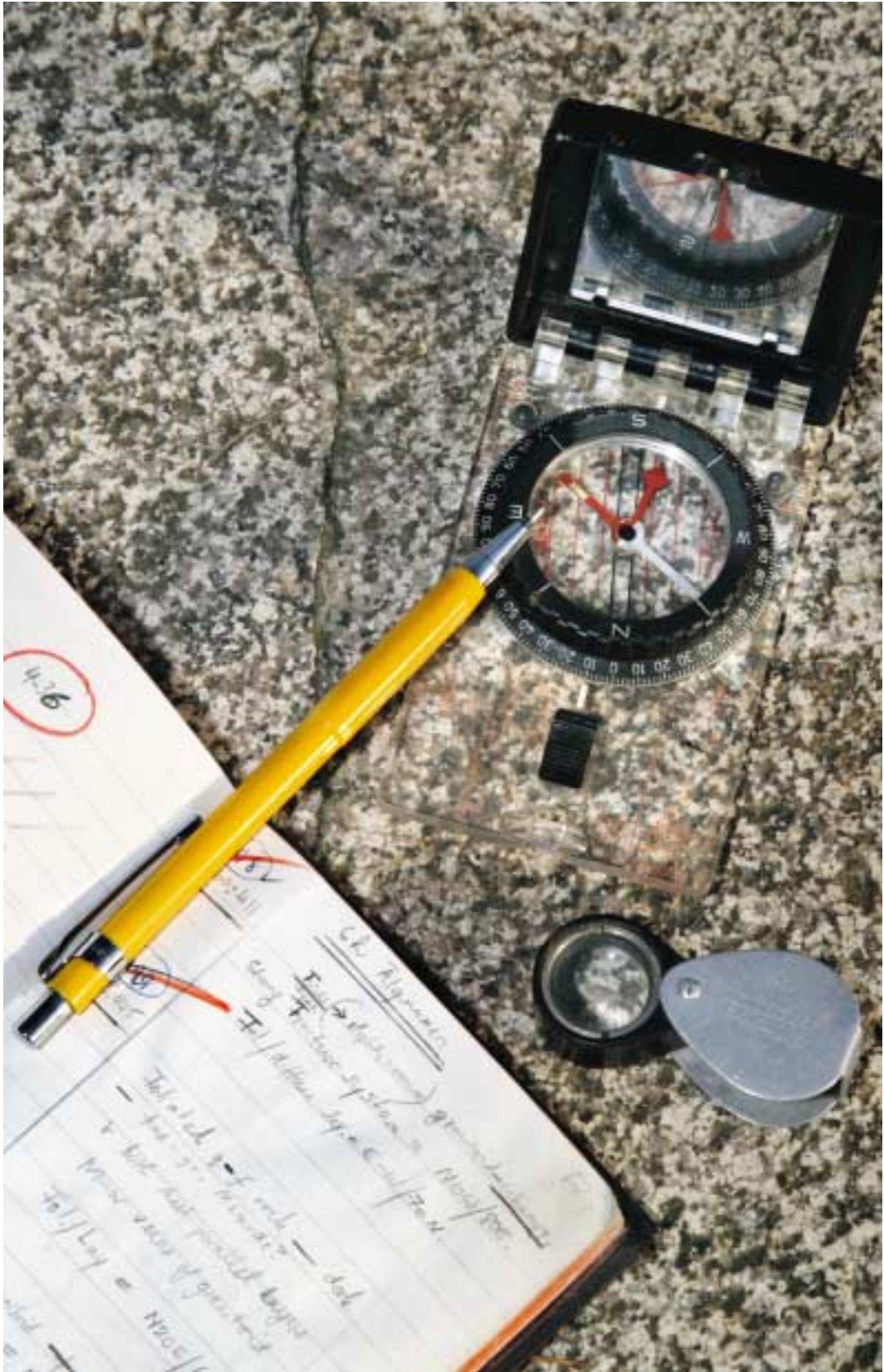
Efter 1 867 miljoner år började en mäktig bergskedja att bildas genom den pågående kollisionen mellan oceanbottenplattan och den gamla kontinentplattan – den svekokarelska bergskedjebildningen. Jordskorpan växte sig allt tjockare och ”Forsmark” befann sig många kilometer under bergskedjans toppar. Sammanpressningen av plattorna skapade rörelser som på det här djupet, och med den rådande höga temperaturen, resulterade i att bergarterna omvandlades och blev plastiskt deformerade. Deformationen koncentrerades i band längs vilka bergarterna blev starkt deformerade, veckade och förskiffrade. Mellan banden bildades linsformade områden av bergarter som blev mindre deformerade, så kallade tektoniska linser. Det var här och nu som de tektoniska linserna i norra Uppland bildades.



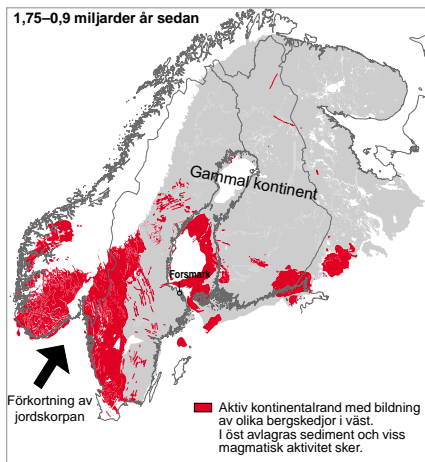
Nybildning av bergarter för mellan 1,9 och 1,8 miljarder år sedan. Längs en aktiv kontinentalrand skedde magmatisk aktivitet, bland annat som vulkanutbrott, samt kraftiga jordbävningar.



Kartan visar den tektoniska linsen i Forsmark i rosa färg, omgiven av starkt plastiskt deformerade bergarter, de skrafferade ytorna. De streckade linjerna visar regionala spröda deformationszoner.



Geologens hjälpmedel.



Nya bergarter bildades för mellan 1,8 och 0,9 miljarder år sedan och kontinenten växte åt sydväst.



Förkastning längs en mineralfylld sprickzon. Den ljusa bergarten i bildens nedre del har förflyttats åt vänster längs förkastningen. Linskyddet på bilden är cirka sex centimeter i diameter.

För mellan 1 850 och 1 800 miljoner år sedan sjönk temperaturen i berggrunden under 500 grader. Den plastiska deformationen fortsatte längs de breda banden mellan de tektoniska linserna.

Kallare berg

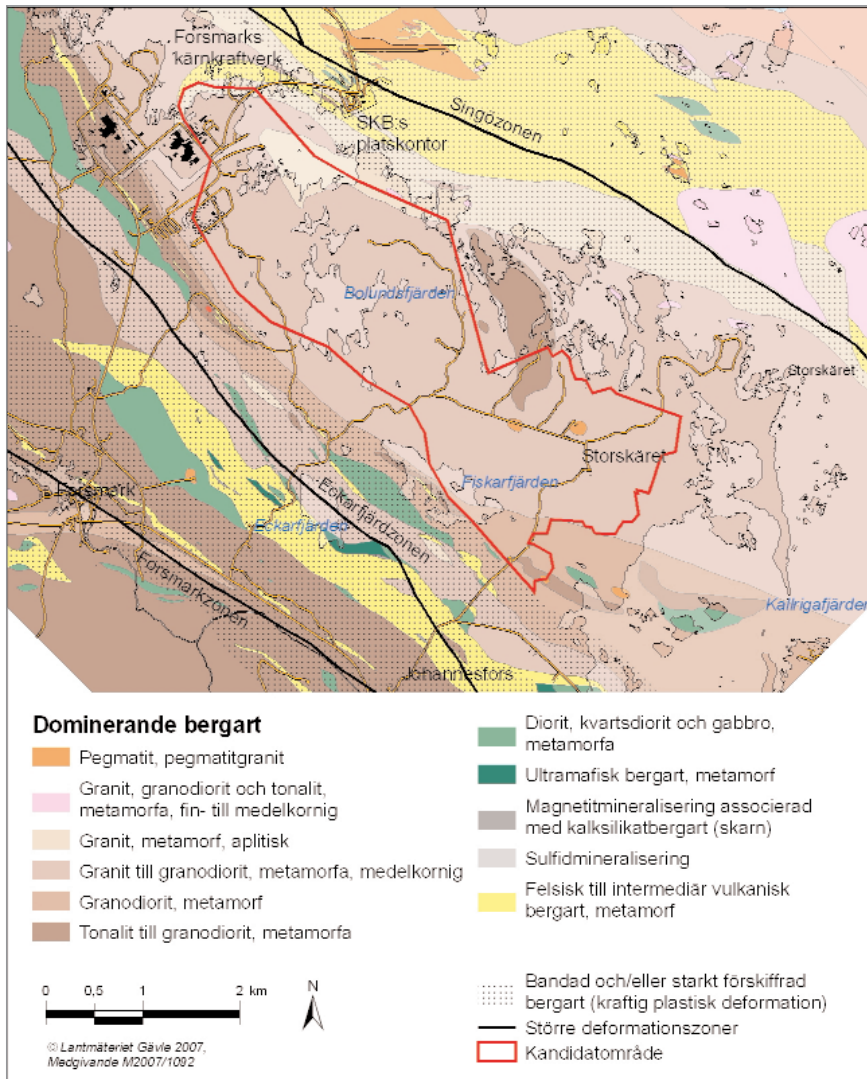
Under perioden för mellan 1 800 och 1 730 miljoner år sedan började den nedpressade berggrunden att sakta lyftas upp och temperaturen i berggrunden sjönk under 300 grader allteftersom detta pågick.

Den plastiska deformationen övergick till att bli spröd. De ärrbildningar av kraftigt skjuvade och förskiffrade bergarter runt de tektoniska linserna aktiverades upprepade gånger. Men nu skedde det i en mycket kallare och sprödare bergmassa, vilket resulterade i sprickzoner och förkastningar som efter varje aktivering läkte ihop med nya mineralfyllningar.

Vid denna tid hade bergskedjan i stort eroderat till något som liknar dagens svenska fjällkedja. Den varma och mest dramatiska perioden för Forsmarks berggrund var till ända. Det hade nu bildats en cirka 45 kilometer tjock, kontinental jordskorpa i området.

Aktivering av sprickzoner

Efter att berggrunden bildats och de yttre krafter som orsakat den plastiska deformationen upphört, infann sig en relativt lugn period. Berggrunden i Forsmarksområdet stabiliserades successivt. Under den här perioden försköts händelsernas centrum med bergskedjebildningar åt väster och söder. Den



Kartan visar fördelningen av olika bergarter i Forsmarksområdet. Inom kandidatområdet dominerar en rödgrå metamorf granit (metagranit), mot sydost finns även metamorf tonalit och pegmatit. Små kroppar av amfibolit är vanliga. De är för små för att tas med i kartan. Utanför kandidatområdet är berggrunden inhomogen. Här finns förutom metamorf granit, granodiorit och tonalit även bergarter med vulkaniskt ursprung som ibland innehåller små järnmineraliseringar. Sydväst om kandidatområdet är mörka mafiska (kvartsfattiga) bergarter som metamorf diorit och gabbro samt ultramafit vanligt förekommande. Åldern på kandidatområdets granit är 1 867 miljoner år och därmed något yngre än Mellansveriges äldsta bergarter.

267 hela kärnor

Ett synligt bevis på det täta och torra berget i Forsmark är de många hela borrhällningar som tagits upp. Med hela borrhällningar avses tremeterskärnor. Totalt 267 sådana har tagits upp, de flesta (75 st) ur ett kärnborrhällning på borrhällningsplats sju (i bostadsområdet). 40 st hela borrhällningar togs upp vid borrhällningsplats fem (Bolundsfjärden), 33 vid borrhällningsplats ett (barackbyn) och totalt 83 hela kärnor ur tre borrhällningar på borrhällningsplats åtta (reningsverket). Se karta över borrhällningsplatser på sidan 108.

gotiska bergskedjebildningen skedde under perioden för 1 700–1 560 miljoner år sedan. De gamla läkta sprickzonerna, som etablerades under den sena fasen av den svekokarelska bergskedjebildningen i Forsmark, aktiverades på nytt. Dessutom bildades nya sprickzoner, men på grund av den tjocka kontinentalta jordskorpan i Forsmark och avståndet till den gotiska bergskedjan, utblev stora rörelser längs sprickzonerna i Forsmarksområdet.

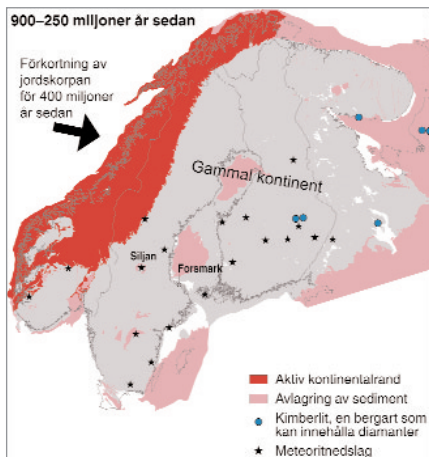
Nästa stora geologiska händelse inträffade i väster för mellan 1 000 och 900 miljoner år sedan. Då kolliderade olika kontinenter och bildade en superkontinent kallad Rodinia. Detta kan ses i dag i sydvästra Sverige där berggrunden drabbades av kraftiga omvandlingar och deformationer. I samband med detta bildades den svekonorvegiska bergskedjan. I Forsmark syns spår av detta i sprickzonerna. Vissa av de gamla och tidigare läkta sprickzonerna aktiverades på nytt, äldre sprickmineral löstes upp och spolades bort, och nya mineral läkte ihop sprickorna.

Avlagring av bergarter

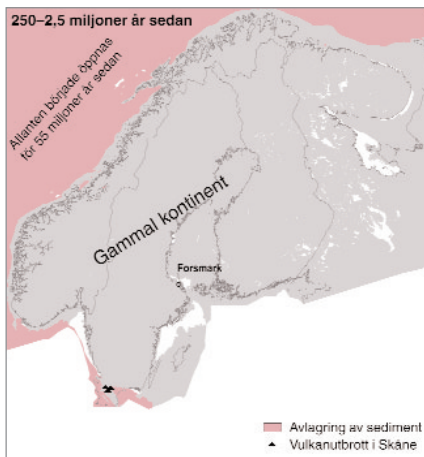
När den svekonorvegiska bergskedjan började eroderas ner transporterades vittringsprodukter till mer låglänta områden och täckte stora delar av dagens sydöstra Sverige. Man har uppskattat att tjockleken på de sedimentära avlagringarna på vissa platser kan ha varit upp till åtta kilometer. För cirka 600 miljoner år sedan var avlagringarna borteroderade. Superkontinenten Rodinia hade brutits upp genom att kontinenterna glidit isär igen, och den så kallade Iapetusocenen – dåtida Atlanten – bildades.

Dagens markyta ser solljuset

Vid övergången mellan prekambrium och kambrium, det vill säga för cirka 600–500 miljoner år sedan, var urbergsskölden kraftigt eroderad och utplanad. Den markyta som vi har i dag i stora delar av södra Sverige, det så kallade subkambriska peneplanet, var i stort sett samma som då. Men efter ett tag översvämmades stora delar av den utplanade urbergsskölden av ett grunt hav och sandiga och leriga sediment avsattes. Efterhand omvandlades sedimenten till sandstenar och alunskifferar.



Nya bergarter bildades i väst för mellan 900 och 250 miljoner år sedan.



Ingen påverkan av berggrunden har kunnat påvisas i Forsmark under perioden 250 till 2,5 miljoner år sedan.

Ett slags avokadons kärna, skulle man kunna säga om den tektoniska linsen i Forsmark.

Assen Simeonov
platsgeolog

Livet börjar på allvar

För cirka 540 miljoner år sedan tog livet på jorden fart. Från att det tidigare endast funnits primitiva flercelliga organismer, började havets botten att krylla av bland annat trilobiter – skalbaggsliknande organismer.

Under följande 300 miljoner år utvecklades olika livsformer i haven, från mäktiga korallrev till primitiva bläckfiskar och olika typer av musslor och snäckor. När dessa dog bildades tjocka kalkstensavlagringar på havets botten och "Forsmark" begravdes. Delar av det begravda organiska materialet omvandlades långsamt till olja som längs sprickor sipprade ner i urberget. I de översta hundra meterna av berggrunden i Forsmark har vi under platsundersökningen funnit små mängder av bitumen (en asfaltliknande produkt).

Ny bergskedja bildas

För cirka 510–400 miljoner år sedan stängdes Iapetusocenen successivt och den svenska delen av den kaledonska bergskedjan bildades genom en kollision mellan de gamla kontinentalplattorna Laurentia och Baltica. Den kaledoniska bergskedjebildningen var ett faktum. När denna bergskedja började brytas ner svämmade än en gång vittringsprodukter ut över urberget i Forsmarksområdet. Varje gång som urberget täcktes av sediment, trycktes jordskorpan



Små rester av bitumen.

ner och varje gång som sedimenten eroderades bort lyftes jordskorpan upp. Detta bidrog till att yttre flackta liggande sprickzoner aktiverades upprepade gånger.

Urberget blottas

Vår kunskap är bristfällig om hur mäktigheten av sedimentlagren varierade men så småningom lyftes Forsmark upp, samtidigt som urberget blottades då de sedimentära avlagringarna eroderades bort, sannolikt under tertiärtiden (65–2,5 miljoner år sedan). Rester av kalkstenar går dock att finna på Östersjöns botten, bland annat i Gävlebukten nordost om Forsmark.

I södra Europa pressades den afrikanska plattan norrut mot den eurasiska plattan, och Alperna började bildas för runt 100 miljoner år sedan. I samband med det har ingen påverkan på berggrunden i Forsmark kunnat påvisas. Det finns heller inga tecken på att sprickzoner i Forsmark aktiverades när Atlanten bildades då den nordamerikanska plattan och den eurasiska plattan började glida isär. Detta inleddes för runt 55 miljoner år sedan och pågår fortfarande. Det vi kan konstatera är att den riktning, som det maximala horisontella trycket i Forsmark har, överensstämmer med det tryck som utövas genom vidgningen av Atlanten.



Trilobiten – *Peltura scarabaeoides* – (naturlig storlek) är kambrisk och kommer från Råbäck i Västergötland. Den tillhör SGU:s originalsamling och har tidigare publicerats av Westergård i SGU Ca18, 1922.

Över 1,6 mil borrhävar

Under platsundersökningen borrades 25 kärnborrhål mellan 100 och 1 000 meter på tolv borrhållsplatser. Nio av dem är 1 000 meter. Totalt borrades 18 028 meter och 16 348 meter borrhåll hämtades upp. De väger tillsammans 88 000 kilo och förvaras i ett förråd i Forsmarks bruk.



Vi pratar **väder**

Höst i Forsmark

I oktober brukar den riktiga hösten vanligtvis göra sitt intåg.

2003 blev det höst den 3 oktober.

2004 kom hösten samma dag – den 3 oktober.

2005 dröjde hösten till den 19 oktober.

2006 kom hösten den 21 oktober.

2007 kom hösten den 7 oktober.

Höst är det när dygnsmedeltemperaturen varaktigt (minst fem dygn) ligger mellan 0 och 10 plusgrader och är fallande.



Expertens eftersnack

Namn: Assen Simeonov, geolog

Aktivitetsledare för de geologiska undersökningarna i Forsmark sedan fyra år.

– Visserligen är geologkåren liten och man har ganska bra koll på vad som händer i den världen – men för mig var det ändå som att kliva in i en ny värld när jag kom till platsundersökningen. Jag klev in från malmbranschen, med dess komplicerade och många gånger svårtydda berg, till den homogena och förutsägbara berggrund som finns i Forsmark.

Var det ditt första intryck?

– Ja, och det är det bestående intrycket. Berget i Forsmark är enkelt och tydligt att tolka: En tydlig tektonisk lins bestående av ett homogent berg, omgivet av stora deformationszoner. Ett slags avokadons kärna, skulle man kunna säga. När man väl fått strukturerna klart för sig så kan man med ganska stor precision förutsäga vilka resultat man kommer att få i nästa borrhål.

Inga överraskningar, alltså?

– Nej, egentligen inte. Enkelt kan man uttrycka det som att första modellerna vi gjorde på berget och på sprickzonerna håller även i dag. En liten överraskning var de porösa graniterna, de är spektakulära men å andra sidan visade våra analyser av fynden att de är obetydliga i sammanhanget.

Svårigheter?

– Nej, inte det heller. En nackdel har kanske varit att vi inte har haft så många hållar i området, utan berget är mestadels täckt med jord. Särskilda miljöhänsyn har gjort att vi inte kunnat gräva så många gropar som vi har önskat för att studera berggrunden. Men detta har uppvägts av den samlade informationen vi har från alla borrhål. Därför har vi fått en mycket tydlig bild av berget och sprickzonerna i Forsmark.

Vad gör du nu?

– Många saker. Jag avslutar platsundersökningen, jag arbetar med analys och modellering av resultatet, jag deltar i arbetet med undersökningarna inför utbyggnaden av SFR, och snart kommer jag att kopplas in i projekteringen av ett slutförvar för kärnavfall.

Expertens eftersnack

Namn: Johan Nissen, geofysiker

Aktivitetsledare för de geofysiska mätningarna i Forsmark under fyra år.

- Jag visste ingenting om Forsmark innan jag kom hit – nu vet jag desto mer. Jag kan inte tänka mig några andra områden, åtminstone i Sverige, där så omfattande geofysiska undersökningar har gjorts som i Forsmark och Laxemar (Oskarshamn). Exempelvis har vi mätt det magnetiska fältet i fler än 427 000 punkter över drygt 11 kvadratkilometer i Forsmark.

Hur har arbetet gått till?

- Syftet med de geofysiska undersökningarna är att "se" under markytan utan att man behöver gräva sig ner. Det finns ett tiotal elektriska, akustiska och elektromagnetiska metoder som "ser" ner i berget på olika avstånd från markytan eller i borrhål. Vi har genomfört 85 geofysiska aktiviteter och de har resulterat i ungefär lika många rapporter. Jag är stolt över att vi under platsundersökningen har lyckats ta fram denna gigantiska mängd kvalitetssäkrad data.

Inga problem?

- Jag hade förväntat mig betydligt större logistiska svårigheter med tanke på det stora antalet olika mätningar i borrhål. Olika aktiviteter har avlöst varandra, ibland endast med några timmars intervaller. Vi har också varit förskonade från oönskade händelser, trots att pressade tidsramar kan medföra risker. Det värsta som har hänt oss var att i samband med de seismiska undersökningarna skadades en högspänningsledning och skadan ledde till elavbrott.

Och resultatet?

- Bra. Ett exempel är att vi har gjort refraktionsseismiska mätningar på 43 profiler med en sammanlagd längd på drygt 30 kilometer. Den mest typiska berghastigheten är 5 400 m/s. Faktum är att längs 88 procent av profilerna överstiger hastigheten 5 000 m/s, det indikerar ett sprickfattigt och "bra" berg.

Vad gör du nu?

- Jag håller ett öga på de långtidsmonitoreringar som ännu fortsätter. Dessutom kommer jag att arbeta med platsundersökningen för utbyggnaden av SFR i Forsmark.



Upprepade istider

För ungefär 2,5 miljoner år sedan inträffade stora klimatförändringar vilket markerar inledningen till den geologiska tidsålder vi människor lever i, kvartärperioden. Kännetecknande för kvartärperioden är dels ett generellt sett kallare klimat än närmast föregående period (tertiär), dels ett i högsta grad varierande klimat. Under kvartärtiden har vi därför haft både istider och mellanistider. Tittar vi bakåt i tiden ser vi att kalla och långvariga istidsperioder på närmare 100 000 år har avlösts av relativt korta varma mellanistider som varat ungefär 10 000–15 000 år.

Temperaturen under istiderna kan i Sverige ha varit ner mot 20 grader kallare än i nutid och Forsmark har flera gånger varit täckt av mäktig inlandsis.

Senaste istiden

Den senaste istiden varade för mellan ungefär 115 000 och 11 500 år sedan. Inlandsisen har dock inte brett ut sig över hela Sverige under hela denna tidsrymd. Under långa perioder rådde tundraklimat i Forsmarksområdet.

Mycket vatten var uppbundet i inlandsisar så världshavens yta stod betydligt lägre än dagens. Detta ledde till att Östersjön troligen under dessa tundraperioder inte var ett hav utan en stor, kall sötvattensjö.

Det som man ofta menar med ”istiden” inträffade för ungefär 20 000 år sedan. Då hade inlandsisen sin största utbredning och iskanten låg ungefär vid den plats där Berlin ligger i dag. I Forsmark räknar man med att isen var nästan tre kilometer tjock som mest.

Den töjning av berggrunden som skedde i samband med nedpressningen av jordskorpan, i kombination med trycket från plattrörelserna, skapade spänningar som kan utlösas i form av jordbävningar. Vid platsundersökningen har vi haft ett speciellt projekt för att ta reda på ifall det har förekommit stora jordbävningar i norra Uppland efter det att isen lämnat området. Trots att vi har grävt 48 långa diken med en total längd på ungefär 900 meter har inga bevis för detta påträffats i jordlagren.

Upp och ner

De upprepade nersänkningarna och höjningarna av jordskorpan, respektive erosion och borttransport av sedimenten, skedde relativt långsamt. Då den senaste isen drog sig tillbaka efter att ha pressat ner jordskorpan hundratals meter, skedde det dock mycket hastigt. Eftersom nedsänkning och upphöjning av jordskorpan skedde vid varje istid påverkades de flackt liggande sprickorna i Forsmark genom att öppnas och bli vattengenomsläppliga. Detta är vanligt förekommande ner till cirka 200 meters djup, och ännu djupare längs vissa flackt liggande sprickzoner, främst i den sydöstra delen av undersökningsområdet. Sprickor fyllda med glaciala sediment förekommer nära ytan ner till cirka 40 meters djup och därefter avtar antalet med djupet.

Avsmältningen

Efter maxutbredningen började inlandsisen att smälta av och för nästan 11 000 år sedan försvann isen från Forsmarksområdet. Under denna tid bildades stora mängder smältvatten som var välmatat med slam och sediment som transporterats med isen. Det slammiga vattnet letade sig ner genom sprickor i isen och det höga vattentrycket skapade en miljö där de spektakulära sedimentfyllda sprickor som påträffades vid borrplats fem kunde bildas.

Även om vi inte hittat spår efter jordbävningar har en återhämtningen av jordskorpan pågått kontinuerligt sedan landisen påbörjade sin avsmältning. Den stora tyngd som inlandsisen utövade på jordskorpan gjorde att den hade tryckts ned ordentligt och när sedan trycket på jordskorpan lättade började den att återhämta sig igen. Till en början gick det snabbt, nästan 3,5 meter på 100 år men fortfarande i dag stiger landet med 60 centimeter på 100 år.

När isen lämnade Forsmark var jordskorpan nedpressad så pass mycket att vattendjupet var ungefär 190 meter i kandidatområdet. Sedan dess har landhöjningen pågått i området och nya landytter successivt lyfts upp och torrlagts.



Exempel på en horisontell spricka fylld med glaciala sediment. Bilden är från borrplats fem. Se borrplatskarta på sidan 108.

Efter istiden

Från det att inlandsisen lämnat Forsmarksområdet blev klimatet stadigt mildare och iskanten förflyttades mot norr. Temperaturen ökade fram till för cirka 6 000–7 000 år sedan då sommartemperaturerna var ett par grader högre än i dag och klimatet i Sydsverige liknade det som i dag råder i norra Frankrike. Klimatet avspeglades i en mer värmekrävande vegetation med bland annat ädellövskog betydligt längre norrut än i dag. Det varma klimatet utgjorde troligen en angenäm miljö för de tidiga upplänningarna!

Därefter har temperaturen fluktuerat men den generella långsiktiga trenden visar att temperaturen successivt sjunkit under de senaste årtusendena. Det kallare klimatet har lett till att barrskogen brett ut sig på bekostnad av ädellövskogen. Tällen var länge det dominerande barrträdet medan granen som i dag är ett av våra vanligaste träd etablerade sig i Forsmarksområdet för ungefär 2 000 år sedan.

Salt och sött

Östersjöns salthalt har varierat efter den senaste inlandsisens avsmältande. Under vissa perioder har salthalten varit betydligt högre än i dag. Den högsta salthalten sammanfaller med det varmaste klimatet. Under andra perioder har Östersjön varit isolerat från havet i väster och sötvattenförhållanden har därmed rått. De senaste 9 500 åren har kännetecknats av att Östersjön haft förbindelse med havet, via bland annat Öresund, och vattnet har därför varit bräckt.



För ungefär 2 000 år sedan etablerade sig granen – vårt vanligaste träd – i Forsmark.

Jordarter i Forsmark

För att beskriva jordtäcket sammansättning och egenskaper har det delats in i olika jordarter. De olika jordarternas egenskaper avspeglar till stor del hur de har bildats och har stor betydelse för hur vi människor kan använda marken samt för vilka växter som trivs på en viss plats. Det är exempelvis lätt att se att områden med leriga jordar ofta används som åkermark medan stenig moränmark ofta täcks av skog. Det speciella med Forsmark är bland annat att markytan är mycket flack. Under platsundersökningen har vi dock förstått att bergets överyta uppvisar en betydligt mer småkullig relief. Man skulle därför kunna säga att jorddjupet i området varierar mer nedåt än uppåt.

De olika jordarternas utbredning har kartlagts i en mängd olika undersökningar, både till havs, på land och på botten av sjöar. Resultaten har tolkats och ställts samman till en geologisk karta – se nästa sida – som visar fördelningen av de olika jordarterna respektive kalt berg inom hela modellområdet. I höjdområdena i den sydvästra delen av området och på öarna är det vanligt med små berghällar som höjer sig ur moränen (rött på kartan).

*Man skulle därför kunna säga
att jorddjupet i området varierar mer
nedåt än uppåt.*

Anna Hedenström
kvartärgeolog

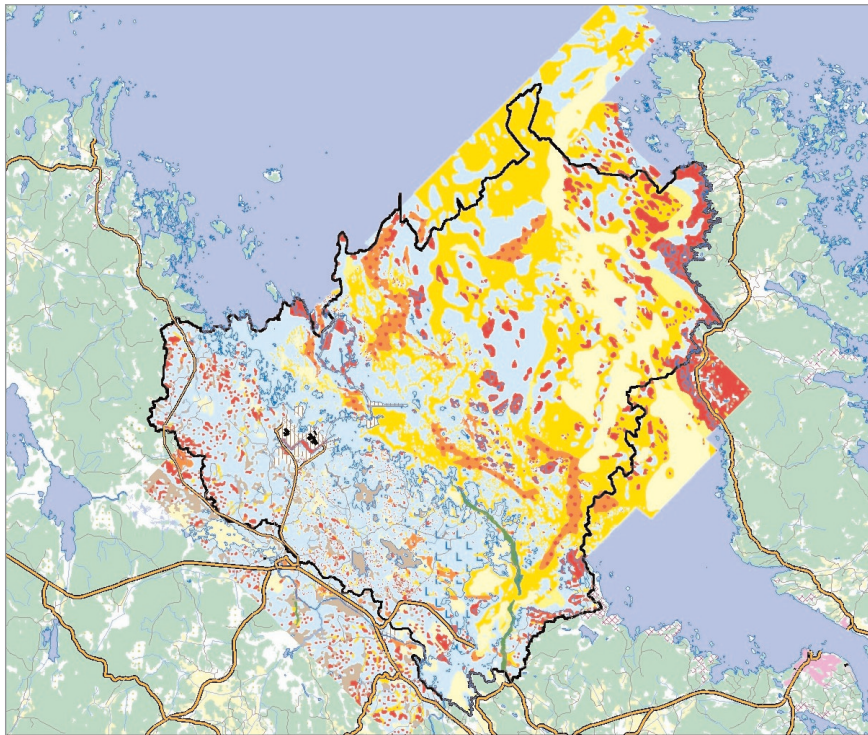
Morän (blått på kartan) är både den äldsta och den vanligaste jordarten i Forsmark. Så vitt vi vet har all morän i Forsmark bildats under olika skeden av den senaste istiden, det vill säga under de senaste 115 000 åren. Det innebär att jordarterna är mycket unga i förhållande till bergarterna. Jordarterna består dock till allra största delen av bergartsfragment som eroderats och senare transporterats och deponerats.

Definitionen av morän är att den består av material som plockats upp och senare deponerats av inlandsisen och kännetecknas av ett material som består av allt från små lerpartiklar till stora kantiga block.











Två huvudtyper

Moränen i Forsmark kan utifrån kornstorlekssammansättningen delas in i två huvudtyper. Den vanligaste består till stor del av sandigt material som har en hel del stenblock i ytan och som till största delen är täckt av skog. Det som är lite speciellt för Forsmark, och delar av Upplandskusten, är annars en betydligt finkornigare morän. Åkermarkerna på Storskäret utgörs av morän med en lerigare sammansättning och med få – eller inga – stora stenblock på ytan.

Det är svårt att avgöra åldern på morän men genom att undersöka hur partiklarna är orienterade går det att rekonstruera vilken rörelseriktning



Jordarter

	Torv och gyttja		Glaciofluviala sediment
	Lera-silt		Morän
	Ler gyttja		Lerig morän eller moränlera
	Glacial lera		Urberg
	Postglacial sand-klapper		Fyllnadsmassa



© Lantmäteriet Gävle 2007,
Medgivande M2007/1092

En förenklad geologisk karta som visar fördelningen av de olika jordarterna och kalt berg inom Forsmarks regionala modellområde, som här modifierats. Kartan visar en sammanställning av resultaten från många olika undersökningar och bygger både på direkta observationer och tolkningar av indirekta mätmetoder. Den svarta linjen i kartan visar det område där vi också har gjort en modell av jorrdjupet.

isen haft när jordarten har avlagrats. På så sätt kan man bygga upp ett händelseförlopp där olika moränbäddar kan dateras relativt varandra.

Under platsundersökningen har vi kommit fram till att huvuddelen av moränen i Forsmark har deponerats från nordväst men det finns också resultat som visar isrörelser mer från norr. Den nordliga transportriktningen har gjort att isen kunnat plocka upp kalksten från Gävlebukten. Det är därför de flesta jordar i Forsmark är rejält kalkhaltiga och detta är ju förutsättningen för att dagens vegetation är så rik på orkidéer!

Rullstensås

Det gröna bandet som syns i kartans sydöstra del är en liten rullstensås, Börstilåsen. Materialet i rullstensåsen utgörs av välsorterade och avrundade grus och stenar. Då inlandsisen smälte bildades stora mängder vatten som forsade fram i stora isälvar under isen. När det strömmande vattnet kom till isälvens mynning och mötte Yoldiahavet avsattes sten, grus och sand som bygger upp rullstensåsar. Se faktaruta över Östersjöns utveckling på sidan 74. I Forsmark passerar Börstilåsen genom den sydöstra delen av området, från Kallrigafjärden till Tixelfjärden. Åsen har dock sin början söder om Forsmark, ungefär vid Börstils kyrka. I de södra delarna är åsen mäktigare och bredare men kanske svår att se eftersom den har planats av under landhöjningens gång. Materialet som bygger upp åsar har en hög genomsläpplighet för vatten vilket gör att deras markyta ofta är torr och vegetationen utgörs ofta av tall och andra växter som klarar torra jordar.

Till havs är fördelningen jämnare mellan lera och morän. I djuphålorna som finns i Gräsörännan och ett band närmast utmed



Brudporre – en kalkkrävande växt.

kusten finns mäktiga lager med lera (gult på kartan). Det största jorddjupet i hela undersökningsområdet, 42 meter, är uppmätt i ett område där både morän och lera täcker berggrunden utanför Kallrigafjärdens mynning. Allt eftersom landet stiger har en del små ytor av dessa lerområden torrlagts. Åkermarken i Forsmark består dock inte, som vanligt är, av lera som avsatts på havsbotten utan av den leriga moränen.

Fortsatt utveckling

I takt med att nya landområden successivt stiger ur havet kommer de lösa jordar som varit exponerade för vågor och havsströmmar att transporteras och omlagras i nya lägen. Exempelvis har sand från morän och rullstensåsen delvis eroderat och transporterats till skyddade lägen där sanden avsatts. Dessa sediment är markerade med orange på kartan.

Även lera och gyttja avsätts fortfarande i de grunda havsområdena, vikar och i sjöar.

Inom undersökningsområdet finns en mängd små grunda gölar där det i dag avsätts gyttjesediment men som snart kommer att växa igen och bidra till en småskalig mosaik i landskapet. Så fortsätter utvecklingen...

101 jordborrhål

Under platsundersökningen har vi borrarat totalt 101 jordborrhål. De går från ytan genom jordtäcknet och några decimeter ner i berget. Läger vi ihop dem så har vi borrarat totalt 572 meter jordborrhål. De varierar i djup mellan två och 18 meter, det innebär att jorddjupet varierar kraftigt i området.



Vi pratar **väder**

Sommarsnitt

Om man räknar på ett genomsnitt så var sommaren 2006 den varmaste under mätperioden. Då var medeltemperaturen för de tre sommarmånaderna 17,5 grader med en toppnotering för 19,0 i snitt i juli.

Den kallaste sommaren inföll 2004 med ett snitt på 15,3 grader. Övriga somrar hade medeltemperaturer på mellan 15,5 och 16,4 grader.

Expertens eftersnack

Namn: Anna Hedenström, kvartärgeolog

Platskvartärgeolog vid platsundersökningen i Forsmark 2003–2006. Deltog redan 1998–1999 i förstudien som doktorand vid Stockholms universitet.

– På hösten 2002 kom jag till Forsmark för att delta i arbetet med den detaljerade jordartskarteringen. Den och sjösedimentundersökningar fortsatte jag med 2003. Sedan byggde vi vidare på kunskapsbanken om jordlagren i Forsmark. Nu sammanställer och analyserar vi allt det vi samlat in och använder i modellering. Platsen är lite speciell med de grunda sjöarna, som egentligen är avsnörda havsvikar. Det är ett ungt område, framför allt Fiskarfjärden är i geologisk mening en mycket ung sjö, den blev till för bara några år sedan.

Något annat specifikt för platsen?

– Den är typisk för den norduppländska moränkusten med stora stenblock utmed stranden. Jorden är mycket kalkrik och det är därför det är så gott om orkidéer. Området är platt på ytan men vi blev förvånade när vi borrhade och grävde oss genom jordlagren. Plattheten fortsätter inte under ytan utan där döljer sig ett småkulligt landskap. Tjockaste jordlagret på land är 18 meter djupt och området består bara till fem procent av berghällar i ytan.

Överraskningar?

– Nja, både ja och nej. Vissa fenomen hade man ju redan sett vid undersökningarna inför kärnkraftsbygget, till exempel den mycket hårda leriga moränen Gamle blå. Den är så hård att man vid de geofysiska mätningarna kunde tro att det handlade om låghastighetsberg. Vi "återupptäckte" också de öppna jordfyllda sprickor i övre ytan av berget som noterades på 70-talet. Vi tog prover på jorden i sprickorna under det upplyfta berget och kunde konstatera att den verkade ha bildats ungefär samtidigt som moränen ovanpå.

Några särskilda svårigheter?

– Nej, det kan man inte säga. Men vi fick visa stor hänsyn till miljön. Vid undersökningarna av sjösedimenten fick vi anpassa oss efter både havsörnar och isförhållanden – det var lite ovant och lämnade inte så många dagar för möjligt fältarbete. Dessutom karterade vi inom själva kärnkraftsområdet och det gör man ju inte så ofta som geolog.

Vad gör du nu?

– Jag jobbar vidare med jorddjupsmodellen för analysgruppen. Jag har också hunnit med en del karteringar i Värmland för SGU och har blivit programchef för SGU:s kursverksamhet.





Vi pratar **väder**

Kallaste dygnet

Som allra kallast under mätperioden var det natten den 15 mars 2005 kl 03.30. Då kröp kvicksilvret ner till minus 20,5 grader.

Övriga år var kallast den 22 januari 2004 kl 22.00 – minus 16,7.

Den 13 mars 2006 var det minus 19,0 grader kl 06.30 på morgonen och den 22 februari var det minus 20,2 vid midnatt.

Forsmark i dag

Dagens Forsmark är ett låglänt skogs- och strandområde med speciella värden som inte är helt uppenbara. Men efter närmare sex års platsundersökning kan vi teckna en tydligare bild; naturen är varierande, jorden kalkrik, faunan är omväxlande och floran delvis unik. Under ytan ligger urberget, vattenrik i sin ytliga del men desto torrare på djupet.

Det terrestra systemet (det vi i vanliga fall kallar ”land”) i Forsmark är ganska ungt, de högsta delarna av området steg ur havet först för cirka 2 500 år sedan. Stora delar av området är be vuxna med skog. Vegetationen i området präglas av en tydlig påverkan av områdets kalkhaltiga jordar. Gran och tall är dominerande trädslag i skogsmarkerna och undervegetationen karakteriseras av örter och bredbladiga gräs tillsammans med orkidéer. Skogsområdena består delvis av riktigt gammal skog (urskog) men stora delar utgörs av hygien i olika stadier.

Högt grundvatten

Grundvattenytan ligger generellt ganska högt i området vilket gör att det finns en hel del blöta partier. Vissa av dem är bara våta under våren medan andra är mer permanenta. Det finns till exempel några små fina gölar som är isolerade från andra akvatiska miljöer (sjöar/vattendrag). I dessa finns inga fiskar vilket gör att artsammansättningen blir lite annorlunda. I några av dem har den rödlistade arten gölgroda inplanterats. Gölgrodan är beroende av grunda och fisktomma småvatten för sin överlevnad. En inventering av länsstyrelsen visar att de inplanteringar som gjorts i fyra av områdets småvatten varit lyckade, arten finns kvar och reproducerar sig.

Det dominerande landlevande däggdjuret är rådjur. Även älg är vanlig medan hare är lite ovanligare än i andra områden. Vildsvinen är på frammarsch och har ökat kraftigt under de år platsundersökningen pågått. Lodjur finns i regionen och sporadiska besök av varg förekommer.



Foto: Magnus Nyman

Däggdjur inventerades under platsundersökningens första år och under det sista. En jämförelse mellan resultaten visar att vildsvin, räv och ekorre ökat i antal medan rådjur minskat.

Stort antal fåglar

Generellt kan man säga att Forsmarksområdet hyser ett stort antal fågelarter, både allmänna och sådana som är upptagna i den Svenska rödlistan och/eller EU:s fågelskyddsdirektiv. Det beror dels på att området är beläget på gränsen mellan nordliga och sydliga faunaregioner, dels på att området hyser en mosaik av olika biotoper. Att området varit relativt "obesökt" har också betydelse. Antalet individer av olika arter varierar naturligt mellan olika år. Resultaten från inventeringen som gjordes under 2007 pekar på att individantalet detta år överskrider det som registrerades under platsundersökningens inledande år (2002-2003).

Grunda sjöar

Sjöarna i Forsmark är lite speciella. De är grunda och klara och brukar klassificeras som kalkoligotrofa, det vill säga de innehåller mycket kalk men lite näringsämnen. Kalken är en del av förklaringen till näringsfattigdomen; fosfor antas fällas ut tillsammans med kalk och hamna på sjöarnas botten där det inte är tillgängligt som näring för växter och plankton. En annan orsak är att sjöarna omges av skogsområden vilka inte släpper ifrån sig lika



mycket näringsämnen som jordbruksmark. Den här typen av sjöar är inte särskilt vanlig i Sverige men däremot i regionen, det vill säga längs norra Upplandskusten.

I och med att sjöarna är så grunda att hela botten är solbelysta, finns det ingen begränsning för bottenvegetationens utbredning. Därför är sjöbotten nästan helt täckt av vegetation. Klart dominerande är en grupp alger som kallas kransalger. Dessa trivs i näringsfattiga vatten och lagrar in kalk i sitt "skelett".

Kransalgerna växer till på sommaren och vissnar ner under höst och vinter. På sommaren växer de så frodigt att det ibland kan vara besvärligt att ta sig fram med båt, man fastnar i de stora bestånden. Kransalger i sig verkar inte särskilt apititliga, det är få som äter dessa. I de täta bestånden lever olika organismgrupper, det är ett bra ställe att gömma sig på om man till exempel är en liten fisk. I Forsmarks sjöar är abborre och mört vanliga arter liksom sutare och ruda. Rudan klarar låga syrekoncentrationer. Därför finns den även i några av de riktigt små sjöarna som nästan är helt igenväxta. I dessa små pölar kan syrekoncentrationerna bli riktigt låga under vintern.

Tjock algmatta

En annan detalj som skiljer Forsmarkssjöarna från många andra sjöar är det särskilt tjocka lager av alger som finns ovanpå sjöns botten. I dagligt tal kallar vi det "algmatta". Det är ett lager med framför allt cyanobakterier som bildar ett väl synligt grönt lager i sedimentkärnor från sjöarna. Tjockleken varierar, både inom enskilda sjöar, mellan olika sjöar och över året.

En del av sjöarna är ännu inte helt skilda från havet på grund av små skillnader i höjdnivåer. Det gäller framför allt Norra Bassängen som vid extrema vädersituationer får saltvatten från havet utanför. Det kan således "rinna baklänges" i dessa system vid mycket starka lågtryck (höga havsnivåer).

*... det finns väldigt vackra områden,
till exempel Storskäret som trollband
mig från allra första början.*

Sara Nordén
platsekolog

Vattendrag

Vattendragen i Forsmarksområdet är mycket små och liknar mer grävda diken än naturliga bäckfåror. På vissa ställen är kanterna upp mot två meter höga vilket ger intrycket av att man tidigare i historien lagt ner mycket möda på att försöka öka produktionen av skogsmarken runt omkring. Till skillnad från de i stort sett orörda sjöarna hyser vattendragen i området inga kända naturvärden. Långa sträckor är uttorkade under sommarmånaderna.

I den lilla fåra som förbinder sjön Norra Bassängen med Östersjön utanför undersöktes vandrigen av lekfisk under en vår. Stora mängder gärs, abborre och gädda vandrade in för att leka i områdets sjöar.

Havsområdet i Forsmark har ett varierat djup med några få mer eller mindre instängda vikar som påverkas av sötvatten, en öppen men grund skärgård liksom öppna havsområden med stor exponering för strömmar och vågor. Kallrigafjärden, som gränsar till vårt undersökningsområdes östra del är starkt påverkad av allt sötvatten som tillförs via Olandsån och Forsmarksån. Viken är grund och har en frodig växtlighet. Den utnyttjas flitigt av rastande sjöfågel under flytten söderut. Delar av fjärden är avsatt som skyddsområde där tillträdesförbud råder under perioden 15 juli – 15 oktober.



De mer exponerade havsområdena hyser olika slags alger, till exempel blåstång. I kustområdet finns även rikligt med vattenmossa (näckmossa, *Fontinalis sp.*). Denna mossa är vanlig i vattendrag men finns även i sjöar och bräckt vatten. Går man längre söderut i Östersjön försvinner den, antagligen på grund av att vattnet där blir för salt. Den dominerande arten av bottenfauna i området är Östersjömussla (*Macoma baltica*). De vanligaste fiskarterna i Öregrundsgrepen är strömming, mört och abborre.

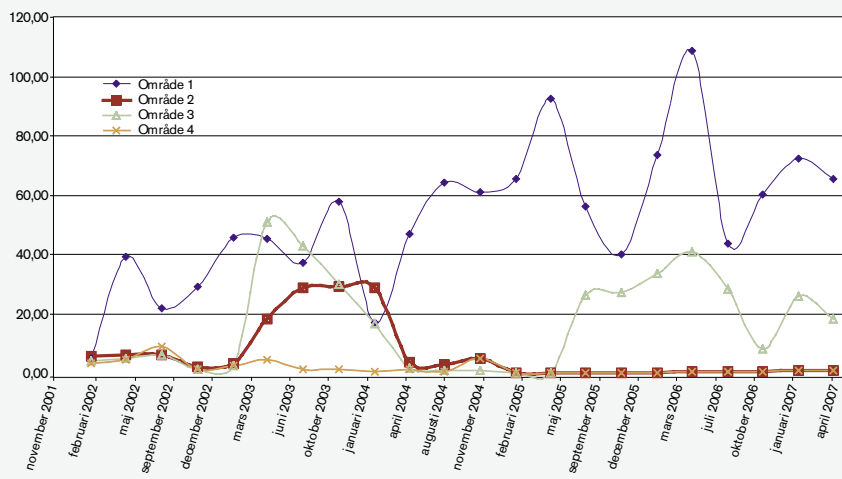
Varmvatten från kärnkraftverkets kylvattenutsläpp ger en lite speciell miljö i den anlagda Biotestsjön och i dess utlopp i Öregrundsgrepen. Den miljön har inte omfattats av platsundersökningen eftersom en hel del information samlats in tidigare av Fiskeriverket.

Glest befolkat

Forsmarksområdet är mycket glest befolkat. Det finns ett fåtal fastboende i vårt undersökningsområde men däremot finns det flera fritidsfastigheter. Vid Storskäret bedrivs jordbruk av lantbrukare som inte själva är bofasta där. I övrigt används marken i området främst till skogsbruk. Jakt förekommer liksom svamp- och bärplockning.

Störningar i fält

Här redovisas aktiviteter i fält under platsundersökningens olika år och kvartal. Område 1 är området närmast kraftverket där vi har de flesta borrhplatserna och där är naturligt nog aktiviteterna flest. Område 2 är området närmast Storskäret och där har vi bara en borrhplats som borrades under 2003 och början av 2004. Område 3 ligger utanför kandidatområdet – runt Gällsboträsket – medan område 4 ligger söder om Fiskarfjärden närmare Johannisfors och där har fältaktiviteterna varit få. Jämför med kartan över borrhplatser på sidan 108.





Hade platsundersökningen konsekvenser?

Platsundersökningen har inneburit en rejäl ökning av mänsklig närvaro i Forsmarksområdet jämfört med tidigare. Förutom den fysiska närvaron när vi tagit mark i anspråk för att anlägga borrplatser eller olika slags mätinstallationer, har antalet personer som rör sig i området ökat markant vilket inneburit mer buller från trafik och ibland från själva undersökningarna i sig (till exempel under de seismiska undersökningarna). Även själva närvaron av människor som rör sig i skogarna kan innebära en störning för vissa arter. Se faktaruta på sidan 44.

Det är inte helt lätt att mäta eller uppskatta effekterna av störningar. Det sätt vi valt är att följa ett antal känsliga fågelarters utbredning och häckningsframgång i undersökningsområdet under hela platsundersökningen. Resultaten från detta visar att fågelfaunan i stort sett har haft en generell uppgång mellan 2002–2003 och 2007. I stort stämmer detta ganska väl överens med vad som händer på nationell nivå. Jämförs kandidatområdet med det regionala modellområdet så har det gått uppåt i båda, men mer uppåt utanför kandidatområdet än inom.

Tittar vi på några utvalda arter så kan vi till exempel berätta att storlom ligger stabilt när det gäller antal par och hade två lyckade häckningar i sjöar under 2007. Bivråk hade högsta antal besatta revir hittills och och bra häckningsframgång 2007. Havsörn hade ett "mitemellanår", hälften av paren lyckades med häckningen. Fiskgjuse ligger stabilt och hade gott häckningsår 2007. Det hade däremot inte slagugglorna som inte lyckades producera en enda unge. Mindre hackspett fortsätter att öka och flera besatta revir fanns igen under 2007.

lanspråktagande av mark har gjorts fläckvis inom området. Det rör sig främst om anläggning av borrplatser eller den nya vägen som byggdes i inledningskedet. Den byggdes för att fastigheterna vid Habbalsbo skulle slippa tung trafik och persontransporter över gårdsplanen. I övrigt har endast några vägsnuttar mellan befintliga vägar och borrplatser anlagts.

Expertens eftersnack

Namn: Sara Nordén, ekolog

Platsekolog 2002–2007 i Forsmark. Efter avslutad platsundersökning flyttade hon till analysenheten med uppgift att sammanställa data om sjöar och vattendrag som underlag för säkerhetsanalysen.

– För mig var Forsmark en vit fläck på kartan. Jag hade aldrig varit här och jag hade heller ingen fältvana. Undersökningsområdet är inte så stort men varierat – det rymmer allt från hyggen till urskog. Dessutom finns det väldigt vackra områden, till exempel Storskäret som verkligen trollband mig från allra första början.

Vad ser du i backspeglarna?

- Mitt ämnesområde är mycket brett och jag har lärt mig oerhört mycket. Dessutom har jag lärt av andra. Vi aktivitetsledare kunde ju alla helt olika saker så samtalen kring fikabordet var både roliga och lärorika. Det var också kul att kunna variera kontorsjobb med arbete i fält.
- Det var en rolig tid, jag förstår nu att jag knappast någonsin igen får göra något lika omfattande. Jag kommer att se tillbaka på platsundersökningen som en speciell period i mitt arbetsliv med mycket jobb men med många upplevelser. Inte minst naturupplevelser – det var stort att första gången få se spår av lo, att nästan dagligen se havsörn, att ro över grunda fjärdar och titta på vackra kransalger, att få se mängder av orkidéer, att se drivor av gullvivor på en för mig så ovanlig plats som granskog. Det beror på den kalkrika marken som i många fler avseenden gör platsen ovanlig. Dessutom är det orört område och sådana är inte heller så vanliga.

Det var din uppgift att "vakta" naturen?

- Ja, det var det, och det var inte alltid alldeles lätt att fungera som "polis". Det tog ett tag att hitta rätt ton, om man säger så, när jag måste säga ifrån åt kolleger som ville få saker gjorda ute i fält men som måste backa av hänsyn till miljön. Jag kände att jag hade ledningen med mig när jag "vaktade" området mot störningar – vi hade ju en skyldighet att vara försiktiga.



Bergspänningar i Forsmark

Redan från 1970-talets byggverksamhet i Forsmark finns kunskap om bergspänningssituationen i området. De var också föremål för omfattande undersökningar under bygget av SFR i mitten av 1980-talet. Erfarenheterna indikerade att området skulle kunna ha ett förhöjt spänningstillstånd jämfört med vad som anses vara mer normalt i Sverige.

Vad är bergspänningar?

Att beskriva bergspänningar – belastningar i berget – är att beskriva ett tillstånd, inte en egenskap. Bergets egentyngd ger upphov till spänning. Den brukar anges som tyngd per ytenhet. Om man skulle kunna skära ut en

... varje mätinsats har varit tämligen omfattande och tidsödande.

Rolf Christiansson
Specialist i bergmekanik





Här pågår mätningar av bergspänningar med överbörningsteknik. Stina Åstrand, Vattenfall Power Consultant, och Rolf Christiansson, SKB, diskuterar.

kvadratmeter stor bergpelare ner till 500 meters djup skulle den väga ungefär 1 300 ton. Den vikten på en kvadratmeter ger spänningen 13 MPa. I gammal berggrund som den skandinaviska är dock den horisontella spänningen mot djupet normalt större än den vertikala. Det beror på de storskaliga tektoniska krafter som verkar på jordskorpan. Hur stor den horisontella spänningen är jämfört med den vertikala beror på flera faktorer. Ju mindre uppsprucken berggrunden är, desto vanligare brukar det vara med höga horisontal-spänningar.

Betydelsen av bergspänningar

Bergspänningarna utsätter berget mot djupet för ett tryck från alla håll, mest i en horisontell riktning. När man bygger en tunnel koncentreras spänningarna kring denna. Tunnelns form och orientering relativt största spänningen på större djup har betydelse för om berget kring tunneln ska förbli stabilt eller inte.

Om bergets hållfasthet överskrids kommer det att åtminstone lokalt spjälka ut mot tunneln. Eftersom berget är sprött kan detta i extremfall vara ett häftigt förlopp. Detta kan märkas under byggtiden, främst som ett arbetsmiljöproblem. Det kan även påverka kostnaderna. Dessutom kan osäkerhet i hur mycket uppluckring som skett i berget närmast tunnlar och deponeringshål på grund av höga spänningar ha betydelse för bedömningen av slutförvarets långsiktiga säkerhet.

Olika metoder

Spänningstillståndet kan mätas med olika metoder, vi har främst använt två oberoende metoder. Mätningen går i princip till så att man skapar en störning i ett borrhål och mäter responsen. Sedan utvärderas spänningarna under vissa antaganden om bergets materialegenskaper. Kvalitetssäkring av mätningen omfattar därför alla frågor relaterade till själva mätningen, samt separata undersökningar för att i rimlig mån klargöra om förutsättningar och antaganden för respektive metod är uppfyllda. Varje sådan mätinsats har därför varit tämligen omfattande och tidsödande.

Samma mätinsatser med samma metoder har utförts parallellt inom platsundersökningen i Oskarshamn. De samlade erfarenheterna visar att metoderna har fungerat som avsett i Oskarshamn och ner till cirka 250–400 meters djup i Forsmark.

På större djup i Forsmark har dock båda metodernas användbarhet varit begränsad, eftersom de olika förhållanden som antagits inte gällt fullt ut. Det har medfört behov av flera olika studier om mätmetoderna, mätutrustningen och mekaniska och termiska egenskaper i det berg vi mätt i. För att öka vår förståelse för de processer som påverkar spänningsinducerade brott i

berg har vi gjort principstudier om detta i vårt berglaboratorium på Äspö, där vi i tunnlar på 450 meters djup kunnat initiera höga spänningar och studera brottmekanismer.



Tilltro till metoderna

Dessa erfarenheter har hjälpt oss att skapa tilltro till våra mätresultat. Vi har också lärt oss att de brott som kan förväntas är i princip skaloberoende. Det innebär att det brott som skulle kunna inträffa kring ett deponeringshål även skulle kunna hända kring ett av våra undersökningshål. Med stöd av noggranna geofysiska mätningar i våra borrhål som bland annat visar borrhålets form – och därmed om några bergfragment fallit ut på grund av höga spänningar – har vi sett att vi har ytterst begränsade

Det tyska företaget MeSy Geo utförde hydrauliska spräckningar för att mäta bergsspänningarna på olika nivåer vid borrläts två. På bilden undersökningsledare Gerd Klee.

*Vi kan bygga ett slutförvar på
åtminstone 500 meters djup.*

Rolf Christiansson
Specialist i bergmekanik

sådana observationer ner till 1 000 meters djup. Därmed har vi kunnat gränsätta vilken största spänning vi skulle kunna ha på större djup i Forsmark.

Eftersom denna uppskattade spänning stämmer bra med de få trovärdiga mätresultat vi lyckats få på cirka 500 meters djup känner vi oss tillräckligt säkra på att vi skulle kunna bygga ett slutförvar i Forsmark utan att få spänningsinducerade problem som skulle kunna påverka säkerheten under byggtiden. Inte heller bedömer vi att bergspänningarna på detta djup orsakar systematiska uppluckringar av berget närmast tunnlar och deponeringshål som är negativa för den långsiktiga säkerheten.

De erfarenheter vi fått hade inte varit möjliga utan ett brett deltagande från olika specialister, inte bara i Sverige. Den teknikutveckling och kvalitetssäkring av mätmetoder som vi utfört, samt även de forskningsresultat vi fått om brottmekanismer i berg, har väckt internationellt intresse.

Resultat

Vi har konstaterat att de spänningar som gäller i det undersökta området i Forsmark är konsistenta med de geologiska förhållandena i den undersökta tektoniska linsen. Redan i de övre 100–150 meterna där berget karakteriseras av flacka, öppna och vattenförande sprickor har vi mätt horisontalspänningar i storleksordningen cirka 20–25 MPa. Det finns inga andra liknande observationer i Sverige av denna spänningsnivå så pass ytligt.

Mot större djup, där andelen öppna sprickor i berget är liten är ökningen av spänningarna tämligen jämn. Vi bedömer att på 450–500 meters djup är största spänningen 40–45 MPa. Detta är högt jämfört med till exempel förhållandena vid Äspölaboratoriet, men inte högt i förhållande till vad berget i Forsmark skulle klara av om vi byggde tunnlar på det djupet.

Den främsta orsaken till de höga spänningarna är bergets homogenitet och styrka. I en mer uppsprucken bergmassa finns inte samma förutsättningar för bergspänningar att byggas upp.

Huvudslutsatsen av pågående bergmekaniska studier inom ramen för projekteringen av ett slutförvar i Forsmark visar att vi kan bygga ett slutförvar på åtminstone 500 meters djup utan att det föranleder några signifikanta spänningsproblem.

Expertens eftersnack

Namn: Rolf Christiansson, specialist bergmekanik

Aktivitetsledare vid platsundersökningen i Forsmark sedan 2002. Anställd på SKB sedan 1999, innan dess konsult. Deltog i konstruktion och bygge av SFR i Forsmark på 1980-talet.

- När jag kom till platsundersökningen 2002 så kom jag till en i allra högsta grad välbekant plats. Dessutom var det problem, som jag hade att ta itu med, också välbekant. Sedan bygget av kärnkraftverket på 70-talet har man känt till att berget i Forsmark har relativt höga bergspänningar. Jag visste också att vi hade att ta itu med ett mättekniskt avancerat projekt. Det blev mycket diskussioner om mätmetoder.

Hur gick det?

- Det blev ännu svårare än vi räknat med. Jag har spräckt många budgetar i arbetet att få fram tillförlitliga och kvalitetsssäkrade mätresultat. Man kan säga att vi har utfört en svår arbetsuppgift med många tillstötande problem. Men å andra sidan har jag haft stor frihet att ta fram metoder och att använda internationell expertis. Personligen har jag lärt mig mycket nytt men vi har också tillfört bergmekaniken nya kunskaper. Det har vi haft nytta av vid platsundersökningen i Oskarshamn, där jag också varit aktivitetsledare.
- Bergspänning är ingen egenskap utan ett tillstånd. Genom att mäta störningar i berget orsakade av borrar eller tryckförändringar har vi med hjälp av olika metoder försökt beräkna spänningstillståndet. Det bygger på olika antaganden för olika metoder. En stor uppgift har varit att kontrollera att förutsättningar och antaganden för våra mätmetoder varit uppfyllda.

Resultatet?

- Resultatet har gett oss goda insikter om både mätmetoder och platsen. Möjligheten att parallellt göra en del principiella studier vid vårt underjordiska laboratorium, Äspö, har bidragit till ökad förståelse för processer och mätmetoder. Nu känner jag mig trygg med de kunskaper vi har om bergspänningarna i Forsmark. Jag påstår att vi nu vet att det inte blir problem att bygga ett slutförvar på cirka 500 meters djup. Vi har nått den kunskapsnivå vi kan nå utan att gå under jord. Det program vi har genomfört för att kvalitetssäkra data är bland de mest omfattande i världen. Det har också väckt en viss internationell uppmärksamhet.



Expertens eftersnack

Namn: Göran Nilsson, bergsingenjör

Borrchef under hela platsundersökningen.

– Jag har jobbat i SKB-projekt sedan 70-talet men jag visste ingenting om berget i Forsmark innan jag kom hit 2002. Ryktet i "bergbranschen" talade om höga bergspänningar och det brukar betyda "helt och bra" berg. Och tänka sig – ryktet talade sanning – precis så torrt och helt blev det!

Första intrycket när ni började borra?

– Deprimerande! Det bara sprutade vatten ur alla hål och jag tänkte ungefär att "det var det med Forsmark". Men efter semestern 2002 – det var ingen kul semester! – vände det och vi började plocka upp hela borrkärnor ur ett torrt berg. Vi fick inget vatten alls så vi trodde först att det var fel på grejerna. Det var det inte, hydrotesterna bekräftade torrheten. Sedan upprepades samma bild i vårt andra kärnborrhål – först massor med vatten i ytberget och sedan snustorrt på djupet ...

Fortsättningen?

– Mönstret upprepades i fler borrhål och vår bild av berget började klarna för att sedan bekräftas. I det femte kärnborrhålet började vi räkna hela kärnor – det var ju faktiskt inte riktigt normalt med ett så helt berg. Jag slutade oroa mig, det blev ett lugn i organisationen, vi slutade gå på tå, om man säger så. Vi visste vilket berg vi hade att göra med och till slut tyckte vi att det var självklart med hela borrkärnor – inte exceptionellt som det faktiskt är. Enda nackdelen var att borrkronorna slets dubbelt så fort som i vanliga graniter. I början var det en utmaning att få fram bra grejer att jobba med.

Slutet gott, allting gott?

– Det kan man säga. Det är ju också tack vare bergets goda kvalitet som vi har kunnat genomföra borrprogrammet i stort sett problemfritt.

– Det har varit ett högt tempo i fem år, jag skulle inte orka fem till i samma tempo. 190 baracknätter per år är några för många. Nu gör vi kompletteringar åt projekteringen och väntar på att få börja provborra för SFR-utbyggnaden. Det blir en omstart – vi ska ner i förvaret under havet och borra.





Vi pratar väder

Tropiskt i Forsmark

När temperaturen håller sig över 20 grader hela natten kallas det tropisk natt. Det är vanligast när fuktig luft strömmar upp från sydost under senare delen av sommaren. Då är vattnet i hav och sjöar som varmast och den högre luftfuktigheten dämpar värmestrålningen. Tropiska nätter inträffar nästan alltid nära kusterna där värmen, som finns lagrad i vattnet håller nattetemperaturerna uppe. Innerstäder där gator och huskroppar magasineras värme ger också goda förutsättningar. I höglänt terräng i inlandet förekommer knappast tropiska nätter.

Endast en gång under mätperioden har det varit tropisk natt i Forsmark. Den inträffade natten till måndagen den 28 juli 2003.

Vatten i Forsmark

Att teckna en bild av hur vattnet rör sig i undersökningsområdet, på ytan och i berget, slutar i ”vått och torrt”. Berget visar upp dessa två tydliga sidor, det finns berg med mycket vatten och det finns berg med lite vatten.

Låt oss börja med det vatten som faller ner över undersökningsområdet i form av regn och snö. Nederbörden har mätts vid två stationer i platsundersökningsområdet sedan mitten av maj 2003. Det blir en blöta på drygt en halv meter om året. Årsmedelnederbörden – korrigerad för vindförluster med mera – var nämligen under fyraårsperioden juni 2003 – maj 2007 555 millimeter. Det kan jämföras med ett normalvärde på 559 millimeter per år. Normalvärdet har tagits fram av SMHI för 30-årsperioden 1961–1990, baserat på data från omkringliggande SMHI-stationer.

Totalt var alltså nederbörden nära den normala under perioden men skillnaden mellan det våtaste och torraste året var nästan 100 millimeter.

Från platsundersökningens mätningar av temperatur, vind, relativ fuktighet och globalstrålning har den potentiella evapotranspirationen (se förklaring) beräknats till 526 millimeter per år.

Allt når inte ner

En del av nederbörden fastnar i vegetationen och avdunstar utan att nå marken. Resterande del av nederbörden infiltrerar marken eller rinner av som ytvatten. Markens infiltrationsförmåga är i regel så stor att allt vatten infiltreras utom i områden där grundvattenytan står i markytan under hela eller delar av året. Det infiltrerande vattnet fyller på markvattenförrådet och bildar grundvatten.

Hur detta grundvatten strömmar styrs förutom av grundvattenbildningen (infiltrationen) också av topografin och jord- och berglagrens hydrauliska egenskaper. Terrängen i platsundersökningsområdet är flack med en småskalig topografi. Nästan hela området ligger lägre än 20 meter över havet.

Som redovisats i avsnittet om kvartärgeologi (sidan 32) är morän den helt dominerande jordarten. Den är oftast siltig-sandig men i Storskärsområdet är den lerig. Moränens hydrauliska egenskaper karakteriseras av en, från ytan

VI FÖRKLARAR

Evapotranspiration, avdunstning av vatten från en bevuxen markyta. Evapotranspirationen består dels av evaporation från barmark, öppet vatten (pölar, snötäcke med mera) samt fritt vatten på växtligheten (regn eller snö), dels av transpiration av vatten som passerat genom växterna från marken.



Bolundsfjärden.

ned till knappt en meters djup, avtagande vattengenomsläpplighet. Från $K > 10^{-5}$ m/s nära markytan till cirka $K = 10^{-6}$ och 10^{-7} m/s djupare ner i den grövre respektive den finare moränen. Dessutom minskar den totala porositeten från cirka 35 procent vid markytan till knappt 25 procent djupare ner. Den del av porositeten som dräneras när grundvattenytan sjunker minskar också med djupet, från cirka 15 procent vid markytan till 3–5 procent djupare ner.

Det innebär att redan en mycket begränsad grundvattenbildning resulterar i en kraftig höjning av grundvattennivån när grundvattenytan ligger lite djupare ner. Tio millimeter tillfört vatten medför att ytan stiger med 20–30 centimeter. Grundvattnet stiger då snabbt upp till de översta mest vattengenomsläppliga delarna av jordprofilen. Topografin och moränens hydrauliska egenskaper resulterar i att den helt dominerande delen av grundvattenflödet sker i små och ytliga system.

Hög grundvattennivå

Grundvattennivån i jordlagren ligger mindre än en meter under markytan under större delen av året i huvuddelen av platsundersökningsområdet. Det ytnära grundvattnet påverkas indirekt och direkt av växternas vattenupptag. Detta illustreras av dygnsvariationer i ytliga grundvattennivåer, orsakade av evapotranspirationens variation under dygnet, och av att grundvattennivån i närheten av sjöarna sänks av under sjöytornas nivå under torra sommarförhållanden.

Högre i jord än i berg

På de platser i det centrala undersökningsområdet, inom den så kallade tektoniska linsen, där grundvattennivån mäts i både jord och berg är det generellt så att grundvattennivån i jord ligger betydligt högre än grundvattennivån i berg. Det betyder att förutsättningar finns för ett grundvattenflöde från jord till berg men de förhållandevis stora nivåskillnaderna indikerar att den hydrauliska kontakten är relativt dålig och flödet därmed litet.

Inom den tektoniska linsen är grundvattennivåerna i berg väldigt utjämnade och ligger strax ovanför havets nivå. De utjämnade och låga nivåerna kan antas bero på de höggenomträngliga horisontella och subhorisontella sprickor som finns i bergets översta delar. Den begränsade del av grundvattenbildningen som tillförs berget kan avledas i dessa sprickor redan vid mycket små gradienter.

Ytvattenavrinning

Det ytliga grundvattnet strömmar ut i våtmarker, vattendrag och sjöar och bildar avrinning. Ytvattenavrinning har mätts i fyra stationer i platsundersökningsområdet. Den första stationen, som mäter avrinningen från ett 5,6 kvadratkilometer stort område uppströms Bolundsfjärden, togs i drift i april 2004. Medelavrinningen vid denna station under treårsperioden juni 2004 – maj 2007 var 26,1 liter i sekunden, vilket motsvarar en specifik avrinning av



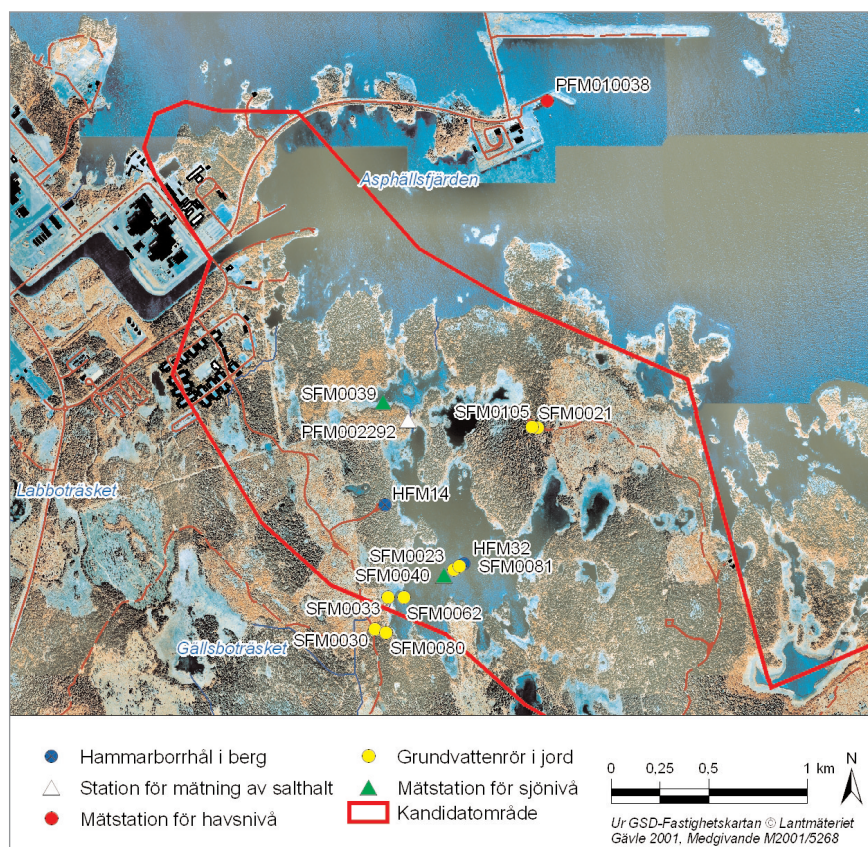
Niclas Karlsson mäter djup till grundvattenytan.

147 mm/år (4,67 L/s/km²) och kan jämföras med medelnederbörden 534 millimeter under samma period.

Mätserierna för nederbörd och avrinning från platsundersökningen är för korta för att säga något definitivt om normalvärden för vattenbalansen, men baserat på de utförda mätningarna och jämförelser med SMHI:s närliggande nederbördsstationer, kan normalnederbörden uppskattas till cirka 560 millimeter/år, avrinningen till 160 millimeter/år och den verkliga evapotranspirationen därmed till 400 millimeter/år.

En helt dominerande del av grundvattenflödet sker i små och ytliga system.

P-O Johansson
hydrogeolog



Mätstationer för vatten i kandidatområdets nordvästra del.

Vi pratar **väder**

Varmaste dagarna

Den varmaste dagen under platsundersökningsåren inföll den 7 juli 2006. Då var det 32,2 grader kl 15. Det är också den enda dagen som temperaturen krupit över 30 grader.

2003 var det varmast den 31 juli kl 15.30 med 29,7 grader.

2004 den 7 augusti kl 15 med 29,2 grader.

2005 den 12 juli kl 17 med 29,1 grader och

2007 den 7 augusti kl 14 med 26,6 grader.



Expertens eftersnack

Namn: Per-Olof Johansson, hydrogeolog

Deltagit i platsundersökningen sedan 2002, aktivitetsledare för de meteorologiska, hydrologiska och ytnära hydrogeologiska undersökningarna sedan 2003.

- Karakteristiskt för Forsmark är att det är små topografiska skillnader i det morändominerade landskapet. Det vill säga landskapet är platt. I stora delar av undersökningsområdet ligger grundvattnet nära markytan, det handlar faktiskt om så högt som närmare en meter i genomsnitt. Grundvattenytan följer markytans topografi väl, det innebär att området har många små ytliga grundvattenflöden. Det är inget ovanligt, det brukar vara så om landskapet ser ut som det gör i Forsmark.

Några praktiska problem?

- Nja, egentligen inte. Jag känner mig nöjd. Dessutom har arbetet varit mycket intressant med tanke på hur många discipliner som har varit engagerade. Det är unikt med ett så stort material som vi har tagit fram.

Har ni hittat något särskilt intressant?

- Några lite mer speciella saker kan jag nämna: Växtligheten runt områdets grunda sjöar tar upp så mycket vatten att grundvattennivåerna i perioder är lägre än sjöarna. Ett annat exempel är att två gånger – i januari 2005 och januari 2007 – har stormarna Gudrun och Per lett till att havet runnit in i de grunda sjöarna och "saltat" dem rejält. Förhållandet brukar ju vara det omvända – att sjöarnas vatten rinner ut i havet ...
- Det är också mycket intressant att där vi mäter grundvattennivåerna i jord och berg på samma ställe så är dessa högre i jord, särskilt i de centrala delarna av undersökningsområdet. Vi tolkar det så att genom att moränens vattengenomsläpplighet minskar med djupet så rinner det mesta vattnet i de ytligaste markskikten. Den lilla mängd vatten som läcker ner till berget kan där transporteras undan i det höggenomsläppliga ytberget redan vid mycket små lutningar på grundvattenytan i berget.

Vad gör du nu?

- Jag har en del kvar att göra när det gäller avrapporteringen till analys. Dessutom ska jag delta i uppföljningen av Sidaprojektet för att rädda Luxor- och Karnaktemplen i Egypten. Faraonernas tempel hotas av stigande grundvattennivåer. Jag är också engagerad i undersökningar för nya huvudvattentäkter i Hudiksvall och Örebro.



Vatten i berget

Bergets två tydliga sidor, den våta och den torra, är i mycket varandras motsatser och resultatet av våra mätningar har sin förklaring i detta faktum. Den ”våta delen” ligger närmast markytan, det vill säga de övre delarna av berget inom den tektoniska linsen är mycket vattenförande. En brunn som borras här ger i snitt 20 gånger mer vatten än medelbrunnen i Sverige.

En orsak till detta är att de flacka/horisontella sprickor som förekommer nära markytan är mycket vattenförande.

Dessa flacka sprickor har dessutom en stor utbredning. Pumptester i den ”våta delen” visar att brunnar som borrats på olika ställen kommunicerar med varandra, det vill säga tryckförändringar fortplantas mycket fort genom och över stora avstånd i de ytliga flacka sprickorna.

Som exempel kan nämnas att det vid pumpningar inte är ovanligt att påverkan kan observeras en halv kilometer från pumphålet redan efter tio minuters pumpning.

I den ”torra delen”, det vill säga berget under de flacka ytsprickorna minskar den vattenförande sprickigheten gradvis och under 200–300 meters djup finns mycket få vattenförande sprickor.



Så här såg det ut när kylvattenkanalen till kärnkraftsreaktorerna sprängdes på 70-talet. I kanalväggen kan man tydligt se de långa horisontella sprickor som är så typiska för den övre delen av berget i Forsmark.

Foto: Göran Hansson/N



Ett annat typiskt Forsmarksfenomen: Långa, hela borrkärnor i tremeterslängder hämtade från det djupare berget. Christian Steen bär borrkärnor från borrplats fem vid Bolundsfjärden.



Jakob Levén, aktivitetsledare för vatten i berg.

Ytligt grundvattenflöde

Den flacka topografin i Uppland – som ligger på det prekambrika peneplanet (se förklaring) – gör att det främst är den lokala topografin i Forsmark som avgör hur vattnet i berget rör sig. Grundvattennivån i ytberget ligger i stora delar av undersökningsområdet mycket nära havsnivån. En arbetshypotes är att de flacka, kraftigt vattenförande sprickorna i de översta 100 meterna av berggrunden har kontakt med Östersjön och därigenom fungerar som en topografisk lågpunkt och att detta styr vattenflödena i området. Det vatten som inte rinner av på ytan eller tas upp av växterna tränger ner i marken och in i berget tills det möter de flacka sprickorna och transporteras där ut mot Östersjön.

Dominerande zon

Inom undersökningsområdet finns ett antal vattenförande flacka sprickzoner som sluttar svagt mot sydost. Den mest dominerande zonen har fått benämningen A2 och delar upp undersökningsområdet i två delar: över och under zon A2. Berget under A2 är mycket sprickfattigt och det finns mycket få vattenförande sprickor under 300 meters djup. Det är till detta bergsavsnitt som vi fokuserat våra undersökningar och volymen är genomkorsad med ett tiotal kärnbråhål. Det är detta som är den ”torra delen” av berget.

Berget över A2 som ligger i den sydöstra delen av undersökningsområdet genomkorsas av flera flacka zoner liknande A2. Dessa är alla vattenförande och pumptester mellan olika bråhål har visat att de har stor utbredning. Se karta över bråplatserna på sidan 108.

VI FÖRKLARAR

Peneplan är en flack och horisontell erosionsyta som har eroderats ned av exempelvis vind och vatten. I Sverige finns det så kallade *prekambrika* peneplanet, som är den flacka urbergsyta som de kambrika bergarterna avsattes på. Med prekambrik tid avses tiden för mer än 570 miljoner år sedan.



Vi pratar väder

Midsommar i Forsmark

Varmaste midsommardagen under platsundersökningen inföll 2006.

Den 24 juni 2006 var dygnsmedeltemperaturen 16,3 grader.

I övrigt ser det ut så här:

21 juni 2003 – 11,8 grader.

26 juni 2004 – 14,3 grader.

25 juni 2005 – 13,1 grader – och 23 juni 2007 – 14,4 grader.

Expertens eftersnack

Namn: Sven Follin, hydrogeolog

Engagerad redan 1995 i förstudien som hydrogeologisk expert. Aktivitetsledare för hydrogeologi i Forsmark och Oskarshamn under platsundersökningarnas första år. Därefter tog andra över de uppgifterna medan Sven Follin fortsatte i rollen som specialist och ansvarig för hydrogeologi i Forsmarks platsmodelleringsprojekt.

- Uppgiften som aktivitetsledare blev övermänsklig och vi behövde förstärkning. Datamängden ökade och fler frågor behövde besvaras, såväl nära ytan som på djupet. Det här blev särskilt tydligt när vi började modellerings- och analysarbetet.

Hur har det gått?

- Jag har en stark känsla av att vi har lyckats få en mycket god total överblick av platsen. Kanske kan jag använda uttrycket " trovärdiga insikter"? Men vägen hit har varit mycket arbetsam – för att inte säga mycket pressad. Det har ändå gått bra tack vare ett mycket bra ledarskap och ett fantastiskt samarbete och stor hjälpsamhet mellan aktivitetsledare och modellörer.

Och resultatet?

- Forsmark är speciellt och bilden tydlig. Ytligt har vi flacka zoner, som är kraftigt vattenförande inom stora områden. Jag har faktiskt inte sett deras like! Under dem är berget exceptionellt tätt och torrt och i den mån det finns vatten så är det äldre än vattnet i zonerna. Den tydliga bilden av en våt del och en torr del i berget ger vissa förutsättningar men också några nya frågor som vi arbetar vidare med.
- Hur man bäst använder detta täta berg till maximal fördel för slutförvaringsfrågan i sin helhet bör vi fundera extra över. Kanske ska vi bygga slutförvaret i flera våningar? Vi behöver nog kärnkraften ett tag till, gissar jag.

Vad händer nu?

- Arbetet i modellerings- och analysgruppen fortsätter med stor intensitet. Vi har många steg kvar att ta inför projekteringen och arbetet med säkerhetsanalysen och miljökonsekvensbeskrivningen. Men jag känner att vi kan lämna ett genomtänkt underlag. Alla experters detaljkunskaper har tillsammans byggt upp en helhetsbild, en samlad syn.



Vi pratar väder

Högsommar i Forsmark

Bästa sommaren hade vi 2006, i alla fall om man räknar antalet högsommardagar. En sådan dag är det 25 grader eller varmare.

2003 hade vi 20 högsommardagar, tre i juni, 14 i juli och tre i augusti.

2004 var en dålig sommar med sex högsommardagar – en i juni och fem i augusti.

2005 hade nio högsommardagar – två i juni, sex i juli och en i augusti.

2006 var en härlig sommar med åtta högsommardagar i juni, 13 i juli och tre i augusti.

2007 hade bara sju högsommardagar – två i juli och fem i augusti.



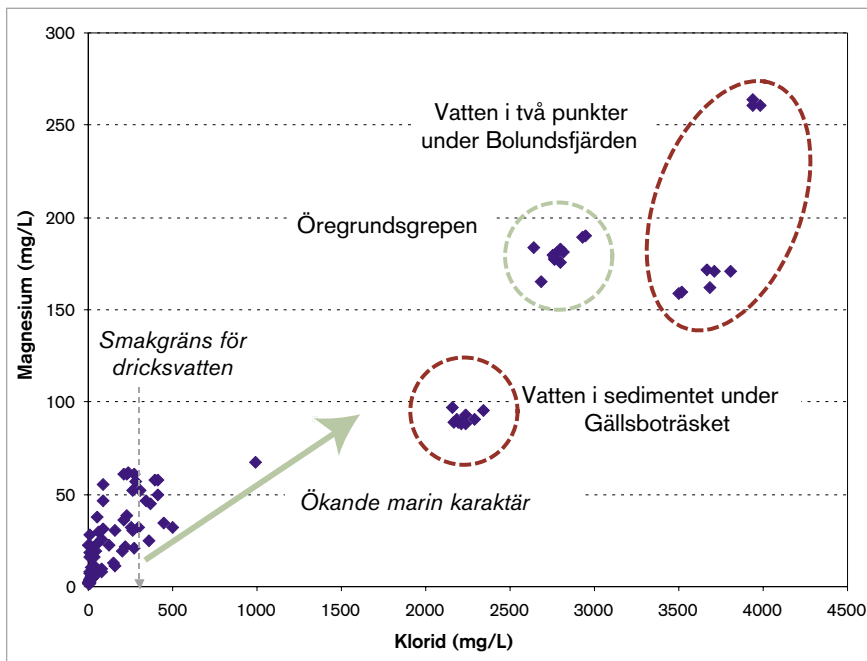
Vattnets kemi

Typiskt för ytvatten och grundvattnen i jordlagren i Forsmark är att de är jonstarka – hårda och salta – om man jämför med motsvarande vatten på många andra platser i Sverige. Detta beror dels på den kalkrika moränen i området, dels på att området har varit täckt av hav tills rätt nyligen.

Vittringen av den kalkrika moränen bidrar med höga halter kalcium, hög alkalinitet samt högt pH och skapar de för området typiska kalkoligotrofa* sjöarna. Vattenkemin påverkas vidare av marina lämningar i jordlagret och av de återkommande inträngningarna av havsvatten som sker än i dag i lågt liggande delar av området. Marin påverkan orsakar bland annat förhöjda natrium-, klorid- och magnesiumhalter.

En viktig fråga ur ett slutförvarsperspektiv är om det finns något flöde uppåt av djupt grundvattnen till de ytliga systemen. Inga observationer som har gjorts under de kemiska undersökningarna tyder på detta. Däremot har vi påträffat fickor med gammalt marint vatten, förmodligen från Littorinahavet, som har blivit kvar på ganska måttligt djup i jordlagren. Detta vatten har naturen fångat in och det kommer sannolikt inte att nå ytan på grund av de stillastående förhållanden som råder, samt för att flödesriktningarna snarare är neråtgående än uppåtstående.

*Kalkoligotrofa sjöar är kalkrika men näringsfattiga. Detta ger en särpräglad flora och fauna.



Magnesium- mot kloridhalter i ytvatten (inkluderande bräckt havsvatten) och i jordlagrens grundvattnen. Diagrammet visar hur marin påverkan ökar magnesium- och kloridhalterna och att vi har fickor i jordlagren med gammalt marint vatten (Littorinahavet) ibland med kloridhalter som är högre än dem vi ser i Öregrundsgrepen i dag.

... vattnet här är
isolerat med extremt långa
uppehållstider.

Ann-Chatrin Nilsson
platskemist

En gammal historia

Grundvattnet i den del av berget i Forsmark där ett slutförvar eventuellt kommer att placeras, är sannolikt mer än en miljon år gammalt. Den del av berget avgränsas uppåt av den flacka sprickzonen A2 som på grund av sin större sprickighet och vattengenomsläpplighet leder ett annat yngre grundvatten med ett tydligt innehåll av vatten från Littorinahavet.

Dagens grundvatten berättar om en lång utveckling och vattensammansättningen avslöjar också hur lång. Med hjälp av kemiska analyser kan vi konstatera att våra grundvattenprov från berggrunden består av olika blandningar av 1) modernt eller gammalt ytvatten, 2) smältvatten från inlandsis, 3) vatten från Littorinahavet och 4) extremt gammalt och salt "djupvatten" från den djupa berggrunden. Det sistnämnda vattnet är alltså ett salt vatten som inte är ett havsvatten (icke-marint).

Grundvattnet i Forsmark är relativt salt och redan vid 100–150 meters djup är kloridkoncentrationen högre än i havet utanför Forsmark. Sedan är kloridhalten mer eller mindre konstant ner till ungefär 600 meters djup där vi återigen observerar en stigande trend.

Det salta bidraget kommer från vatten med marint ursprung – Littorinahavet – eller från icke-marint gammalt och salt djupvatten. Halterna av magnesium, kalium och sulfat samt bromid- och kloridkvoten avslöjar om vattnen är av marint eller icke-marint ursprung eller blandningar av dem. Låga syre-18 värden indikerar inblandning av vatten med ursprung från ett mycket kallt klimat och tolkas som smältvatten från inlandsisen. Förekomst av gammalt grundvatten framgår av bland annat bestämningar av isotoperna kol-14 och klor-36 samt innehåll av gasen helium, som bildas i jordskorpan och manteln och transporterar sig uppåt. Inblandning av väldigt ungt ytvatten – från 1950-talet och yngre – avslöjas av detekterbara mängder av väteisotopen tritium (^3H).

Många prov blev det ...

Under åren har det tagits många vattenprover från olika vatten i Forsmark. Så här ser det ut: Nederbörd: 41 prover. Ytvatten (havsvikar, sjöar och vattendrag): 1 230 prover. Grundvatten i jordtäcket ner till berget: 330 prover. Grundvatten i berggrunden ner till 1 000 meter: 375 prover. Totalt: 1 976 prover.

Vi ser ett samband

Med tillgång till grundvattensdata och geologisk information från samtliga undersökta borrhål i kandidatområdet kan vi nu se ett samband mellan grundvattenskemin och bergets egenskaper. De observationer som gjorts i djupintervallet mellan 100 och 1000 meter sammanfattas kort i punkterna nedan.

- Grundvatten med stort bidrag från Littorinahavet har observerats mellan 100 och 600 meters vertikaldjup men endast i flacka sprickzoner och i ett mindre område med relativt sprickigt berg ner till 200 meters djup. I mer tätt och sprickfattigt berg påträffas en rätt liten andel Littorinavatten ner till 300 meters djup för att därefter försvinna helt.
- I sprickfattigt berg mellan zoner där vatten från Littorinahavet inte har kunnat tränga ner består grundvattnet av ett mycket gammalt icke marint vatten.



Cecilia Berg
från Geosigma
tar vattenprov.



Porvattenanalyser

Förutom grundvatten från vattenförande sprickor har vi även undersökt porvattnets sammansättning, det vill säga det vatten som finns i sammanbundna porer i det hela berget mellan sprickor. Så gott som alla porvattenanalyser har gjorts på borrhärnor från ett tätt och relativt sprickfattigt berg på avstånd från sprickor och zoner, förutom i ett borrhål som passerar zonen A2. Här tog vi täta prover på borrhärnan för porvattenanalys vid och efter passagen av zonen.

Från porvattenundersökningarna kan vi konstatera att porvatten liknar men är något sötare än vatten som finns i sprickor i det täta berget. De sistnämnda sprickorna innehåller en äldre vattenblandning utan bidrag från Littorinahavet förutom nära zonen A2 – och eventuellt andra flacka zoner som vi inte har undersökt – där vi återigen påträffar vatten från Littorinahavet.

Isolerat vatten

Eftersom Littorinahavet inte har kunnat påverka grundvattnet i enstaka sprickor i det sprickfattiga berget på försvarsdjup betyder detta att vattnet här är isolerat med extremt långa uppehållstider. Därmed har kontakten med markytan varit i princip obefintlig under mycket lång tid.

Vattnet har daterats med hjälp av isotopen klor-36 som har en halveringstid på 301 000 år. Resultaten indikerar en ålder överstigande en miljon år vilket stöds av de preliminära beräkningar som har gjorts med hjälp av halterna av gasen helium. Att grundvattnet har bevarats ostört under så lång tid betyder att det är sannolikt att det kommer att förbli så under en jämförbar tidsperiod framåt.

Östersjöns utveckling

Så här har Östersjön utvecklats från senaste istid och fram till i dag.

Yoldiahavet med avsmältning av inlandsisen existerade för 15 000 till 10 800 år sedan. Forsmark befann sig cirka 190 meter under havsytan när isen lämnade området i slutet av detta Östersjöstadium.

Ancylussjön existerade för 10 800 till 9 500 år sedan. Forsmark låg mellan 100 och 170 meter under havsytan.

Littorinahavet existerade för 9 500 till 2 000 år sedan. Forsmark låg 50–75 meter under havsytan.

Nutid räknas från för 2 000 år sedan och fram till nu. Större delen av kandidatområdet i Forsmark steg ovanför havsnivån för mellan 1 000 och 500 år sedan.

I vattenproverna har vi analyserat följande ämnen:

Huvudkomponenter: Na, K, Ca, Mg, Si, HCO₃, Cl, SO₄, Br, F, Fe, Mn, Li, Sr.

Kemiska/fysikaliska mätningar: pH, elektrisk konduktivitet, redoxpotential, vattentemperatur, löst syre.

Närsalter: (NO₃, NO₂, PO₄, NH₄, N-tot, P-tot), silikat och organiskt kol.

Partikulärt kol, kväve och fosfor samt färgtal – endast i ytvatten.

Klorofyll – endast ytvatten.

Stabila och radioaktiva isotoper: ²H, ³H, ¹⁸O, ³⁶Cl, ³⁷Cl, ¹³C, ¹⁴C (pmC), ¹⁰B, ¹¹B, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ³⁴S, ²³⁸U, ²³⁴U, ²³⁰Th, ²²⁶Ra, ²²²Rn.

Spårmetaller inklusive sällsynta jordartsmetaller: Al, Zn, Ba, Cr, Mo, Pb, Cd, Hg, Co, V, Cu, Ni, P, As, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Sc, In, Th, Rb, Zr, Sb, Cs, Ti, Y, Hf, U.

Lösta gaser (sammansättning och mängd).

Kolloider (sammansättning och mängd). Mikrober (antal och typ).

Alla bestämningarna görs inte i varje prov.



Det gäller att ha båten beredd på tunna isar. Micke Borgiel från Sveriges Vattnekologer tar prover i Bolundsfjärden.

Expertens eftersnack

Namn: Ann-Chatrin Nilsson, kemist

Aktivitetsledare för vattenkemiska undersökningar i Forsmark under hela platsundersökningen. Har jobbat med SKB sedan 1988.

- Grundvattenkemin i Forsmark är mindre komplex än man kunde förvänta sig. Vanligtvis är det svårt att se någon systematik men här i Forsmark är bilden rätt tydlig. Enkelt uttryckt finns det gott om vatten till cirka 200 meters djup men under det är det ont om vatten. Och vattnen har olika ursprung beroende på hur sprickigt berget är.

Hur menar du då?

- Det är stor skillnad på det vatten som finns i flacka sprickzoner och det vatten som finns i enskilda sprickor i sprickfattigt berg. Vattnet i zonerna har ett tydligt marint ursprung eftersom vatten från Littorinahavet har kunnat tränga ner medan vattnet i det tätare berget på motsvarande djup saknar marin signatur och är äldre. I vattnet på tänkt försvarsdjup i prioriterat område ser vi ingen marin signatur alls, och det betyder att kontakten uppåt i princip inte funnits under flera tusen år eller rentav inte på över en miljon år! Det är en bra egenskap att berget är så väldigt tätt och isolerande.

Är det en ovanlig egenskap?

- För min del har jag aldrig stött på så vattenfattigt och tätt berg förut. Det är väldigt ovanligt att det är så ont om vatten på några hundra meters djup att det knappt går att ta vattenprover. För oss kemister har det varit ett praktiskt bekymmer men ur förvarssynpunkt är det bra.

Är de vattenkemiska undersökningarna klara?

- Vi har gjort tusentals vattenanalyser och skrivit ett 60-tal rapporter. Helt klara är vi inte – långtidsprovtagningarna fortsätter åtminstone fram till 2009 och platsvalet. För min egen del har jag också inlett arbetet med att planera för vattenkemiska undersökningar i platsundersökningen för utbyggnad av slutförvaret för radioaktivt driftavfall – SFR – i Forsmark.

För oss kemister har det varit
ett praktiskt bekymmer men ur
förvarssynpunkt är det bra.





Vi pratar **väder**

Vintersnitt

Under vintern 2005/2006 var det i genomsnitt minus 2,6 grader per dag under december, januari och februari.

Varmaste dagar i genomsnitt hade december 2006 med nästan plus fyra grader (3,9).

Från data till platsförståelse

All den kunskap som samlats in under platsundersökningen ska tolkas och granskas. Från platsundersökningen går materialet till platsmodellering. Platsmodelleringens syfte är att nyttja alla data – och den kunskap om platsen som successivt växt fram under åren – för att ta fram en beskrivning av platsen. Beskrivningen av platsens egenskaper behövs för att utforma det tänkta förvaret på ett sätt som passar platsen och för att kunna göra en säkerhetsanalys samt bedöma miljökonsekvenserna av en etablering. Vi måste alltså beskriva platsens egenskaper inte bara där data samlats in utan också mellan borrhål och andra provtagningsställen och så långt som möjligt också förklara varför det ser ut som det gör. Dessutom behöver vi berätta vilka osäkerheter som finns i beskrivningen och värdera dem.

Dags för finalen

Platsmodelleringen sker i en analysgrupp, bestående av personer med specialkunskaper inom olika områden. Sedan platsundersökningen startade har analysgruppen producerat flera preliminära beskrivningar men nu är det dags för den stora finalen – den slutliga platsbeskrivningen. Under 2007 har i stort sett allt analys- och modelleringsarbete avslutats och nu återstår att sätta berättelsen om Forsmark på pränt.

Den geologiska modellen är stommen i vår beskrivning. Bergarterna och deras fördelning styr bergets termiska egenskaper och påverkar också bergets hållfasthet. Sprickzonernas läge och storlek samt förekomsten av sprickor i berget mellan zonerna påverkar hur grundvattnet rör sig i berget och hur grundvattnet är sammansatt. Även bergspänningarnas storlek och riktning är kopplade till strukturgeologin. För att vi ska ha tilltro till modellen och den platsbeskrivning vi arbetar fram, måste vi alltså primärt tro på den geologiska modellen men våra tolkningar och analyser av övriga data, till exempel hydrogeologiska, hydrokemiska och bergspänningar, måste också passa in i den gemensamma bilden.

Är vi nöjda?

Trots att vi inte är helt klara ännu kan vi redan nu säga att vi har en bra bild av hur platsen ser ut och varför. Med hjälp av den geologiska utvecklingen kan vi förklara varför vi har en relativt homogen bergartssammansättning inne i linsen. Men också varför det finns skillnader i sprickzoners riktningar i den nordvästra delen av kandidatområdet jämfört med i den sydöstra delen och varför mängden sprickor varierar mellan det ytliga och djupa berget, (se avsnitt om Forsmarks geologiska historia).

Vi kan också konstatera att vår geologimodell i dag i stort sett är densamma som tidigare trots att det tillkommit mycket ny data. Bergets skillnader i sprickighet är naturligtvis också en förklaring till den stora mängden grund-



Analysgruppen diskuterar platsmodellen. Fr v Kristina Skagius Elert, Anders Ström och Raymond Munier.

Nu är det dags för den stora finalen – den slutliga platsbeskrivningen.

Kristina Skagius Elert
projektledare för platsmodelleringen

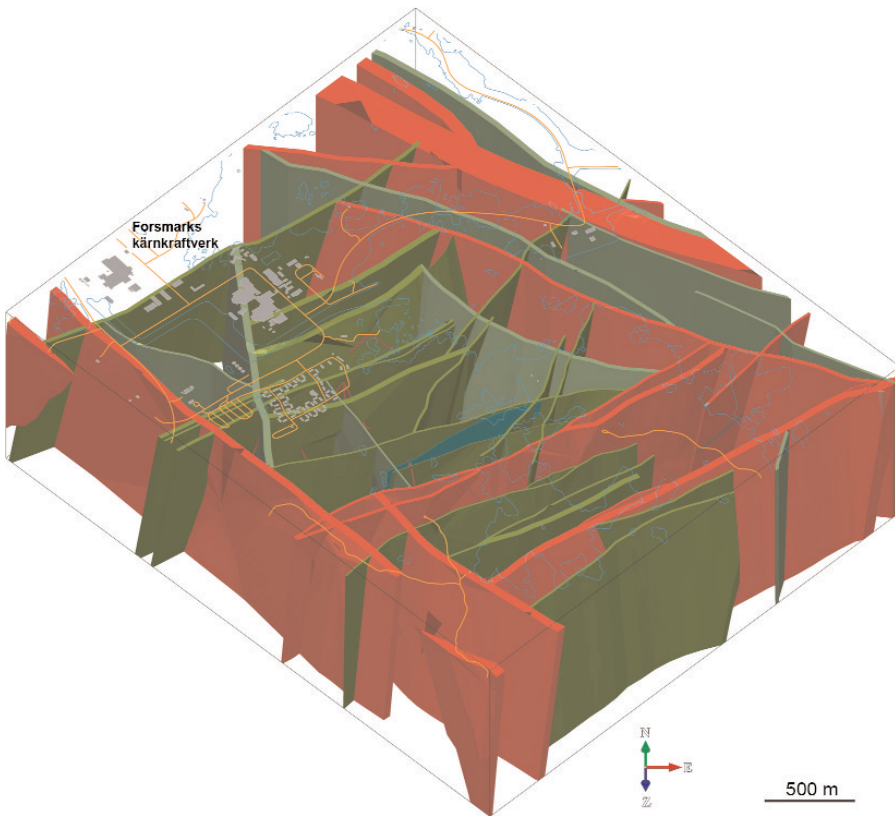
vatten som strömmar i det mer ytliga berget och det i stort sett torra berget på djupet. Vi har nu mycket hydrogeologiska data som bekräftar dessa något ovanliga grundvattenförhållanden – och kemisternas analyser och tolkningar av grundvattensammansättningen passar in i samma bild.

Svårmätta spänningar

Bergmekaniken har länge varit vårt största problem. Inte vad det gäller bergets mekaniska egenskaper, där har bilden varit stabil en längre tid, utan bergspänningarna som i Forsmark är relativt höga och därför svåra att mäta. Genom att göra en samlad utvärdering av alla bergspänningsdata och observationer som indirekt ger information om spänningar och koppla detta till vår kunskap om geologin i Forsmark har vi nu tagit fram en spänningsmodell som vi bedömer vara tillräckligt trovärdig för projektörerna att gå vidare med.

Rapport i sommar

Det finns naturligtvis mycket mer att berätta om Forsmark och det kommer vi att göra i den rapport som vi nu ska arbeta med fram till sommaren 2008. Inte minst viktigt är att beskriva de osäkerheter som finns kvar och att sätta gränser för hur stora de är. Då kan projektörerna och säkerhetsanalysgruppen bygga in dessa osäkerheter i det fortsatta arbetet. Avslutningsvis kan vi dock konstatera att vi har hög tilltro till de delar av modellen som är viktiga för förvarets utformning och dess långsiktiga säkerhet. De osäkerheter som finns kvar kommer sannolikt inte att vara av avgörande betydelse för ett beslut att bygga ett förvar i Forsmark.



Tredimensionell modell som visar de vertikala och brantstupande deformationszonerna inom det prioriterade området för ett eventuellt slutförvar i Forsmark. Modellen betraktas snett uppifrån och norrut. De rödmarkerade zonerna är längre än tre kilometer, och de grönmarkerade zonerna är mindre zoner som är kortare än tre kilometer.



Expertens eftersnack

Namn: Michael Stephens, statsgeolog

Geologisk specialist och ansvarig för det geologiska modelleringsarbetet i Forsmark. Väl insatt i Forsmarks geologi sedan förstudietiden med start 1996.

- Hur berggrunden i Forsmark huvudsakligen ser ut hade vi tidigt klart för oss, vill jag hävda. Det beror dels på att det fanns ett bra underlag från bygget av både kärnkraftverket och slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR, dels på de undersökningar som SGU gjorde i kommunen för SKB:s räkning. Det var SGU som hjälpte till att identifiera de områden – varav Forsmark var ett – med möjlig lämplig berggrund för ett slutförvar. Bilden av en berggrund med flacka vattenförande zoner, förhöjda bergspänningar och en tektonisk lins omgiven av större sprickzoner, hade vi i huvudet när platsundersökningen började.

Och resultatet?

- Bilden vi hade har nu bekräftats. Förutom ett fåtal förekomster av porös granit samt en uppsprucken berggrund ner till cirka 200 meters djup har vi i hög grad funnit vad vi trodde oss finna. Det har varit ett hårt arbete men oerhört intressant. Det finns inte några andra områden i Sverige som så nitiskt undersökts som kandidatområdena i Forsmark och Oskarshamn. Platsundersökningen har varit ett samspel mellan olika discipliner och samspelet har lett till en väl integrerad förståelse av platsen. Vi har tagit fram ett mycket viktigt och betydelsefullt material, jag tror att vi själva knappt fattar hur stort detta är.
- Det finns ytterligare en ovanlig aspekt på vårt arbete: Öppenheten har varit total, alla data, modeller och rapporter kan vem som helst ta del av.

Vad händer nu?

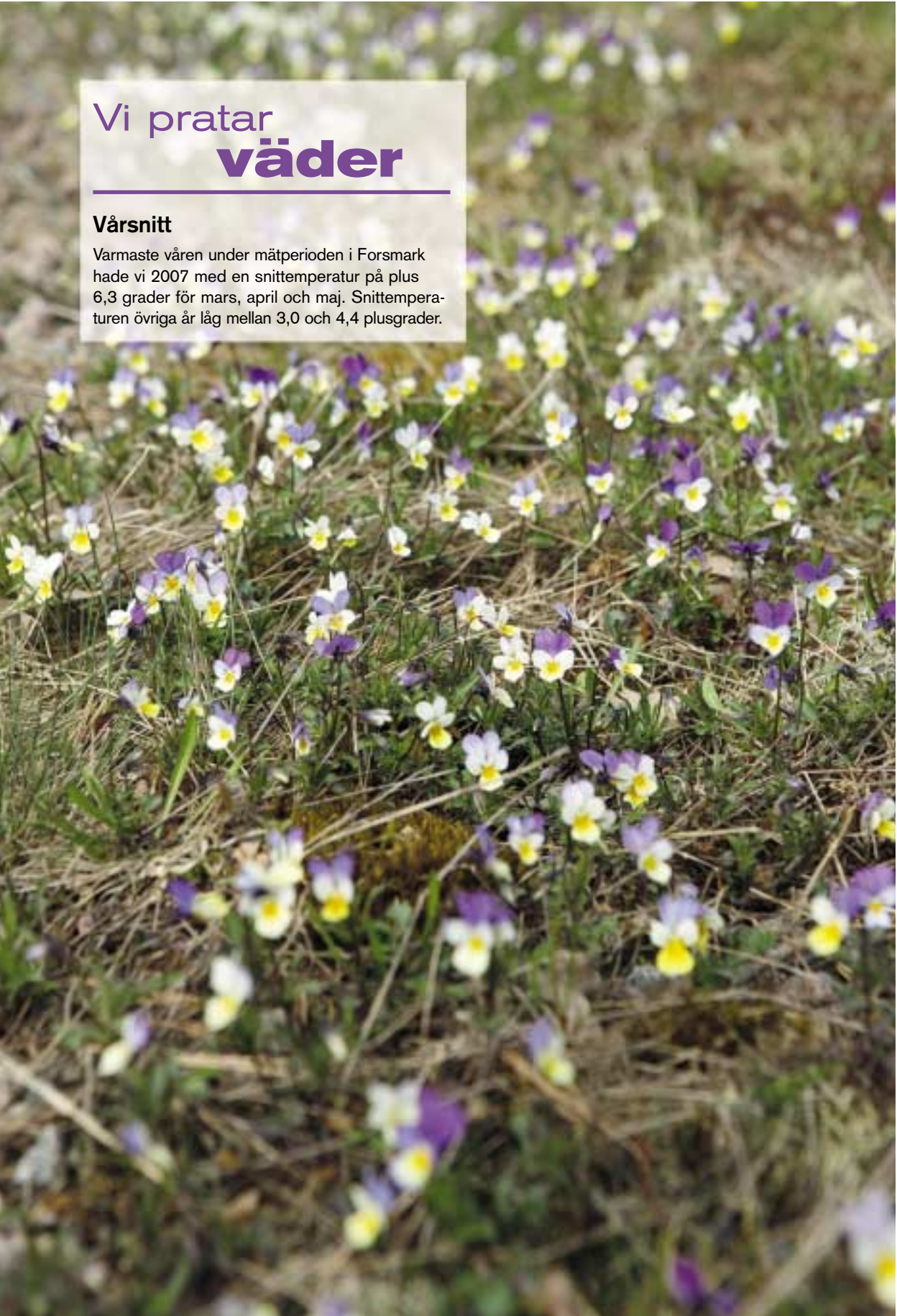
- Vi närmar oss målnöret. En integrerad modell som ligger till grund för en säkerhetsanalys räknar vi med att ha klar i mars 2008. I maj skall vi presentera resultatet för Insite (SKI:s rådgivande internationella expertgrupp) och förhoppningsvis är slutrapporten tryckt sommaren 2008. Vi räknar med efterspel. Arbetet att presentera informationen i vetenskapliga artiklar fortsätter. Sedan får vi se om gransknings- och beslutsprocessen möjligen kan leda till kompletteringar.

intervju

Vi pratar **väder**

Vårsnitt

Varmaste våren under mätperioden i Forsmark hade vi 2007 med en snittemperatur på plus 6,3 grader för mars, april och maj. Snittemperaturen övriga år låg mellan 3,0 och 4,4 plusgrader.



En möjlig framtid i Forsmark

Allt vad vi gjort och gör i Forsmark syftar till att möjliggöra en framtid med ett slutförvar på platsen – om det blir SKB:s val. Det kommer i så fall att innebära en radikalt större och annorlunda verksamhet än den naturvetenskapligt betonade platsundersökningen. Då ska en industriverksamhet etableras, med allt vad det innebär av resurser och organisation för byggverksamhet ovan och under jord, och så småningom anläggningsdrift.

Delar av industriområdet i Forsmark skulle återigen bli platsen för ett stort byggprojekt, om än inte alls av samma dimensioner som när kärnkraftverket byggdes. Det som byggs först blir inte förvarets anläggningar, utan en ny logianläggning som ersättning för den nuvarande barackbyn, som på sikt blir i vägen för slutförvarsbygget. Den nya logianläggningen blir ett projekt för Forsmarks Kraftgrupp AB, som tillsammans med oss har tagit fram en plan för bygget. Mer om detta på sid 92.

Bygge och drift

Förutsatt att vi får alla tillstånd som behövs kan sedan bygget av slutförvarets anläggningar starta. Då etableras byggprovisorier på det framtida driftområdet, så att bergarbetena för tillfarterna till förvaret (schakt och ramp) kan starta. Parallellt görs markarbeten, infrastruktur dras fram och de första byggnaderna tar form. Byggverksamheten växer sedan successivt under några år och som mest beräknas 400–500 personer vara engagerade. Sex sju år efter byggstarten ska anläggningarna vara klara att tas i drift.

Jämfört med det intensiva och föränderliga byggskedet kan driften beskrivas som en jämn ”lunk” som ska pågå under flera decennier. Driftverksamheten byggs upp successivt under loppet av några år. Till att börja med provkörs hela anläggningen utan närvaro av använt kärnbränsle, för att trimma in teknik och organisation. När allt fungerar som det ska och myndigheterna har gett tillstånd kan deponeringen av kapslar med använt kärnbränsle starta.

Takten blir i början begränsad, för att gradvis växa till planerad driftkapacitet på cirka 160 kapslar per år. Den reguljära driften beräknas sedan pågå i cirka 50 år. Driftsorganisationen beräknas under denna period omfatta drygt 200 personer.

Projektering

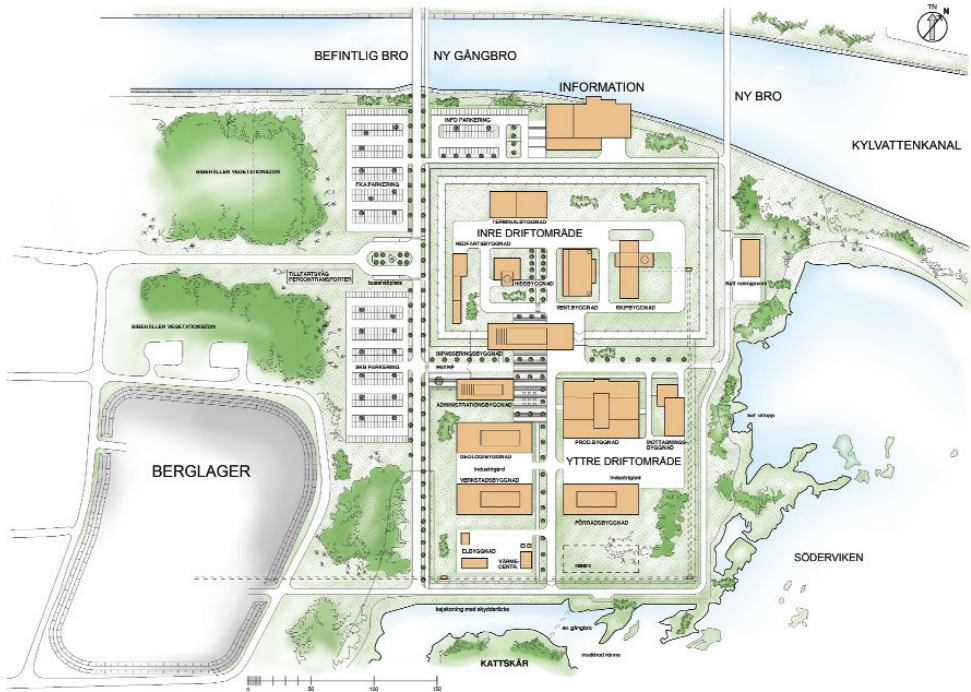
Projektering är samlingsbegreppet för all det ingenjörarbete som ska ge underlag för att bygga och driva slutförvaret. Det handlar om att utveckla och optimera teknik, göra ritningar på förvarets anläggningar och planera en industrietablering.

Liksom platsundersökningen är projekteringen upplagd i etapper, men kommer ett halvt steg efter för att fullt ut kunna nyttja resultaten. Platsundersökningens sista år har för projekterings del inneburit avstamp för den etapp som ska ge ett färdigt resultat.

Med ”färdigt” menar vi att det ska finnas ritningar och andra handlingar som beskriver utformningen av alla anläggningar, konstruktioner för installationer, maskiner och fordon, byggplaner med mera som är tillräckligt detaljerade för att kunna ingå i en ansökan till myndigheterna om att få bygga slutförvaret i Forsmark, om det blir SKB:s val.



Våtmark i Forsmark som kan komma att användas som rening av lakvatten.



Preliminär situationsplan för ett driftområde vid Söderviken, på sydsidan av kylvattenkanalen. En ny bro byggs mellan den befintliga bron och intaget till kanalen. Ett upplag bergmassor kan placeras på den mark där delar av barackområdet finns i dag.

Justeringar

Vi tror att den preliminära utformning av ett förvar i Forsmark – som vi redovisat tidigare – i grova drag kommer att stå sig, men på ett par punkter har förutsättningarna justerats. Den ena är läget för det driftområde där alla markförlagda anläggningar ska inrymmas och varifrån tillfarterna till förvaret (schakt och ramp) utgår. Det lutar nu åt att driftområdet placeras mellan södra stranden av Asphällsfjärden (Söderviken), kylvattenkanalen och barackområdet. Data från slutfasen av undersökningarna indikerar att detta läge ger gynnsammare bergförhållanden för tillfarterna än den tidigare, preliminära placeringen vid barackområdet. En placering vid Söderviken ger också bra förutsättningar att samordna infrastruktur med kärnkraftverket, samtidigt som platsen ligger tillräckligt vid sidan av för att undvika störningar för befintlig verksamhet. Bilden upptill visar en preliminär situationsplan för ett driftområde vid Söderviken.

Den andra justeringen är att rekommenderat förvarsdjup ökats från 400 meter till någonstans mellan 450 och 500 meter. Anledningen är nya mätningar och analyser av bergspänningar som visar att dessa har mindre påverkan på förvarsdjupet än vad som tidigare antagits. Andra aspekter kan då få större tyngd när förvarsdjupet bestäms. Det som främst talar för ett något större djup är att den tillgängliga arean för ett förvar då ökar.

Två nyckelgrupper

Med övergången från ganska översiktlig projektering i tidigare skeden till mera detaljerad och fullständig har omfattningen på arbetet ökat väsentligt. Åtskilliga egna medarbetare och flera konsultgrupper är nu engagerade. Vi kan inte redovisa alla, men vi presenterar två konsultgrupper som har nyckelroller i arbetet.

Att projektera slutförvarets alla berganläggningar är en stor och i många avseenden unik deluppgift. Det uppdraget har gått till en konsultgrupp under ledning av Bengt Hansson vid Tyréns AB i Göteborg. Förutom personal från huvudkonsulten Tyréns AB deltar även experter från Vattenfall Power Consultants AB, Sigma Integra AB och Lars Aas AB som underkonsulter. För de flesta i gruppen är Forsmark som plats en ny bekantskap men desto större är erfarenheterna av exempelvis bergprojektering, geotekniska frågor och processanalys från andra projekt.



Med Göteborgs kranar i bakgrunden. Delar av Tyréns konsultgrupp samlade i hemmamiljön. Fr v Saad Jamil, Stein Kleiven, Thomas Janson, Bengt Hansson, Martin Bergström och Thomas Hogander.

Uppdragets tre huvuddelar

Layout: Berganläggningarnas placering i tre dimensioner – layouten – ska anpassas till platsens geologiska förutsättningar och till en mängd krav kopplade till bygge och funktion. Det gäller att med de gränser som geologin sätter, ta till vara platsens potential och flexibilitet vid en utbyggnad i sekvenser av förvarets deponeringsområden. Bedömningar av hur stor andel av den tillgängliga bergvolymen som kan nyttjas för deponering ska också göras och möjliga reservområden anges.

Funktion: Förvaret måste planeras så att olika aktiviteter inte krockar med varandra eller att oacceptabla flaskhalsar uppstår. I berganläggningar där många verksamheter, transporter och godsflöden ska samsas i begränsade utrymmen är detta alltid komplicerat. För slutförvaret tillkommer komplikationen att tunneldrivning för successiv utbyggnad under många år ska pågå samtidigt som driften med deponering av kapslar pågår i redan utbyggda delar. Det gäller då att kunna simulera hela verksamheten med bergbyggande och drift så att möjliga konfliktpunkter kan planeras bort redan nu och systemet optimeras.

Tätning och bergförstärkning: Tätning och förstärkning av berget är ett delmoment i byggprocessen med stor betydelse för tidsåtgång, kostnader och slutresultat. Inläckaget av grundvatten till berganläggningarna behöver av flera skäl kunna kontrolleras och begränsas. Med ledning av undersökningsdata om



Att planera bygget av slutförvarets alla bergutrymmen är ett omfattande arbete. Dimensioner ska fastställas, bygghetoder väljas och behoven av bergförstärkning och tätning bedömas.

sprickor och vattenföring beräknas därför vilka läckage som kan förväntas i olika delar av anläggningen. Det ligger i sin tur till grund för att beräkna behoven av, och ta fram lösningar för, tätning av berget i samband med tunneldrivning. Ungefär samma arbetsgång gäller för bergförstärkningen: behoven bedöms och förstärkningsplaner tas fram. Det kan exempelvis handla om att gjuta in stålbultar i tunneltaken för att eliminera risken att stenblock lossnar och faller ner.

Andra nyckelrollen

Industriarkitekterna vid Lange Art AB har den andra nyckelrollen i planeringen genom att planera vad som behövs på ytan, ovanför förvaret – byggnader för skilda ändamål, hanteringsytor, trafikstråk, massupplag och mycket annat.

Företaget har sitt kontor i Gamla stan i Stockholm och är inga nykomlingar i projektet. Alltsedan de första skisserna av slutförvaret började ta form för ungefär 15 år sedan – alltså långt innan några kandidatplatser hade utkristalliserat sig – har Lange Art funnits med som en drivande kraft i utvecklingen. Men avtrycken i Forsmark sträcker sig ännu längre bakåt i tiden. Företagets grundare Fritz Lange fanns med redan när kärnkraftverket byggdes på 70-talet och han var den som höll i arkitektpennan när SFR-anläggningen skapades under 80-talet.



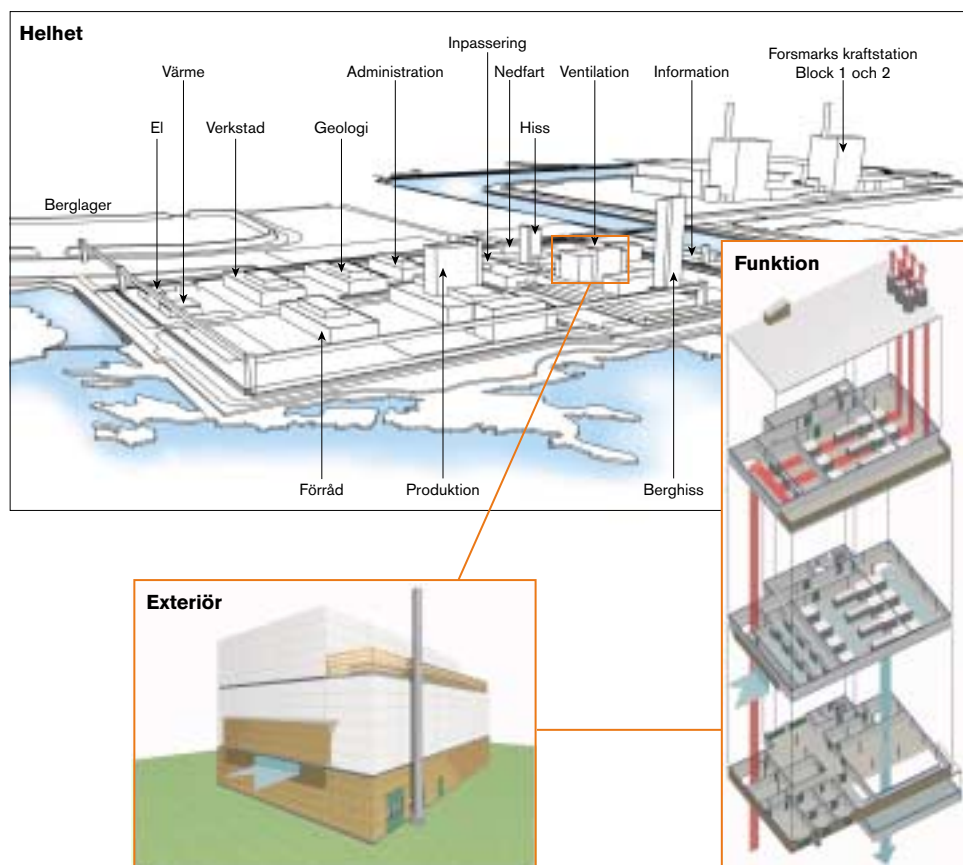
Arbetsmöte på Lange Arts kontor. Från vänster Kaj Westerholm, Fritz Lange, Agneta Sallstedt, Fredrik Moberg och Fredrik Lange.

Funktion och miljö

Huvuduppgifter för Lange Art är nu att ta fram en färdig situationsplan för slutförvarets driftområde och utforma alla byggnader och andra anläggningar som ska inrymmas där. Det är ett omfattande arbete, där detalj och helhet måste utvecklas parallellt. Dimensioner, utformning och funktion för enskilda byggnader måste klargöras, samtidigt som hela området ska fungera som en samlad industriverksamhet.

Det är också ett arbete som spänner över ett kompetensmässigt brett fält, alltifrån konstruktion till estetik, gestaltning och beteendevetenskap. Kraven på funktion och god arbetsmiljö ska kombineras med god arkitektur och miljöhänsyn.

Till uppdraget hör också att revidera utformningen av anläggningarna med hänsyn till aktuella förutsättningar. Det kan exempelvis gälla teknik- och materialval för buffert och återfyllning eller nya myndighetskrav. Bland annat föranleder de skärpta krav som myndigheterna ställer på säkerhet och yttre skydd förändringar i utformningen av anläggningarna.



Helhet och detalj måste följas åt när anläggningar och system projekteras. Samtidigt som driftområdet tar form bearbetas arkitektur och funktion för enskilda byggnader, här exemplifierat med en byggnad för ventilationssystem.

Nya logianläggningar

Ett beslut som kan få konsekvenser för många som arbetar i Forsmark har fattats under året. Det gäller platsen för eventuella nya logianläggningar för tillfällig personal vid Forsmarks Kraftgrupp och SKB, entreprenörer för revisionsarbeten och många andra. Om slutförvaret byggs i Forsmark kommer den mark där FKA har sina bostadsbaracker förr eller senare att behövas för slutförvarets behov. Barackerna måste då avvecklas, men behovet av övernattningsmöjligheter kommer inte att försvinna – snarare kommer slutförvarsbygget att öka efterfrågan. Därför planeras nya logianläggningar, färdiga att tas i bruk innan de nuvarande barackerna måste rivs.

FKA har tillsammans med oss utrett var och hur nya anläggningar kan byggas. Två möjliga lägen utkristalliserade sig: Igelgrundet, i dag ett litet skogsparti som gränsar mot FKA:s besökscentrum, vattentornet och vägen ut mot SFR, samt Kattskäret, som är en udde på sydsidan av Asphällsfjärden.



I bakgrunden kärnkraftverket, i förgrunden ett bildmontage som visar planerade logianläggningar på Igelgrundet, i dag ett skogsområde väster om vägen ut mot SFR.

Valet föll på Igelgrundet som visade sig ha viktiga fördelar i form av närhet till många arbetsplatser vid kärnkraftverket och samordningsmöjligheter med befintlig verksamhet. De anläggningar som skisserats på Igelgrundet är ganska omfattande med totalt 550 övernattningsrum fördelade på ett antal huslängor i två eller tre våningar, reception, en idrottshall och diverse utrymmen för drift och underhåll. Planeringen ska nu drivas vidare med regelrätt projektering av byggnader, el, VVS med mera för att ta fram bygghandlingar. Upphandling av entreprenörer och byggstart kan bli aktuellt 2010.

Ändrad detaljplan

Forsmarks industriområde omfattas av kommunal detaljplan som bland annat reglerar hur mark får och inte får användas inom olika delar av området. Planfrågor regleras i plan- och bygglagen (PBL) och är kommunens ansvar. Östhammars kommun driver ett ärende som syftar till att förändra planförhållandena i Forsmark, så att de bland annat medger att ett slutförvar byggs. Detta är en förutsättning för att bygglov ska kunna beviljas, om och när det blir aktuellt. Samtidigt göras ändringar av andra skäl, bland annat för att möjliggöra de nya logianläggningarna och en framtida utbyggnad av SFR.

Planarbetet sker stegvis, med successiva beslut baserade på alltmer detaljerat underlag. Vår roll i processen är att tillhandahålla underlag om det planerade projektet och bistå med resurser, på det sätt som kommunen begär.

Under året har förslagshandlingar tagits fram och remissats till sakägare och andra under en samrådsfas. Handlingarna omfattar kartor, plan- och genomförandebeskrivningar samt en miljökonsekvensbeskrivning (plan-MKB). Baserat på synpunkter från remissomgången har handlingarna reviderats varefter kommunens byggnadsnämnd i november beslöt att gå vidare med ärendet. Nästa steg blev då att ställa ut de reviderade förslagen för att ge berörda möjlighet att lämna ytterligare synpunkter innan planerna fastställs.



Det gäller att plocka fram de rätta tekniska lösningarna.

Expertens eftersnack

Namn: Bengt Leijon, bergsingenjör

Projektledare, anläggningsplanerare för ett slutförvar i Forsmark.

- Eftersom jag var med redan under förstudietiden på 90-talet så visste jag att berggrunden i Forsmark var "klart lovande" men inte så mycket mer.

Nu vet du mer?

- Mycket mer. Bland annat att berget på djupet är ännu helare och tätare än vad vi trodde från början. Men också två saker som vi ska ha stor respekt för i Forsmark: För det första att det finns mycket vatten i berget nära ytan och för det andra att bergspänningarna är relativt höga. Båda är saker som kräver hänsyn när man bygger. Man kan säga att resultatet av platsundersökningen känns tillräckligt pålitligt för att kunna anpassa anläggningen till förutsättningarna på plats. Men alla svar kan vi inte få förrän vi är nere under jord. Då får vi anpassa detaljerna till rådande förhållanden i berget.

Vad pågår just nu?

- I projekteringsgruppen arbetar vi med anläggnings- och systemutformning – för både själva förvaret och de markförlagda anläggningarna. Det är ingenjörsarbete och arbetsmängden ökar dramatiskt just nu. Det gäller att plocka fram de rätta tekniska lösningarna.

Vad mer gör du?

- Planeringen av anläggningarna rullar vidare och det finns en hel del som behöver koordineras med FKA:s verksamhet i Forsmark. Det är en av mina uppgifter. Det är också mycket arbete med att utreda miljökonsekvenserna av ett slutförvarsbygge. Dit hör buller, trafik och andra störningar. Sedan har jag ett litet finger med i samhällsutredningarna som vi gör i samråd med Östhammars kommun, ett arbetsfält som ger andra infallsvinklar på projektet.

intervju

Vi pratar **väder**

Höstsnitt

Varmaste hösten hade vi i Forsmark år 2006 med i snitt plus nio grader under månaderna september, oktober och november. September hade i snitt plus 14,1 grader, oktober plus 8,8 grader och november hela plus fyra grader.



Påverkan på omgivningen

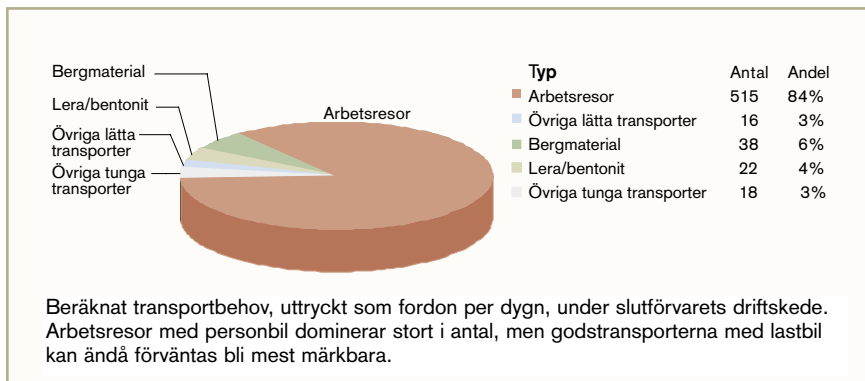
Arbetet med att utreda hur bygget och driften av slutförvaret kommer att påverka omgivningen går hand i hand med projekteringen. Miljölagstiftningen ställer höga krav på att vi ska kunna redovisa dels vilka konsekvenserna blir för människa och miljö, dels hur hälso- och miljöhänsyn beaktats i planeringen av projektet.

Transporter

En viktig grundförutsättning är att driftområdet för slutförvaret kan förläggas inom det befintliga industriområdet. Själva verksamheten på plats kommer det därmed inte att märkas mycket av utanför industriområdet. Det som däremot kommer att märkas på längre avstånd är transporterna. Projekteringen ger underlag för att beräkna transportbehoven i olika skeden, och under året har vi reviderat de preliminära uppskattningar vi tidigare hade. Mest omfattande blir transporterna naturligt nog under byggskedet, då personalbehovet är störst och betydande mängder överskottsberg produceras.

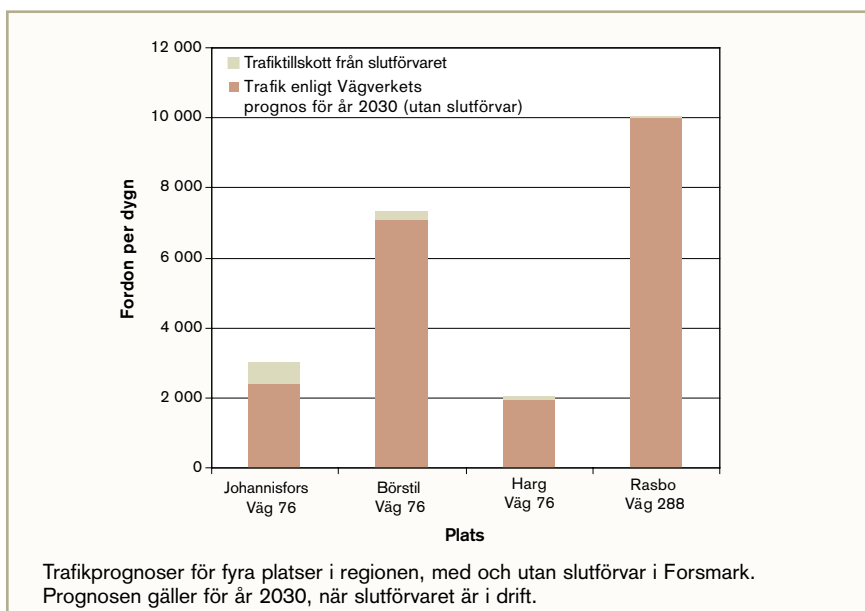
När driften börjar minskar det totala transportbehovet och blir sedan i det närmaste konstant under många år. Transporter av lermaterial (för buffert och återfyllning i slutförvaret) från Hargshamn tillkommer. Diagrammen på nästa sida har hämtats från transportberäkningarna för driftskedet. Cirkeldiagrammet visar – i absoluta och relativa tal – de fordonspassager på infartsvägen till industriområdet som transporterna till och från slutförvaret genererar under ett dygn. Arbetsresor för personal och besökare står för den överlägset största andelen fordon. Man kan ändå förutspå att det är de tunga godstransporterna – framförallt bergmassor – som kommer att märkas mest och riskerar att ge upphov till störningar.





Trafiktillskott

Trafiken till och från slutförvaret kommer att fördela sig ut på det lokala vägnätet. Vi kan på goda grunder anta att merparten går mot Östhammarshållet, och betydligt mindre andelar mot Österbybruk respektive Gävle. Stapeldiagrammet visar uppskattade trafikmängder på några platser: väg 76 vid Johannisfors, Börstil och Harg, samt väg 288 vid Rasbo. De rödbruna staplarna är hämtade från Vägverkets trafikprognoser för år 2030 (alldeles oberoende av ett eventuellt slutförvar). Till dessa har sedan lagts våra egna beräkningar av slutförvarets transporter under driftskedet. Det är naturligt nog på den närmaste platsen – vid Johannisfors – som trafiktillskottet från ”våra” transporter betyder mest. Tillskottet på den redan hårt trafikerade väg 288 vid Rasbo nära Uppsala går däremot knappt att urskilja.



Bergmassor

Vid byggstarten kommer det att finnas ett behov av bergmassor för utfyllnader för driftområdet. Men ganska snart kommer utbyggnaden av förvarets berganläggningar att generera betydande mängder överskottsberg. Bergvolymer brukar anges antingen i fast mått (själva tunnelymen) eller i löst mått (bergmassorna i utsprängt skick). Totalt för slutförvaret handlar det om närmare tre miljoner kubikmeter, löst mått. Detta kan jämföras med volymen bergmassor som hanterades när Forsmarks kraftverk och SFR byggdes. Det var totalt cirka 1,9 miljoner kubikmeter.

Vi ser bergmassorna som en resurs som bör tas tillvara. Var och hur är en öppen fråga. Ju närmare det finns avsättning, desto bättre. Därför är huvudalternativet att massorna transporteras bort på väg till användare i regionen. Möjligen kan man som komplement skeppa ut mindre mängder från Forsmarks hamn, men där är kapaciteten mycket begränsad. Vi kommer också att behöva upplagsytor på plats för att temporärt lagra berget och för den hantering som krävs.



Grundvatten

Inläckningen av grundvatten är en viktig fråga för berganläggningarna och den kan också få effekter på ytan om grundvattennivån sjunker. Preliminära beräkningar visar att grundvattensänkningen kommer att begränsas till ett område runt slutförvarets tillfartstunnel och schakt. Avsänkningen sker huvudsakligen när tillfarterna byggs. När driften i en framtid avslutas och förvaret försluts kommer grundvattennivåerna att långsamt återställas.

Det grundvatten som läcker in till förvaret måste pumpas upp och tas om hand. Det kan bland annat innehålla partiklar, oljerester och olika kväveföreningar. Partiklar och oljerester skiljs av med hjälp av sedimentationsbassänger respektive oljeavskiljare. Det uppumpade vattnet, tillsammans med det lakvatten som kommer från bergupplaget, leds sedan bort till en våtmark där kvävet med hjälp av biologiska processer omvandlas till ofarlig kvävgas. Det renade vattnet leds sedan ut i kylvattenkanalen.

Buller och vibrationer

Sprängningsarbeten och berghantering under bygge och drift kommer att generera en del buller och vibrationer i närheten av slutförvaret. En annan källa till buller är trafiken längs transportvägarna, i första hand infartsvägen och väg 76. Baserat på data om transportbehoven kan bullernivåerna beräknas ganska väl. Sådana beräkningar görs som en del av underlaget för en miljökonsekvensbeskrivning.

Utsläpp till luft

Slutförvaret kommer inte att generera några stora utsläpp av luftföroreningar. Vissa aktiviteter under byggnation och drift ger dock utsläpp av luftföroreningar, framför allt transportererna. Det kan även bli en del damm från berghantering och utsläpp av spränggaser. Dessa utsläpp är dock små och främst lokala.



Vi pratar **väder**

Vår i Forsmark

När har våren kommit till Forsmark?

Uppgifter saknas från åren 2002 och 2003.

2004 kom våren den 21 mars.

2005 kom våren en vecka senare – den 29 mars.

2006 var den sen – det blev vår den 13 april.

2007 kom den hel månad tidigare – den 12 mars.

Den meteorologiska våren har kommit när dygnsmedeltemperaturen varaktigt håller sig mellan 0 och 10 plusgrader och är stigande. Vårvädret varierar varför "varaktigt" är minst sju dygn.



Granskare

Östhammars kommun

Namn: Margareta Widén Berggren, kommunalråd (s)

Politiker sedan 15 år. Finanskommunalråd 2002–2006. Nu kommunalråd i opposition. Med i kommunens referensgrupp för slutförvarsfrågan.

- Jag har följt den här frågan i många år. Som finanskommunalråd under förra mandatperioden kan man säga att jag jobbade mycket intensivt med slutförvarsfrågan. Även om mitt parti nu är i opposition så känner vi oss lika delaktiga i processen.

Dina erfarenheter?

- Vi har lärt oss oerhört mycket. Platsundersökningen har fört med sig många aspekter – den har handlat om så mycket mer än berget. Men det är ett mycket långt ärende – intresset kan inte vara på topp hela tiden. Dessutom är det ett tidskrävande projekt, mycket att läsa, mycket att granska och kommentera, mycket att mötas kring, mycket att besluta om, mycket att diskutera och många frågor att ställa men också att svara på.

Vad är positivt?

- Förutom många nya kunskaper så är det positivt att vi har kunnat jobba så bra tillsammans med den andra platsundersökningskommunen, Oskarshamn. Vi har lyckats driva på våra frågor gemensamt. Samarbetet med SKB har också gått bra, företaget har ansträngt sig att ge svar på våra frågor.

Negativt?

- Att det tar så lång tid. För kommunens del kräver ärendet mycket tid och resurser även om vi slipper finansieringen. Men det kostar energi och uppmärksamhet. Vi förutsätter att SKB tar beslut om platsvalet senast 2009, några ändrade tidsplaner orkar vi inte med. I så fall ska skälen till att platsvalet skjuts upp vara **mycket goda**. Dessutom är det inte heller bra på längre sikt att kärnavfallet ligger öppet i Clab, tycker jag. Nej, vi måste få en lösning på avfallsproblemet.

Vad händer nu?

- Jag hoppas att intresset från omvärlden ökar – att den här frågan inte betraktas som en fråga bara för platsundersökningskommunerna. Det är ju en fråga för hela Sverige och till och med utanför – Åland till exempel. Jag har också funderat på vilka kriterier som slutligen avgör platsvalet. Vad skulle det kunna vara om det inte är det bästa berget?

intervju

Granskare

Länsstyrelsen

Namn: Mats Lindman

Avdelningsdirektör på Länsstyrelsen i Uppsala län där han arbetar sedan 80-talet. Under flera år också sekreterare i Kärnavfallsrådet (tidigare Kasam). Arbetet på Länsstyrelsen har fokus på de kärntekniska verksamheterna i Forsmark, både SKB och Forsmarks Kraftgrupp.

- Jag har på Länsstyrelsen en samordnande roll i den här långa processen om kärnavfallsfrågorna. Under platsundersökningarna har SKB att ta särskilda hänsyn till naturmiljön och att genomföra lagstadgat samråd. Kandidatområdet i Forsmark har mycket höga naturvärden. Länsstyrelsen har därför angett särskilda försiktighetsmått, som ingår i förutsättningarna för SKB:s arbete. SKB ska också genomföra samråd med alla berörda myndigheter, kommuner, allmänheten och organisationer inför upprättandet av den miljökonsekvensbeskrivning som ska höra till ansökningarna om tillstånd för slutförvaret.

Ge exempel på hur länsstyrelsen arbetat?

- Länsstyrelsen har med stort intresse följt SKB:s uppbyggnad av kunskap om naturmiljön och den geologiska barriären för ett slutförvar. Som myndighet enligt miljöbalken har vi tagit ställning till SKB:s förslag till genomförande av platsundersökningen och lokaliseringen av varje borrhavsplats. Vi har ställt krav på begränsningar, skyddsåtgärder och återställande. Till exempel har kraven lett till att SKB har undvikit grävningar och andra markarbeten inom särskilt känsliga delar av området och att man har tagit särskild hänsyn till fåglarnas häckningstid och fiskarnas lekperioder. Vi har också beslutat om vart spolvatten från borrhavsplatserna ska ledas för att inte rubba naturliga saltbalanser.

Hur har det gått?

- Samråden med SKB har varit och är fortfarande ett stort arbete. Det är viktigt att hantera slutförvarsfrågan med omsorg. SKB har resurser och presterar bra, man kan säga att företaget gör sitt yttersta och söker den bästa kompetensen för att få fram ett kvalificerat underlag för prövning. Samrådsprocesserna rullar på – i väl fungerande former. Många människor har ett oerhört engagemang, det tar tid men det måste få ta tid.

Vad händer nu?

- Mycket arbete återstår. SKB:s samråd är inne i en slutfas där Länsstyrelsen bland annat ska verka för att miljökonsekvensbeskrivningen får den inriktning och omfattning som behövs för tillståndsprövningen.



Vi pratar väder

Vinterdagar i Forsmark

Det är inte i januari som Forsmark har haft flest vinterdagar – det vill säga tio minusgrader eller kallare – utan det är mars!

Vintersäsongen 2003/2004 hade 15 vinterdagar under december, januari och februari.

2004/2005 var de kalla vinterdagarna 17 till antalet – de flesta inföll inte under vintermånaderna december, januari och februari utan under vårmånaden mars!

2005/2006 hade vi hela 24 vinterdagar – återigen de flesta (13) i mars!

Vintersäsongen 2006/2007 var en normal vinter med alla 14 vinterdagar under januari och februari.

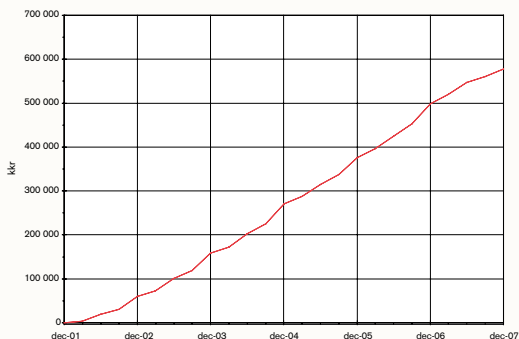


Platsundersökningen i siffror

Prislapp på nära 600 miljoner

Cirka 100 miljoner kronor om året har platsundersökningen i Forsmark kostat. Det innebär att vid 2007 års slut uppgick den totala kostnaden till närmare 600 miljoner kronor för åren 2002–2007. Av dessa har cirka 80 miljoner "stannat" i Östhammars kommun, 189 miljoner har hamnat i regionen som omfattar Uppsala, Norrtälje, Tierp, Älvkarleby och Gävle. 308 miljoner kronor har gått till övriga Sverige och världen – vi har haft leverantörer i bland annat Norge, Finland, Tyskland och Kanada.

Kostnader för
platsundersökningen
2002–2007.



631 leverantörer

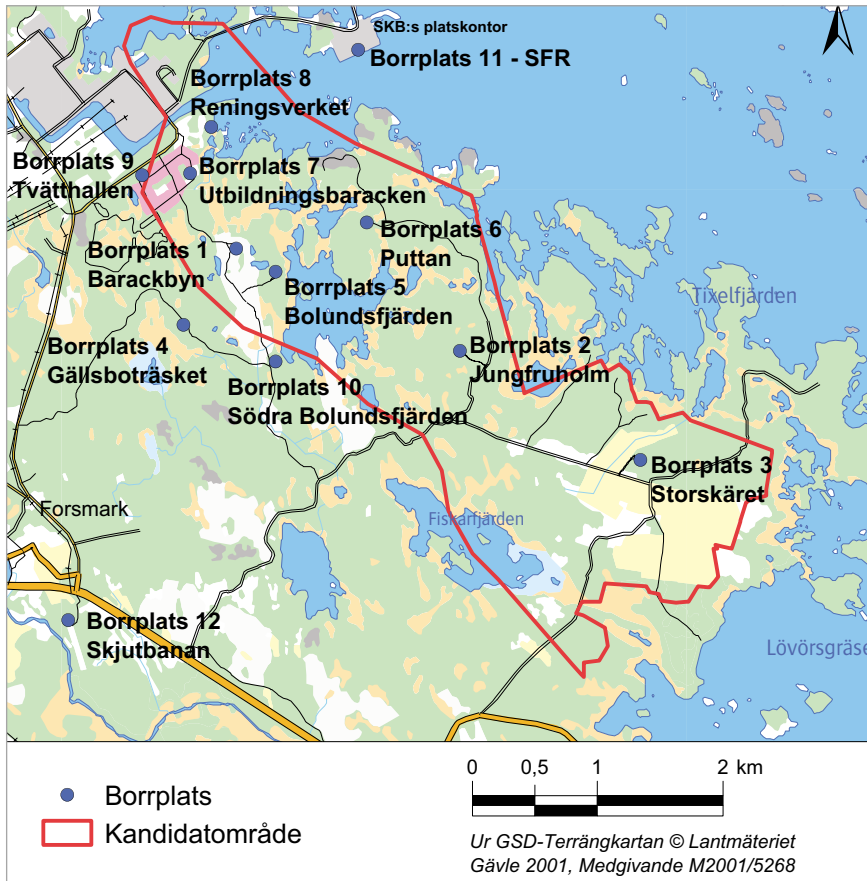
Totalt 631 leverantörer har deltagit i platsundersökningen. Nio av dem har haft uppdrag på över tio miljoner kronor. Ett annat exempel är att 93 leverantörer har haft beställningar på mellan 100 000 och 500 000 kronor medan 240 har haft uppdrag värda mindre än 10 000 kronor. Bland de största leverantörerna kan nämnas Drillcon Core AB, Forsmarks Kraftgrupp AB, Geosigma AB, Sven Andersson i Uppsala AB och Sveriges geologiska undersökning, Uppsala.

Borringen dyrast

Platsundersökningen har under åren lagt sammanlagt 1 456 beställningar. Det är givetvis de många och omfattande borrhingsarbetena som har varit flest och kostat mest i platsundersökningen. 155 beställningar för närmare 70 miljoner kronor kan härledas till borrhingsarbeten. Undersökningarna inom ämnesområdena geofysik, hydrogeokemi, geologi, hydrogeologi och bergmekanik har kostat mellan 30 och 40 miljoner kronor var. Infrastruktur har kostat nästan 29 miljoner kronor och det ekologiska arbetet knappt 16 miljoner. Beställningarna för informationsverksamheten har en total prislapp på 1,8 miljoner.

Opinionsmätningar

Under fem år har Temo genomfört opinionsundersökningar i Östhammars kommun. 800 personer har årligen tillfrågats om sin uppfattning om ett slutförvar i kommunen. Siffrorna har varit genomgående positiva och andelen positivt inställda har ökat från 66 procent till 77 procent. Resultatet av opinionsundersökningen under 2007 visar att 77 procent är helt för eller för ett slutförvar i Forsmark. Starkast är stödet i Östhammar – 83 procent – och svagast i Alunda – 67 procent. Övriga orter med landsbygd: Öregrund 81 procent, Österbybruk 73 procent och Gimo/Hargshamn 74 procent.



De tolv boroplats som vi har anlagt.

1 000 liter vatten per meter

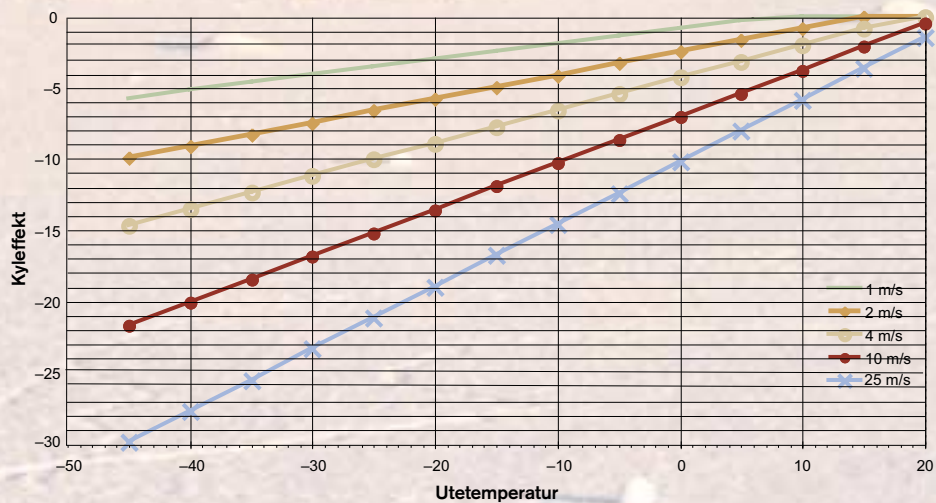
För att borra 18 028 meter kärnborrhål användes 19 408 kubikmeter spolvatten. Det motsvarar närmare 400 tankbilar på 50 kubikmeter var eller drygt 1 000 liter spolvatten per meter borrhåren. Men eftersom bergets yttligare del innehåller så mycket vatten så fick vi tillbaka mer än dubbelt – nästan 44 000 kubikmeter. Allt returvatten släpptes tillbaka i havet eller i närliggande sjöar enligt länsstyrelsens anvisningar.

530 ton borrhax

När de 38 hammarborrhålen borrades samlades allt borrhax upp i containrar. Det blev totalt cirka 200 kubikmeter borrhax eller cirka 530 ton. Det mesta av kaxet användes sedan till vägförbättringar i området.

Tonvis med salt

Stormarna Gudrun och Per gjorde att Bolundsfjärden blev rejält saltad. Baserat på vattennivåförändringarna i fjärden och salthaltsmätningarna har mängden klorid som tillfördes sjön vid de båda tillfällena uppskattats till 40 ton i samband med Gudrun och betydligt mer, cirka 250 ton, under Per.



Hur kallt är det egentligen?

På bilden rullar vinden snöbollar på egen hand i Forsmark. Det blåser så att det går genom märg och ben. Det är noll grader i luften men det känns mycket kallare. Hur mycket kallare blir det i vinden? Diagrammet visar kyleffekten på bar hud vid olika temperaturer och vindstyrkor. Som exempel vid en utetemperatur på 10 minusgrader och en vindstyrka på 25 meter i sekunden är den kylande effekten 14,6 minusgrader och således den upplevda temperaturen 24,6 minusgrader.



Vi pratar **väder**

Julen i Forsmark

Nej, några smållkalla juldagar har det inte varit i Forsmark de senaste åren. Kallaste juldagen inföll 2004 med en medeldygnstemperatur på minus 3,3 grader. Varmaste juldagen inföll 2003 med plus 4,8 grader. 2005 var det minus 1,2 grader, 2006 minus 0,1 grader och 2007 plus 2,6 grader.

Vad händer nu?

År 2007 avslutades med förhandlingar om markköp. Det gäller köp av 625 hektar skogsmark i och i anslutning till kandidatområdet. Säljare är Sveaskog och det planerade köpet görs med förbehåll. Det innebär att om slutförvaret inte byggs i Forsmark har Sveaskog rätt att köpa tillbaka marken.

När ansökan lämnas in för att lokalisera slutförvaret till Forsmark eller Oskarshamn är rådighet över marken en förutsättning. Eftersom det tar lång tid att köpa mark måste detta göras i god tid före ansökan. Markinköp görs därför på båda platserna. Detsamma gäller Östhammars kommuns förberedande arbete för ny detaljplan för området.

Som nämnts på flera sidor i denna årsbok pågår just nu analys- och modelleringsarbetet för fullt. En platsbeskrivande modell för Forsmark planeras vara klar under sommaren 2008.

Samtidigt pågår projekteringen och en ny förvarslayout beräknas vara klar under våren. Det innebär i sin tur att platsmodeller, projektering och miljökonsekvensbedömningar beräknas vara klara i slutet av året.

I början av 2009 räknar vi med att ha sammanställt och analyserat stora delar av materialet så att en säkerhetsanalys kan vidta. Om det preliminära resultatet av det arbetet visar på så tydliga skillnader mellan Oskarshamn och Forsmark att ett platsval kan göras så kommer det att ske i början av 2009. Om inte fortsätter säkerhetsanalyserna för båda platserna.

Som tidsplanen ser ut i dag bör vi kunna lämna in ansökan om att få uppföra slutförvaret i Forsmark eller Oskarshamn kring årsskiftet 2009/2010. Därefter hanteras ansökan av säkerhetsmyndigheterna och miljödomstolen. Är dessa positiva till ansökan så är det regeringen som beslutar om lokaliseringen kan tillåtas. Men först måste den aktuella kommunen ge klartecken. Vi hoppas på ett tillstånd från regeringen under 2012.

Eftersom det tar lång tid att köpa mark måste detta göras i god tid före ansökan.



Vi pratar **väder**

Varma vinterdagar

Vinter är inte alltid vinter. Under mätperioden har det varit många varma vinterdagar med över tio plusgrader.

De flesta varma vinterdagar hade vi vintersäsongen 2006/2007. Under 2007 års sista månad hade vi inga dagar över tio plusgrader men inte heller några under tio minusgrader.

Bergets vattengenomsläpplighet

Bergets vattengenomsläpplighet är en viktig egenskap i förvarssammanhang. Den påverkar bedömningen av slutförvarets långsiktiga säkerhet men har också betydelse för dess utformning och drift. Bland annat bestämmer vattengenomsläppligheten vilka täthetsåtgärder som behöver vidtas vid bygge av tunnlar och schakt.

Vi har därför i tidigare årsrapporter redovisat resultat rörande vattengenomsläppligheten för samtliga kärnborrhål. På de kommande sidorna redovisas de sista fem borrhålen. Två av borrhålen ligger utanför kandidatområdet. Syftet med dessa var att undersöka två större deformationszoner och bland annat mäta deras vattengenomsläpplighet. Den sista figuren är en sammanställning av mätningar av vattengenomsläppligheten i alla kärnborrhål under de år platsundersökningen har pågått.

Borrhålsresultat

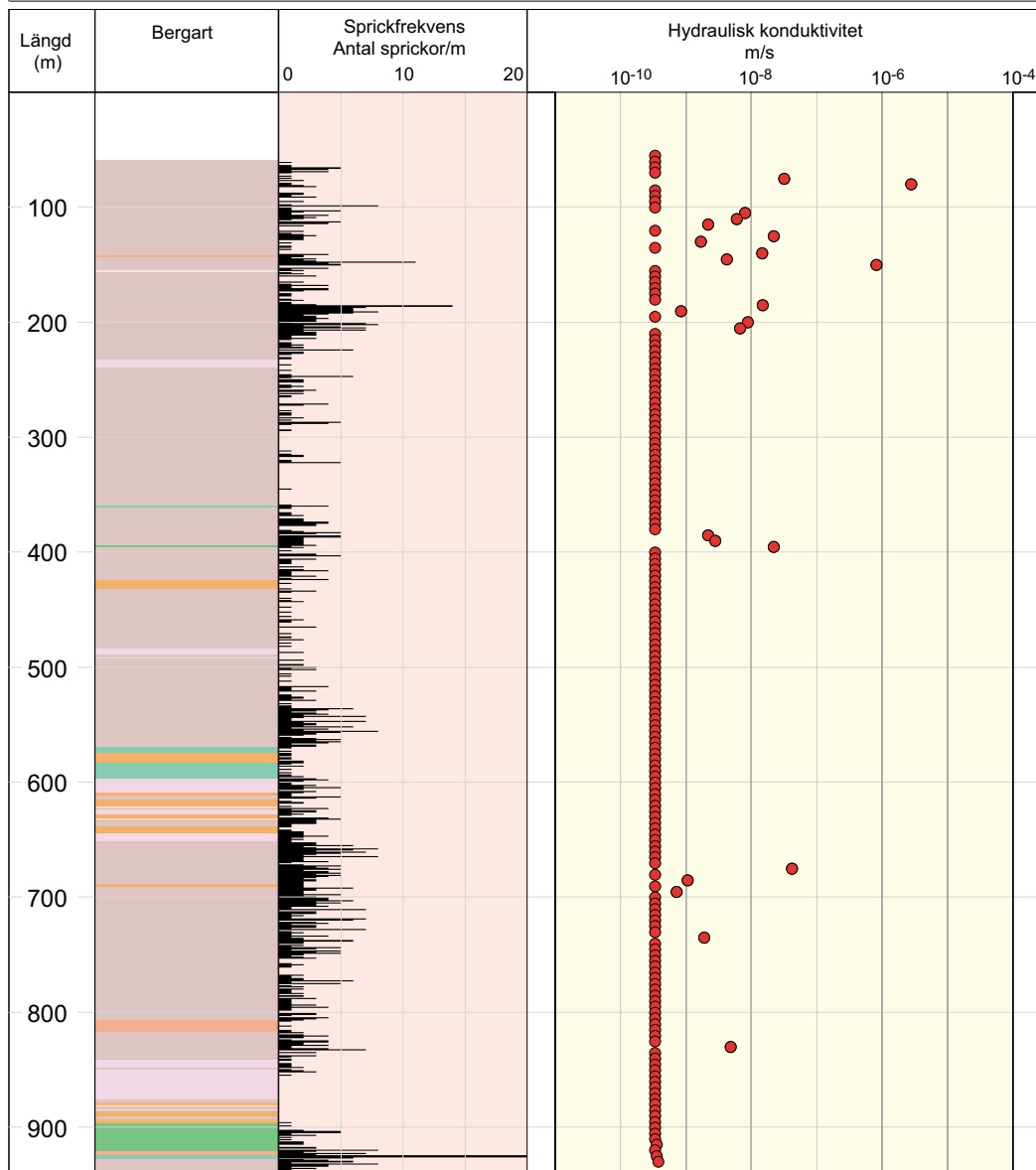
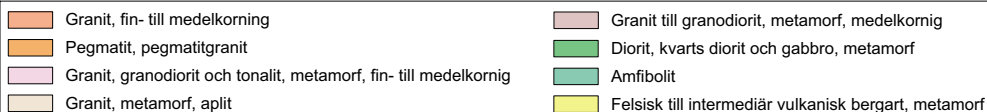
I diagrammen över borrhålsresultat på följande sidor anges bergets förmåga att leda vatten, vattengenomsläppligheten, i storheten hydraulisk konduktivitet. Man kan säga att varje punkt på skalan anger hur mycket vatten som kan tryckas ut i (eller pumpas bort ifrån) en borrhålssektion vid ett visst övertryck (alternativt undertryck). Figurskalan är logaritmisk, vilket innebär att den hydrauliska konduktiviteten ökar med en faktor tio mellan varje skalstreck. Den hydrauliska konduktiviteten är således ungefär 200 000 gånger större längst till höger på den gula delen av skalan (1×10^{-4}) än vid mätgränsen, till vänster på skalan.

De värden på vattengenomsläppligheten i kärnborrhål som visas i diagrammen på sidorna som följer, har i de flesta fall bestämts med differensflödesloggning. Den mätutrustning som har använts för dessa mätningar har varit Posivas flödeslogg (se årsrapport 2003 sidan 46). Varje värde visar vattengenomsläppligheten i en femmeterssektion. Mätgränsvärdet varierar något för olika borrhål men är cirka 5×10^{-10} m/s, detta innebär att endast cirka 1,5 ml vatten per minut kan flöda genom de sprickor som finns i en fem meter lång borrhålssektion om man anbringar ett övertryck (eller undertryck) på 10 meter vattenpelare. Lägre flöden än så kan inte mätas med denna metod. För vissa borrhål har mätningar av vattengenomsläppligheten gjorts med utrustningen för vatteninjektionstester (se årsrapport 2004 sidan 55). Med dessa tester kan mätgränsen sänkas ytterligare, i gynnsamma fall ner till ca 5×10^{-11} m/s.

Om ett mätvärde hamnar på mätgränsen kan det alltså innebära att den verkliga genomsläppligheten är ännu lägre än vad mätgränsen anger.

Uppslaget på sidorna 118–119 visar en sammanfattning av alla borrhål där vi mätt vattengenomsläppligheten med PFL-logg (Posiva Flow Logg). Diagrammen visar endast var mätinstrumentet mätt vattengenomsläpplig sektion. Mätningarna har räknats om till hydraulisk konduktivitet i femmeterssektioner. För vissa borrhål visas även resultat från vatteninjektionstester.

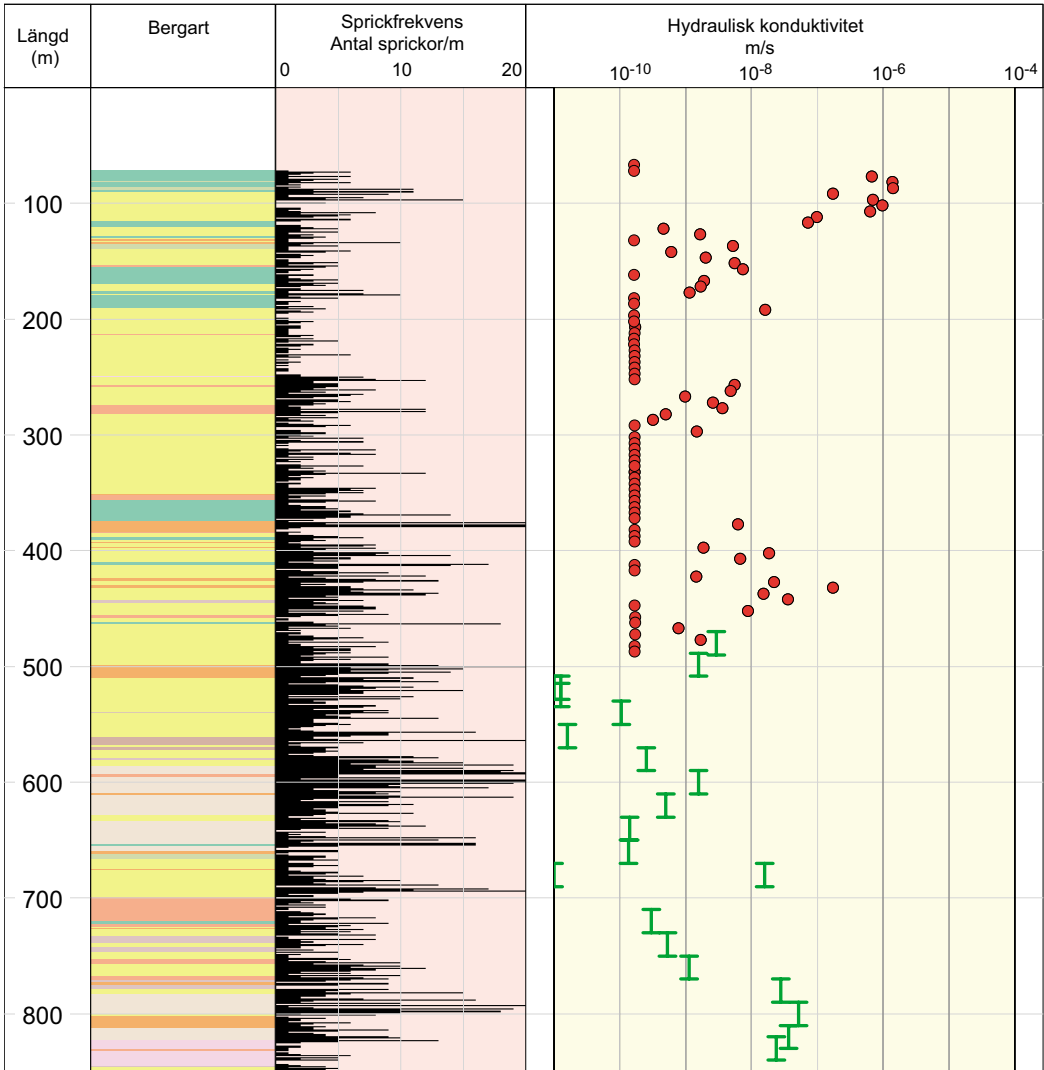
Kärnborrhål08D (KFM08D)



Borrhål 8D är ett tillkommande hål som borrades under slutet av platsundersökningen. Det ligger i den centrala delen av det potentiella försvarsområdet och lutar 55 grader från horisontalplanet och skär ett tänkt förvar på 450 meters djup vid 555 meter. Syftet var främst att undersöka mindre deformationszoner som hade indikerats av geofysiska mätningar. Vattengenomsläppligheten är uppmätt med PFL-logg. Bortsett från vattenförande sprickor i ytberget och några få vattenförande på större djup är berget tätt. Åldersdatering på vattenprover som har tagits från de vattenförande sprickorna på cirka 700–800 meter borrhålslängd visar att vattnet troligen är omkring en miljon år gammalt, se sidan 74.











Kärnbrorhål 11A (KFM11A)

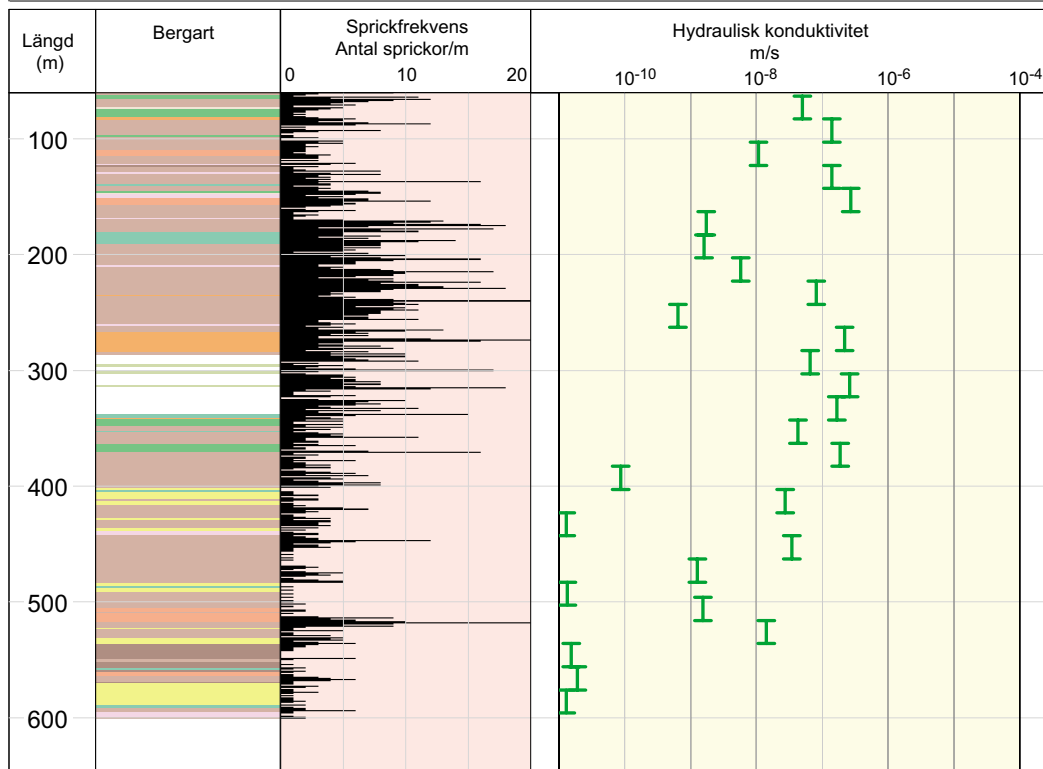
 Granit, fin- till medelkornig	 Granit till granodiorit, metamorf, medelkornig
 Pegmatit, pegmatitgranit	 Granodiorit, metamorf
 Granitoid, metamorf	 Amfibolit
 Granit, granodiorit och tonalit, metamorf, fin- till medelkornig	 Kalksilikatbergart (skarn)
 Granit, metamorf, aplit	 Felsisk till intermediär vulkanisk bergart, metamorf



Borrhål 11A undersöker den stora deformationszonen Singözonen som finns cirka en kilometer utanför kandidatområdet mot nordost. Borrhålet lutar 60 grader från horisontalplanet och är 851 meter långt. Mätningar av vattengenomsläppligheten har gjorts med PFL-logg ner till 500 meters borrhålslängd, och med vatteninjektionstester mellan 500 meter och borrhålets slut. Borrhålet skär Singözonen mellan 250 och 800 meter. I stort sett finns vattengenomsläppliga sprickor utefter hela borrhålet. Den mest uppspruckna delen Singözonen (mellan 500 och 650 meter) verkar dock vara mindre vattengenomsläpplig än zonen perifera delar.

Kärnbrorhåll 12A (KFM12A)

 Granit, fin- till medelkornig	 Tonalit till granodiorit, metamorf
 Pegmatit, pegmatitgranit	 Diorit, kvarts diorit och gabbro, metamorf
 Granit, granodiorit och tonalit, metamorf, fin- till medelkornig	 Amfibolit
 Granit, metamorf, aplit	 Kalksilikatbergart (skarn)
 Granodiorit, metamorf	 Felsisk till intermediär vulkanisk bergart, metamorf

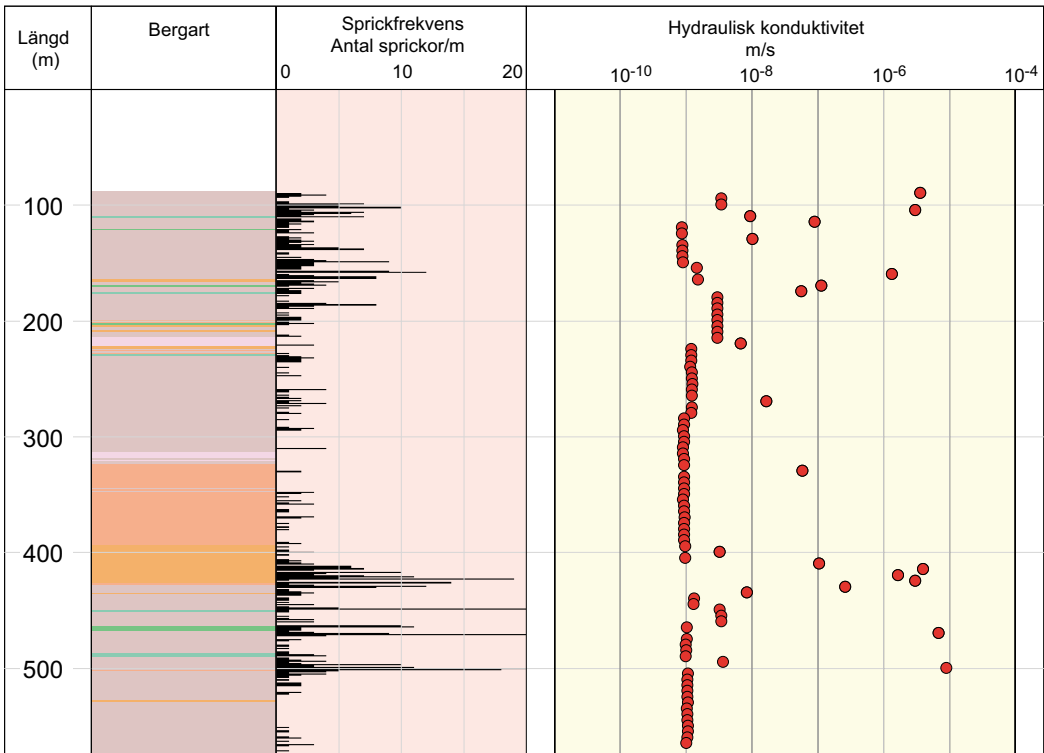


Borrhål 12 A (ovan) undersöker den andra stora deformationszonen, Forsmarkzonen, som finns drygt två kilometer sydväst om kandidatområdet. Borrhålet lutar 60 grader från horisontalplanet och är 601 meters långt. Forsmarkzonen penetrerar mellan cirka 150 och 400 meters borrhållslängd. Vattengenomsläppligheten är uppmätt med utrustningen för vatteninjektionstester. Med få undantag finns vattengenomsläppliga sprickor i hela borrhålet.

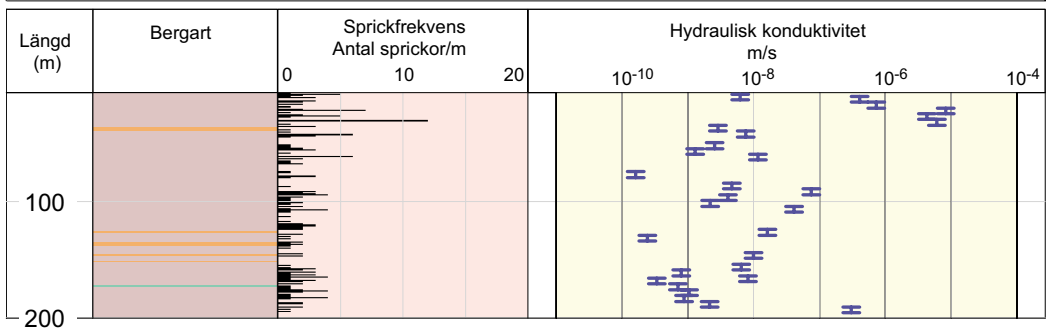
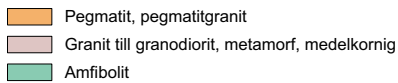
Borrhål 2B (överst t h) är nästan vertikalt och är 574 meter långt. Det är borrarat nästan parallellt med det tidigare borrhålet 2A. På 400 meters djup är avståndet dem emellan 50 meter. Syftet med borrhålet var att mäta bergspänningar och göra spår försök i den flacka och vattengenomsläppliga sprickzonen "A2" som finns vid drygt 400 meters borrhållslängd. Vattengenomsläppligheten är uppmätt med PFL-logg. Mätningarna visar stor likhet i detta hål och tidigare mätningar i borrhålet 2A (se årsrapport 2003).

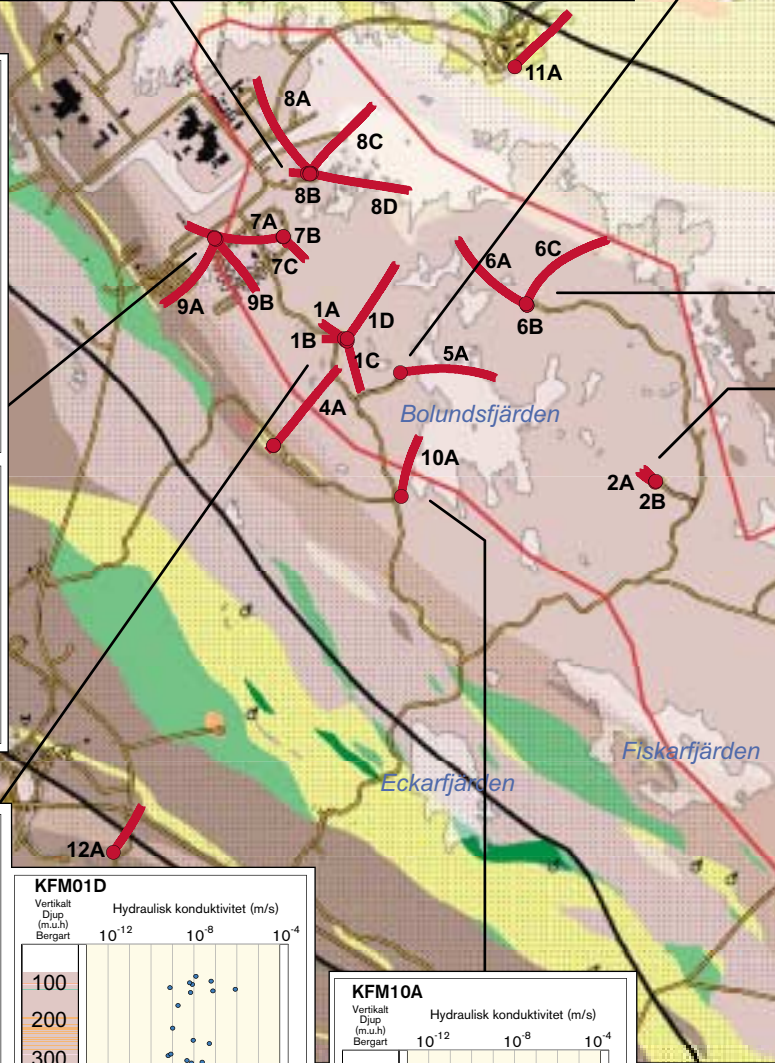
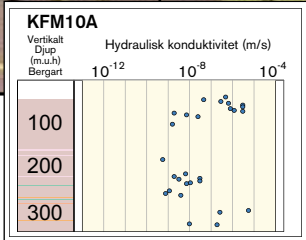
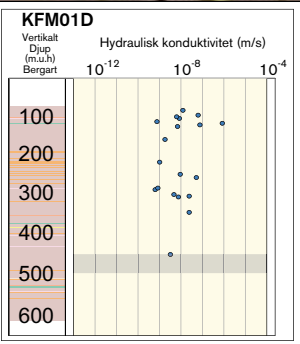
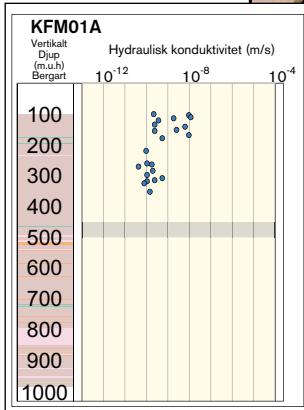
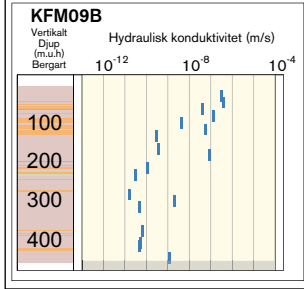
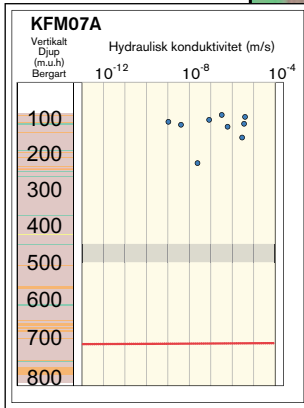
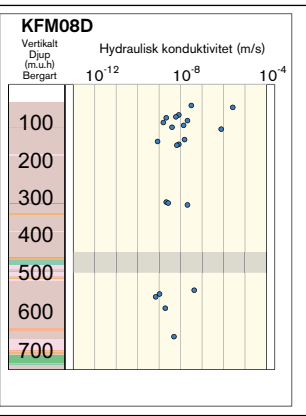
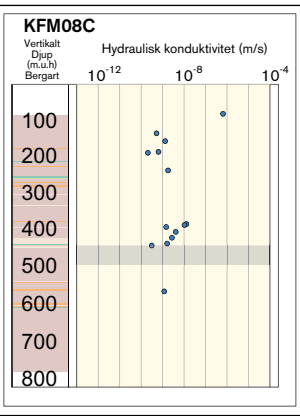
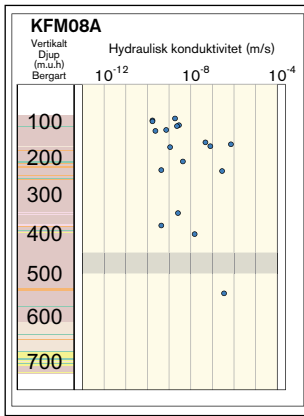
Borrhål 8B (nederst t h) är ett kort kärnbrorhål som kompletterar övriga borrhål på borrhålls åtta (vid reningsverket). Borrhålet lutar 60 grader från horisontalplanet och är 200 meter långt. Syftet med borrhålet var att få borrhålls och mäta vattengenomsläppligheten i det ytliga berget. Mätningarna, som är gjorda med utrustningen för vatteninjektionstester, visar att berggrunden är vattengenomsläpplig, men med lägre vattengenomsläpplighet än vid borrhålls nio (bostadsområdet). Bland annat detta har styrts den justering av läge för schakt och ramp som vi berättar om på sidan 87.

Kärnbrorhål 02B (KFM02B)



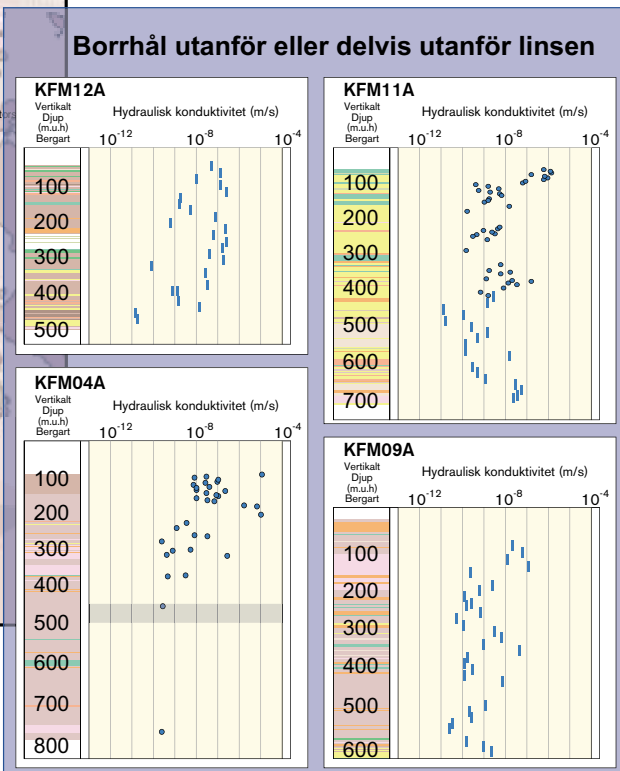
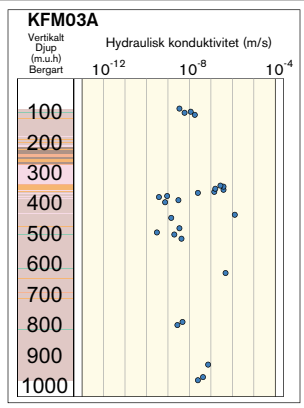
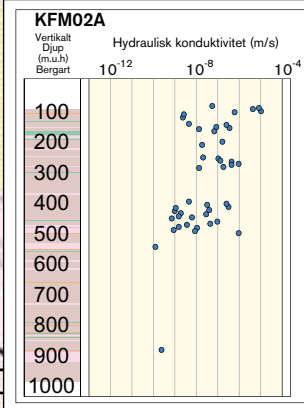
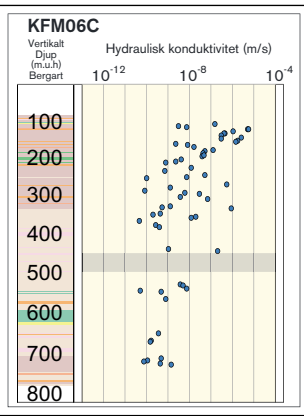
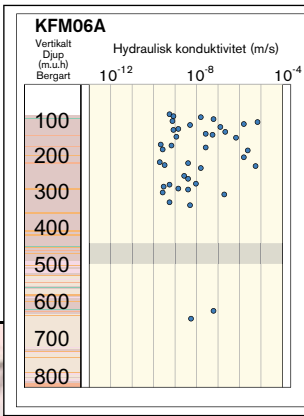
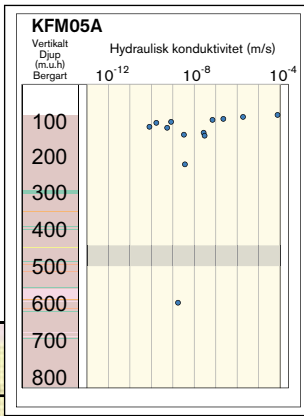
Kärnbrorhål 08B (KFM08B)





SFR

Bilden visar resultat från alla borrhål där vattengenomsläppligheten är mätt med PFL-loggen (punkter). Endast mätvärden över mätgränsen är medtagna. För vissa hål redovisas även resultat från vatteninjektionstester (streck). I denna bild visas vattengenomsläpplighet mot djup och inte borrhålslängd som på



de förra sidorna. För de borrhål som undersöker berget i potentiellt försvarsområde har rekommenderat försvarsdjup 450–500 meter markerats med en skuggad linje. En röd linje i redovisningen för borrhål 7A markerar att under denna linje saknas data.

Observatör

Regionförbundet

Namn: Lucie Riad, geolog

Informatör på Regionförbundet i Uppsala län sedan oktober 2006. Uppdrag att informera regionala politiker, tjänstemän, företagare med flera, och att initiera en dialog om slutförvarsfrågan i regionen.

– Platsundersökningen för ett eventuellt slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark berör inte bara Östhammars kommun, utan i allra högsta grad även grannkommunerna och hela regionen. Effekterna av en etablering i den här storleksordningen sprider sig långt utanför kommungränserna. Det måste också informationen göra men jag tycker att folk utanför Östhammars kommun har dålig kännedom om avfallet.

Vad visste du om projektet sedan tidigare?

– Jag hade väl ingen större koll men jag visste att det var på gång. Som geolog är det ju intressant att följa nya bergsprojekt och det är inte så ofta det görs så här omfattande undersökningar. Platsundersökningen har gett mycket ny kunskap, också om man ser till ren grundforskning.

Vad vet du om platsen i dag?

– Om resultaten kan jag inte uttala mig. Däremot har jag lärt mig att det allmänt finns en stor omedvetenhet om att kärnavfallet faktiskt redan finns. Det är som "man hade glömt bort" att vi har att ta itu med detta stora miljöproblem och det är en fråga som inte beror på om vi satsar på kärnkraft eller inte. Det är viktigt att påminna om att det här avfallet finns och att det är farligt.

Vad gör du i fortsättningen?

– Under året som gått har jag satt mig in i frågan och det har inte varit alldeles lätt att hålla rätt på allt som har skett och fortfarande sker. Nästa år är jag mer insatt och jag tar nästa steg: Det vill säga jag försöker skapa en dialog med allmänheten i regionen, inte minst miljörelsen. Vi diskuterar det konkreta omhändertagandet av kärnavfallet och vi gör jämförelser med andra metoder. Vi arbetar också strategiskt med frågan ur ett näringslivsperspektiv.





Vi pratar **väder**

Sommar i Forsmark

2003 blev det sommar i Forsmark den 30 maj.

2004 blev det sommar den 5 juni.

2005 kom sommaren den 25 maj.

2006 blev det sommar till nationaldagen – den 6 juni.

2007 fick vi sommar i maj – den 28 maj.

Den meteorologiska sommaren är här när dygnsmedeltemperaturen varaktigt är minst tio plusgrader. Med varaktigt avses minst fem dygn.

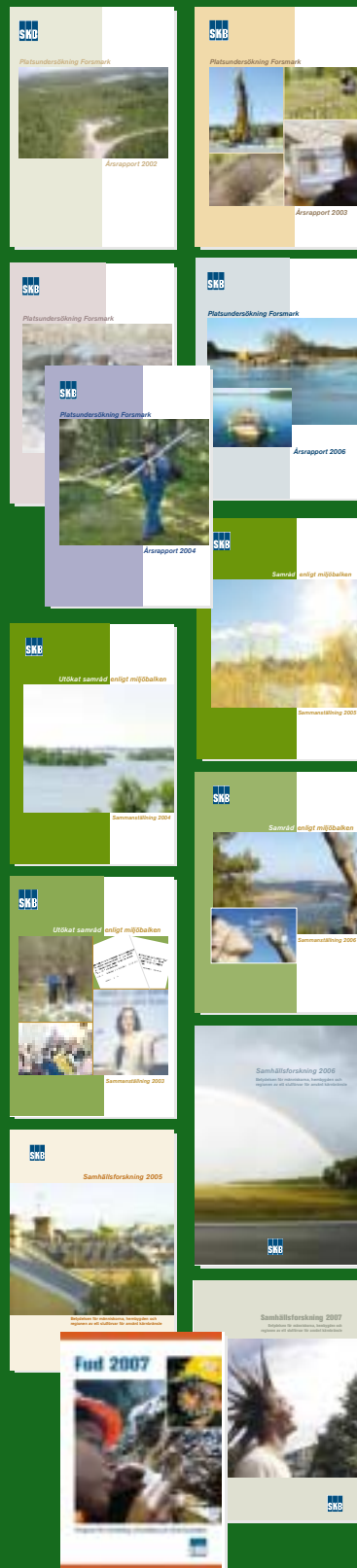
Kunskap att hämta hem

SKB har en "rapportfabrik" där hundratals vetenskapliga rapporter färdigställs varje år. Alla dessa rapporter – bland annat runt 800 som berör platsundersökningen i Forsmark – finns att hämta på vår webbsida www.skb.se under Publikationer.

Förutom dessa vetenskapliga rapporter ger vi årligen ut ett omfattande material med publikationer som är lättillgängliga även för personer utanför forskarvärlden. Hit hör platsundersökningens årsrapporter, årsrapporterna för samrådsförandet, årsböcker om samhällsforskningen och mer kommunspecifika samhällsutredningar.

Alla dessa kan också sökas på vår webbsida.

Behöver du mer information om materialet så ring Moa Lillhonga-Åberg 0173-883 82 eller mejla info.forsmark@skb.se så kontaktar vi dig för att närmare diskutera det material du söker.





SFR och SKB:s platskontor i Forsmarks hamn.

Gäster i Forsmark

Inte alltid – men ofta – har vi kameran till hands när vi får gäster. På följande sidor visar vi bilder och ger exempel ur vår besöksstatistik från åren 2002–2007. Vi kan inte räkna upp alla men vi vill ge en bild av bredden på våra besök. Gästerna kommer från när och fjärran, från Duderö lika väl som från Taiwan, somliga är experter på berg eller kärnavfall, andra har inga förhandskunskaper alls, somliga är unga, andra gamla. Ett har de gemensamt: De är alla lika välkomna.

Till höger: Madelén Eriksson från Snesslingekulla har hälsat på oss varje år med början från det år hon föddes. Här är hon på närboendeträff 2006.

UR VÅRA GÄSTBÖCKER 2002–2007



Tusentals besökare har
under sex år besökt
platsundersökningen
i Forsmark. Bläddra i
delar av våra gästböcker!

2002



Besökare från Hagby Asahi, leverantör inom borrhsteknik

*Moderaterna i Öregrund
(februari)*

Vallonbruk i Uppland (mars)

PRO i Gimö (maj)

Riksdagskandidater för centerpartiet (maj)

*Sommarboende i Stenskär
(augusti)*

Jernkontoret, Stockholm - Svenska stålindustrins branschorganisation (september)

Skolkökspersonal i Östhammars kommun (oktober)

*Miljö- och hälsoskyddsnämnden, Östhammars kommun
(december)*

*Vattenfall Service, Hallstavik
(december)*



Skolkökspersonal i Östhammars kommun



Närboendeträff

2003



Personal från Öregrundsskola



*Östhammars företagarförening
på studieresa till Oskarshamn*

Radio Uppland (januari)

TV4 Uppland (januari)

*Svenska Dagbladet, Stockholm
(januari)*

*Utbildningsradions
programserie Jorden är platt
(mars)*

*Älgskötselområdet i Forsmark
(april)*

*Polisen i Uppsala och
Stockholm (april)*

*Turbinoperatörer från kärn-
kraftverket i Barsebäck (april)*

Säpo (april)

Lantmäteriet, Östhammar (maj)



Närboende besöker en borrhplats

Besökare från Ryssland (maj)

Oskarshamns kommun (maj)

Riksdagspolitiker (maj)

*Kungliga Tekniska Högskolan,
Stockholm (juni)*

Öregrund's turistbyrå (juni)

Österby Gjuteri AB (augusti)

*Svenska Rolls Royce-klubben
(augusti)*

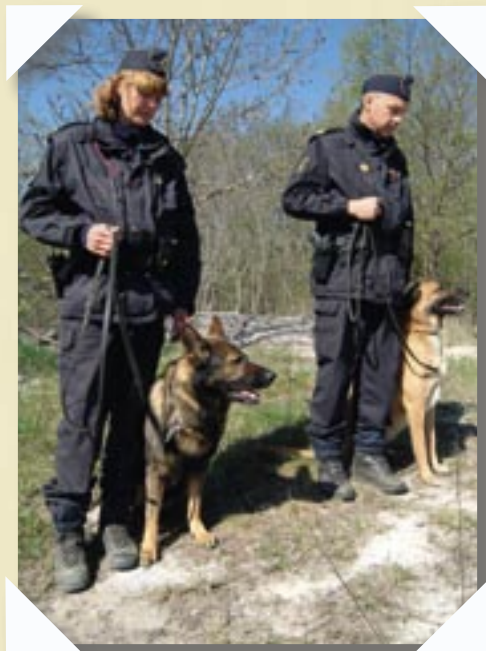
Korsnäs AB, Gimo (oktober)

*Rebeckalogen, Östhammar
(november)*

*Delegation från Bulgarien
(november)*

*Sveaskog AB, östra Uppland
(november)*

Luleå universitet (november)



Polisen i Uppsala och Stockholm

2004



Besökare i kärnkarteringslokalen, Assen Simeonov berättar om berget

*Kören Vaggsång, Östhammar
(januari)*

*Stockholms universitet
(februari)*

*Östhammars företagarförening
(februari)*

Sandvik Coromant, Gimo (april)

*SKB:s motsvarighet i Frankrike,
Andra (april)*

*Säkerhetsnämnden i Varbergs
kommun (maj)*

Södertörns högskola (maj)

Företaget Synerco (maj)

Study Mission, Japan (maj)



*Rolf Sturegård och Mats Lindman,
Länsstyrelsen i Uppsala Län*



Statens Kärnkraftinspektion med gäster från Litauen

Röda Korset i Gävle (juni)

*Ake Tunnelbyggare, Stockholm
(juni)*

*US Waste Management, USA
(juni)*

Vattenfall Utveckling (juni)

*Organisationen Kopec från
Korea (juni)*

ABB Westinghouse (juni)

*Norrskedika Idrottsförening
(september)*

Uppsala universitet (september)

*SKB:s motsvarighet i Ungern,
Puram (september)*

*Committee on Radioactive
Waste Management, England
(september)*

*Internationella havsforskare
med Fiskeriverket som värd
(oktober)*

*SKB:s motsvarighet i Litauen,
Rata (oktober)*

*SKB:s motsvarighet i England,
Nirex (november)*

Hultsfreds kommun (november)

*Danska sundhetsstyrelsen
(november)*

*Ishavsforskare från Kanada
(november)*

*Rotaryklubben, Lövestabruk
(november)*

*Delegation från Japan, RWCM
(november)*

*NIERA - Nuclear, Industrial
and Environmental Regulatory
Authority, Ryssland (december)*



Närboendeträff

2005



Borrchef Göran Nilsson informerar besökare från Taiwan

Boliden Mineral (januari)

Utrikesdepartementet (februari)

*SKB:s motsvarighet i Canada,
NWMO (februari)*

*SKB:s motsvarighet i Taiwan,
Sinotec (februari)*

*SKB:s motsvarighet i Finland,
Posiva (mars)*

*VNIPIET, All-Russian Scientific
Research and Design Institute
of Energy Technology, Ryssland
(mars)*

Lionsklubben i Österby (mars)

*Nordeas styrelse, Östhammar
(mars)*

*Delegation från Villmanstrand,
Finland (april)*

Nejon-öga inget för kungen

ÅVVARLST!
Åvvarlsets delicata nejon-öga är inget som faller kungen i smaken.

– Nej, nej, nej. De tillhör ståtans medlemmar och är inte min favorit, sa kung Carl Gustaf med en beständ min.

I går besökte kungen och drottningen Åvvarlset för att få information om utveckling av denna energiområde.

Det är inte första gången som kungen besöker Åvvarlset. För han var här förrige års höstlovs. Karl XVI lät. Han provade också fiskeriet i Svånen, men utan resultat.

– Det krävs mer tid, förvånade kungen sig med varför han inte fick egg någon av den gångna.

Vid besöket i Åvvarlset i går stötte kungen på energiforskningsskåpet i Fålan. Kungaparet besökte även kungen i där de stannat under gårdens ett besök i reaktorsalen.

– Jag skulle egentligen ha besökt och stannat mer på staden i Västervik, blev en här som egentligen lagt sig, sa drottningen till sin och uppmärksade flera att be-



KUNGLIGT BESÖK. I går besökte kungen och drottningen Åvvarlset för att få information om utvecklingen inom energiområdet. Kungaparet fick bland annat en guidning i kraftstationen, samt information om Vattenfalls forskning inom energiområdet. Foto: Sören Eriksson

ställa. Försvaret för att utvärdera om de kungens läroplaner är tillräckligt. Drottningens första besök. Efter drottningen var det första besöket i Åvvarlset. Hon skulle inte till något som tryggt, eftersom tryggt hon att det var vackert här vid älven. Kungen var stolt och glad vid att vara tillhanda. – Det är trevligt att vara tillhanda och se på hur utvecklingen och den forskning som be-

drivas här. Det är inte bara tekniska utveckling utan för att kunna utvärdera om den forskning som Vattenfall utveckling bedriver. Efter besöket i Åvvarlset skulle kungaparet åka till Uppsala för att diskutera framtida energiforskning. – Det blir inte ett lika energiforskning med en enda kraftstation där måste vi göra tillsammans. Det är en utmaning, men de kungen. – Jag tror om detta till exempel alla möjligheter. Det exempel är viktigt. Men man ska inte man-

na för att man har fört ett möjlighet utan första stegen, sa drottningen. På följande som två kungaparet lyfter om Östern, där kungaparet Victorias påträffa Edward Westling kommer dröja om kungen att de aldrig har varit där. De har heller ingen som tillkommit dit. – Men de har en väldigt stor betydelse, sa drottningen till sin.

Katinka Lönnberg
70 100 100 100
Energiforskning

Arbetsbladet 25 maj

Förening för avancerad borrhoring (maj)

Kung Carl-Gustaf och drottning Silvia (maj)

Centerpartiet i Östhammar (maj)

Roslagens Voltige, Östhammar (maj)

John Bauer-gymnasiet, Gävle (maj)

Gimo ridklubb (maj)

Riksnätverk för arbetslivsutveckling (augusti)

Missionskyrkan i Alunda (augusti)

Vattenfall, Elproduktion Norden (augusti)

Färjerederiet, Vägverket, Öregrund (september)

Länsråd Leif Byman, Uppsala (september)

Delegation från Brasilien (oktober)

Österbygallring, Österbybruk (december)



Plattschef Kaj Ahlbom, minister Tomas Östros, Barbro Andersson Öhrn och Alf Lindfors



Minister Lena Sommestad, SKB:s vd Claes Thegerström, Bengt Leijon och Gerd Nirvin, båda SKB

*Näringsminister
Tomas Östros
(augusti)*

*Miljöminister
Lena Sommestad
(september)*



Ryska besökare



Föreningen för avancerad borrhning



Gimo IF

2006



Viceguvernören Sergej Subbotin (i mitten) från Murmansk

*Näringslivsarkivens stödfond,
Stockholm (januari)*

*Vänsterpartiets regeringskans-
listor, Stockholm (januari)*

*Fastighetsmäklare i regionen
(maj)*

*Miljöorganisationernas kärn-
avfallsgranskning - MKG
- (maj)*

Korsbron Åkeri, Gimo (maj)

Gimo samsällskap (maj)

*Mannheimer Swartling Advo-
katbyrå, Stockholm (augusti)*

*Skärgårdskvinnor runt
Östersjön (augusti)*

*Hargs Hamn AB:s styrelse
(augusti)*

*Representanter för Tierps
kommun och vänorterna
Hauho, Forssa och Janakkala
i Finland (september)*

*Statens kärnkraftinspektion
med ryska gäster (oktober)*

*Statens kärnkraftinspektion
med franska och finländska
gäster (oktober)*

Samhall, Uppland (oktober)

*Kärnavfallsfondens styrelse
(oktober)*



Närboendeträff

Japanska ambassaden
(november)

Grupp från Oskarshamn med
endast kvinnliga deltagare
(november)

Lundellska skolan, Uppsala
(november)

Naturhistoriska riksmuséet
(november)

Statens strålevern - Norges strål-
skyddsinstitut - (november)

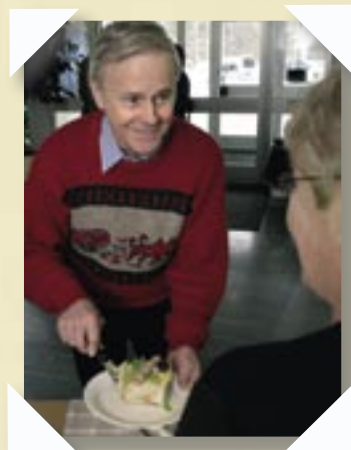
SVT Nyheter, Stockholm
(november)

Delegation från Korea
(november)

Svenska naturskyddsfören-
ingens tidning Sveriges Natur
(november)

Delegation från Ungern
(december)

Delegation från Ryssland
(december)



Kaj Enhorn (närboende)



Kommunalrådet Margareta
Widén Berggren och Gerd
Nirvin (SKB)

2007



Borrrchef Göran Nilsson intervjuas av Ulrika Lindqvist från Sveriges Radio P3.



SMHI, Arlanda

*Furuhöjds kyrkan i Alunda
(januari)*

*Ambulanspersonal från Uppsala
(februari)*

*Kungliga Tekniska Högskolan,
Stockholm (februari)*

Fiskeriverket, Öregrund (mars)

*John Bauer-gymnasiet, Uppsala
(mars)*

*Statens strålskyddsinstitut
(april)*

*Sveriges lantbruksuniversitet,
Uppsala (april)*

*Södertörns högskola, Stockholm
(april)*

*Näringslivets arkivråd,
Stockholm (maj)*

Press från Schweiz (maj)



Gäster från Brasilien

*Styrelsen för BHP Billiton,
världens största gruvbolag med
39 000 anställda i 25 länder
(maj)*

*Postanställda från Östhammar
och Norrtälje (maj)*

Swebus, Uppsala (juni)

*Socialdemokratiska riksdags-
män, Uppland (juni)*

*Hushållningssällskapet, Uppsala
(juni)*

Turistchefer i Uppsala län (juni)

*SKB:s motsvarighet Enresa,
Spanien (juni)*

*Kommunledningen, Uppsala
kommun (augusti)*

*Delegation från Brasilien
(augusti)*

Vårdcentralen, Gimo (augusti)

SMHI, Arlanda (september)

*Rotaryklubben, Östhammar
(september)*

Närboende (september)



*CARL (samhällsvetenskapligt
forskningsprojekt i Sverige,
Storbritannien, Belgien och
Slovenien om använt kärn-
bränsle (september)*

*Strålskyddsinstitutet med
slovenska gäster (oktober)*

*Strålskyddsinstitutet med
vitryska gäster (oktober)*

PRO, Österbybruk (oktober)

*USA:s ambassadör i Sverige
(november)*

*Riksdagens försvarsutskott,
socialdemokratiska ledamöter
(november)*

*Delegationer från Korea,
Litauen, Ryssland (december)*



Svensk Kärnbränslehantering AB

Platsundersökning Forsmark

742 03 Östhammar

Telefon 0173-883 10 www.skb.se/forsmark