

P-06-45

Platsundersökning Forsmark

Behovsinventering, underlag och program för geotekniska undersökningar

Lena Mören, Birgitta Nyström
SwedPower AB

Mars 2006

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



Platsundersökning Forsmark

Behovsinventering, underlag och program för geotekniska undersökningar

Lena Mören, Birgitta Nyström
SwedPower AB

Mars 2006

Nyckelord: AP PF 400-05-078, Bergnivåmodell, Forsmark, Geoteknik, Grundläggningsförhållanden, Jordlagerföljd, Ovanjordsanläggning, Platsundersökning.

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

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

Sammanfattning

Som underlag för arbetet med utformningen av ett eventuellt slutförvar i Forsmark har SwedPower gjort en sammanställning av resultat från gamla och nya fältundersökningar inom det område som är förstahandsalternativ för de markförlagda industrianläggningar som krävs. Arbetet har begränsats till data av intresse för att bedöma grundläggningsförhållanden och behov av geotekniska undersökningar. Detta innefattar resultat från refraktionsseismiska mätningar, jord-bergsonderingar, hammar- och kärnborrningar samt en egen fältinventering av området, varvid även en grävd provgrop kunnat studeras.

Utifrån detta underlag har en översiktlig geoteknisk bedömning av området utarbetats och en bergnivåkarta har tagits fram genom terrängmodellering. Kartan ger en översiktlig bild av hur bergnivåerna varierar över området.

Markytan inom det aktuella området är relativt plan, men djupet till den betydligt mer undulerande bergytan varierar från 0 till ca 9 m. Jordlagret består till största del av medelblockig sandig morän men lokalt finns även mindre områden med torv och finsediment.

De geotekniska förhållandena inom området bedöms i huvudsak vara goda för de planerade anläggningarna för slutförvaret. Området täcks till största delen av blockrik sandig morän i ytan som mot djupet övergår till att vara siltig. Moränen bedöms ha god bärighet. Vid schakt och djupgrundläggning finns dock risk för flytjordsproblem då moränen har hög flytjordshalt i kombination med en hög grundvattenyta.

Ställvis finns mindre våtmarksområden som i ytan utgörs av torv som underlagras av finsediment med sämre bärighet. Lokala områden med lerlinser har observerats. Områden med finsediment har lägre bärighet vilket medför större krav på utförande av grundläggningen. Berg i dagen och ytnära berg finns framförallt i västra och nordvästra delen av området samt inom ett par mindre områden söder om tjärnen i områdets mitt. Bergnivån varierar stort med nivåer på mellan +10 till -8 m över havet. Bergnivån är som lägst vid tjärnen.

Detta arbete ger endast en översiktlig bedömning av de geotekniska förhållandena. Geotekniska undersökningar bör utföras för att i varje planerat byggnadsläge skaffa information om de geotekniska förutsättningarna. Detta innefattar bl a att lokalisera lerlinser och mer exakt bestämma bergytans nivå.

Med utgångspunkt från den geotekniska översikten och den preliminära disposition av slutförvarets markförlagda anläggningar som finns tillgänglig har ett preliminärt program för fortsatta geotekniska undersökningar tagits fram. Dessa bör utföras i etapper och omfattas av vikt-, alternativt trycksondering, provtagning, jord-bergsondering samt permeabilitetsförsök. En bedömd omfattning av ett första undersökningsskede är att 25 stycken viktsonderingar, 11 stycken j_{b2}-sonderingar samt 20 stycken jordprovtagningar bör utföras.

Abstract

As part of the site investigation for a deep repository in Forsmark, SwedPower has conducted an assessment of the ground conditions within the area where surface facilities for the repository are planned. The assessment is based on previously performed seismic investigations and information from percussion- and core-drilled boreholes. In addition, a field inventory of soil types in the area of interest was performed. A test pit in the area was also investigated with respect to soil conditions. A bedrock level map (terrain model) based on the available data in the investigated area was developed.

The ground surface within the investigated area is rather flat but the depth to the much more undulating bedrock varies between 0–9 m. Outcrops and areas with shallow soil cover occur mainly in the western and northwestern part of the area, but to lesser extent also in the central parts. The largest soil depth is found underneath the pond situated at the central part of the area. Sandy till is the dominating soil type, but there are locations where the till is overlain by peat and clay. The main part of the area is covered by blocky, sandy till near the surface and siltier till towards depth. In some locations there are small marshes, underlain by sedimentary soil. Areas with clay lenses have also been detected.

In general, ground conditions in the area are considered to be favourable for foundation of the planned surface constructions. Locations with fine sedimentary soil have less bearing capacity and may require soil reinforcement measures for the foundation work of planned buildings. The till in the area is considered to have good bearing capacity, but for excavations and/or deep foundation work, stability problems may occur because of the combination of fine grained till at depth and high groundwater level.

The present work provides a general description of the ground conditions at the site. However, further investigations will be required to support more detailed planning of construction work. The primary objectives of these investigations should be to locate clay lenses and to more precisely determine the depth to rock surface. A preliminary program is proposed, comprising stepwise investigations with weight sounding or Pyramid Penetration test, soil sampling, soil/rock probing and permeability tests.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Mål och omfattning	9
3	Utförande	11
3.1	Underlag och metod	11
3.2	Avvikelser	16
4	Geoteknisk beskrivning	17
4.1	Övergripande beskrivning av området	17
4.2	Resultat av gamla och nya undersökningar	18
4.2.1	Seismik	18
4.2.2	Sonderingar	19
4.2.3	Provgrop	20
5	Slutsatser och förslag till fortsatta undersökningar	23
5.1	Grundläggningsförhållanden, allmänt	23
5.2	Förslag till fortsatta geotekniska undersökningar	23
5.3	Preliminärt undersökningsprogram	24
	Referenser	29
Bilaga 1	Geotekniska ritningar i plan och sektion på jb-sondering i området	31
Bilaga 2	Provgropsredovisning	69

1 Inledning

SKB utreder för närvarande förutsättningarna för ett framtida slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. Därför görs en platsundersökning i området sydost om Forsmarks kärnkraftverk ner mot Bolundsfjärden och Storskäret. Samtidigt som platsundersökningen pågår utarbetas ett förslag på utformning av ett eventuellt förvar. Projekteringsarbetet omfattar alla delar i en slutförvarsanläggning, det vill säga berganläggningar, nedfarter, drifanläggningar ovan jord samt vägar och annan infrastruktur. Arbetet ska resultera i en heltäckande anläggningsbeskrivning som ska ingå i underlaget för en eventuell tillståndsansökan för slutförvaret.

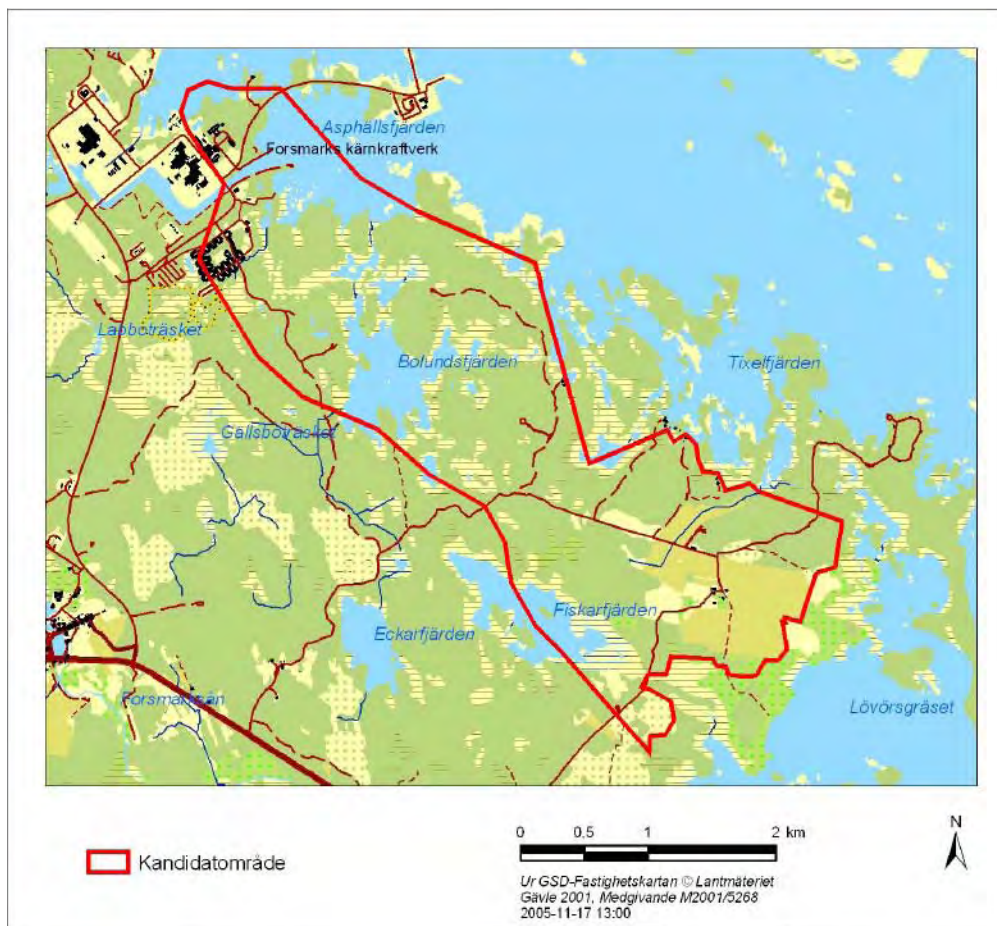
Undersökningarna för förvarets berganläggningar koncentreras till ett område sydost om Forsmarks kärnkraftverk, se figur 1-1. De industriplaneringar i markplan som skulle behövas, planeras att i första hand etableras på industriområdets södra delar, se figur 1-2. Där finns i dagsläget anläggningar för korttidsboende, den så kallade barackbyn, samt en husvagnsparkering.

Detta arbete syftar till att ge en översiktlig geoteknisk beskrivning av det område där de markförlagda industriplaneringarna planeras. Syftet är också att ge underlag för bestämning av grundläggningskraven för anläggningsdelarna. Resultat från utförda jordbergsonderingar, platsundersökningen i övrigt och egna fältobservationer har sammanställts och ett program för fortsatta geotekniska utredningar har utarbetats.

Arbetet har utförts i enlighet med aktivitetsplan AP PF 400-05-078. I tabell 1-1 visas de styrande dokument som använts i projektet. Både aktivitetsplanen och metodbeskrivningen är SKB:s egna styrande dokument. Inga avvikelser noterades under genomförandet. Data har levererats till SKB:s databas SICADA och kan där sökas via den angivna aktivitetsplanen.

Tabell 1-1. Styrande dokument för genomförande av arbetet.

Aktivitetsplan	Nummer	Version
Behovsinventering, underlag och program för geotekniska undersökningar	AP PF 400-05-078	1.0
Metodbeskrivning	Nummer	Version
Metodbeskrivning för jordborrning	SKB MD 630.003	1.0



Figur 1-1. Översiktskarta över Forsmark. Det markerade området är det som undersöks för ett eventuellt djupförvar.



Figur 1-2. Bildmontage som visar hur de tänkta anläggningarna för ett slutförvar kan placeras i Forsmark.

2 Mål och omfattning

Målet med detta arbete är att ge en översiktlig geoteknisk bedömning av det område där ovanjordsanläggningarna planeras, se figur 3-1. Målet är också att göra en bedömning av de grundläggningstekniska krav som de planerade, markförlagda anläggningsdelarna ställer. Ett tredje syfte med arbetet är att ta fram ett program för fortsatta geotekniska undersökningar som ska tillgodose behovet av geotekniskt underlag till den anläggningsbeskrivning som utarbetas.

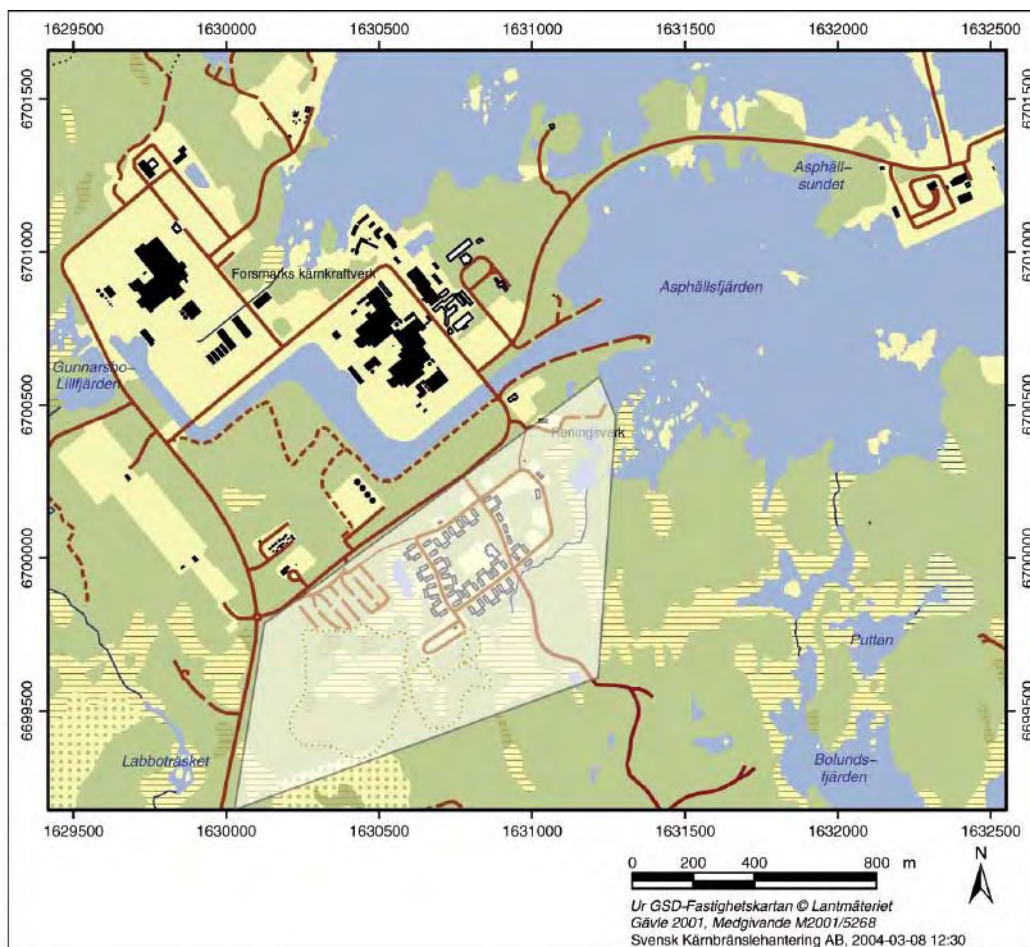
För att genomföra detta, har arbetet omfattat följande delar:

1. Inventering av befintligt geotekniskt underlag från området. Materialet har sammanställts, utvärderats och redovisats i AutoGraf.
2. En fältinventering med översiktlig geoteknisk bedömning av det angivna området.
3. En geoteknisk utvärdering av aktuella undersökningar, där resultat från 2005 års refractionssismiska undersökningar samt jord-bergsonderingar har analyserats.
4. En bedömning av de grundläggningstekniska krav som de planerade anläggningarna ställer.
5. Ett program för fortsatta geotekniska undersökningar.

3 Utförande

3.1 Underlag och metod

Utredningen har omfattat ett ca 1 km² stort område på södra delen av Forsmarks industriområde, se figur 3-1. En del av detta område har undersökts under tidigt 70-tal, i samband med utbyggnaden av Forsmarks kraftverk, berörts av refraktionsseismiska undersökningar samt ett antal olika sonderingsborrningar. Området inkluderas även i det större undersökningsområde som omfattas av den pågående platsundersökningen. Därmed finns geohydrologiska, kvartär- och bergundsgeologiska beskrivningar och kartor tillgängliga. Under sommaren 2005 utfördes refraktionsseismiska undersökningar samt 24 stycken jord-bergsonderingar i området. Syftet var dels att undersöka den ytnära berggrunden med avseende på betydelsen av identifierade lineament och dels att ge underlag för de geotekniska bedömningarna.



Figur 3-1. Lokal karta över Forsmark. Det undersökta området är skuggat.

En ca 22×35 m stor provgröp grävdes i barackbyns sydöstra hörn i augusti 2005 för att närmare kunna studera lineamenten. I samband med grävningen kunde även jordlagerföljden bestämmas.

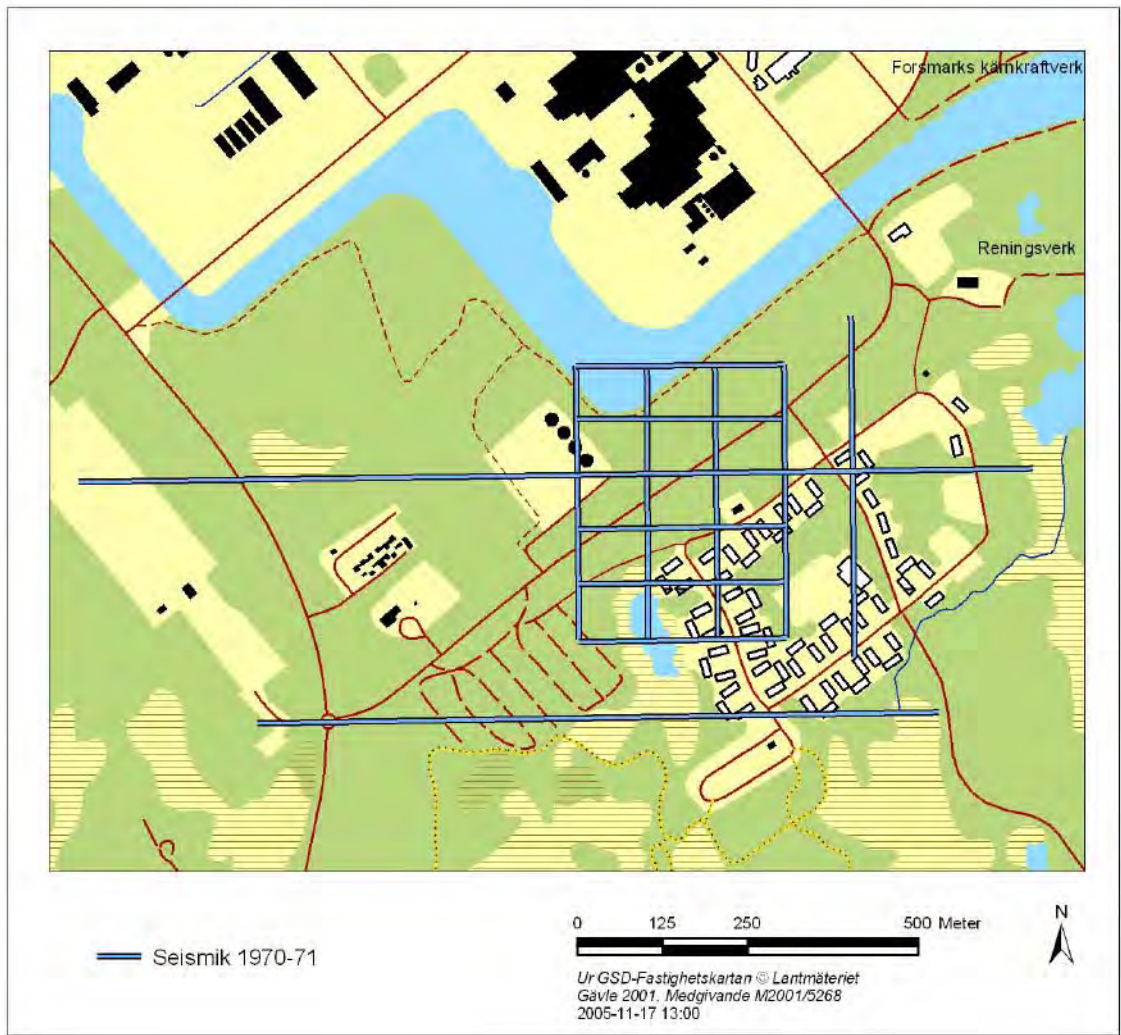
För att göra en översiktlig geoteknisk bedömning av området har resultaten från de gamla och nya sonderingarna samt de refraktionsseismiska undersökningarna sammanställts. Med hjälp av datorprogrammet AutoGRAF och informationen från refraktionsseismik samt sonderingar har en terrängmodell skapats över mark- och bergytan i området. Information om kvartära avlagringar och geohydrologi har inhämtats från rapporter från SKB:s platsundersökning samt från jordartskartan över området. Jordartskartan /Persson 1985ab/ har använts som underlag för att kartlägga områdets geotekniska förhållanden mer noggrant vid fältinventering. Fältinventeringen genomfördes 13–14 juni 2005. Området undersöktes då med avseende på våtmarker, ytnära berg, blockighet och ytliga jordlager.

Med befintlig situationsplan för de planerade anläggningsdelarna och den sammanställning som gjorts i denna utredning som grund kunde ett förslag på mera detaljerade geotekniska undersökningar utarbetas.

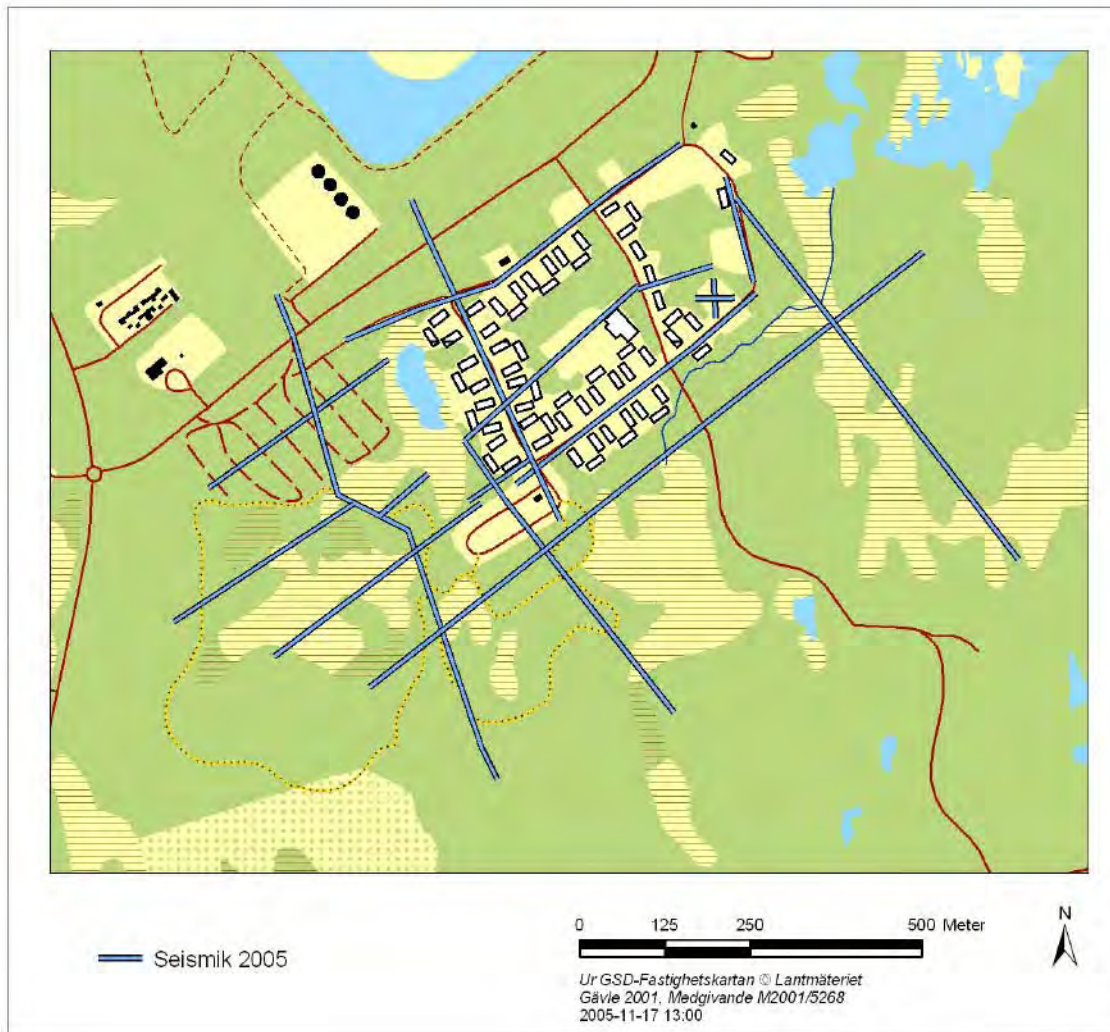
De utförda undersökningar som har nyttjats för denna rapport är:

- Refraktionsseismik, utförd av Seismiska mätningar AB Stockholm, under 1970–71, se figur 3-2 /Keisu och Isaksson 2004/.
- Borrhålsundersökning, utförd av Kjessler & Mannerstråle AB, daterad maj och september 1970 /Keisu och Isaksson 2004/. Borrhålsnummer KFK111–KFK114 samt HFK068–HFK071, se figur 3-4.
- Borrhålsundersökning för dricksvattenbrunnar utförd av Geosigma år 1999–2001. Borrhålsnummer HFK248–HFK252 i figur 3-4 /Keisu och Isaksson 2004/.
- Borrhålsundersökningar av bergbrunnar till bl a spolvatten, utförda av SKB under maj–juni 2004 /Claesson och Nilsson 2004/. Dessa är numrerade HFM20 och HFM21, se figur 3-4.
- Borring och undersökning av jordborrhål SFM0049 som gjordes i mars 2003 av Sweco VIAK /Johansson 2003/ samt /Hedenström m fl 2004/ se figur 3-4.
- Preliminära resultat från refraktionsseismik utförd av Impakt Geofysik sommaren 2005, se figur 3-3.
- Jord-bergsonderingar utförda av Sweco VBB under sommaren 2005, se figur 3-5.

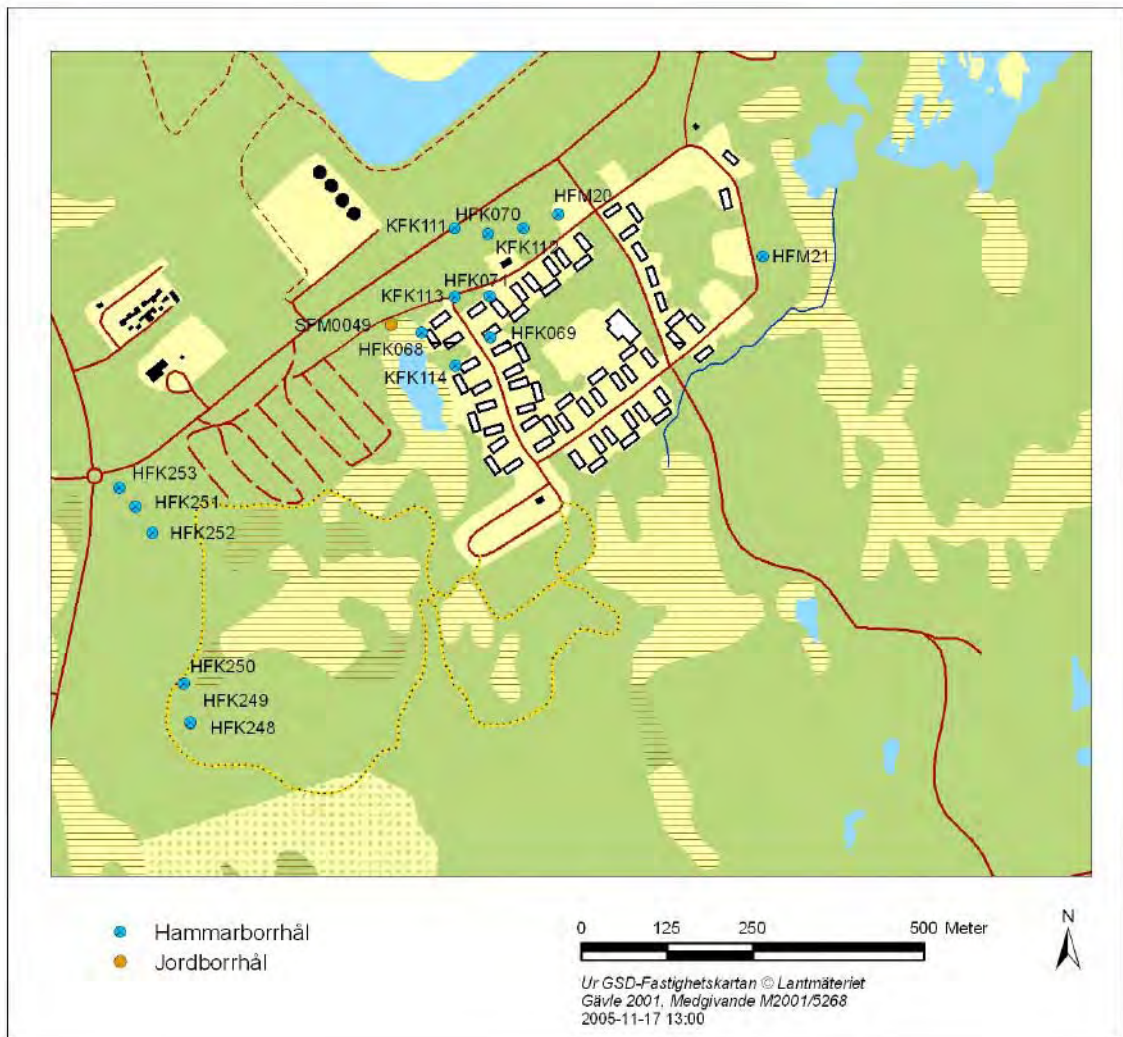
Information kring de äldre borrpunkterna, t ex läge och jorddjup samt resultaten från den äldre seismiken, hämtades från Sicada /Keisu och Isaksson 2004/.



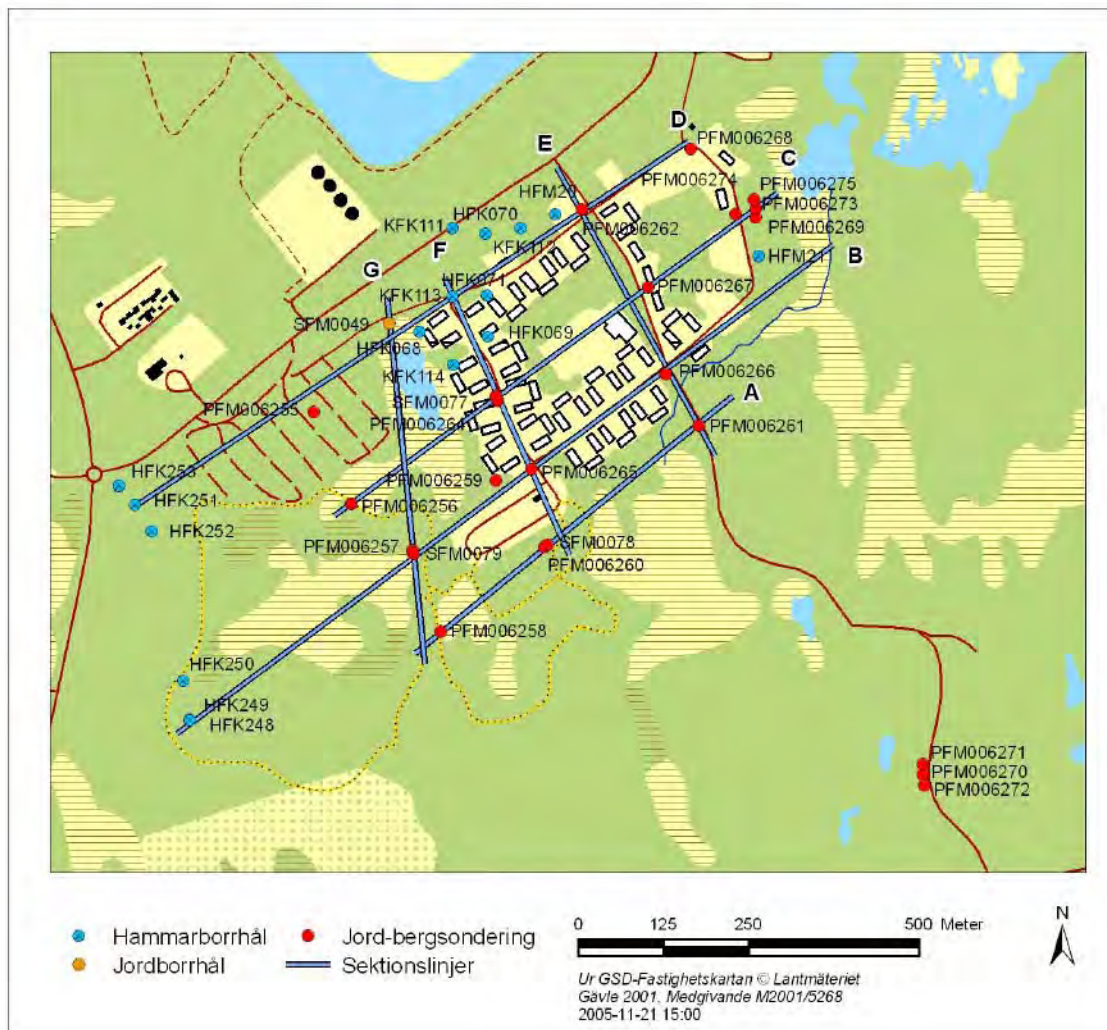
Figur 3-2. Profiler för refraktionsseismik utförd av Seismiska mätningar AB, 1970–1971.



Figur 3-3. Profiler för refraktionsseismik utförd av Impakt Geofysik, sommaren 2005.



Figur 3-4. Placering av utförda borrhål i området. Borrhål KFK111–KFK114 borrades april–maj 1970 och HFK069–HFK071 i maj 1970. Borrhål HFK248–HFK251 gjordes år 2000 medan HFK252 utfördes i december 2001. HFM20–HFM21 borrades i maj–juni 2004 och SFM0049 utfördes under mars 2003.



Figur 3-5. Borrhål och jord-bergsonderingar i området. Jord-bergsonderingarna utfördes under sommaren 2005.

3.2 Avvikelser

Aktiviteten utfördes enligt plan och utan avvikelser från de styrande dokumenten i tabell 1-1.

4 Geoteknisk beskrivning

4.1 Övergripande beskrivning av området

Området kring Forsmarks kraftverk kännetecknas av relativt plan mark där grundvattenytan ligger nära markytan. Därför finns ganska många små sjöar och våtmarker i området /Sohlenius och Rudmark 2003/. Enligt jordartskartan utgörs området till största delen av medelblockig morän. Vid fältinventeringen har bedömningen förfinats, se figur 4-1. Moränen är mestadels grovkornig, det vill säga sandig /Sohlenius m fl 2003/. Lokalt finns mindre områden med torv och finsediment, i huvudsak lera.

I områdets sydostligaste del finns ett större våtmarksområde som kantas av framförallt tallskog. I sydvästra hörnet finns ett annat, något mindre, våtmarksområde som omges av framförallt lövskog. I områdets mitt finns ytterligare ett våtmarksområde som avgränsas av blandskog. Våtmarksområdena utgörs av torv i ytan som underlagras av finsediment.

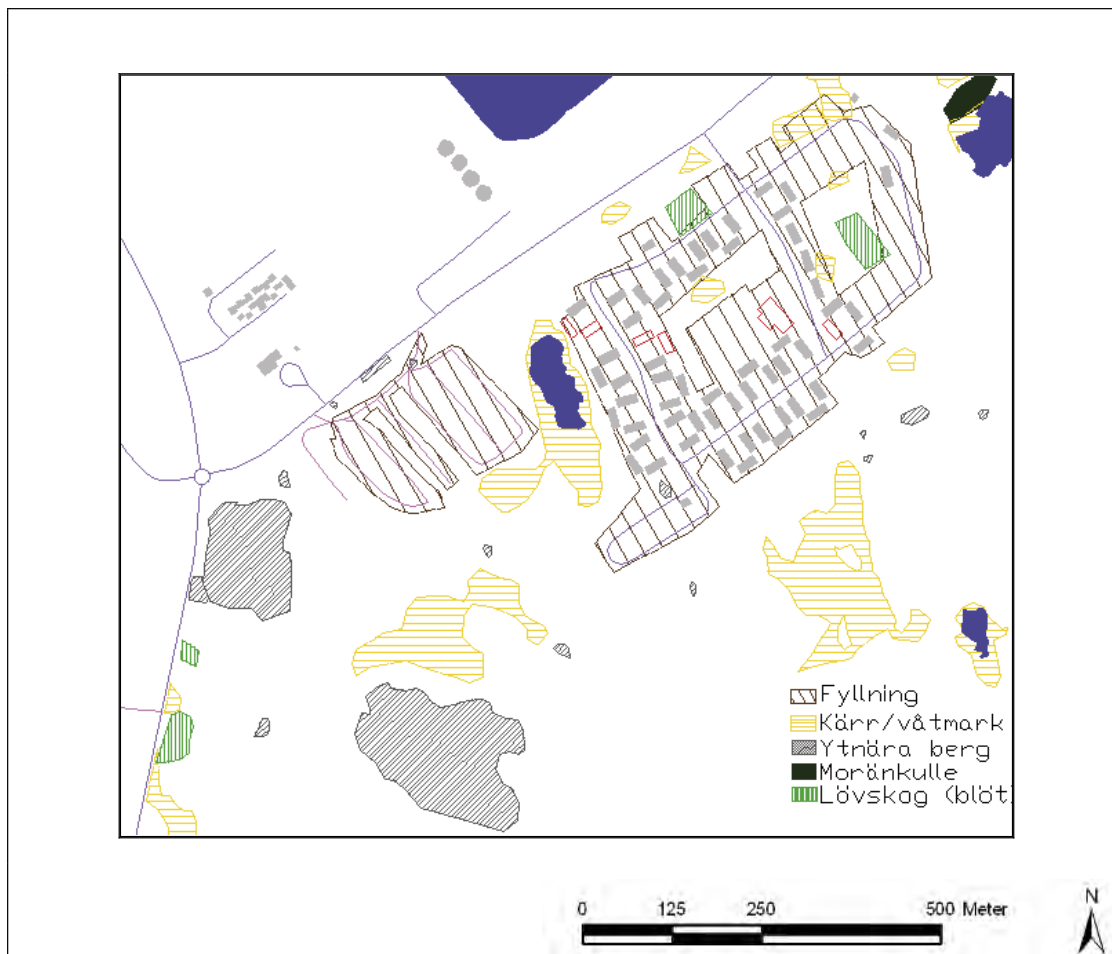
Några mindre våtmarksområden finns utspridda kring barackbostäderna. Dessa våtmarker är grunda och djupet till fast botten bedöms ligga mellan 0,2 m och 1 m.

Ytor med berg i dagen finns över hela området. Största områdena med ytnära berg finns i områdets nordvästra del samt södra mitt.

Under den relativt plana markytan varierar bergytans nivå stort. Detta har bland annat upptäckts då flera borrhningar utförts nära varandra. Det har då varit oväntat stora skillnader i djup till bergytan mellan de olika borrhålen /Hedenström m fl 2003/. Den undulerande bergytan återges i terrängen på vissa ställen, där även markytan är kullig. Den 22×35 m stora provgrop som grävdes i barackområdet, se figur 4-3 och figur 4-4, visade också en undulerande och delvis uppsprucken bergyta. Jorddjupet till berg varierade mellan 0,1–4 m.

I området där barackerna ligger består marken till stor del av fyllnadsmaterial. Även en del av den gamla husvagnscampingen är utfylld. Den provgrop som grävdes under augusti 2005 visade att fyllningens mäktighet varierar mellan 1–2 m. Fyllningen utgörs främst av sandig morän.

Jordlagerföljden i bostadsområdet bedöms generellt vara 1–2 m fyllning följt av sandig morän som underlagras av siltig sandig morän. Närmast bergytan består jordlagret av siltig morän. Mäktigheten på respektive lager varierar stort eftersom djupet till bergytan också varierar mycket över området.



Figur 4-1. Marktäckning i det aktuella området, noterad vid fältinventeringen. Omarkerad mark på kartan utgörs av blockig och relativt sandig morän bevuxen med blandskog.

4.2 Resultat av gamla och nya undersökningar

4.2.1 Seismik

Resultaten från de seismiska undersökningarna utförda 1970–1971 visar att jordlagrets mäktighet varierar mellan 0,5 till 9 meter. Djupet till berg är störst vid tjärnen som finns mitt på området samt vid vägen ovanför tjärnen. Ytnära berg och berg i dagen finns på västra delen av området samt i bostadsområdets sydvästra del. I övriga delar av området är djupet till berg ca 4 m (\pm 1 m).

Preliminära resultat från de seismiska undersökningarna utförda under 2005 indikerar att jorddjupet inom området varierar mellan 0–7,5 m. Djupet till berg är störst vid bostadsområdets södra vägkorsning och vid tjärnen.

4.2.2 Sonderingar

Från de äldre undersökningarna i form av hammar- och kärnboringar, se figur 3-4, fås information om jordlagrets mäktighet i borrhöjningarna. Mäktigheten varierar från 0,3 m till 8,2 m mellan dessa olika punkter. Jordmäktigheten är som störst vid HFK068 och HFK071 där djupet till berg är kring 8 m. Ytligast berg i sonderingspunkterna finns i KFK112, HFK248–49 samt HFK251 där jorddjupet ligger kring 1 meter. I övriga borrhöjningar ligger jorddjupet mellan 3–6 m.

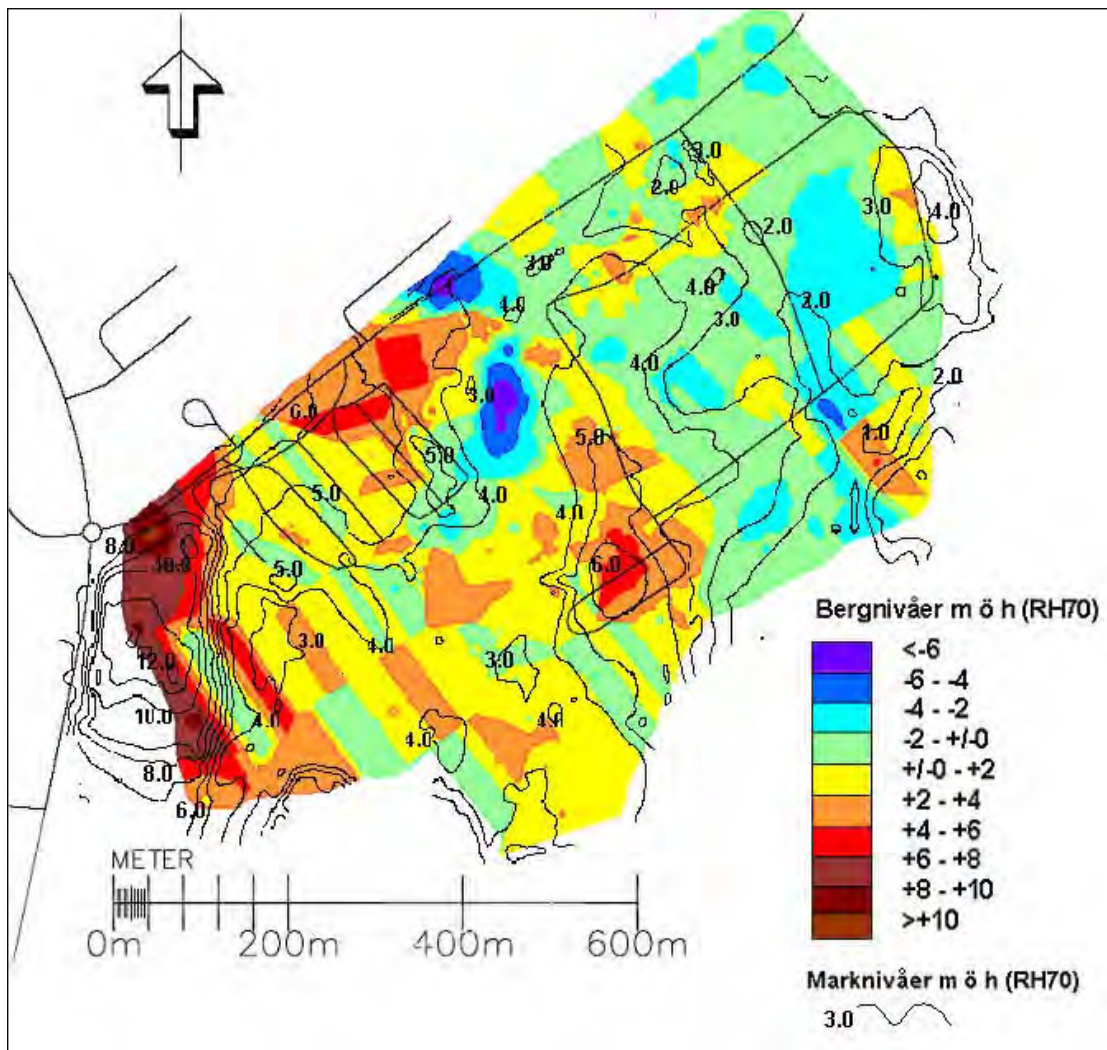
Vid de jord-bergsonderingar som utfördes av Sweco VBB under juni 2005 noterades jordmäktigheter mellan 0,9 m och 8,6 m. Sonderingarna visar att jorden till största del består av sandig morän, men på några borrhöjningar har lager med lera påträffats. Jb-sonderingarna har tillsammans med de tidigare utförda borrhöjningarna sammanställts på geotekniska ritningar i plan, profil och sektioner enligt figur 3-5 och redovisas i bilaga 1.

En enkel bergnivåkarta har skapats baserat på resultaten av de seismiska undersökningarna, både från år 1970–71 och från 2005, samt på de sonderingar som utförts, se figur 4-2. Bergnivåerna har tagits fram genom att en terrängmodell beräknats i datorprogrammet PostoGRAF terräng, vilken ingår i programvaran AutoGRAF. Det är en enkel modell som baseras på kvadratiske rutor. Den är till för att utifrån data i form av glesa punkter skapa en bild av terrängen genom att linjärt binda ihop nivåer av samma material. Modellens noggrannhet i områden där informationen är gles, exempelvis mellan seismiklinjer, blir mindre bra eftersom modellen binder ihop bergnivåerna i kvadratiske rutor.

Terrängmodellen i figur 4-2 visar på utsträckta kvadrater med samma bergnivå i NV-SV riktning, vilket inte är en naturlig variation utan beror på avsaknad av information i dessa områden. Modellen tar stor hänsyn till sonderingsresultaten varför den ger bättre upplösning kring dessa punkter. Felmarginerna ligger troligtvis mellan 0–1 m där informationen är tät, medan felet kan vara flera meter där informationen är gles.

Enligt modellen går bergnivån i området från +10 m över havet i väster med berg i dagen till –2 m över havet i nordost med djupaste punkten, –8 m över havet, i tjärnen väster om barackbyggnaderna (RH70). Marknivån är högst i väster, +10 m över havet, och sjunker därifrån till +4 m över havet i sydväst och sydost, och till +1,5 m över havet i nordost. Vid tjärnen är marknivån kring +2,5 till +3 m över havet. Detta innebär att jorddjupet är som störst vid tjärnen och strax ovanför, ca 13 m, och att jorddjupet i övrigt varierar mellan 0–1 m i väster, sydost och i ett område i norra delen av området. I övriga delar av området varierar jorddjupet mellan 3–6 m, se figur 4-2.

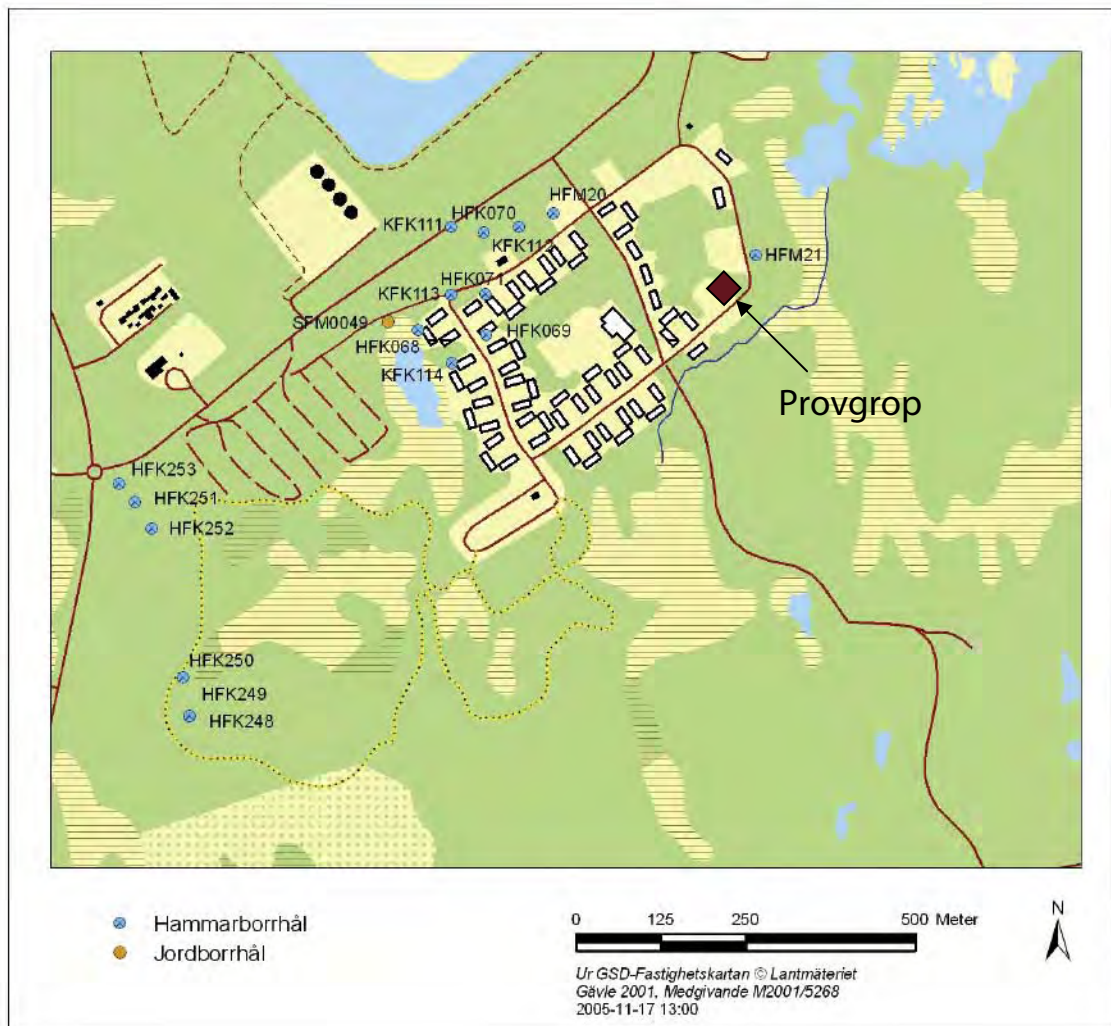
I västra hörnet av terrängmodellens område är modellens bergnivå +10 m över havet där markytan ligger på +8 m över havet. Här baseras modellen på seismisk data från 1970 och felet kan bero på osäkerhet i dessa. Andra områden kan beröras på samma sätt varför terrängmodellens noggrannhet kan vara bristfällig ställvis.



Figur 4-2. Bergnivåkarta som beräknats i datorprogrammet PostoGRAF terräng med refraktionsseismik och sonderingar som underlag.

4.2.3 Provgrop

För att kunna studera bergytan med avseende på bl a lineament och sprickighet grävdes en ca 22×35 m stor provgrop i bostadsområdets sydvästra hörn under augusti 2005, se figur 4-3. Bergytan påträffades på varierande djup mellan 0,1 m till ca 4 m under markytan.



Figur 4-3. Läget för den provgrop som grävdes under sommaren 2005.

I samband med grävningen gjordes en okulär besiktning och bedömning av jordlagerföljd och jordarter. Generellt utgörs jordlagerföljden av en fyllning i ytan, bestående av främst sandig morän, underlagrad av naturligt lagrad siltig sandig morän som mot djupet övergår till att vara siltig. Mäktigheten på de olika jordlagren varierar i gropen och även totala jorddjupet varierar stort. Fältprotokoll från provgropsundersökningen finns redovisade i bilaga 2.

Tillförseln av grundvatten till gropen är liten och det tillrinnande vattnet kommer främst från sprickor i berget. Grundvattenytan bedöms ligga 2–3 m under markytan.



Figur 4-4. Bergytan i provgropen.

5 Slutsatser och förslag till fortsatta undersökningar

5.1 Grundläggningsförhållanden, allmänt

De geotekniska förhållandena inom området bedöms i huvudsak vara goda för uppförande av planerade ovanjordaneläggningar för slutförvaret. Området utgörs till största delen av blockrik sandig morän i ytan som mot djupet övergår till att vara siltig. Moränen bedöms ha god bärighet. Vid schakt och djupgrundläggning finns dock risk för flytjordsproblem då moränen har hög finjordshalt i kombination med en hög grundvattenyta.

Ställvis finns mindre våtmarksområden som i ytan utgörs av torv som underlagras av finsediment med sämre bärighet. Vid jb-sonderingarna har lokala områden med lerlinser observerats. Dessa linser finns inlagrade i moränen. Områden med finsediment har lägre bärighet vilket medför att förstärkningsåtgärder krävs vid grundläggning.

Berg i dagen och ytnära berg finns framförallt i västra delen av området samt inom ett par mindre områden söder om tjärnen i områdets mitt. Bergnivån varierar mellan +10 till -8 m över havet. Bergnivån är som lägst vid tjärnen.

Med det underlag som finns att tillgå i dagsläget har endast en grov bedömning av de geotekniska förhållandena kunnat göras. För att skaffa tillräcklig information om de geotekniska förutsättningarna behövs geotekniska undersökningar i varje planerat byggnadsläge.

Dimensionering av vägar görs utifrån vald trafikklass och jordart (materialgrupp, tjälfarlighet, klassificering) på terrassnivå. Vägarnas överbyggnadstjocklek kommer att variera inom området beroende av undergrundens beskaffenhet. Inom områden med sediment kommer någon typ av förstärkningsåtgärd att krävas, t ex urgrävning eller förbelastning.

Upplagsplatser för bergmassor är planerade till områdets västra del. Där utgörs undergrunden till stor del av morän, ytnära berg och berg i dagen. I läget för det södra upplaget finns ett våtmarksområde, där underliggande sediment bör undersökas med avseende på bl a mäktighet och stabilitet.

5.2 Förslag till fortsatta geotekniska undersökningar

Efter sammanställning av utförda undersökningar och genomgång av samtliga byggnader utifrån planerade grundläggningar och deras specifika användningsområden föreslås att fortsatt geoteknisk utredning utförs i etapper.

I anslutning till arbetet med att välja lämplig placering och utformning av anläggningarna rekommenderas att en inledande översiktlig undersökningsetapp utförs, se avsnitt 5.3. Denna baseras på den situationsplan som finns i dagsläget och omfattar ett antal sonderingar i varje tänkt byggnadsläge. Utifrån de resultat som fås görs eventuella justeringar i byggnadernas placering.

I detaljprojekteringskedet genomförs en detaljerad geoteknisk undersökning för slutlig dimensionering av grundläggningen för varje specifik anläggningsdel.

De geotekniska undersökningarna skall ge underlag för bestämning av dimensioneringsförutsättningar för grundläggning av byggnader, vägar och bergupplag. Undersökningarna skall också utgöra underlag för dimensionering av dräneringsåtgärder, tjälisolering, överbyggnadstjocklek för vägar m m samt för bestämning av karaktäristiska värden på jordparametrar, grundvattentryck och jordmäktighet. Omgivningspåverkan av planerade åtgärder behöver utredas och kontrollåtgärder definieras för byggskedet.

Följande parametrar är särskilt viktiga att studera i kommande geotekniska undersökningar:

- Bergnivån i lägen för bland annat hisschakt, bassänger, luftschakt samt nedfart till slutförvaret och bergrum under informationsbyggnad.
- Jordlagerföljd, tjälfarlighet, materialgrupp, jordartsklassificering, permeabilitet.
- Lägen/utbredning på lerlinser och lösmarksområden (finsediment). Skjuvhållfasthet och konsolideringsegenskaper skall utredas.
- Lagringstäthet och schaktbarhet.
- Grundvattennivåer och deras variationer.

5.3 Preliminärt undersökningsprogram

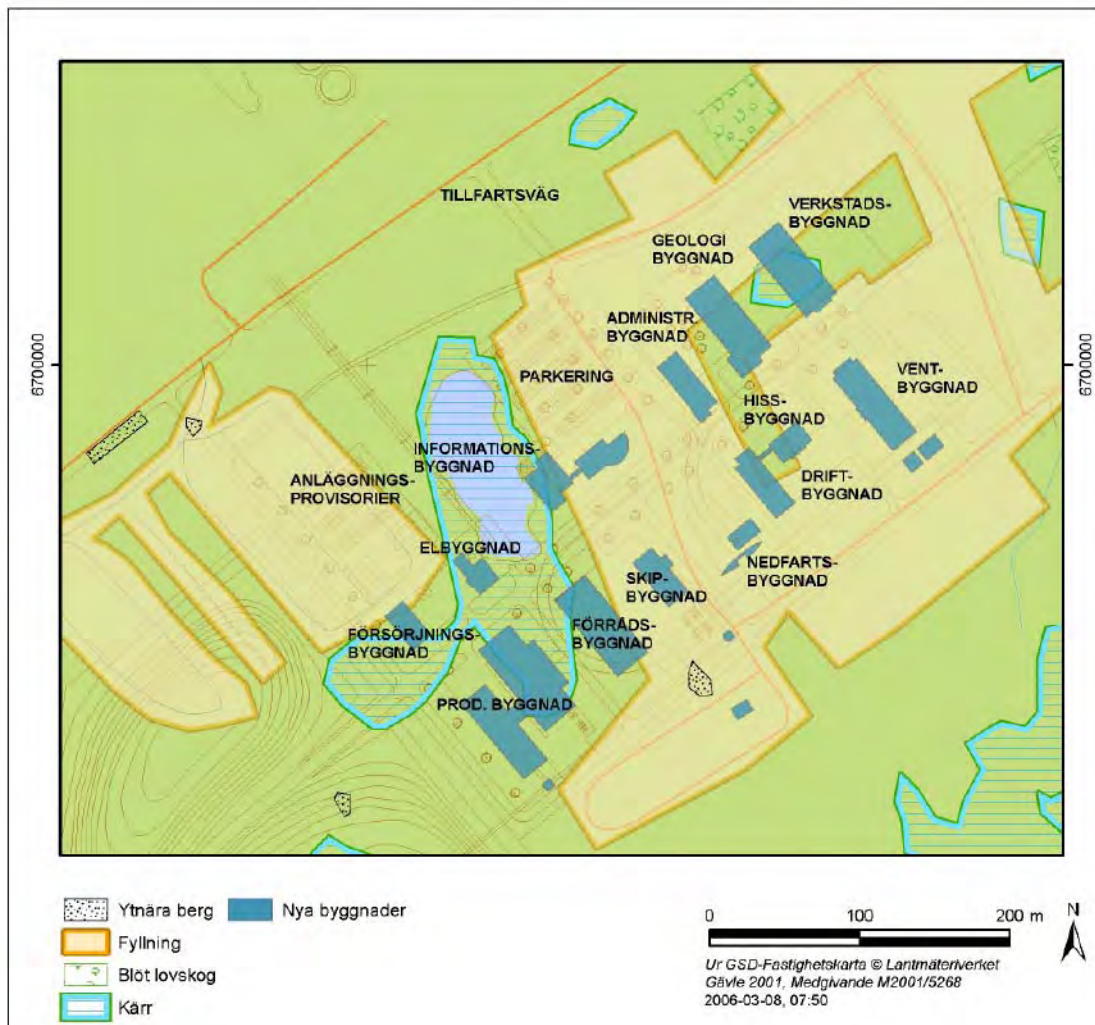
De tidigare utförda undersökningarna och den situationsplan över de planerade byggnaderna som finns i dagsläget, se figur 5-1, har använts som underlag vid utarbetandet av ett preliminärt undersökningsprogram. Nedan redovisas en sammanställning för respektive byggnad med avseende på planerad grundläggning, geotekniska förhållanden och förslag till översiktliga undersökningar.

Försörjningsbyggnad Elbyggnad

Planerad grundläggning:	Platta på mark.
Geotekniska förhållanden:	Enligt jordartskartan ligger planerad byggnad inom ett våtmarksområde, där undergrunden troligtvis utgörs av torv i ytan med underliggande lösare sediment på morän.
Förslag till undersökningar:	Viktsondering alt trycksondering ner till fast lagrad jord så att fastmarksgränsen ”borras in”. Provtagning av hela jordprofilen, störd alternativt ostörd.

Informationsbyggnad

Planerad grundläggning:	Under en del av byggnaden är ett bergrum planerat, resterande del planeras som ytlig grundläggning med platta på mark.
Geotekniska förhållanden:	Byggnaden ligger i direkt anslutning till en tjärn. Närmast tjärnen utgörs undergrunden troligtvis av löst lagrade sediment på morän. Österut övergår jorden till morän. Bergnivån varierar mellan ± 0 till -4 m över havet inom området. Markytan ligger på ca $+3$ till $+5$ m över havet.
Förslag till undersökningar:	I läget för bergrummet skall djupet till berg undersökas med jord-bergsondering. Jordprovtagning, störd och ostörd, bör utföras. Permeabilitetsförsök. Viktsondering, alternativt trycksondering utförs för bestämning av djup till fast lagrad jord.



Figur 5-1. Preliminär placering av eventuella anläggningsdelar samt bedömda geotekniska förhållanden.

Administrationsbyggnad

Driftbyggnad

Planerad grundläggning:

Hiss djupdel, i övrigt ytlig grundläggning med platta på mark.

Geotekniska förhållanden:

Undergrunden utgörs troligtvis av morän.

Förslag till undersökningar:

Sonderingar utförs med viktsondering alternativt trycksondering till fast lagrad jord, dock minst till grundläggningsdjup. Störd provtagning av hela jordprofilen.

Ventilationsbyggnad

Skipbyggnad, Hissbyggnad

Planerad grundläggning:

Hisschakt och ventilationsschakt ner till förvaret planeras, i övrigt är ytlig grundläggning med platta på mark föreslaget.

Geotekniska förhållanden:

Undergrunden består troligtvis av morän. Markytan ligger på ca +4 m och bergnivån på ca -2 m över havet.

Förslag till undersökningar:

Sonderingar utförs med viktsondering, alternativt trycksondering till fast lagrad jord. För hiss och ventilationschakt undersöks bergläget med j2-sondering. Störd jordprovtagning av hela jordprofilen.

Verkstadsbyggnad Geologbyggnad

Planerad grundläggning:	Platta på mark.
Geotekniska förhållanden:	Ett mindre våtmarksområde med ett torvskikt i ytan som eventuellt underlagras av lersediment på morän.
Förslag till undersökningar:	Sonderingar utförs med viktsondering, alternativt trycksondering och skall utföras ner till fast lagrad jord, fastmarksgränsen ”borras in”. Provtagning av hela jordprofilen, störd alternativt ostörd.

Produktionsbyggnad

Planerad grundläggning:	Djup grundläggning (4–5 m under markytan) under delar av byggnaden, i övrigt platta på mark.
Geotekniska förhållanden:	Markytan ligger på nivån ca +4 m över havet och bergnivån på ca ±0 m till +2 m över havet. Byggnaden ligger i nära anslutning till tjärnen. Närmast tjärnen utgörs undergrunden troligtvis av löst lagrade sediment på morän. Norra änden av byggnaden är placerad inom detta lösmarksområde. I övrigt utgörs undergrunden troligtvis av morän.
Förslag till undersökningar:	Troligtvis påträffas berg inom grundläggningsdjupet, varför jb2-sondering utförs för bestämning av nivån. Provtagning av hela jordprofilen, störd alternativt ostörd.

Förrådsbyggnad

Planerad grundläggning:	Platta på mark.
Geotekniska förhållanden:	Norra änden av byggnaden är placerad i nära anslutning till tjärnen. Närmast tjärnen utgörs undergrunden troligtvis av löst lagrade sediment på morän. I övrigt utgörs undergrunden troligtvis av morän och i södra delen av byggnaden nära till berg. Bergnivån ligger på ca ±0 m till +2 m över havet. Marknivån ligger på ca +2 till +6 m över havet.
Förslag till undersökningar:	Sonderingar utförs med viktsondering alternativt trycksondering och skall utföras ner till fast lagrad jord, dock minst till grundläggningsnivån. Fastmarksgränsen ”borras in”.
Portal till djupförvar	Nedfart till djupförvar. Bergläget skall fastställas samt bergkvaliteten. Bergnivån undersöks med jb2-sondering.

En bedömd omfattning av ett första undersökningsskede är att ca 25 stycken viktsonderingar, 11 stycken jb-sonderingar samt 20 stycken jordprovtagningar bör utföras. Detta föreslås då fördelas enligt tabell 5-1 .

Tabell 5-1. Förslag på omfattning av ett första utredningsskede.

Försörjningsbyggnad Elbyggnad	4 viktsonderingar och 2 skruvprovtagningar
Informationsbyggnad	2 viktsonderingar, 2 skruvprovtagningar och 2 jb2-sonderingar
Administrationsbyggnad Driftbyggnad	4 viktsonderingar och 2 skruvprovtagningar
Ventilationsbyggnad Skipbyggnad Hissbyggnad	2 viktsonderingar, 3 skruvprovtagningar och 3 jb2-sonderingar
Verkstadsbyggnad Geologbyggnad	6 viktsonderingar och 4 skruvprovtagningar
Produktionsbyggnad	4 viktsonderingar, 3 skruvprovtagningar och 2 jb2-sonderingar
Förrådsbyggnad	3 viktsonderingar och 2 skruvprovtagningar
Portal till djupförvar	2 skruvprovtagningar och 4 jb2-sonderingar

Referenser

Claesson L-Å, Nilsson G, 2004. Forsmark site investigation. Drilling of two flushing water wells, HFM21 and HFM22, one groundwater monitoring well in solid bedrock, HFM20, and one groundwater monitoring well in soil, SFM0076. SKB P-04-245, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Hedenström A, Sohlenius G, Albrecht J, 2004. Forsmark site investigation. Stratigraphical and analytical data from auger drillings and pits. SKB P-04-111, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Johansson P-O, 2003. Forsmark site investigation. Drilling and samling in soil. Installation of groundwater monitoring wells and surface water level gauges. SKB P-03-64, Svensk Kärnbränslehantering AB.

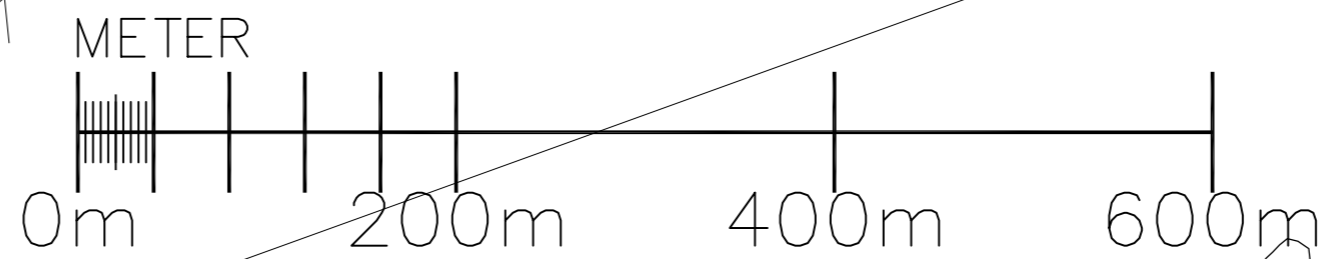
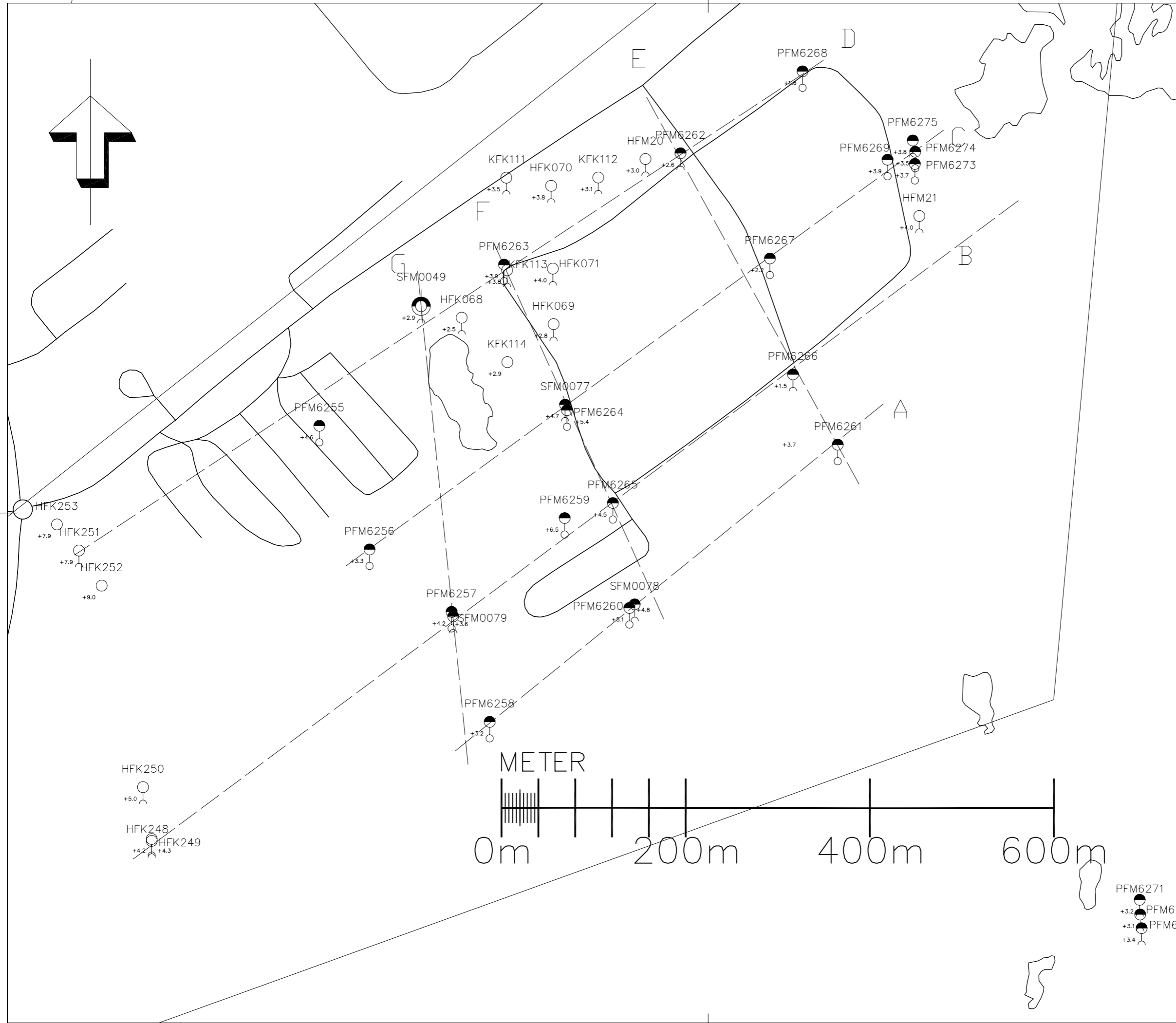
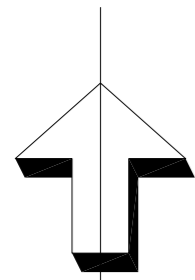
Keisu M, Isaksson H, 2004. Forsmark site investigation. Acquisition of geological information from Forsmarksverket. Information from The Vattenfall archives, Räcksta. SKB P-04-81, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Persson Ch, 1985a. The Quaternary map Österlövsta/Grundkallen SV. Swedish Geological Survey Ae 76.

Persson Ch, 1985b. The Quaternary map Östhammar NO. Swedish Geological Survey, Ae 73.

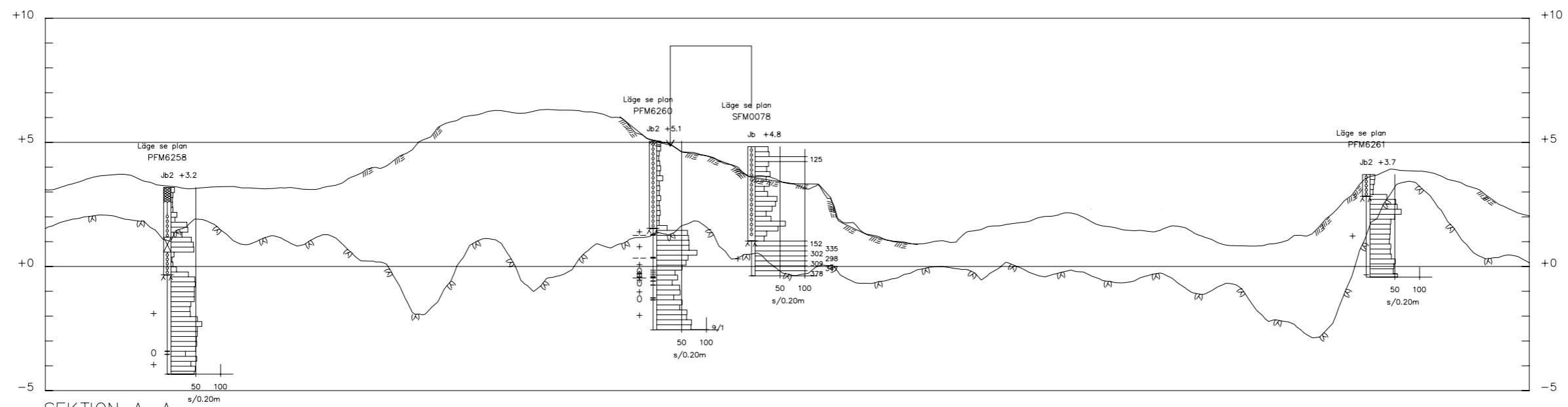
Sohlenius G, Rudmark L, 2003. Forsmark site investigation. Mapping of unconsolidated Quaternary deposits. Stratigraphical and analytical data. SKB P-03-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.

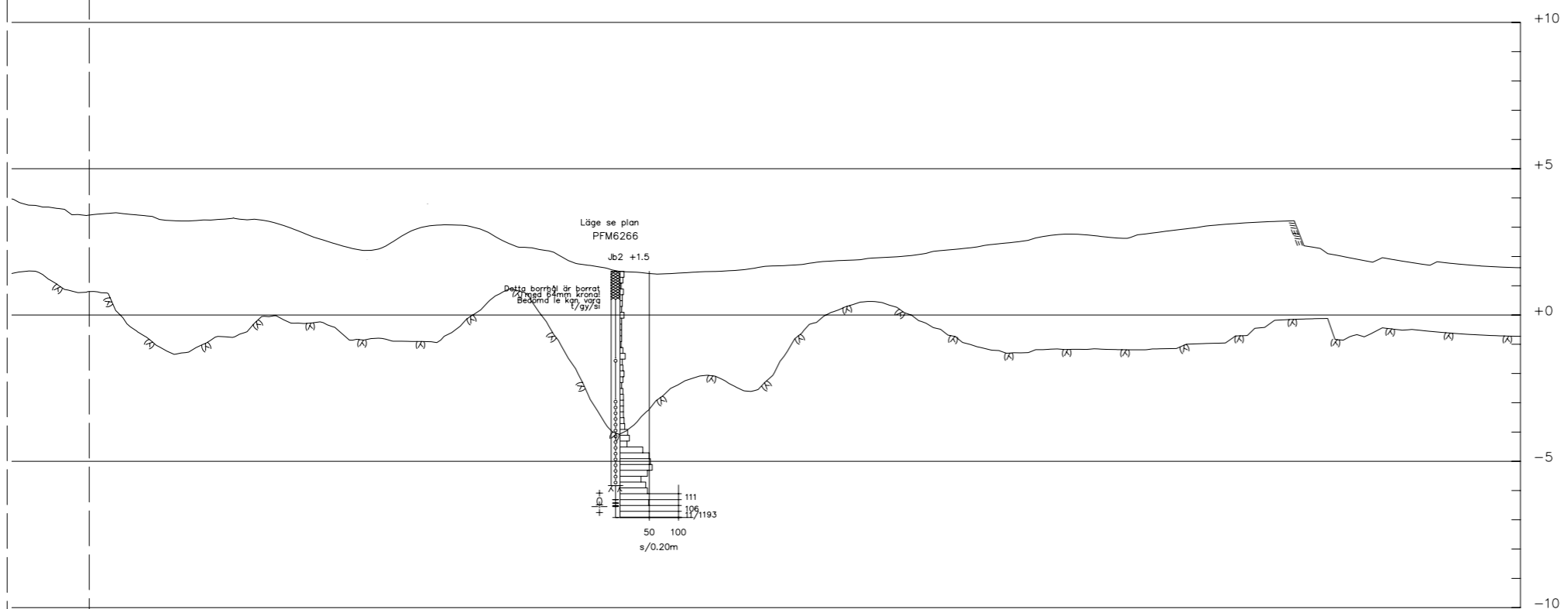
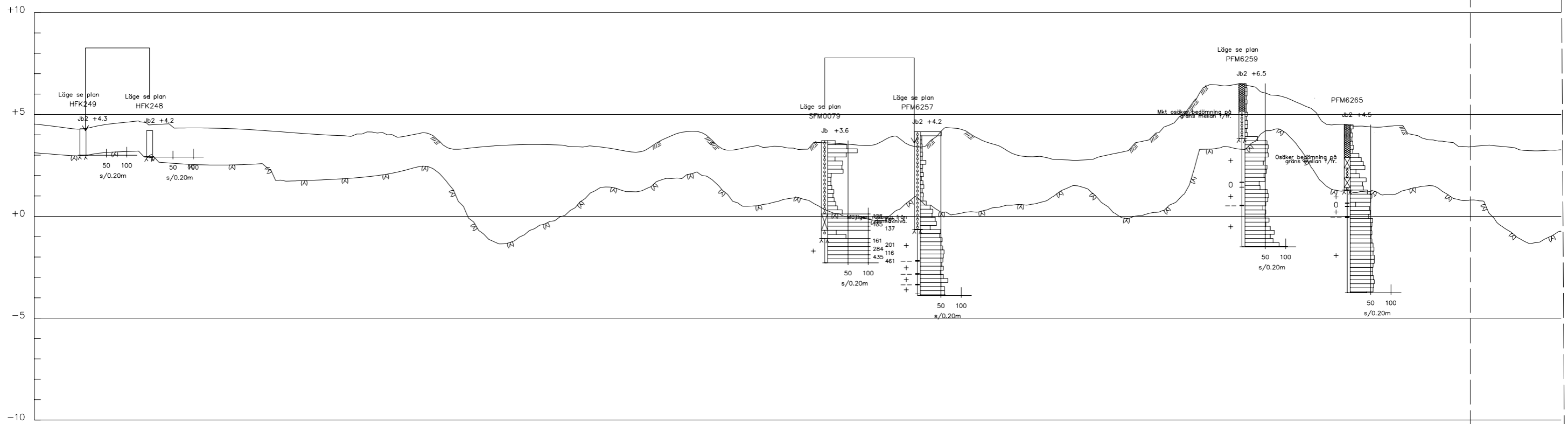
Sohlenius G, Rudmark L, Hedenström A, 2003. Forsmark site investigation. Mapping of unconsolidated Quaternary deposits. SKB P-03-11, Svensk Kärnbränslehantering AB.



SwedPower Bilaga 1 blad 1 (29)
Blatt 257, 262, 36 Stockholm
Tel: 08-739 90 00 Fax: 08-739 93 32

Platsundersökning
Forsmark
Jb-2 sondering i bostadsområdet, plan



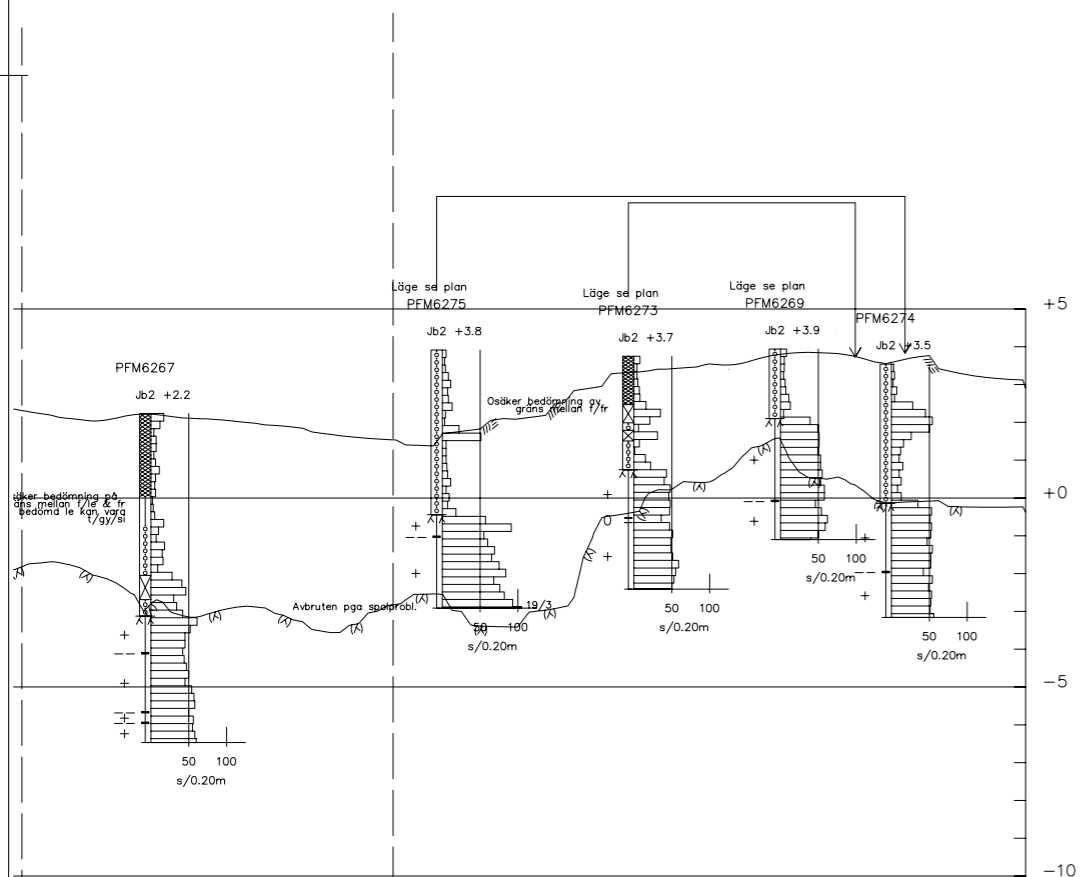
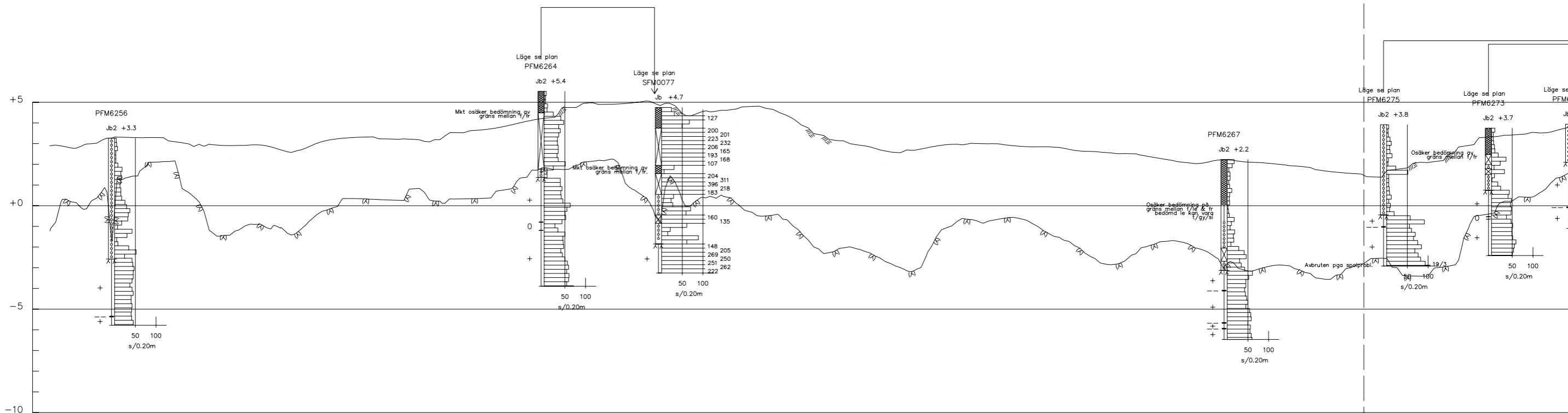


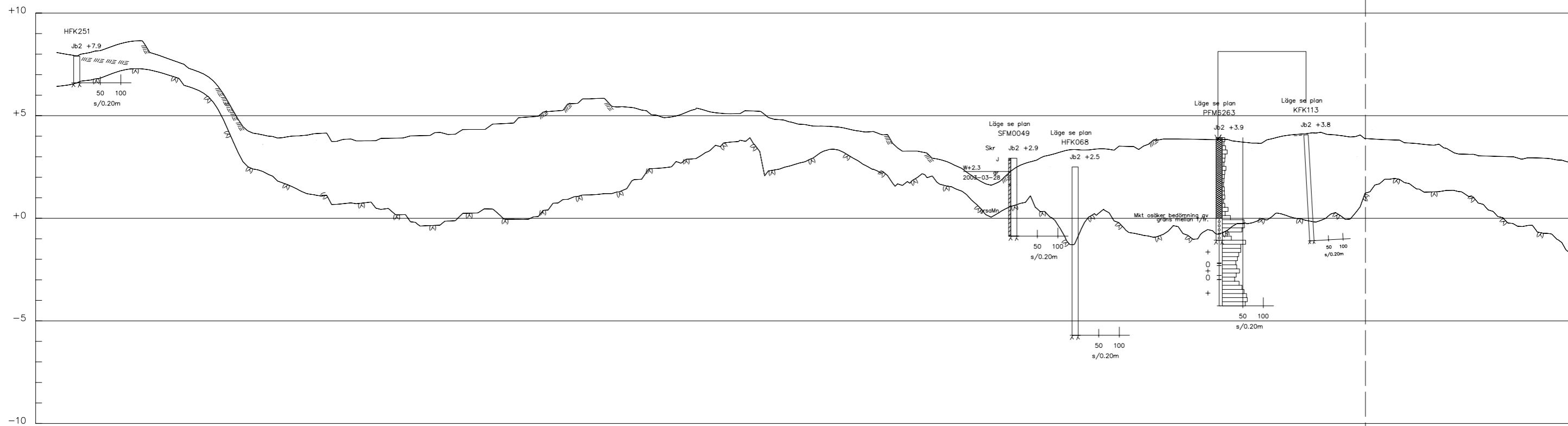
SwedPower
 Box 527, 162 16 Stockholm
 Tfn 08-739 60 00 Fax 08-739 53 32

Bilaga 1 blad 3 (29)

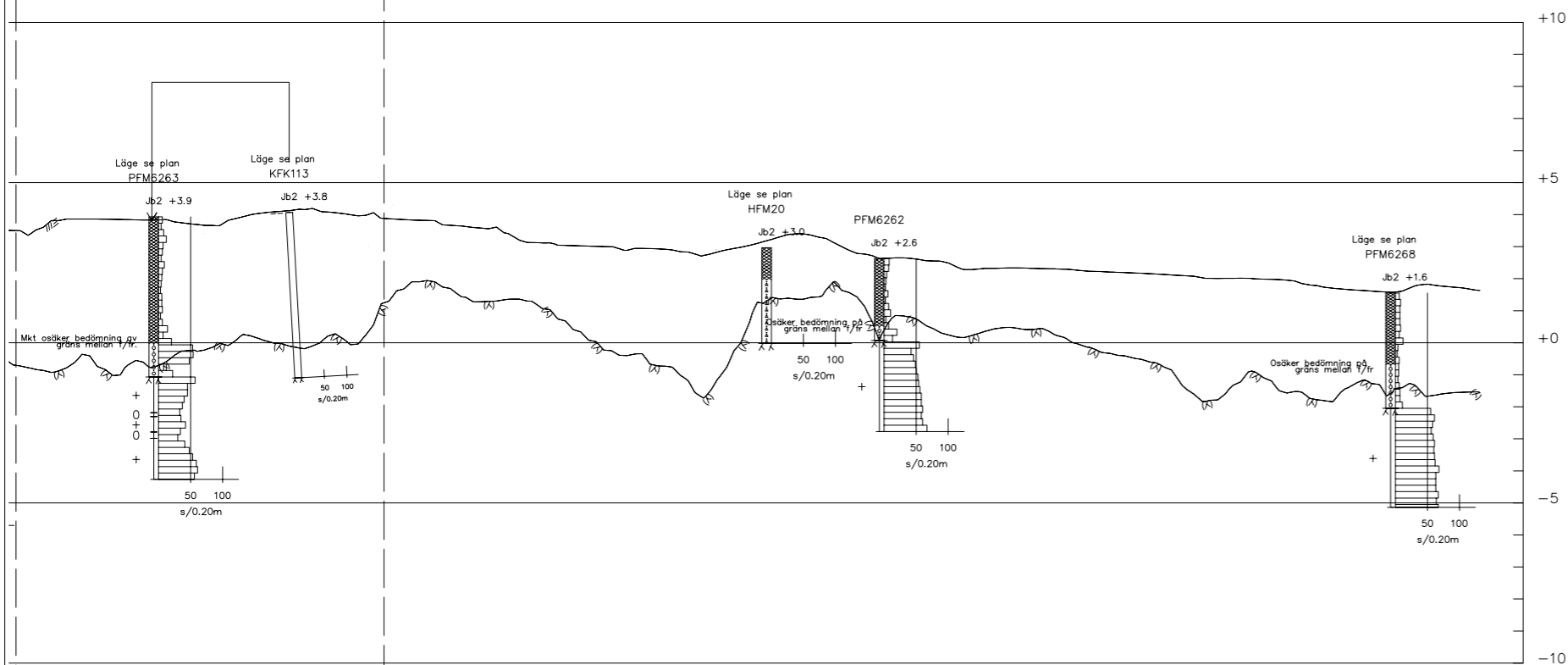
**Platsundersökning
 Forsmark**

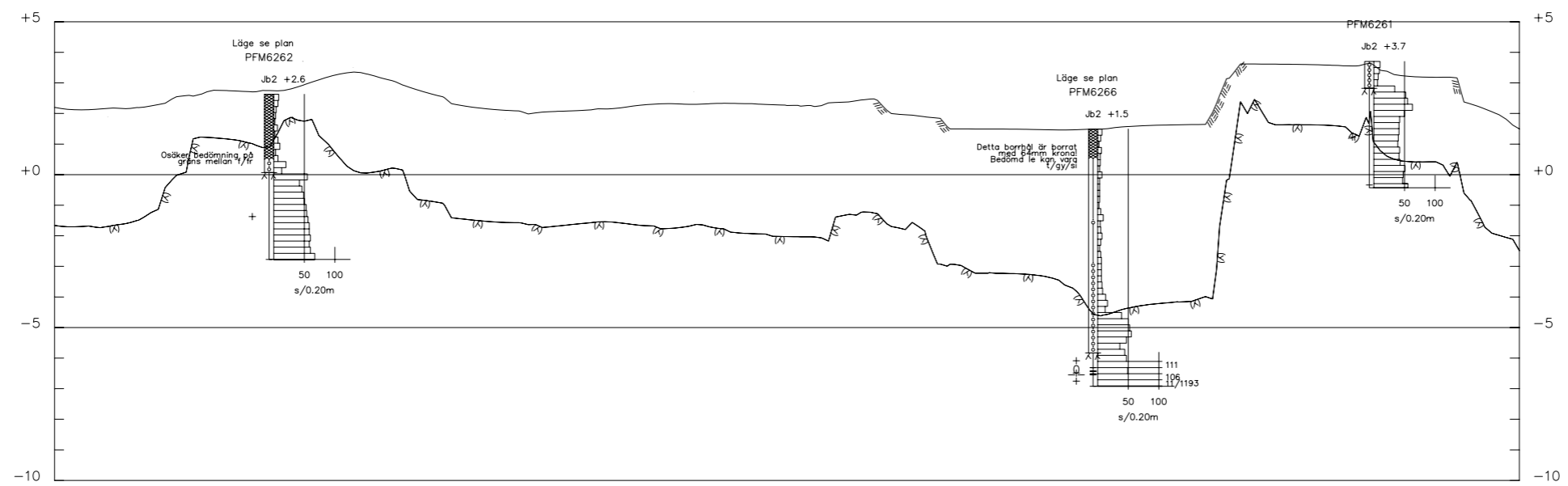
**Jb-2 sondering i bostadsområdet, Sektion B
 Skala: L 1:2000 H 1:200**

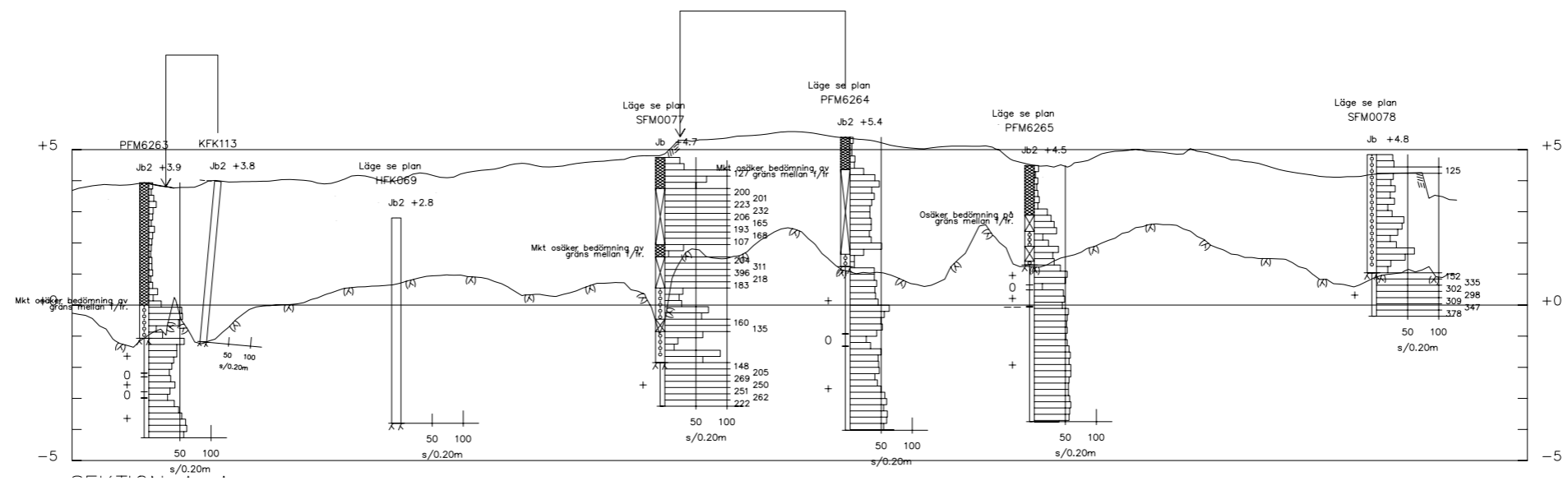




SEKTION A-A

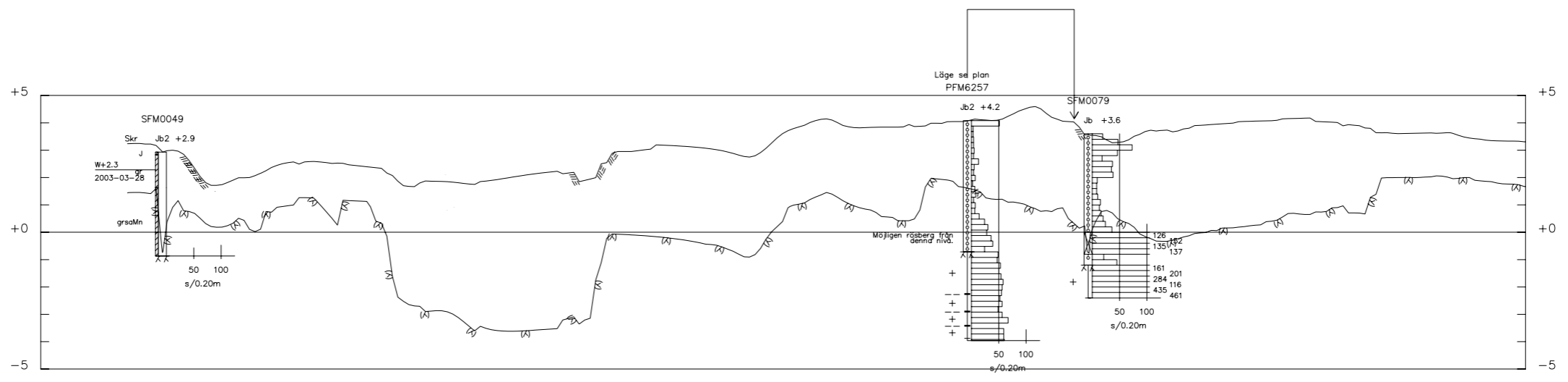






Platsundersökning
 Forsmark

Jb-2 sondering i bostadsområdet, Sektion F
 Skala: L 1:2000 H 1:200



Box 527, 162 16 Stockholm
 Tfn 08-739 60 00 Fax 08-739 53 32

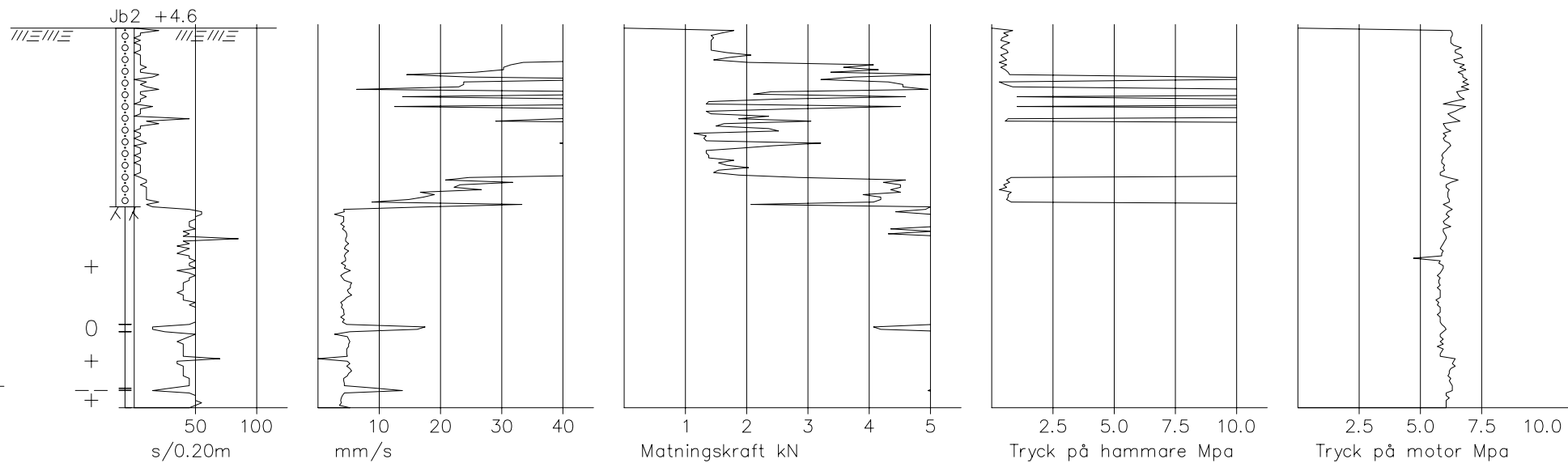
Bilaga 1 blad 8 (29)

Platsundersökning
 Forsmark

Jb-2 sondering i bostadsområdet, Sektion G

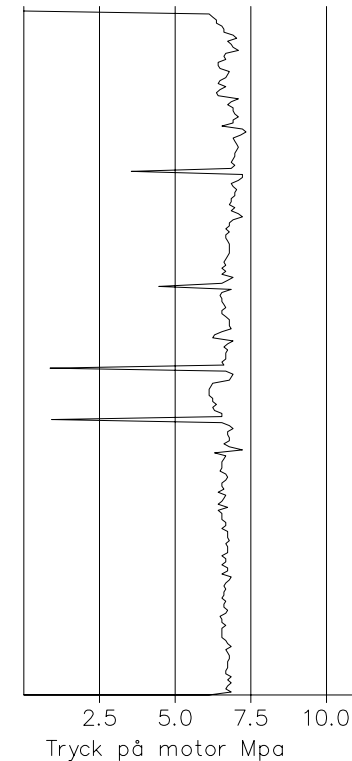
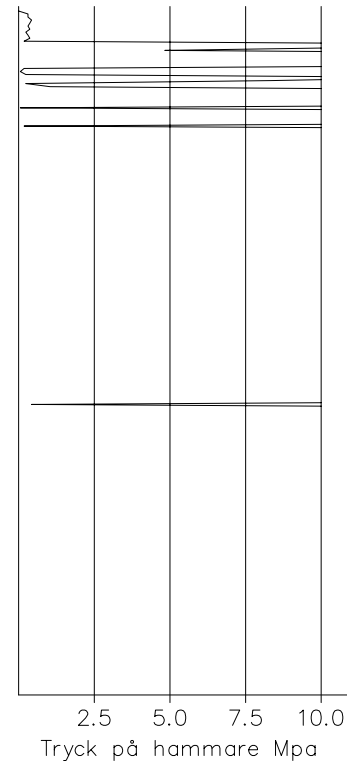
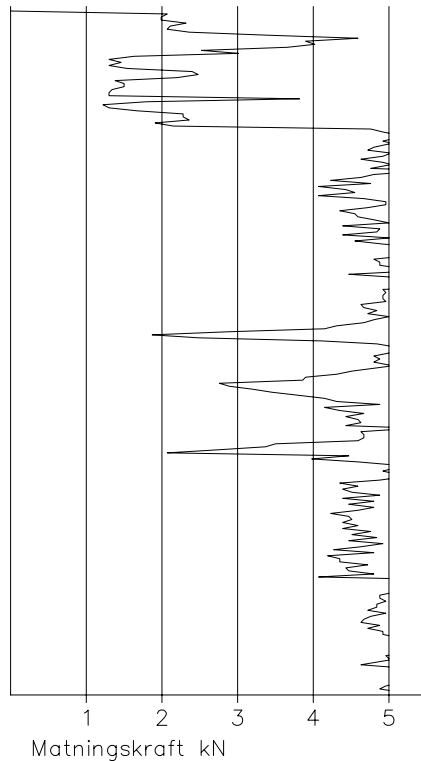
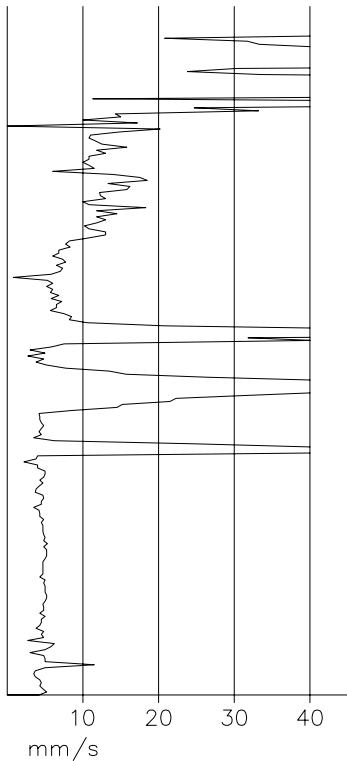
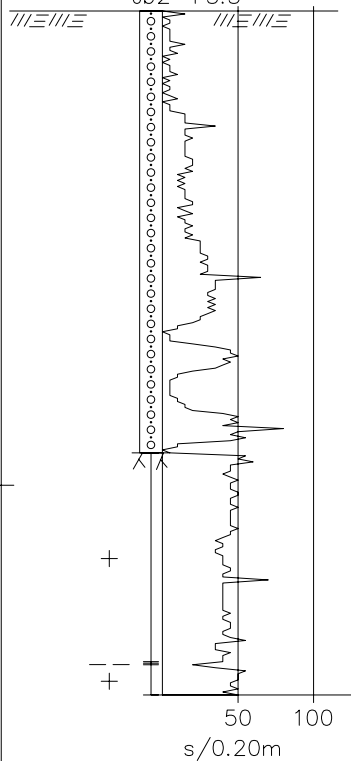
Skala: L 1:2000 H 1:200

PFM6255



PFM6256

Jb2 +3.3



SwedPower
Box 527, 162 18 Stöckholm
Tel 08-739 90 00 Fax 08-739 53 32

Bilaga 1

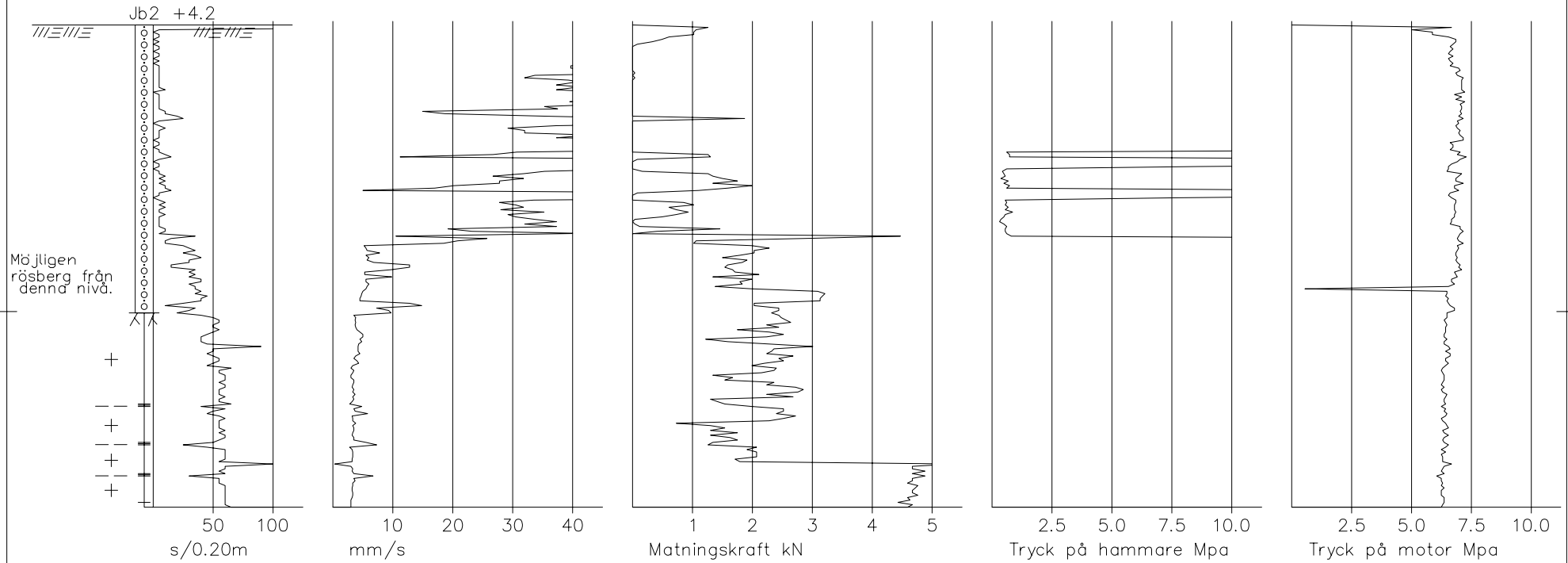
Blad 10 (29)

Platsundersökning
Forsmark

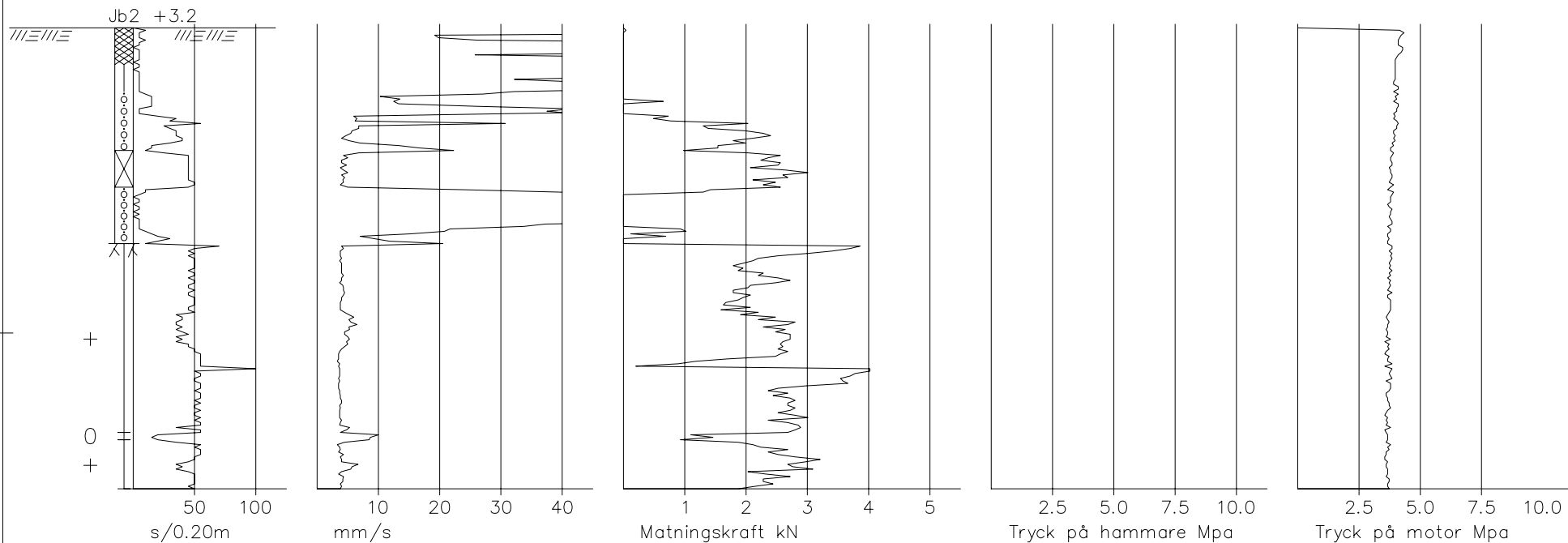
Jb-2 sondering i bostadsområdet
Borrhål PFM 6256, övriga parametrar

PFM6257

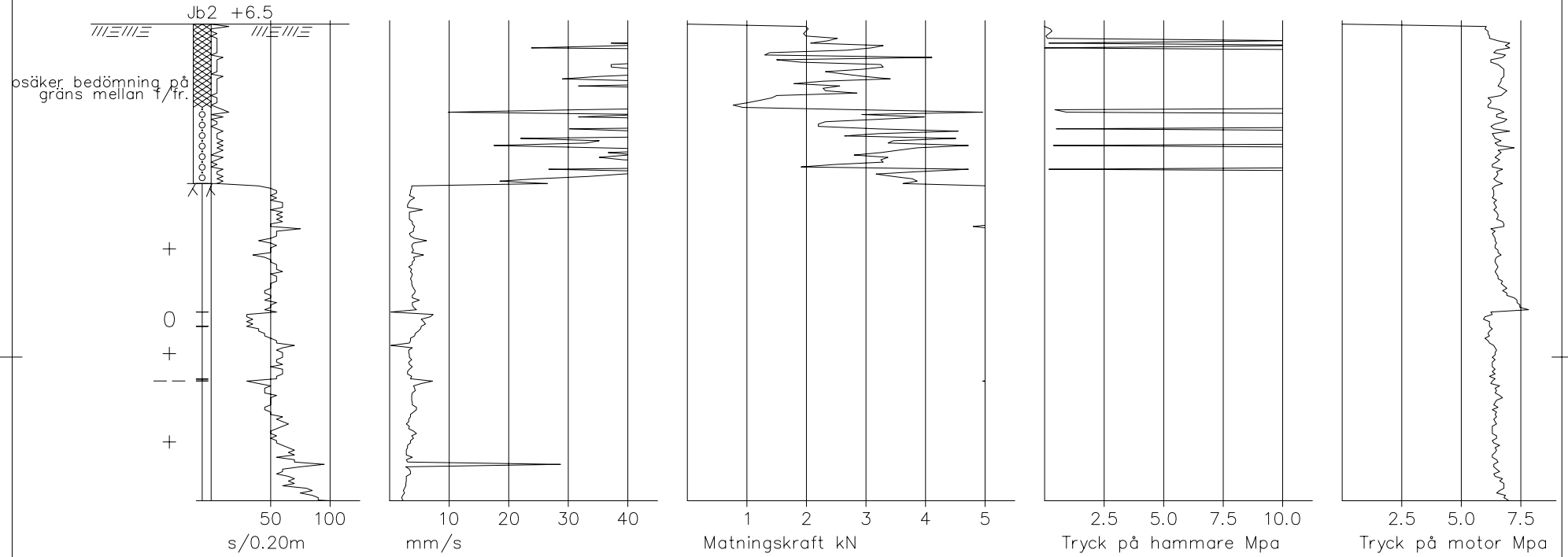
Jb2 +4.2



PFM6258

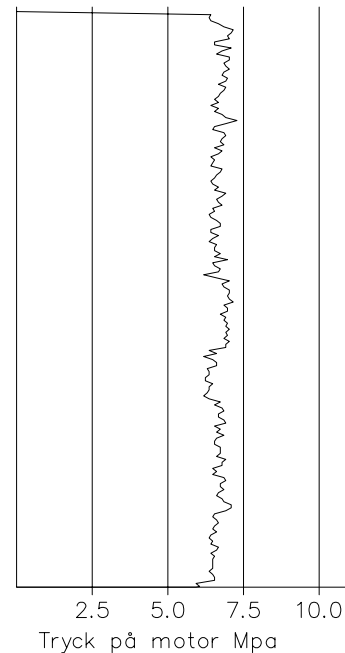
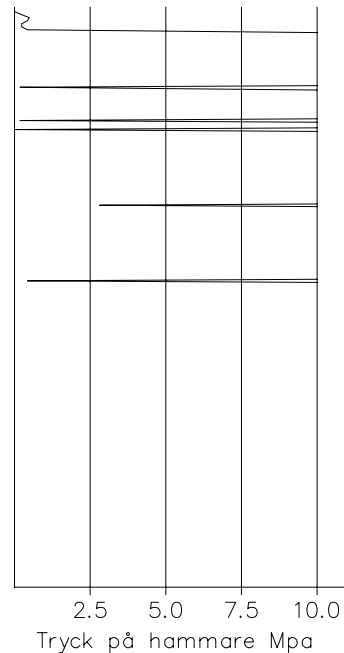
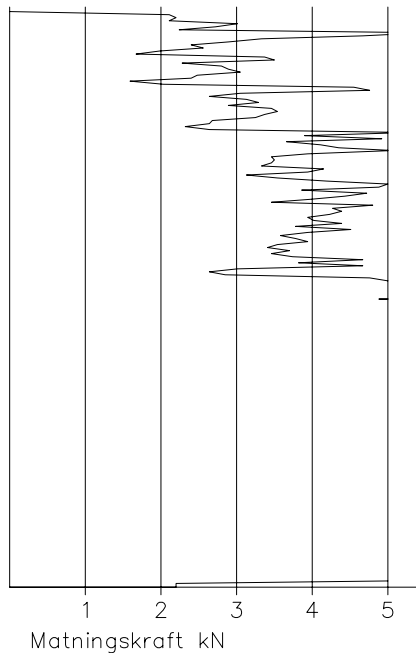
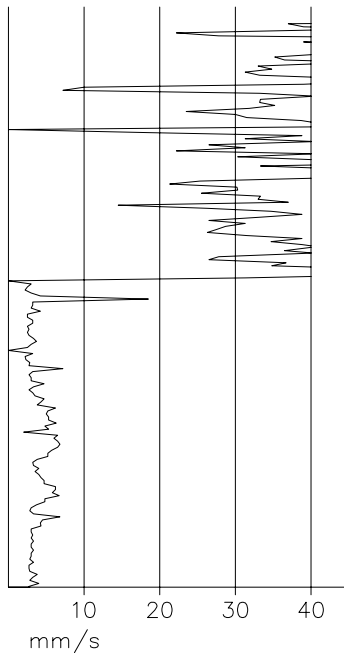
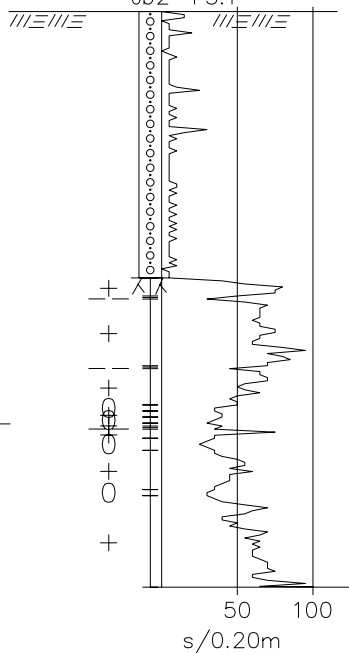


PFM6259

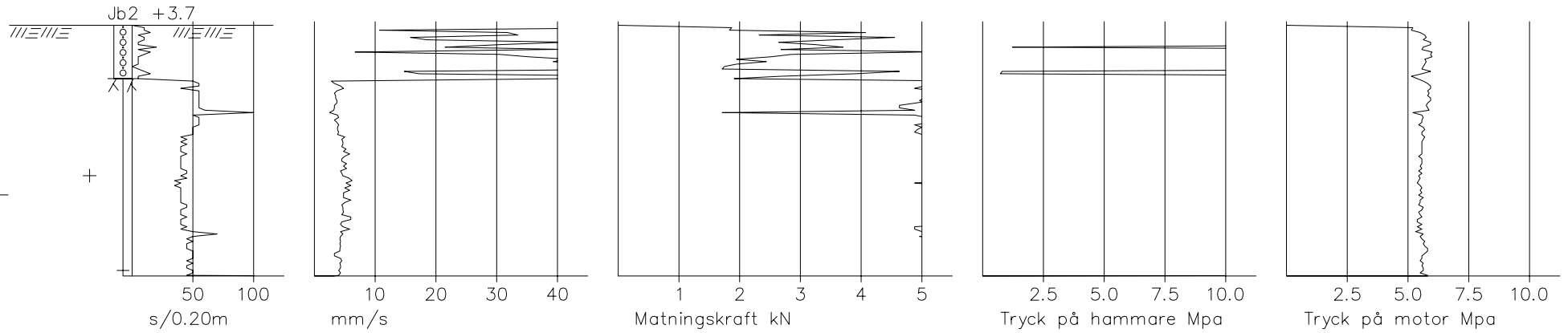


PFM6260

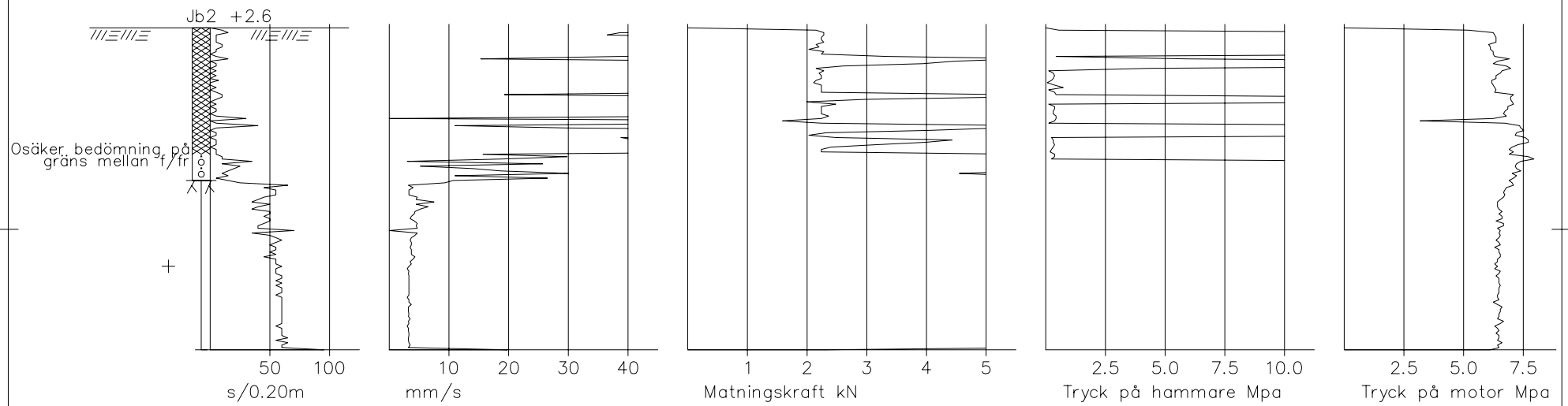
Jb2 +5.1



PFM6261



PFM6262



PFM6263

Jb2 +3.9

osäker bedömning av
gräns mellan f/fr.

+
+
+
+

50 100
s/0.20m

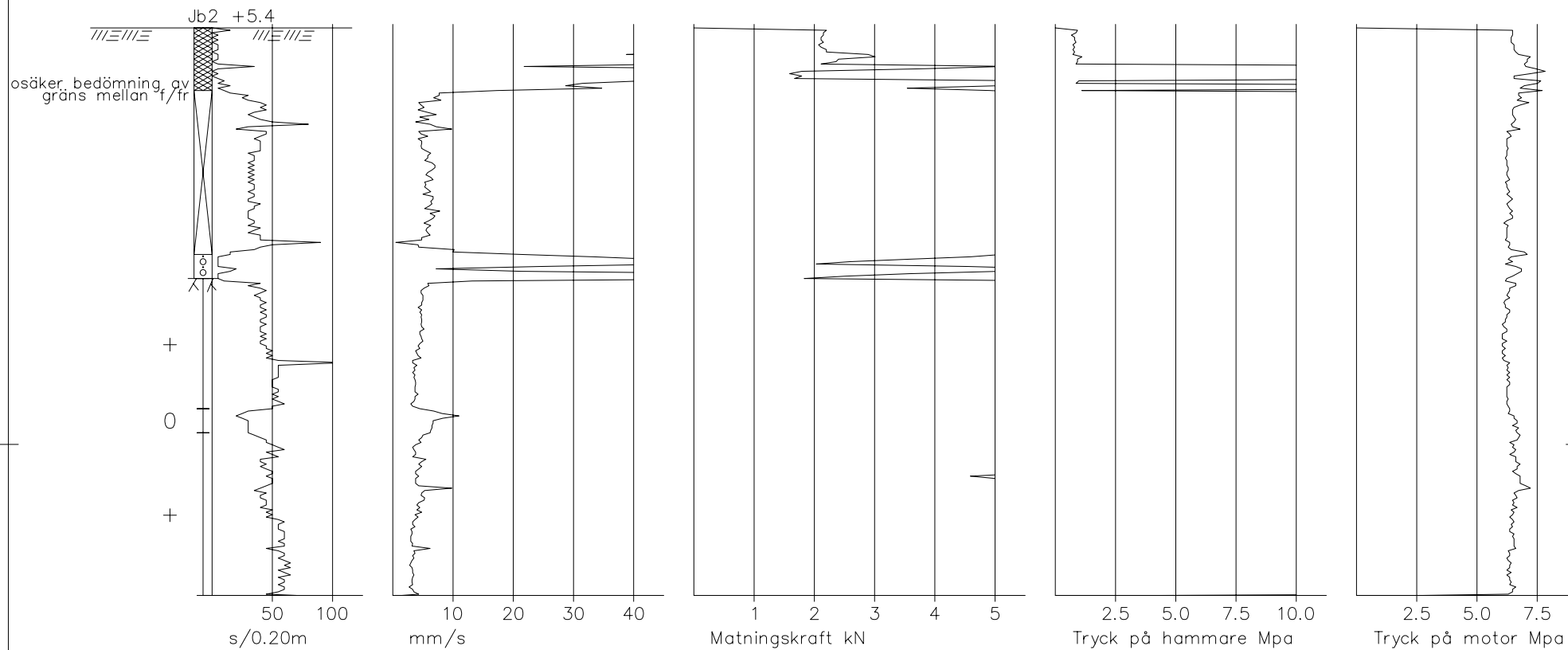
10 20 30 40
mm/s

1 2 3 4 5
Matningskraft kN

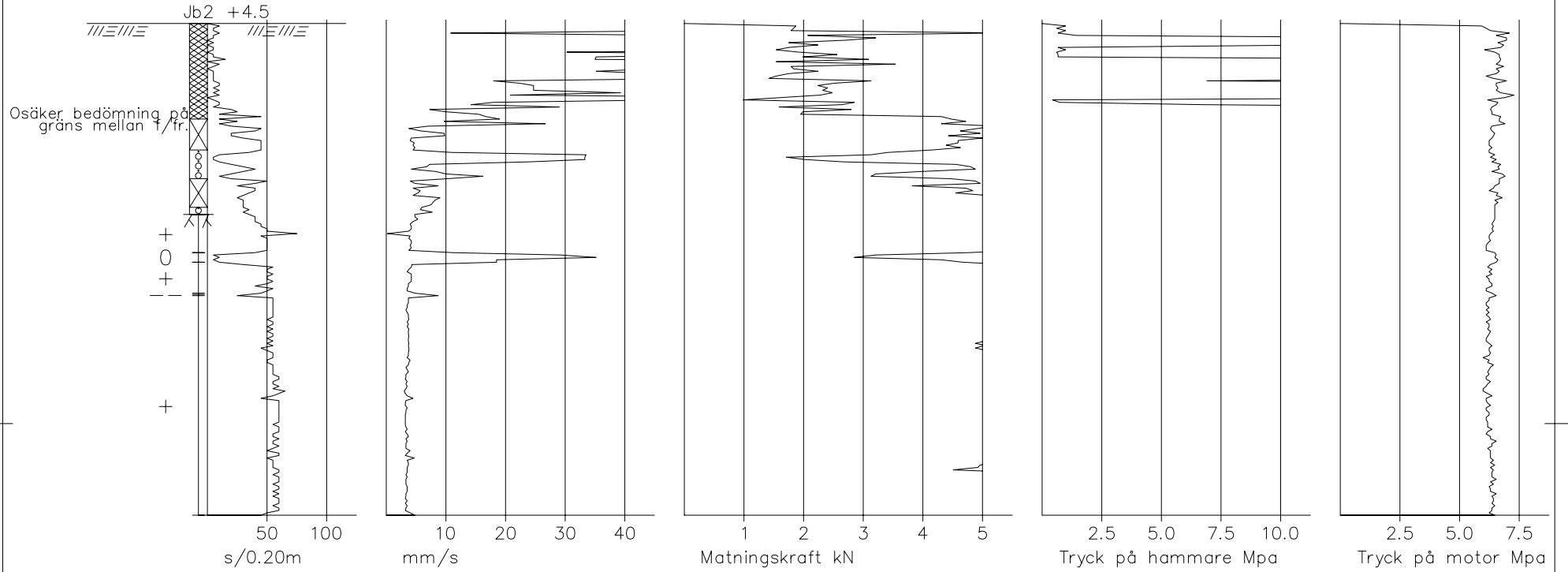
2.5 5.0 7.5 10.0
Tryck på hammare Mpa

2.5 5.0 7.5
Tryck på motor Mpa

PFM6264

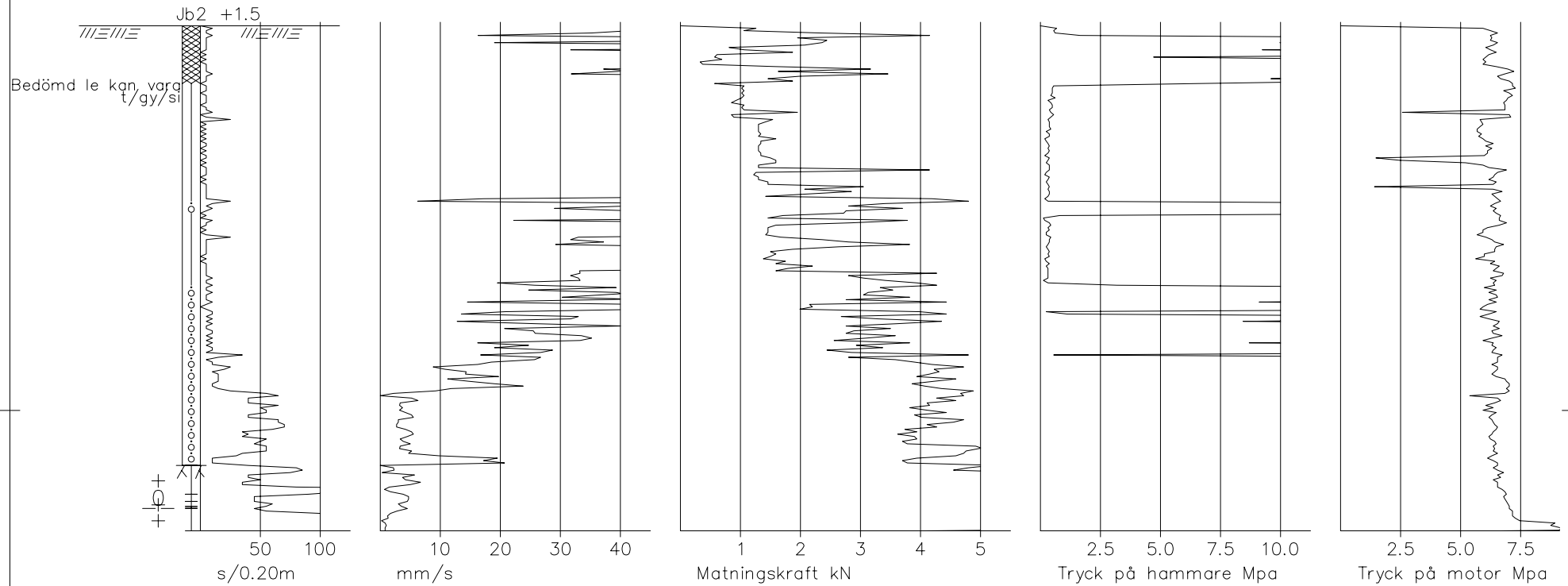


PFM6265



Detta borrhål är borrarat
med 64mm krona!

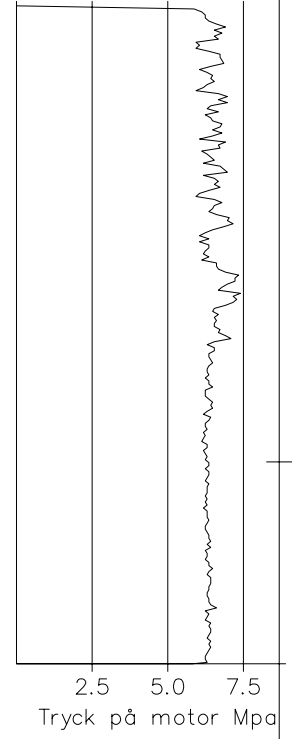
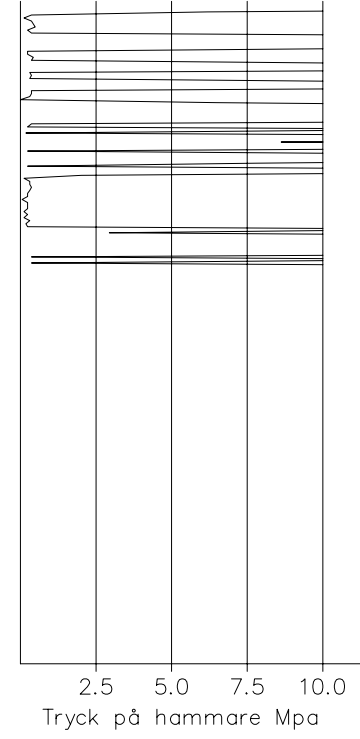
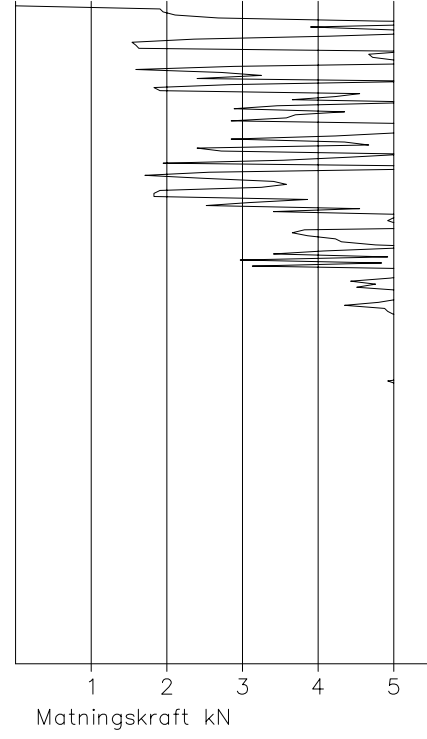
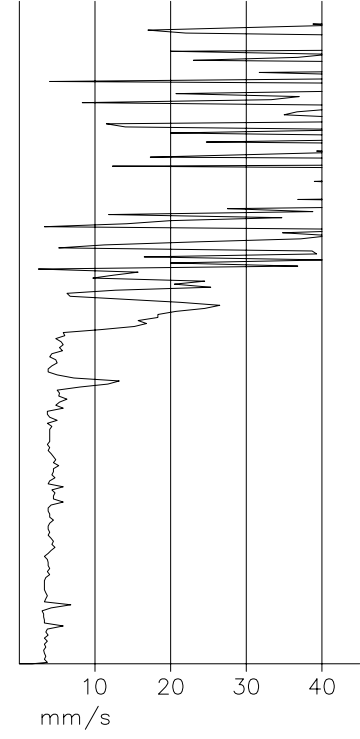
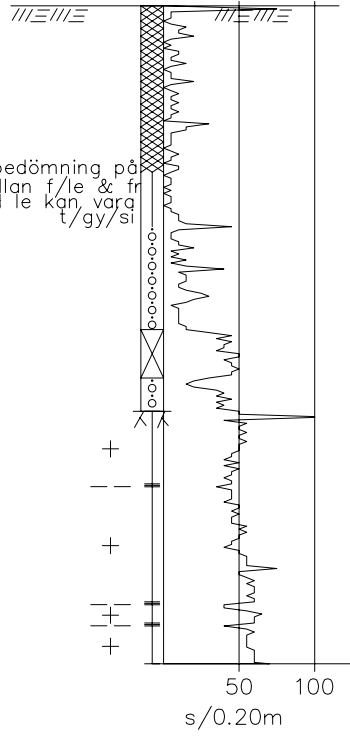
PFM6266



PFM6267

Jb2 +2.2

Osäker bedömning på
gräns mellan f/le & fr
bedömd le kan vara
t/gy/si

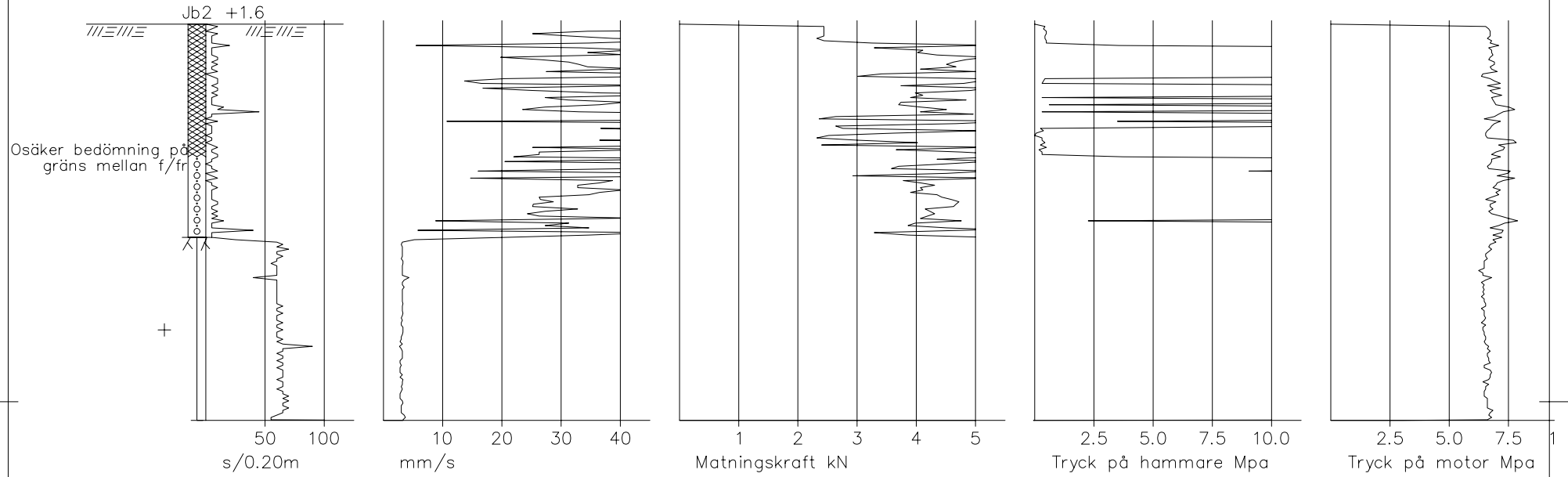


SwedPower Bilaga 1 Blad 21 (29)
Box 527, 162 16 Stockholm
Tel 08-739 60 00 Fax 08-739 65 32

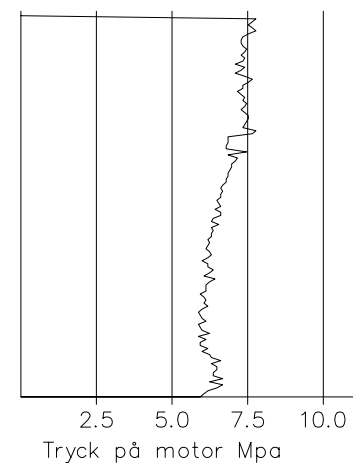
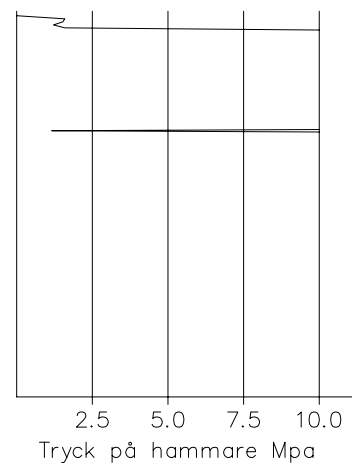
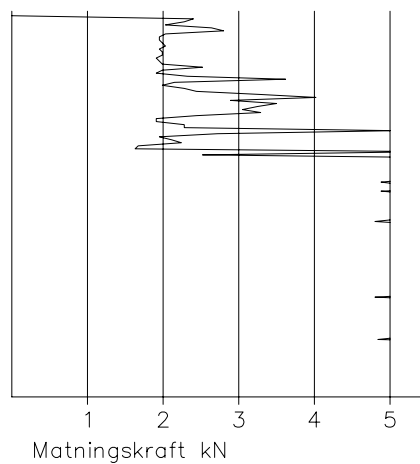
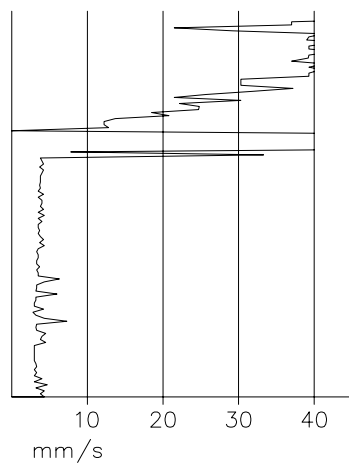
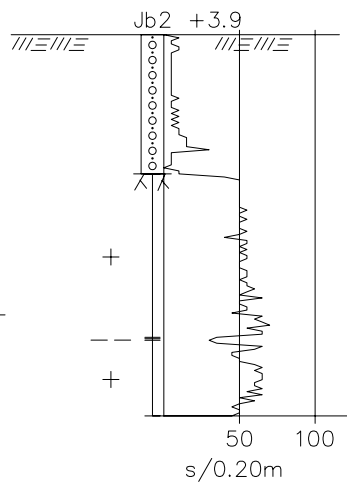
Platsundersökning
Forsmark

Jb-2 sondering i bostadsområdet
Borrhål PFM 6267, övriga parametrar

PFM6268



PFM6269

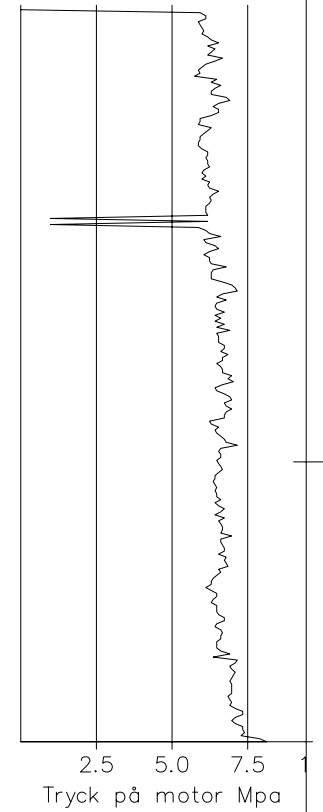
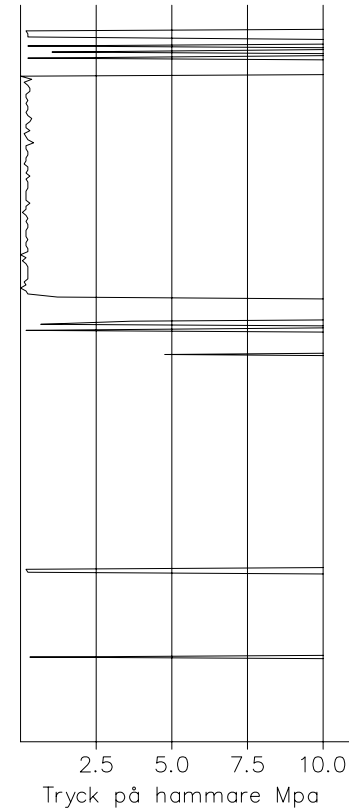
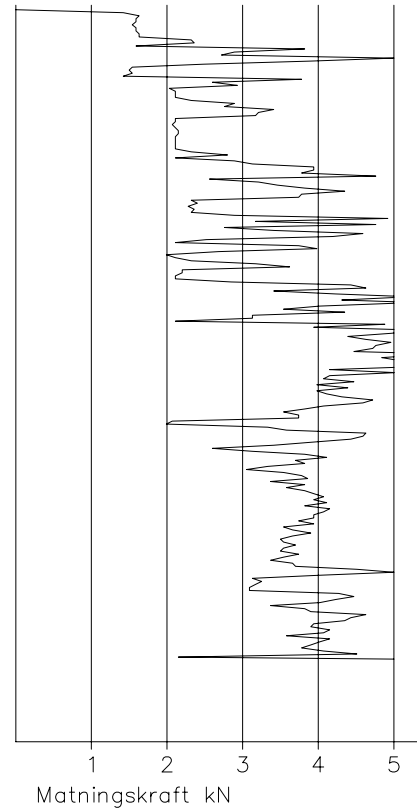
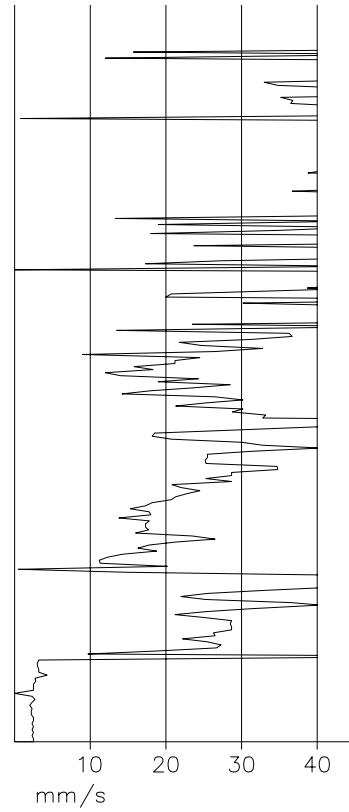
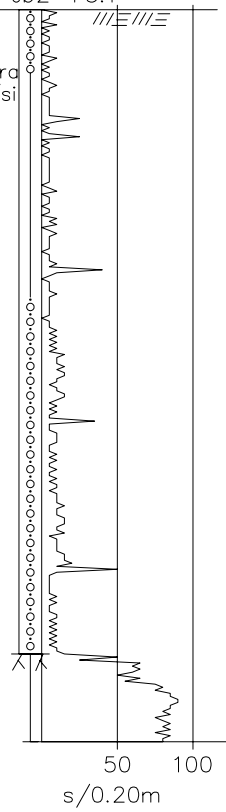


PFM6270

Jb2 +3.1

Bedömd le kan vara
t/gy/si

Avbruten pga
spolproblem.



SwedPower
Box 527, 162 16 Stockholm
Tel 08-739 60 00 Fax 08-739 65 32

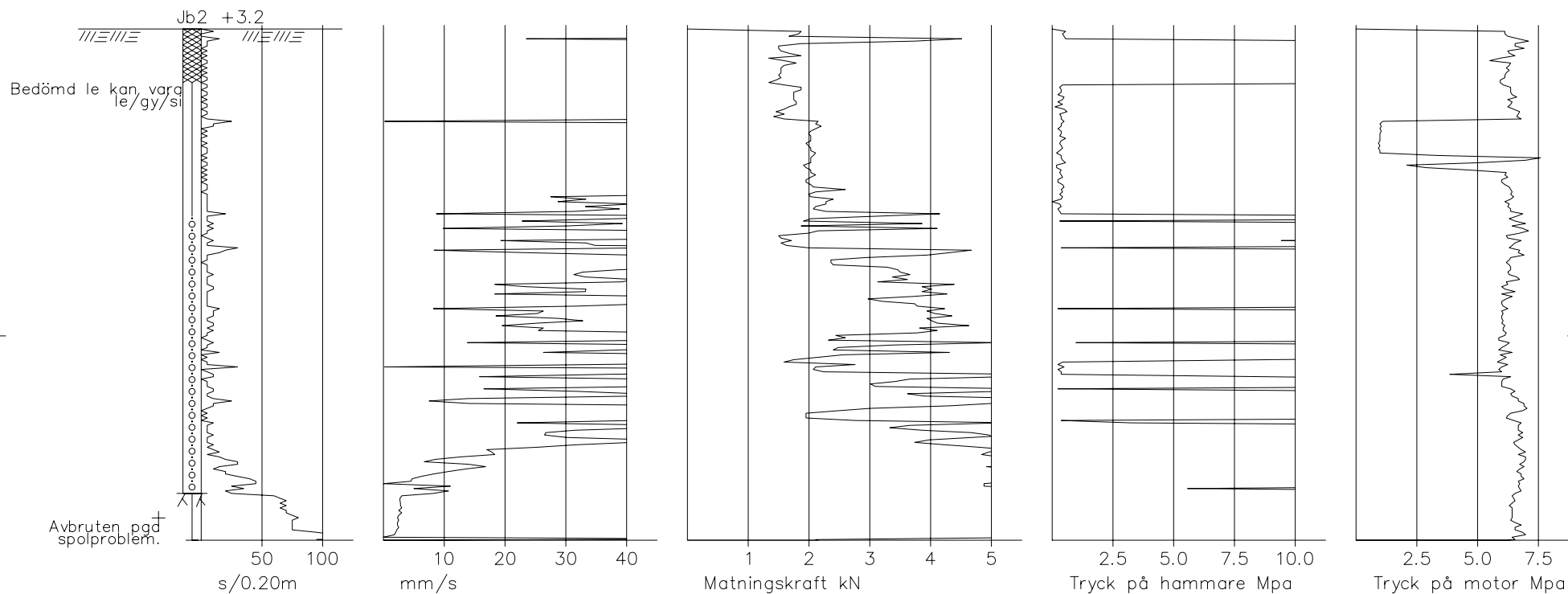
Bilaga 1

Blad 24 (29)

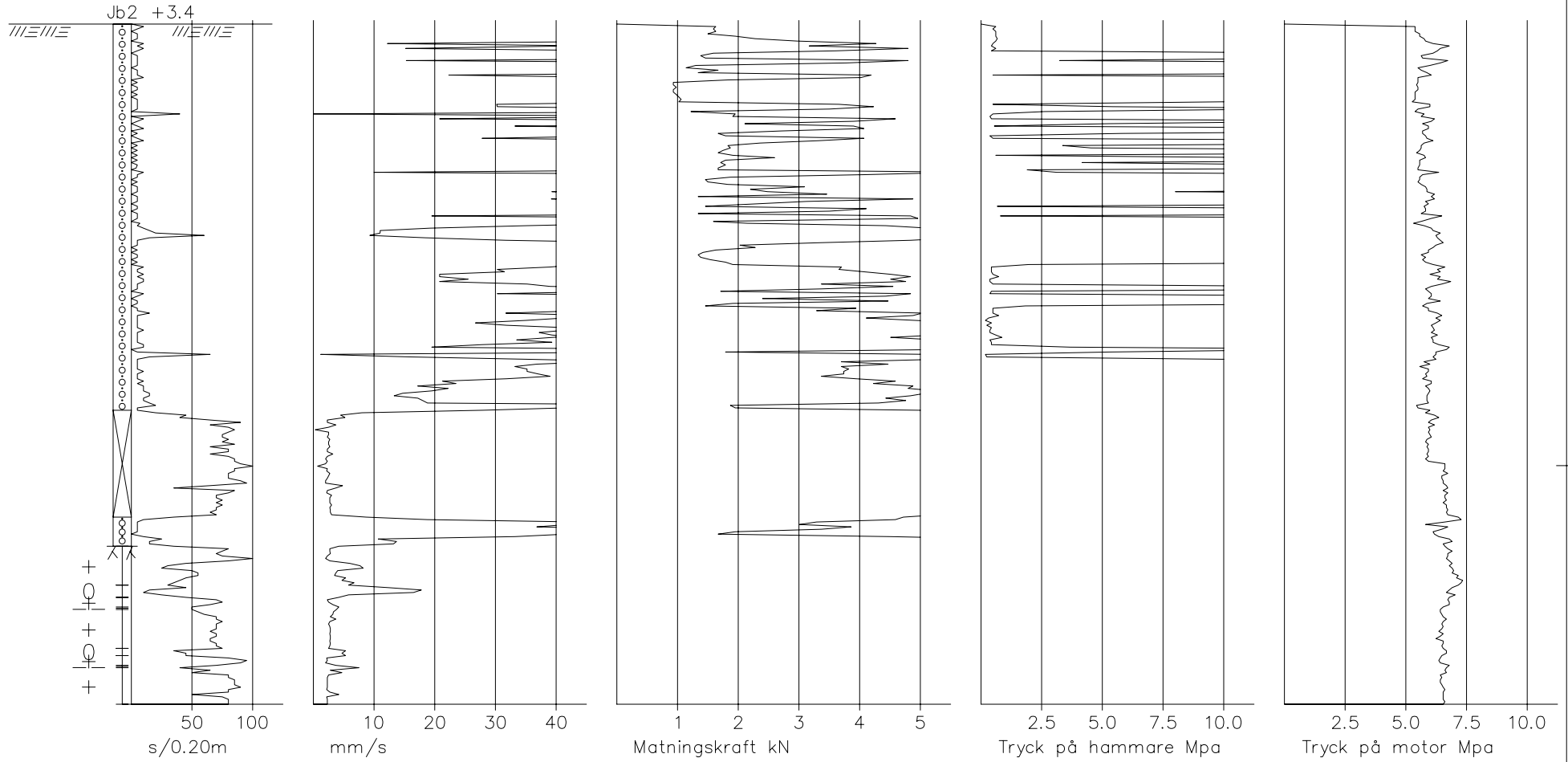
Platsundersökning
Forsmark

Jb-2 sondering i bostadsområdet
Borrhål PFM 6270, övriga parametrar

PFM6271



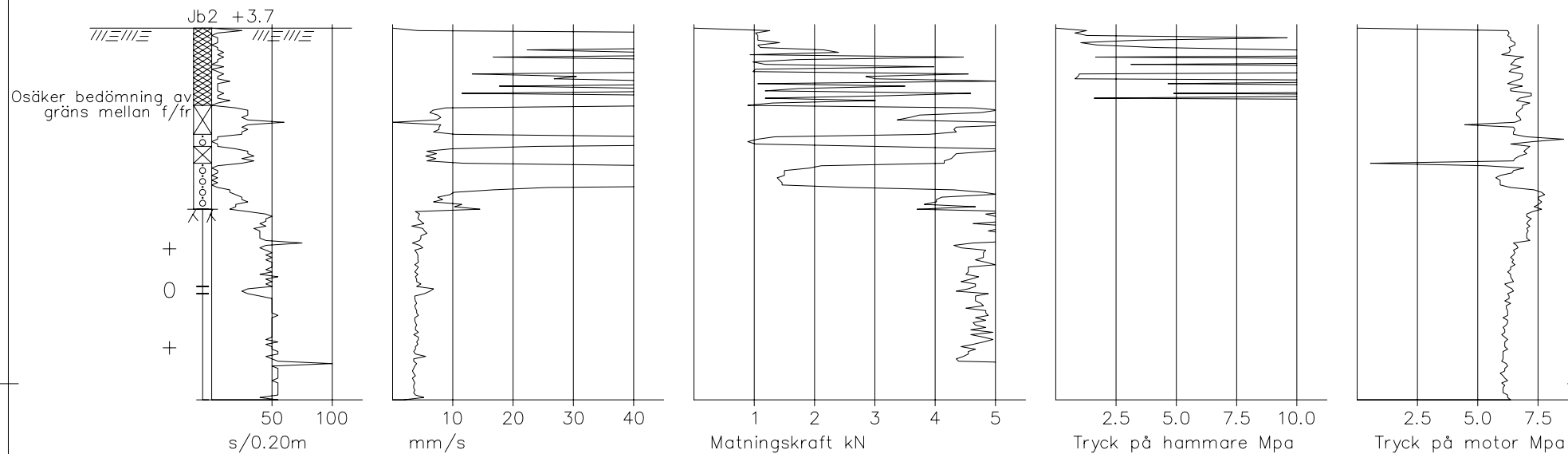
PFM6272



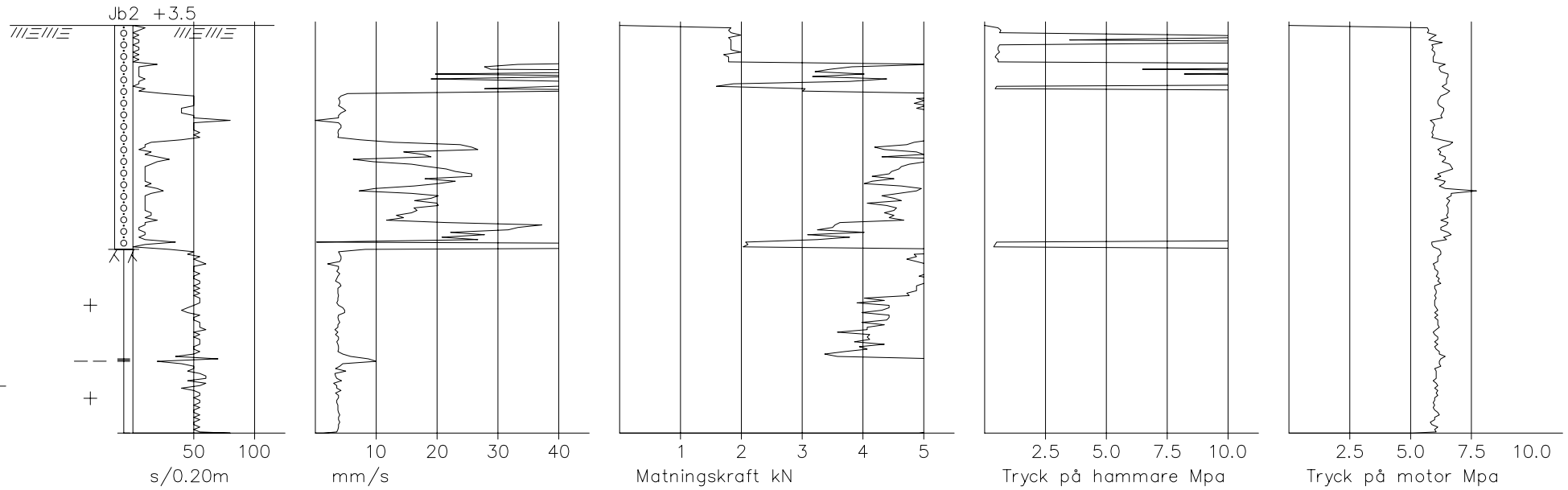
Platsundersökning
Forsmark

Jb-2 sondering i bostadsområdet
Borrhål PFM 6272, övriga parametrar

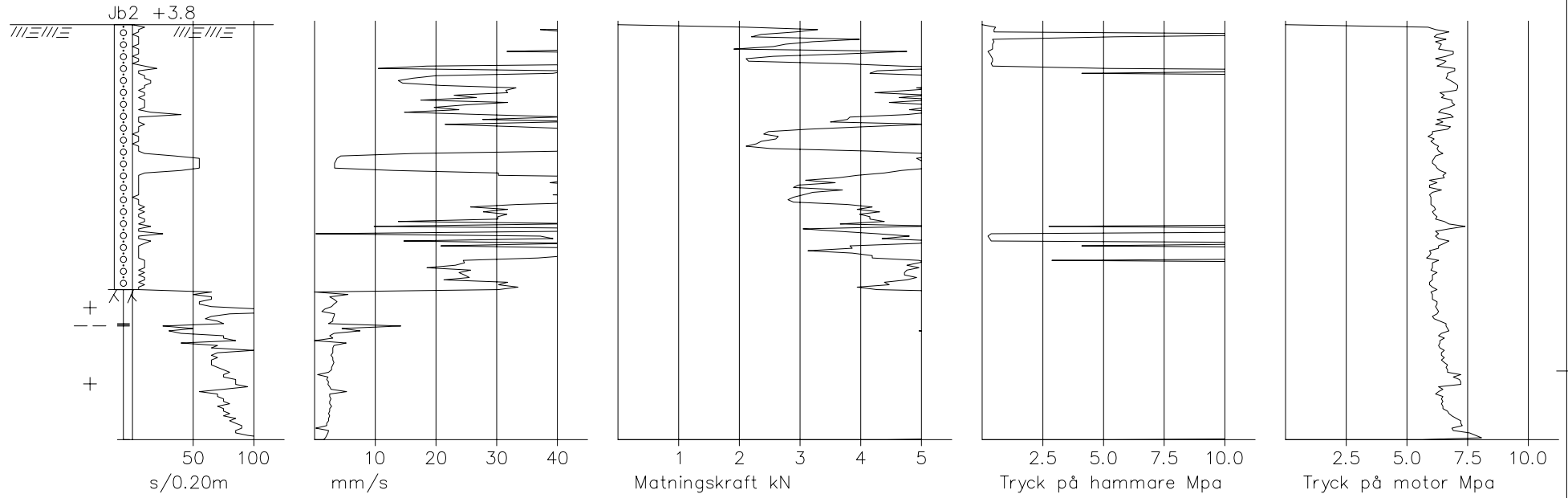
PFM6273



PFM6274



PFM6275



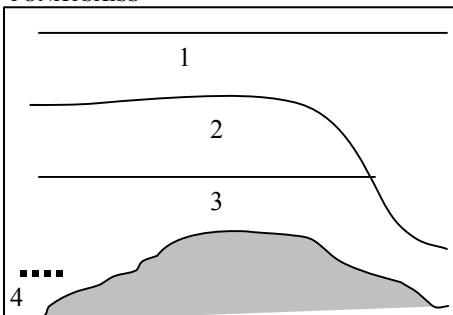
Avbruten pga spolprobl.



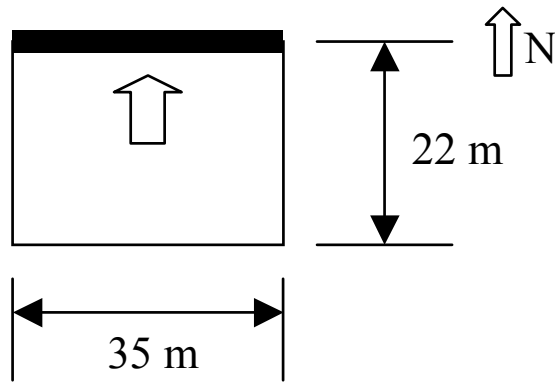
JORDPROVTAGNING

FÄLTPROTOKOLL – P4

Protokoll 1 av 4

OMRÅDE <i>Bostadsområdet i Forsmark</i>		PROJEKT <i>Geoteknisk inventering</i>		BORRHÅLSBETECKNING <i>Provgrop, norra väggen. se Figur 1</i>	
FÖRETAG <i>SwedPower AB</i>		UTFÖRARE <i>Lena Mören</i>		AKTIVITETSPLANS NR. <i>AP PF 400-05-078</i>	
DATUM <i>2005-08-24</i>		METOD <i>Provgropsundersökning</i>		MARKNIVÅ	
PUNKTSKISS 		LUTN.BH (Från hor.plan)	BÄRING		REFERENSPUNKT: <i>Markytan</i>
PRELIMINÄR GPS-INMÄTNING:		AVST. REF.PUNKT.-M.Y (m)	TOTALT PROVTAGNINGSDJUP		
GRUNDVATTENOBSERVATIONER (Fri vattenyta i borrhål, efter borrhing)					
DATUM		TID	DJUP UNDER REF.NIVÅ		
<i>2005-08-24</i>		<i>12:15</i>	<i>4 m</i>		
HÖJD- OCH KOORDINATSYSTEM		X-KOORD.	Y-KOORD.	FELANGIVELSE	
DJUP UNDER REF.PKT [m]	UPPTAGET JORDPROV Ja: X	PROV NR.	PROVTAGNING-INTERVALL – DJUP UNDER REF.PKT [m]	GEOLOGISK BEDÖMNING	ANMÄRKNINGAR Ev. störning eller andra noteringar som är viktiga för bedömning av resultat.
<i>1</i>				<i>Fyllning</i>	<i>Lager 1 i punktskiss</i>
<i>2</i>	<i>X</i>	<i>1</i>		<i>Sandig morän</i>	<i>Lager 2 i punktskiss</i>
<i>3</i>	<i>X</i>	<i>2</i>		<i>Siltig sandig morän</i>	<i>Lager 3 i punktskiss</i>
<i>3,5</i>	<i>X</i>	<i>8</i>		<i>Finsand</i>	<i>Lager 4 i punktskiss</i>

Uppdragstagares signaturer samt datum		SKB:s signaturer samt datum	
Upprättad av	Kvalitetsgodkänd för leverans	Leverans godkänd	Införd i SICADA



Figur 1. Plan över provgropen, norra väggen.



Figur 2. Fotografi 1 på norra väggens mitt.



Figur 3. Fotografi 2 på norra väggens västra sida.



Figur 4. Fotografi 3 på norra väggens östra del.

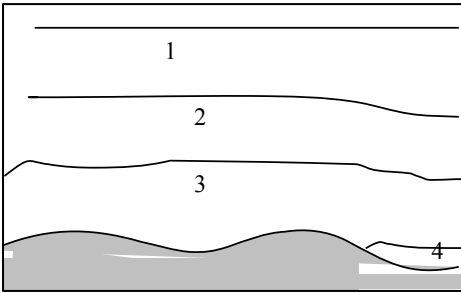


FÄLTPROTOKOLL – P4

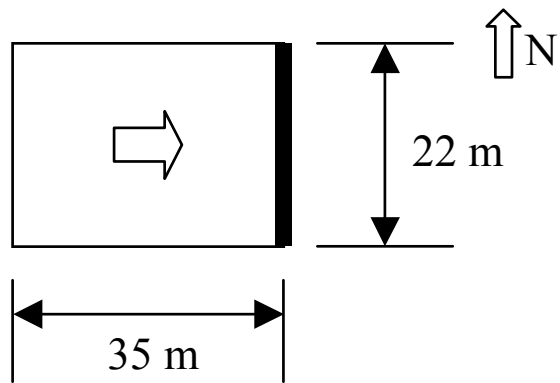
Version 1.0.1

JORDPROVTAGNING

Protokoll 2 av 4

OMRÅDE <i>Bostadsområdet i Forsmark</i>		PROJEKT <i>Geoteknisk inventering</i>		BORRHÅLSBETECKNING <i>Provgrop, östra väggen. se Figur 1</i>	
FÖRETAG <i>SwedPower AB</i>		UTFÖRARE <i>Lena Mören</i>		AKTIVITETSPLANS NR. <i>AP PF 400-05-078</i>	
DATUM <i>2005-08-24</i>		METOD <i>Provgropsundersökning</i>		MARKNIVÅ	
PUNKTSKISS 		LUTN.BH (Från hor.plan)	BÄRING		REFERENSPUNKT: <i>Markytan</i>
		AVST. REF.PUNKT.-M.Y (m)		TOTALT PROVTAGNINGSDJUP	
GRUNDVATTENOBSERVATIONER (Fri vattenyta i borrhål, efter borming)					
DATUM		TID		DJUP UNDER REF.NIVÅ	
<i>2005-08-24</i>		<i>12:15</i>		<i>4 m</i>	
PRELIMINÄR GPS-INMÄTNING:		X-KOORD.	Y-KOORD.	FELANGIVELSE	
HÖJD- OCH KOORDINATSYSTEM					
DJUP UNDER REF.PKT [m]	UPPTAGET JORDPROV Ja: X	PROV NR.	PROVTAGNINGSDJUP – DJUP UNDER REF.PKT [m]	GEOLOGISK BEDÖMNING	ANMÄRKNINGAR Ev. störning eller andra noteringar som är viktiga för bedömning av resultat.
<i>1</i>				<i>Fyllning</i>	<i>Lager 1 i punktskiss</i>
<i>2,2</i>	<i>X</i>	<i>3</i>		<i>Sandig morän</i>	<i>Lager 2 i punktskiss</i>
<i>3,5</i>	<i>X</i>	<i>4</i>		<i>Siltig morän</i>	<i>Lager 3 i punktskiss</i>
<i>4</i>	<i>X</i>	<i>5</i>		<i>Siltig lera</i>	<i>Lager 4 i punktskiss</i>

Uppdragstagares signaturer samt datum		SKB:s signaturer samt datum	
Upprättad av	Kvalitetsgodkänd för leverans	Leverans godkänd	Införd i SICADA



Figur 5. Plan över provgropen, östra väggen.



Figur 6. Fotografi 5, östra väggens mitt.



Figur 7. Fotografi 6, östra väggens södra del.



Figur 8. Fotografi 7, östra väggens södra hörn.



Figur 9. Fotograf 8, östra väggens norra del.

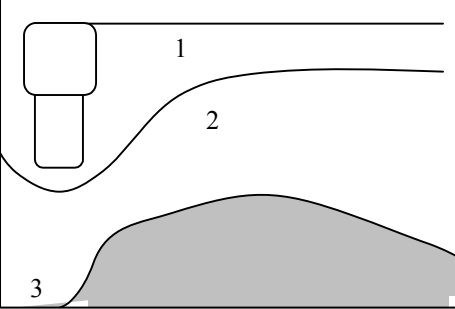


FÄLTPROTOKOLL – P4

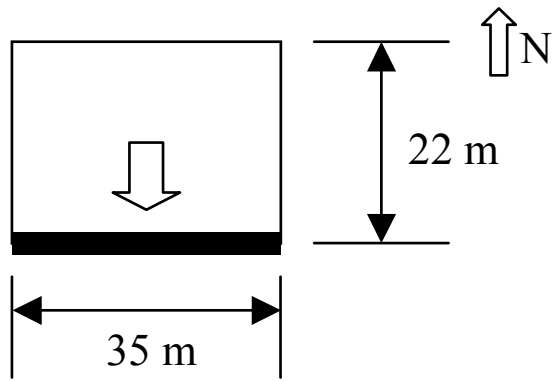
Version 1.0.1

JORDPROVTAGNING

Protokoll 3 av 4

OMRÅDE <i>Bostadsområdet i Forsmark</i>		PROJEKT <i>Geoteknisk inventering</i>		BORRHÅLSBETECKNING <i>Provgrop södra väggen. se Figur 10</i>	
FÖRETAG <i>SwedPower AB</i>		UTFÖRARE <i>Lena Mören</i>		AKTIVITETSPLANS NR. <i>AP PF 400-05-078</i>	
DATUM <i>2005-08-24</i>		METOD <i>Provgropsundersökning</i>		MARKNIVÅ	
PUNKTSKISS 		LUTN.BH (Från hor.plan)	BÄRING		REFERENSPUNKT: <i>Markytan</i>
		AVST. REF.PUNKT.-M.Y (m)		TOTALT PROVTAGNINGSDJUP	
GRUNDVATTENOBSERVATIONER (Fri vattenyta i borrhål, efter borming)					
DATUM		TID		DJUP UNDER REF.NIVÅ	
<i>2005-08-24</i>		<i>12:15</i>		<i>4 m</i>	
PRELIMINÄR GPS-INMÄTNING:		X-KOORD.	Y-KOORD.	FELANGIVELSE	
HÖJD- OCH KOORDINATSYSTEM					
DJUP UNDER REF.PKT [m]	UPPTAGET JORDPROV Ja: X	PROV NR.	PROVTAGNINGSDJUP - DJUP UNDER REF.PKT [m]	GEOLOGISK BEDÖMNING	ANMÄRKNINGAR Ev. störning eller andra noteringar som är viktiga för bedömning av resultat.
<i>0 till 2</i>				<i>Fyllning</i>	<i>Lager 1 i punktskiss</i>
<i>1-3 till 4</i>	<i>X</i>	<i>9</i>		<i>Sandig siltig morän</i>	<i>Lager 2 i punktskiss</i>
<i>3,5-4</i>				<i>Siltig lera</i>	<i>Lager 3 i punktskiss</i>

Uppdragstagares signaturer samt datum		SKB:s signaturer samt datum	
Upprättad av	Kvalitetsgodkänd för leverans	Leverans godkänd	Införd i SICADA



Figur 10. Plan över provgropen, södra väggen.



Figur 11. Fotografi 14, södra väggen i provgropen.

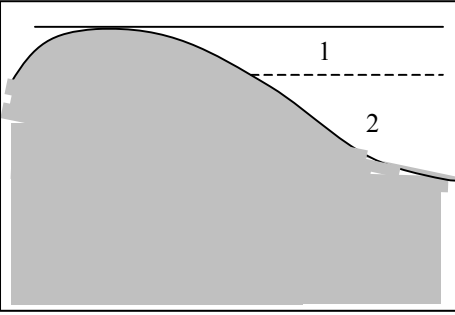


FÄLTPROTOKOLL – P4

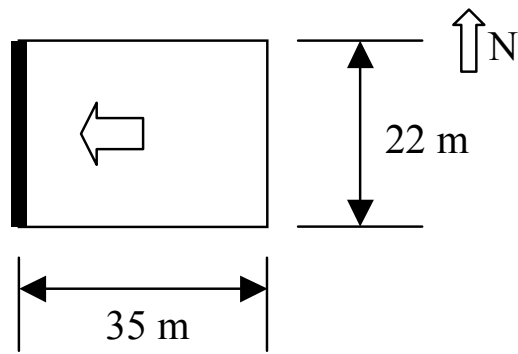
Version 1.0.1

JORDPROVTAGNING

Protokoll 4 av 4

OMRÅDE <i>Bostadsområdet i Forsmark</i>		PROJEKT <i>Geoteknisk inventering</i>		BORRHÅLSBETECKNING <i>Provgrop västra väggen, se Figur 12</i>		
FÖRETAG <i>SwedPower AB</i>		UTFÖRARE <i>Lena Mören</i>		AKTIVITETSPLANS NR. <i>AP PF 400-05-078</i>		
DATUM <i>2005-08-24</i>		METOD <i>Provgropsundersökning</i>		MARKNIVÅ		
PUNKTSKISS 		LUTN.BH (Från hor.plan)	BÄRING		REFERENSPUNKT: <i>Markytan</i>	
		AVST. REF.PUNKT.-M.Y (m)		TOTALT PROVTAGNINGSDJUP		
GRUNDTVATTENOBSERVATIONER (Fri vattenyta i borrhål, efter borming)						
DATUM		TID		DJUP UNDER REF.NIVÅ		
<i>2005-08-24</i>		<i>12:15</i>		<i>4 m</i>		
PRELIMINÄR GPS-INMÄTNING:		X-KOORD.	Y-KOORD.	FELANGIVELSE		
HÖJD- OCH KOORDINATSYSTEM						
DJUP UNDER REF.PKT [m]	UPPTAGET JORDPROV Ja: X	PROV NR.	PROVTAGNINGSDJUP INTERVALL – DJUP UNDER REF.PKT [m]	GEOLOGISK BEDÖMNING	ANMÄRKNINGAR Ev. störning eller andra noteringar som är viktiga för bedömning av resultat.	
<i>0 till 2</i>				<i>Fyllning</i>	<i>Lager 1 i punktskiss. Svårt att avgöra gräns.</i>	
<i>1 till 4</i>				<i>Sandig siltig morän</i>	<i>Lager 2 i punktskiss</i>	

Uppdragstagares signaturer samt datum		SKB:s signaturer samt datum	
Upprättad av	Kvalitetsgodkänd för leverans	Leverans godkänd	Införd i SICADA



Figur 12. Plan över provgropen, västra väggen.



Figur 13. Fotografi 15, västra väggen i provgropen.



Figur 14. *Fotografi 11, provgropens västra vägg från söder.*