

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

Besiktningsmanual för berganläggningar inom vattenkraft

Rapport 06:84

Besiktningsmanual för berganläggningar inom vattenkraft

Elforsk rapport 06:84

Förord

Denna rapport är ett delresultat inom Elforsk ramprogram Dammsäkerhet.

Syftet med denna Besiktningsmanual är att redogöra för på vilket sätt en besiktning av tunnlar och maskinsalar i vattenkraftstationer kan genomföras. Besiktningsmanualen är också ett sätt att försöka få besiktningsnivån likriktad och så personoberoende som möjligt. Besiktningsmanualen har tagits fram i nära samarbete med praktiska utförare.

Besiktningsmanualen grundar sig till stor del på frågeställningar som framkommit i samband med inventeringsinspektion/besiktning av Vattenfall Vattenkrafts större undermarksförlagda kraftstationer.

Vår förhoppning är att besiktningsmanualen skall kunna fungera som "likriktare" avseende bergbesiktningar inom vattenkraftanläggningar.

I framtagandet av besiktningsmanualen har en styrgrupp bestående av Erik Nordström, Vattenfall Vattenkraft, Anders Carlsson Vattenfall Power Consultant, Fred Lindholm Vattenfall Service Norr och Anders Isander, EON varit behjälplig.

Stockholm december 2006

Lars Hammar
Elforsk AB

Sammanfattning

Avseende bergunderhåll finns idag inga underhållsprogram anpassande till kraftstationer under mark. Olika energibolag har olika anvisningar eller rutiner.

Syftet med denna vägledning är att utveckla och beskriva kriterier för bergbesiktning av undermarksförlagda kraftstationer och att föreslå metoder och minimikrav för information och dokumentation vid en bergbesiktning. Med bergbesiktning menas en bedömning av behovet för underhåll på bergytor och förstärkningselement som behövs för säkerhet och funktion.

Metodiken tar avstamp i observationer av sprickighet och andra brottfenomen eller typproblem. Bedömningar av åtgärder och typ av arbete som kan behöva göras, direkt eller över tiden baseras på observationerna av dessa möjliga problem och besiktarens erfarenhet av motsvarande fenomen.

Besiktningen avslutas med en riskbedömning innehållande bedömningar av hållfasthet och deformationer över tiden. I riskbedömningen vägs också in var i stationen problemen finns. Större vikts läggs om de finns i anslutning till känsliga områden gentemot om de förekommer mer isolerat i områden med liten besöksfrekvens eller utan känsliga installationer. Detta ligger sedan till grund för bestämmandet av ytterligare åtgärder, där noll alternativet alltid är att föreslå tidpunkt för nästa besiktning.

Besiktningen skall innebära att samtliga bergutrymmen bedöms avseende bergförhållanden, typ av fel, åtgärd, tidsaspekter för besiktningar respektive åtgärder.

Besiktningen utmynnar i krav på underhållsinsatser. Underhållet kan vara förebyggande periodiskt underhåll, som skrotning med jämt tidsintervall, eller tillståndsstyrt med omfattning bestämt enligt besiktningsresultat. Underhåll kan även vara direkt felavhjälpande till exempel förstärkning vid förskjutning av bergblock eller vid nedfall av förstärkningselement.

Summary

Today, no rock maintenance and inspection manuals exist for underground industrial tunnels for hydropower plants. AFS2003:2 give demands on rock inspections in a very broad manner.

The objective with this manual is to develop and describe criteria for Rock inspection of underground hydropower stations, to propose methods and minimum demands on information and documentation required for a rock inspection.

The need to judge the risks in connection with possible flaws in support and rock maintenance demands for a proper risk analysis, with regard to personal safety and operational safety. This analysis is proposed to be carried out in a very simple manner in a standardized rock inspection and basically emanates as a time frame for next inspection, scaling or rock support measures.

Loads that are acting on the rock are structural loads emanating from load redistributions from the excavation of the tunnels, and load directly from blocky ground. In addition to this the rock surface was damaged from blasting and gives rise to loosening of the surface. Adjacent to the machine hall and transformer galleries vibration and heat also add to the detrimental effects on the rock and rock support elements.

These load changes are taken care of by rock reinforcements and scaling performed at suitable intervals.

Maintenance of rock surfaces and tunnel shall comprise all rock surfaces to be judged regarding rock condition, type of deficiency, remedies and time aspects.

Rock inspection work comprises documentation of each individual rock chamber and tunnel and that maintenance required are determined. The demand on documentation will vary from case to case, depending on existing documentation from the construction period or if earlier made investigations exist.

The demand on the documentation is that it should very briefly show the rock and rock reinforcement conditions and sum up possible notes from the inspection.

Rock inspections and maintenance of rock surfaces is something that is required for safety but also to secure the overall function of the rock tunnel, such as:

- safety for falling rock or deterioration of rock support element (falling shotcrete ?)

- assure function of rock surface and tunnel, cleaning of drains and removal of sludge

Maintenance of rock surfaces can be either periodic maintenance, which is made at even intervals regardless of demands, or condition controlled maintenance determined from inspections. Carried out maintenance shall be documented as it constitute an important parameter in subsequent rock inspections.

Innehåll

1	BERGBESIKTNINGAR.....	1
1.1	MÅL.....	1
1.2	BESIKTNINGSPERSON OCH DENNES ANSVAR	1
1.3	ARKIVMATERIAL	1
1.4	GENOMGÅNG AV KONSTRUKTIONER OCH DRIFTSERFARENHETER	1
1.5	RISKBEDÖMNINGAR	1
1.6	BEDÖMNINGAR OCH REKOMMENDATIONER	2
1.7	RAPPORTERING.....	2
2	BERGUNDERHÅLL	4
3	BESIKTNINGAR.....	5
3.1	BAKGRUND	5
3.2	PROBLEMBILD.....	6
3.3	MÅL	6
3.4	AVGRÄNSNINGAR	6
3.5	BESIKTNING	7
3.5.1	Värderingar.....	7
4	REFERENSER.....	9

Bilagor

A	Förslag till Besiktningsrapportering
B	Utformning av kraftstation – speciella förhållanden
C	Checklista vid bergbesiktning
D	Kompetenskrav för besiktare
E	Nivå och exempel på besiktning

1 Bergbesiktningar

Besiktningar utförs vanligtvis som okulärbesiktning, där bergytorna i huvudsak synas från sula eller från annat område där åtkomst är möjlig.

1.1 Mål

Bergbesiktningar utförs för att förebygga ras och nedfall av berg, eller förstärkningsmaterial, som kan utgöra risk ur anläggnings- eller personsäkerhets synpunkt.

1.2 Besiktningsperson och dennes ansvar

Besiktare skall ha minst 5 års bergvana. Se rekommendation i bilaga D. Besiktarens ansvar är att bland annat

- utverka nödvändiga avställningar och tillstånd för besiktningen
- kontrollera tidigare rapporter/sätta sig in i de stationsspecifika förutsättningarna
- kontrollera med stationspersonal om händelser och driftserfarenheter
- utföra besiktningen till, med anläggningsägaren, överenskommen nivå
- avrapportera utförd besiktning

1.3 Arkivmaterial

I arkiv över bergbesiktningar, bör planritning eller liknande finnas över bergrum och bergförstärkningar, för lokalisering över tidigare gjorda bergbesiktnings- och skrotningsanmärkningar. Förslagsvis tilldelas varje bergrum ett unikt namn, till exempel rumsnummer.

Med arkiv över bergbesiktningar menas till exempel en pärm där bergrelaterat material finns samlat för respektive kraftstation.

1.4 Genomgång av konstruktioner och driftserfarenheter

I samband med besiktningen utförs en genomgång av föreliggande ritningar eller beskrivningar där bergförstärkningar och liknande objekt framgår. Bergrumsdelar med speciella konstruktioner (t.ex. sprutbetongbågar) och områden med varierande geologi och områden med miljöbelastningar bör framgå av stationsbeskrivningen. Detta för att möjliggöra identifikation av eventuella problemområden.

1.5 Riskbedömningar

Vid besiktningen skall bedömningen baseras på vad ett tänkt nedfall av sten/block eller liknande av berg eller bergförstärkning innebär för den besiktade delen av anläggningen.

Några ledord för riskbedömningar kan vara:

- Användningsområde för bergutrymme
- Känslig utrustning i bergutrymme
- Exponeringsmiljö för förstärkning
- Exponeringsmiljö för bergytor
- Besöksfrekvens
- Sannolikhet för fel
- Konsekvens av fel
- Konsekvens av haveri

Riskbedömningens värdering blir därför en kombination av sannolikhet för fel och konsekvens av fel, dvs. även en mindre sannolikhet för fel men i ett högkonsekvens utrymme bör alltså bedömas hårdare avseende kraven på förstärkningar, skrotning etc.

Om ett sådant nedfall/haveri direkt kan förorsaka fara för liv eller sådan skada på anläggning att fara för liv uppstår skall detta beaktas speciellt och åtgärder för riskminimering görs omedelbart.

Riskvärderingen behöver inte uttryckas som någon viss sannolikhet (i %) utan resultatet ges som en tidsmässig angelägenhet för respektive anmärkning. Besiktaren bedömer alltså baserat på denna översiktliga riskbedömning när en anmärkning behöver åtgärdas.

1.6 Bedömningar och rekommendationer

Bedömningar av krav på åtgärd och bestämning av nästa besiktning till typ och tid skall baseras på riskbedömningen.

Rekommendationer avseende typen av nästkommande besiktningar skall göras. Det som kan vara aktuellt att göra är:

- Besiktning där bergytor och förstärkta bergytor i huvudsak synas från sula. Bomknackning eller liknande utförs av "suspekta" områden.
- Besiktning på handnära avstånd, där bergytor och förstärkta bergytor synas från korg eller liknande. Systematisk bomknackning utförs av olika områden utan att för den skull vara en regelrätt skrotning. Viss provning av förstärkningselement kan utföras i direkt anslutning till denna besiktning. (t.ex. testning av sprutbetong)

1.7 Rapportering

Rapportering utförs så att avvikelser dokumenteras och förslag lämnas till åtgärder för varje anmärkningspunkt. Följande bör ingå för varje anmärkning:

- Problemtyp (Brottfenomen/skadetyp)
- Åtgärd
- Arbetstyp
- Angelägenhet

Exempel på rapporteringsanvisning återfinns mer i detalj i Bilaga A. Ovanstående punkter utgör en miniminivå, egna kompletteringar är möjliga.

2 Bergunderhåll

För att upprätthålla rätt anläggningssäkerhet krävs att berg besiktas samt att efterföljande skrotning och bergförstärkningar utförs med återkommande intervall. Besiktning utförs enligt indikationer från föregående besiktning och skrotning, i enlighet med myndighetskrav AFS 2003:2.

En del i underlaget för att planera besiktningen är att besiktnings- och skrotningsprotokoll finns tillgängliga, som bör vara en del i dokumentationen över kraftstationen.

Besiktningsprotokollet som upprättas, skall innehålla uppgift om både föregående besiktning, samt förslag till nästa besiktning i tillägg till det direkta besiktningsresultatet.

Det är anläggningsägaren som är ansvarig för anläggningens säkerhet. Bergunderhåll i form av besiktningar med efterföljande åtgärder, skrotning och bergförstärkning bör vara en del i ägarens egenkontrollsystem för anläggningen.

3 Besiktningar

Specifikt för besiktningar i vattenkraftstationer är att utrymmena karaktäriseras av tunnlar och bergrum med relativt låg frekvens av användande annat än vid återkommande revisioner av den maskinella utrustningen i stationen, då nyttjandegraden av utrymmena blir väldigt hög. Den normala frekvensen av personal är återkommande rondningar i stationerna med eventuellt mindre efterföljande avhjälpande åtgärder. I tillfartstunnlar och liknande förekommer således normalt biltrafik någon gång till några gånger per vecka beroende av stationsspecifika rondningsrutiner (som bland annat beror av automatiseringsgrad av stationen). Många stationer är normalt obemannade. Installerad maskinutrustning i maskin- och transformatorsalar representerar höga värden, och innehåller dessutom känslig utrustning. Andra utrymmen kräver avställningar för att kunna beträdas och innehåller även de känslig utrustning, som fallet är för till exempel skentunnlar.

3.1 Bakgrund

Bergunderhållsbesiktningar har varierat i utförande och detaljeringsgrad över tiden. I anslutning till avslutat bygge gjordes ofta efterföljande skrotningar och värderingar av skrotningspersonal och arbetsledning. Ibland har detta utmynnat i en praxis som inneburit att bergbesiktning och bergskrotning utförts med ett visst tidsintervall. Utförandet har ibland skett på samma sätt oavsett bergförhållanden, men ibland också anpassats till omfattning med hjälp av besiktningspersonens/arbetsledningens lokalkännedom. Dessutom så utfördes för ett flertal år sedan bergbesiktningar som en del i myndighetstillsynen, vilken idag ersatts med ägarens egenkontroll.

Erfarenheter från stationer med sämre berg, men även från stationer med ganska få rum och bra berg visar på behov av ett mer nyanserat synsätt på bergunderhåll. Vid avancerade förstärknings konstruktioner och dåligt berg måste man beakta de speciella förhållanden som vattenkraftstationen ställer på tunnel/bergrums tak och väggar. Bättre berg och få rum ger å andra sidan lägre krav.

En konstruktion i berg, där materialet är givet men delvis okänt, har gjort att tillämpningen av återkommande besiktningar med efterföljande underhållsåtgärder i form av skrotning och tilläggsförstärkning finns för bergutrymmen.

Vid bergunderhåll och drift av bergutrymmen strävar man efter en "tillfredsställande" men ofta inte kvantifierad säkerhetsnivå. Inspektioner bör utföras på ett standardiserat sätt vilket även innefattar att redovisa vad som besiktigats/inspekterats.

Speciellt för kraftstationer under jord är att många av dessa är byggda under 1950-1970 tal, med nakna bergytor till stor del. För maskinsalar och transformatorsalar är bergunderhåll (skrotning) och tilläggsförstärkningar svårt om inte omöjligt att utföra utan längre driftsavbrott. Andra svåra utrymmen är till exempel utrymmena mellan bergtak och plåtinnertak samt skentunnlar, vilket medför att för sådana utrymmen blir besiktningsresultatet en villkorsbetingad bedömning, som baseras på bedömningar av liknande utrymmen där tillträde medges.

3.2 Problembild

Bergutrymmena i en kraftstation definierades och utformades samt förstärktes vid utbyggnadstillfället. I en del stationer har senare tillbyggnader av bergutrymmen skett. Det kan innebära att belastningar från omgivande berg eller annan miljöpåverkan tillkommit över tiden. Även sådana saker som inbyggnad, ändrad ventilation och därmed ändrat klimat i stationerna kan ha betydelse för bergunderhållet.

Till saken hör även att svenskt berg, mestadels graniter, ofta har en blockig struktur som ger att sannolikheten för ett direkt sammanfall av tunnlar eller bergrum är mycket liten.

Problembilden består därför i allmänhet av följande:

- Säkrade block
- Avlossning av sprickigt berg vid bergyta
- Avlossning av tidigare sprängskador
- Försämring över tiden av tidigare sprängskador
- Försämring över tiden av förstärkningselement i sig som sprutbetong, betong, bergbult

Av tradition är även många bergytor ointäckta och endast förstärkta med ströbultar. Endast undantagsvis förekommer systematisk förstärkning i form av inbyggnad och liknande. Inbyggnad i form av sprutbetong kräver i regel lägre underhåll.

Belastningar på berget i anslutning till bergrum och tunnlar är strukturella belastningar från blockigt berg men även belastningar på grund av att bergrum ligger nära varandra, uttag av hålrummen har gett upphov till spänningsomlagringar och randspänningar, som överlagrar varandra och leder lokalt till hög last på väggdel eller pelare.

3.3 Mål

För att möjliggöra en standardiserad säkerhetsnivå för bergutrymmena har denna branchgemensamma manual för berginspektion/besiktning tagits fram. Målet är att få en jämnare bedömningsnivå av vattenkraftsanläggningar med avseende på deras speciella förhållanden och användningssätt.

3.4 Avgränsningar

Riktlinjerna för bergbesiktningar i denna manual innefattar inte normalt vattenfyllda tunnlar och schakt, även om de till viss del även kan användas vid besiktning av sådana utrymmen.

Specifika besiktningskriterier, konstruktionsstandarder och analysmetoder behandlas inte i denna manual.

Manualen behandlar inte heller utförande metoder för bergunderhåll.

3.5 Besiktning

Bergbesiktning utförs enligt följande steg

- kompetenskrav på besiktare beaktas, se bilaga D
- Planering, se bilaga A
- Genomförande av besiktning, se checklistor i bilaga E
- Rapportering, se bilaga E

Besiktningen inleds med genomgång av material från föregående besiktning, anmärkningar, samt eventuell skrotningsjournal och andra utförda åtgärder sedan senaste besiktningstillfället.

Besiktning utförs och besiktningsrapport upprättas. Enligt förslaget innefattar besiktningsrapporten anmärkningar (brister och fel) som skett sedan föregående besiktning samt uppgift om ny besiktning.

Besiktningen utmynnar i fyra nivåer avseende framtida åtgärder, och behöver nödvändigtvis inte innebära en omedelbart efterföljande åtgärd.

1. besiktningsrapport med anmärkningar – uppgift om ny besiktning
2. åtgärdsförslag i form av skrotning inom viss tid
3. åtgärdsförslag i form av bergförstärkningar inom viss tid
4. omedelbar åtgärd i form av avstängning, skrotning eller bergförstärkning

3.5.1 Värderingar

Besiktning är beroende av personen som utför den och dennes kunskaper och intresse för uppgiften. Viktig utrustning är belysning och skrotspett. En brygga för att komma åt bergytan kan behövas och ibland kan ställningsbygge vara nödvändigt.

Den nivå som eftersträvas skall vara tillräcklig för att person- och driftsäkerhet skall vara uppfylld.

Vid bestämmandet av lämplig nivå kan andra syften med underhåll och förstärkningar vara värda att komma ihåg som:

Fortifikatorisk förstärkning som ofta är utförd med utstötningsskador och liknande sprängningstekniska fenomen som dimensioneringsgrund, vilket innebär att förstärkningen är utförd som i huvudsak ytförstärkning med relativt kraftig förankring.

Gruvsammanhang där förstärkningar utformas för att fungera en kort tid och också för att kunna fungera vid stora lastförändringar och deformationer, dessutom utför gruvfolk ofta en återkommande tillsyn, skrotning och tilläggsförstärkningar beroende av hur stora förändringarna är, hur nära brytningen är, som en del i den dagliga tillsynen.

Publika anläggningar, vägtunnlar och järnvägstunnlar där besiktningsintervall är relativt frekvent, beroende av att anläggningarna både är utsatta för trafikmiljö

med saltning etc. och klimatvariationen mellan sommar och vinter, samt trafikeras av tredjeman.

Resonemanget för lämplig nivå för förstärkning i stationerna blir således att ha en "hårdare" bedömningsgrund för de delar som påverkas liknande vägtunnlar av trafik och är relativt välbesökta eller innehåller viktiga installationer. Detsamma gäller utrymmen som är utsatta för viss påverkan från vibrationer och uttorkning. I en kraftstation finns det också utrymmen som är mer obesökta och i stort utan miljöpåverkningar vilka inte kan bedömas lika hårt.

Förstärkningarna för tunnlar och bergrum har redan från början utförts med detta som konstruktionsförutsättning. I tillägg till miljöfaktorer kan dock en viss försämring av både berg och bergförankringar ske över tid. Detta innebär att tilläggsförstärkningar till viss grad kan behöva installeras allteftersom anläggningarna blir äldre.

Vid tveksamhet skall besiktningspersonen hellre förorda förstärkning eller annan åtgärd än att "vänta och se". Konsekvenser av eventuella driftstekniska störningar är för de flesta stationer mångfalt större än kostnad för förstärkningsarbeten. Personsäkerheten skall vara alltid vara fullgod.

Nivån som behövs för förstärkningar är att det som installerats en gång i tiden fortfarande har sin funktion kvar – samt att förstärkningselementens livslängd åtminstone är sådana att det fungerar till, och bortom nästa besiktningstillfälle.

Utvärderingsnormen är således mycket öppet formulerad och måste justeras från station till station. Processer som innebär att berörda områden får krav på ökad förstärkning över tiden är:

-uttorkning och uppvärmning av berget runt maskinstationen. Processen börjar relativt omgående och fortgår gradvis, avtagande med åren, tills jämvikt erhålls.

-lastomfördelningar i framförallt skivigt, blockigt berg med låg nivå på förstärkningar, ofta har bara ströbultar satts i samband med tunneldrivningen. Detta kan leda till bergavlossning efter cirka + 15 år.

-klimatväxlingar i tunnel eller bergrum beroende på kontakt med utemiljö, (sommar-vinter) ventilationsluft eller liknande.

Nivån på besiktning bestäms till viss del genom att den redovisas enligt kodlista, och man tvingas därmed att bestämma intervall för de olika objekten. Beroende av hur stationen är utformad skall i samband med avslutad besiktning, besiktningspersonen göra en bedömning och rekommendation när nästa besiktning behöver göras.

4 Referenser

- [1] AMV: AFS 2003:2 Bergarbete
- [2] Stockholms Gatu-och Fastighetskontor. Teknisk handbok. 6701 Drift och underhåll av bergslänter. 2000-01-01 rev. 2000-01-01
- [3] BeFo 80:1/85, Underhåll av bergrum och tunnlar, Alvedahl, Benedik, Öhman. Stockholm 1985.

Bilagor

A Förslag till besiktningsrapportering

För utrymmen inom kraftstationer utförs besiktning enligt ett i förväg uppgjort program baserat på resultat från föregående besiktningsrapporter samt erfarenheter gjorda avseende installerade förstärkningselement (förstärkningselement = bergbult, sprutbetong, innertak, nät, betongförstärkningar osv.).

Besiktningsintervall uppdelas förslagsvis i 5, 10, 20 år intervall och endast i undantagsfall bör tätare besiktningsintervall förekomma.

Besiktningen innefattar samtliga bergutrymmen inklusive bergskärningar (risk för nedfallande sten eller liknande).

Besiktningsrapporteringen bör omfatta följande delmoment

- Problemområden berg och bergförstärkning (brottfenomen- skadetyper)
- Åtgärder – vad behöver göras
- Arbetstyp
- Angelägenhet

Delmomenten förklaras mer ingående i kapitel A1 till A4 nedan.

Metodiken tar avstamp i observationer av sprickighet och andra brottfenomen, (möjliga problemområden). Bedömningar av åtgärder och typ av arbete som kan behöva göras, direkt eller över tiden, görs baserat på observationerna över dessa brottfenomen och besiktarens erfarenhet med motsvarande fenomen.

A.1 Problemområden (frågeställningar)

Med problemområden avses vilka faktorer och händelser som kan påverka bergets stabilitet i en kraftstation, exempel på möjliga frågeställningar kan vara:

- Sättningar och förskjutning i laster, kan ge upphov till sprickbildningar och lokal överlast
- Sönderfall, korrosion av förstärkningselement
- Förstärkningselement satta på fel ställen
- Vibrationer från maskiner
- Värme- uttorkning
- Förändrad ventilation
- Vatteninflöde, tryckförändringar
- Frysning
- Brand
- Fel typ av förstärkningselement installerat

Exempel på hantering av frågeställningen med påkänningar: Kodlista för skador eller eventuella problem, som hanterats vid dimensioneringen av bergrummen eller bergförstärkningarna framgår av tabell 1.

För att placera ett utrymme rätt problemområde behövs inga bestämmningar av lastvärden eller lastkombinationer göras baserat på kodlistan. Besiktaren kan med hjälp av kodlistan grovt ange typen av frågeställning. Ibland kan kodlistan behöva kompletteras, även om målet är att försöka hålla den så kort som möjligt, vilket innebär att likartade brottfenomen etc.. mycket väl kan "tvingas in " i näraliggande brottfenomen enligt kodlistan om besiktaren anser detta vara möjligt.

Tabell 1. Kodlista – Problemområden - brottfenomen

Beskod	BROTTFENOMEN
0	BERGSLÄNTER
0,1	Jord slänt
0,2	Släntlutning
0,3	Grov växtlighet, rötter
0,4	Is sprängning
1	BERGKVALITÉ
1,1	Små block
1,2	Stora block
1,3	Skiktat ogynnsam riktning
1,4	Skiktat gynnsam riktning
1,5	Småblock iförh. till spännvidd
2	BERG MILJÖPÅVERKAN
2,1	Frysning/tining
2,2	Torkning
2,3	övr. vittringsfenomen
3	MISSFÄRGNINGAR ETC.
3,1	Kalkutfällningar
3,2	Bergbeck
3,3	Annat, gips etc...
4	SPRUTBETONGKVALITE
4,1	Kalkutfällningar
4,2	Sprickor i sprutbetong
4,3	Pulverisering
4,4	Bomma partier
4,5	Växtlighet
5	BETONGVALV
5,1	Kalkutfällningar
5,2	Sprickor i betong
5,3	Täckskickt skadat
5,4	Bomma partier
5,5	Växtlighet
6	BERGBULTAR
6,1	Rostvatten
6,2	Loss i hål
6,3	Dålig typ
7	NÄT
7,1	Rostvatten
7,2	Vattenflöden
7,3	Dålig typ
8	SKYDDSTAK
8,1	Infästning av tak
8,2	Vattenflöden
8,3	Dålig typ
9	DRÄNER
9,1	Trasiga
9,2	Omfattning
9,3	Dålig typ
9,4	Dräneringshål
10	ÖVRIGA FENOMEN
10,1	Påkörning - yttre last
10,2	Vibrationsskada
10,3	Brandskada
10,4	Läckage olja eller annat
10,5	Elfel - ljusbåge
10,6	Rörledning- utläckande vatten
10,7	Ventilation-torkning etc...
10,8	Travers, belastningsskada
10,9	Generator - last
10,10	Turbin - last
10,11	Snedställningar-deformationer
10,12	Dynamisk avlastning
10,13	Explosion

A.2 Åtgärd

Vid besiktningen föreslås en åtgärd för varje skadeanmärkning. Förslag till standardiserade åtgärder framgår av listan i Tabell 2. Inga utredningar behöver utföras för att placera objektet enligt åtgärdestabellen, utan det är det direkta besiktningssynpunkterna på plats som ger detta. Behövs utredningar eller tester för att kunna bestämma vad som kan göras är det åtgäds kod 4, (observeras) följt av arbetstyp 11 (utredning). (se kap A.3.)

Tabell 2. Åtgärder

Åtgäds kod	ÅTGÄRDSKOD
1	Repareras
2	Byts
3	Bättras på - tilläggs
4	Observeras
5	Tills vidare ingen åtgärd
6	Tätas
7	Borttas
8	Avstängs
9	Isoleras
10	Justeras
11	Monteras
12	Markeras
13	Rostskyddas
14	Skyddas
15	Klamras
16	Kompletteras
17	Riktas
18	Rensas

A.3 Arbetstyp

För att åtgärda de olika bergtekniska problemen eller skadorna och åtgärd föreslås typ av arbete som behöver göras. Typen av arbete listas enligt Tabell 3.

Tabell 3. Arbetstyper

Arbkod	ARBETSTYP
1	Bergskrotning
2	Bergbult
3	Nätning
4	Sprutbetong
5	Fiberbetong
6	Bomknackning
7	Fjällband
8	Dränmatta
9	Stöttnings
10	Tätning, ytbeläggning
11	Utredning
12	Tvättning, spolning

A.4 Angelägenhet

Hur angeläget det är att åtgärda de olika anmärkningarna vid besiktningen noteras enligt en fallande skala mellan direkt bristfälligt vid inspektionstillfället till bortom 20 år. Se tabell 4.

I och med detta görs en bedömning av hur fort ”förfallet” sker baserat på egen erfarenhet hos besiktaren, men också på hur fort det verkar ske i den aktuella anläggningen.

Vid angelägenhetsgrad vägs de olika rummens klimat- och driftsmässiga belastningar in av besiktaren baserat på dennes erfarenhet. En del utrymmen eller typer av förstärkningar blir således villkorsbetingade då de inte går att se, tex. ingjuten bergbult och sprubetong bakom innertak, utan måste bedömas efter förstärkningselementens tillstånd på övriga delar av stationen, eller med utgångspunkt i annan station med likartade förhållanden och typ av förstärkningselement.

Tabell 4. Angelägenhetsgrad

Angkod	ANGELÄGENHETSGRAD
0	Tills vidare ingen åtgärd
1	Bristfällig funktion bortom 20 år
2	Bristfällig funktion inom 20 år
3	Bristfällig funktion inom 10 år
4	Bristfällig funktion inom 5 år
5	Bristfällig funktion vid inspektion

B. Utformning av kraftstation – speciella förhållanden

Konstruktiv utformning

Konstruktiv utformning framgår av dokumentation för anläggningen. Nedan angivna delar skall endast användas som vägledning.

Innertak

I många stationer har innertak utförts i maskinsalar och angränsande utrymmen. Innertaken kan vara i betong som dimensionerats för att vara självbärande samt för att ta viss berglast och i en del fall även dimensionerats fortifikatoriskt. Sådana tak är utförda så att underliggande bergrum och installationer inte påverkas av en eventuell berginstabilitet. Riskerna ur bergsynpunkt för en sådan maskinsal är därmed låg.

Innertak förekommer även i form av ljudabsorbenter och plåtar mot vattendropp monterade direkt mot berg samt som plåttak med visst mellanrum mot berg. Sådana takkonstruktioner kan på sikt innebära en risk. Besiktning med demontage av några plåtar eller ljudabsorbenter, åtminstone stickprovsmässigt bör därför göras inom takens livslängd, framförallt infästningar skall kontrolleras, så att olyckstillbud undviks.

Bergförstärkningar

Bergförstärkningar utgörs i huvudsak av ingjutna förspända och icke förspända bergbultar, kompletterat med nät och sprutbetong i en del stationer. Det förekommer även många bergytor med ingjuten slak bergbult och kvarvarande expanderbult (driftbult) från byggtiden.

Merparten av bergbultarna är SN-bult eller bultar satta med perfo. SN-bultar börjar förekomma efter Stornorrfor's utbyggnad cirka 1950. (SN = Stornorrfor's) Tidigare bultar är däremot en flora av alla möjliga typer. (kilbultar, injektobultar, expanderbultar).

SN-bultar förväntas i normalfallet ha en livslängd på omkring 100 år. Andra bulttyper har säkert kortare livslängd.

Bergytor

Nakna bergytor i anläggningarna utsätts för miljöbelastningar som uttorkning, vattenflöden, vibrationer.

Tillfartstunnlar

Tunneltak i främst tillfartstunnlar utsätts för varierande klimat mellan sommar och vinter.

Vid jämt klimat påverkas troligen tunneltak i anläggningarna ytterst marginellt sedan den första tidens avflagning av gamla sprängskador skett. (första 10 – 15 åren).

Tillfartstunnlar med sprutbetong eller ytförstärkning med nät kan behöva mindre kontroller även om dessa är utsatta för klimatbelastning.

C. Checklista vid bergbesiktning

Checklistor

CHECKLISTA 1, val av detaljeringsgrad

Om någon av följande punkter uppfylls – gå till checklista 2a

- skyddsrum, andra bergrum med lågfrekvent användning ☐
- tillfartstunnlar, lugnt klimat ☐
- ev. bi utrymmen till kraftstation med lugnt klimat
och utan vibrationer ☐

- tunnlar/bergrum
- mycket låg trafikintensitet ☐
- antalpersoner i anläggning , sällan eller nästan aldrig ☐
- bergutrymmen med endast väggar, tak i betong ☐

Om någon av följande punkter uppfylls – gå till checklista 2b

- tunnel,bergrum, använt (maskinsal) ☐
- tillfartstunnlar, schakt med varierande klimat ☐
- förskärningar utsatta för frysning ☐

- tunnlar/bergrum
- medel till hög trafikintensitet ☐
- antalpersoner i anläggning medel till hög, till ofta ☐

CHECKLISTA 2. Besiktningar - val av typ av besiktning

2a

- Inga tidigare bergproblem ☐
- Inga tidigare förstärkningsproblem ☐
- Vidare hänvisning från checklista 1 del a. ☐

2b

- Tidigare bergproblem ☐
- Tidigare förstärkningsproblem ☐
- Vidare hänvisning från checklista 1 del b. ☐

Om första delen, 2a, ikryssad välj:

- Besiktning
- Besiktning - handnära avstånd

Om andra delen, 2b, ikryssas välj:

- Besiktning – handnära avstånd
- Besiktning -handnära och kontroll av skrotning
- Skrotning och samtidig besiktning handnära

CHECKLISTA 3. Driftsorder/Arbetsbevis/Arbetsorder

- Elsäkerhetsavställning behövs ej ☐
- Elsäkerhetsavställning behövs ☐

Om senare ikryssad företa nödvändiga åtgärder före besiktning

CHECKLISTA 4, bedömningsschema – problemområden

Samtliga konstruktionselement besiktas oberoende av typ av besiktning men givetvis på olika sätt beroende av val av besiktning enligt Checklista 2.

De konstruktionselement som besiktas är

- Berg ☐
- Bultar ☐
- Ytförstärkningar, nät ☐
- Ytförstärkningar, sprutbetong ☐
- Infästningar i berg (tex. för undertak) ☐
- Dräner framförallt infästningar i berg-korrosion ☐

Använd problemområdes kod enligt bilaga A för besiktningen. ☐

***Berg**

- Skrotat, uppsprickning gamla sprängskador ☐
- Tak och anfang men även väggar ☐
- Rörelser i block eller blockgränser (temperatur, uttorkning etc.) ☐
- Ytvittring (främst skiffrar) ☐
- Dräneringssystem ☐
- Uppbyggnad av vattentryck ☐
- Växtlighet ☐
- Övriga skador ☐

***Bultar**

- Bulttyper ☐
- Bultlängd i förhållande till bergstruktur ☐
- Rörelser i block ☐
- Bultläge i förhållande till berg ☐
- Korrosion yttre ☐
- Korrosion inre ☐
- Övriga skador ☐

***Ytförstärkningar nät**

- Nättyp ☐
- Infästning till berg ☐
- Omfattning ☐
- Övriga skador ☐

***Ytförstärkningar sprutbetong**

- Oarmerad ☐
- Armerad ☐
- Fiberarmerad ☐
- Tjocklek ☐
- Vidhäftning ☐

Infästning till bult/berg	☐
Dräneringssystem	☐
Uppbyggnad av vattentryck	☐

*Betongförstärkningar

Betongtyp	☐
Rätt läge av förstärkning	☐
Uppsprickning	☐
Täckskikt - korrosionsdriven avlossning	☐
Rörelser i block eller blockgränser, gränser mot betong	☐
Dräneringssystem	☐
Uppbyggnad av vattentryck	☐
Utfällningar	☐
Växtlighet	☐
Övriga skador	☐

*Dräneringar

Rätt läge av dränering	☐
Förbiläckning	☐
Infästningar	☐
Utfällningar i blockgränser, gränser mot betong	☐
Dräneringssystem	☐
Uppbyggnad av vattentryck	☐
Växtlighet	☐
Övriga skador	☐

CHECKLISTA 5, förhållandesätt till icke besiktningsbara utrymmen

- inbyggda områden ☐
- väggar utanför stationer ☐
- bergtak ovan innertak ☐

Här bör besiktaren göra sig en bild över ovanstående baserat på tillstånd på övriga utrymmen i stationen och föreslå åtgärder.

Underlag till bedömningen noteras i anmärkning till besiktningen ☐

CHECKLISTA 6, val av intervall för nästa besiktning

Om någon av följande punkter uppfylls – gå till långt tidsintervall checklista 7

- skyddsrum, andra bergrum som icke används ☐
- tillfartstunnlar, lugnt klimat ☐
- ev. bi utrymmen till kraftstation med lugnt klimat och utan vibrationer ☐
- tunnlar/bergrum
- mycket låg trafikintensitet ☐
- Antalpersoner i anläggning – sällan eller nästan aldrig några ☐
- Ytförstärkning utan anmärkning ☐
- Bergkvalité utan anmärkning ☐

Om någon av följande punkter uppfylls – gå till kort tidsintervall i checklista 7

- tunnel,bergrum, högfrekvent användning (maskinsal) ☐
- tillfartstunnlar och schakt med varierande klimat ☐
- förskärningar utsatta för frysning ☐
- tunnlar/bergrum
- medel till hög trafikintensitet ☐
- Antalpersoner i anläggning medel -många– arbetssituation ofta ☐
- Ytförstärkning med anmärkningar ☐
- Dränering med anmärkning ☐
- Bergkvalité med anmärkning ☐

Checklista 7 – besiktningsutlåtande

Bedömnings schema ifyllt ☐

Val av tidsintervall

Tidsintervall 4 – 5 år ☐

enligt ang.kod >5 år ☐

Tidsintervall 6 –10 år ☐

>10 år ☐

>20 år ☐

Besiktningslista(kodlista-checklistor ifyllda) ☐

Minimikrav enligt kodlista ☐

Anläggningsägarens kontrollsystem ☐

Till anläggningsdokumentation ☐

CHECKLISTA 8, vem som utfört besiktningen

Vem har gjort och hur har besiktning genomförs

Ingen inspektion av berget (periodiskt underhåll) ☐

Driftspersonal ☐

Bergtekniskt sakkunnig ☐

Bergarbetare i samband med skrotning ☐

Bergtekniker-handnära, skrotspett kontroll ☐

Bedömningsschema

Bedömning av problem görs rumsvis. Vid flera platser med olika problem i samma rum så anges detta separat för varje påträffad skadetyper. Detta visas i figuren nedan. Baserat på tabellerna i Bilaga B sammanställs en indata tabell/lista enligt nedan. Exemplet är från en kraftstation i storblockig granit.

Anm nr	År	Rums nr.	Anmärkingar	Bes-kod	Åtg-kod	Arb-kod	Ang-kod	Kostn. Kkr
1	2004		Förskärning, blockigt i vänster sida och frontvägg, viss bultning kvarstår, jämte skrotning eftersyn efter några vintrar	0,3	5	2	3	30
2	2004	M01.35	Gång mellan luckort och generatorplan, block i bryn, främst nät i bryn. Parti med blockigt berg	1,1	11	3	5	10
3	2004	M1.33	Dräntunnel från Turbinplan, närmast stationen viss kalkutfällning, Överlag relativt småblockigt berg tre zoner övertvårat tunneln.	1,1	4	1	0	
4	2004	M1.39	Pumpschakt med storblockigt berg, överhäng på nedströms sidan, Bultning, visst vattendropp från bergyta	1,2	3	2	1	30
5	2004	M01.01	Generatorplan med bergväggar nedströms med kabelschakt och helt betongsprutade väggar, uppströms vägg med storblockigt berg bultat och fjällband, vänster vägg delvis inbyggd. H=3.5 m	1,2	3	2	1	7
6	2004	M02.01	Turbinplan med bergväggar, visst överhäng uppströms, kalkitutfällning i kontakt med bjälklag nedströms sidan. Zinkmålade bultar.	1,2	3	2	1	10
7	2004	M02.01	Bergrum 18 och 19, bergvägg i schakt endast 1 vägg.	1,2	5	1	0	
8	2004	I03.22	Tunnel under intag med bergväggar, grundläggningsfråga eg	1,2	5	11	0	
9	2004	I02.01	Parti mellan intag med bergklack med trapp över.	1,2	5	11	0	
10	2004	D03.04	Inspektiongång under utskove, bergklackar i fack mellan utskovspelare. Grundläggningsfråga och utskovsstabilitetsfråga eg.	1,2	5	11	0	
11	2004	M1.38	Kabelschakt från generatorplan ett schakt per maskin. Betongsprutning vid anslutning till stationen. För aggregat 2, torrt sprutbetong.	10,7	5	6	0	
12	2004	M1.22	Tillfartstunnel, kort del av tunneln närmast port bär berg cirka 3 m. Något vattendropp	2,1	11	3	4	24
13	2004	M1.32	Hiss schakt inkl. tillträdes tunnlar från Generatorplan, med låga bergväggar och från Maskinsalsplan från Verkstad. Spiraltrapp vid hiss, kalkutfällningar, bryn mot hiss med innertak vid port.	2,3	11	3	4	20
14	2004	M1.28	Tunnel från verkstad med plåt i tak, ej besiktat helt, viss kalkutfällning i höger sida ut mot tunnel	2,3	4	1	0	
15	2004	M01.54	Ort till schakt och utrymme under trafosal, med lägre väggar i trapphus M02.54, schakt tjänar som utrymningsväg. Mycket vattendropp (snösmältning pågick). Bergväggar mellan stannplan i betong. Kalkutfällningar.	3,1	11	8	0	
16	2004	M1.37	Kabelschakt från generatorplan ett schakt per maskin. Betongsprutning vid anslutning till stationen. För aggregat 1, utfällningar av kalk och gulfärgat vatten.	3,1	11	8	0	
17	2004	M1.18	Luckort Sprutat uppströmsvägg, calcit utfällning, inre del sprutbetong	4,1	4	6	0	
18	2004	M01.52	Tak runt omformarum och Trafosal, området till stor del betongsprutat, ev. lokala bergväggar med bär berg, och dräner i stor omfattning - längst in trafosal.	5,4	5	6	0	
19	2004	M1.22	Övriga delar av tillfartstunneln, bultat och nätat med innertak, nedfällbart för ev. bergunderhåll	7,3	2	3	1	339
20	2004	M1.20	Oljeort, Storblockig granit, bultat och nätat med innertak nedfällbart för ev. bergunderhåll, inga partier med vattendropp. Torrt berg. Endast väggar efterses avseende skrotning etc...	7,3	2	3	1	154
21	2004	M01.51	Utanför port till transformersal - grop i maskinsal. Från bryn i maskinsal nätat och innertak i plåt	7,3	2	3	1	72
22	2004	M1.20	Utrymme ovan kompresso och fläktrum, huvudsakligen innertak i form av kupig plåt	8,3	2	3	0	35

Kodlistan:

- Bergegenskaper/förhållanden (besiktningskod)
- Åtgärder
- Arbetsätt
- Angelägenhet
- kostnadsuppskattning av bedömd åtgärd (optional)

Enligt Bilaga A, används för de här 4 delarna.

D. Kompetenskrav för bergbesiktare

Personal för bergbesiktning skall ha lämplig kompetens för uppgiften.

Företrädesvis bör personer med kompetenskrav motsvarande områdesskrotare eller liknande användas. Se tabell för rekommenderade kompetenskrav.

Arbetsmiljöverket ger dock i AFS2003.02 krav på bergbesiktning enligt riktlinjer från föregående besiktning.

	Känna till	Ha kunskap om	Vara specialist på
Konstruktion av bergrum	x		
Förstärknings element (teori – funktion)		x	
Förstärknings element (praktisk erfarenhet)			x
Skrotningsarbeten (praktisk erfarenhet)			x
Geologi	x	(x)	
Bergmekanik	x	(x)	
Funktion, beteende hos/av geologiska miljöer (blockig granit, leromvandlat berg)			x
Planering av förstärkningsarbeten		x	
Utförande av förstärkningsarbeten i Kraftstations specifika miljöer med samtidig drift			x

E.Nivå och exempel på besiktning

Befintligt material

För att möjliggöra framtida besiktningar med hög tillförlitlighet bör relationsritningar avseende bergförstärkningar och bergegenskaper finnas att tillgå för stationen. Finns inte sådan kan sådan skapas enligt följande exempel. Ritningarna kan ha en mycket översiktlig natur. Det viktiga är inte att varje spricka, och att förstärkningsmängder till läge och tjocklekar anges exakt. Läget av olika förstärkningar bör ha en noggrannhet av 0,5 m i sida.

I figur E 1 och E 2, ger exempel på teckenförklaringar som kan användas.

Nivån på kommenterade tillstånd och åtgärder framgår av ritningar i figur E1 och Figur E2.

BERGFÖRSTÄRKNINGAR  SPRUTBETONG  D.O KALKUTFÄLLNINGAR  D.O SPRICKIG  NÄTAT OMRÅDE BERGBULT (EJ BULTLÄGE)  INNERTAK I BETONG  DRÄN  SCHAKT  BRANDFLÄCK  INNERTAK I PLÅT DUBBLA PÅSLAG (?) TJÖCKARE SPRUTBETONG	Exempel på kommentarer till ritning över utförda bergförstärkningar. Mycket översiktligt inlagda på karta. I huvudsak sprutbetong, bergbult och innertak av betong eller av plåt. Eventuellt kompletterad med viss statistik som antal betongbågar, tjocklekar eller provresultat från bultar eller betong där så gjorts.
Figur E.1 Teckenförklaring för bergförstärkningar införda på ritning	

BERGFÖRHÅLLANDEN  SKIKTNING (STRYKNING, STUPNING)  SKIKTNING, FLÄKT SLAG  VATTENOMRÅDE  FUKTNING  VATTENDROPP  RINNANDE VATTEN  BERGBÄCK  KALKUTFÄLLNING PÅ BERG  ROSTUTFÄLLNING  DAMIGT, UTTÖRKNING  UTTALAD SKIKTNING, GLIMMER  BERGBLOCK  STÖRRE GEOLOGISK SPRICKA, SKIKTNING  D.B. MED FUKTNING  JÄRNVITTRING GLIMMERSKÖL  OMRÅDE MED ISBILDNING, FRYSNING ETC  SKROTNINGSSRÖS  BRECCIA  KVARTSBAND  FÖRKASTNING  BESKRIVET OMR. AVSTÄNGT  KÄRKELERAD SPRUTBETONG  MISSA (JÄRNROST)	Bergförhållandena noteras på karta över anläggningen. Inläggningsnoggrannhet cirka 0,5 m. Mer exakt inmätning bedöms inte som nödvändig för att kunna göra sig en överblick över anläggningens geologiska miljö. Till kartan bör även höras en kort bergbeskrivning som dels berättar om bergförhållanden, bergart och sprickritningar och andra större strukturer som konstaterats i anläggningen. Bergbeskrivningen kan även innefatta någon speciell kontrollpunkt som bör kollas, till exempel vittring eller bergavlossning i en förkastning.
Figur E2. Exempel på bergegenskaper som noteras vid besiktning direkt på karta (vid första besiktningstillfälle och eventuellt senare som komplettering).	

Skriftlig information

I tillägg till kartor bör man även gå igenom tidigare besiktningsnotat, som innehåller anmärkningar vid tidigare besiktningar, samt utförande rapporter från skrotning och eventuell bergförstärkning som gjorts sedan senaste besiktningstillfället. Kontrollera om översiktsritningar är uppdaterade – annars bör det ingå som ett led i uppdateringen av stationsinformationen.

Besiktning nivåbestämning

Vid besiktningen utförs en tillståndsbedömning av bergytor och bergförstärkningar. Nivå bestämningen görs utifrån besiktningsmannens kompetens och erfarenhet, men med följande utgångspunkter för olika typer av bergrum.

Tabell E1. Utgångspunkter för besiktning för olika bergrumstyper.

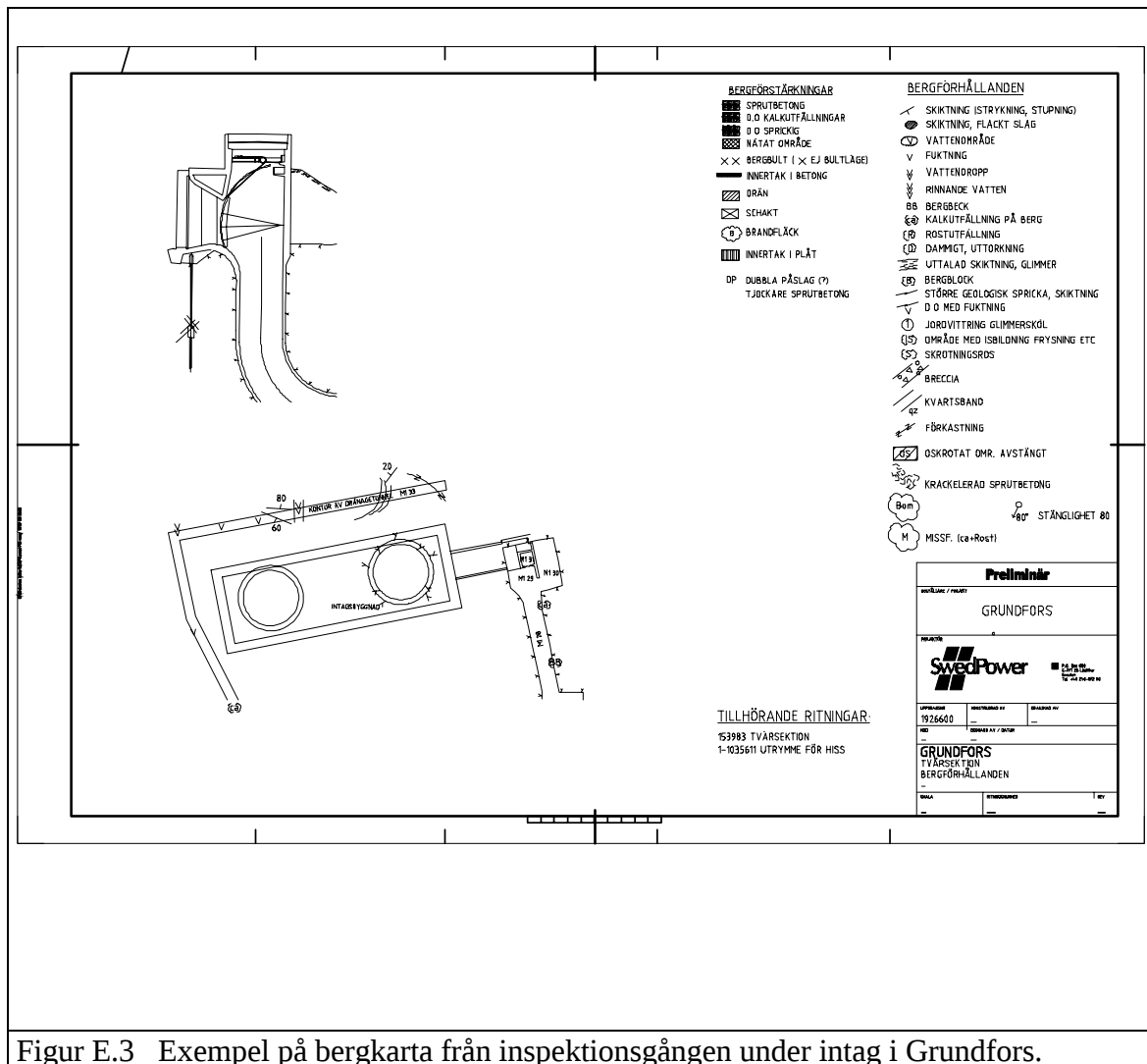
Bergutrymme	Specifik miljö	Besiktningsnivå- vad bör kontrolleras specifikt
Förskärningar	Ofta vårdslöst sprängt. Frysning och svallis. Grov vegetation, rötter Ibland diken och värme.	Kontrollera korrosion bultar och förstärkning. Frostisolering skick ?. Block och risk för förskjutningar
Tillfartstunnlar	Ventilation kan innebära viss frysrisk speciellt vid vattenflöden ofta nära början av tunnel. Längden på tunnel innebär att olika bergarter, förkastningar ibland passeras. Relativt stor spännvidd med låg pilhöjd, känslig för spänningssamlagringar ?	Kontrollera bergtillstånd i närhet till områden med miljöpåverkan. Samt vid ändrade bergförhållanden.
Maskinsal	Värme och vibrationer från maskin.	Kontrollera miljöförändringar. Bergförstärkningsåtgärder i anslutning till gavlar och tak ofta bristfälliga ?
Transformatorsal	Värme och vibrationer från trafos.	Miljöförändringar
Luckorter	Fukt och värme Väggar åsidosatta vid uttag	Luckschakt, skrotningsbehov Väggar skrotningsbehov
Diverse transport tunnlar	Jämnt klimat Väggar åsidosatta vid uttag	lokalt skrotningsbehov i tak ? Väggar skrotningsbehov
Biutrymmen ej uppvärmda	jämt klimat	
Biutrymmen till maskinsal och trafosal	Viss uppvärmning och uttorkning	Lokalt skrotningsbehov ev. bara bergytor
Inspektionsutrymmen med bergtak. (gång under damm)	Jämt klimat, fuktigt	Lokalt skrotningbehov av tak, viss skrotning av väggar
Inspektionsutrymmen med väggar och betongtak	Ev. förankrade väggar, från takinfästning. Jämt klimat, lokal frysning vid liten täckning mot markyta.	Eftersyn större block i väggar, viss skrotning. Frostisolering

Exemplet på besiktning och besiktningsresultat utgörs av en besiktning från Grundfors kraftstation. Besiktningsprotokoll men även de förenklade bergritningarna där besiktningsanmärkningarna återfinns i exemplet. (obs att i huvudsak endast bergförhållanden som återfinns vid anmärkningar anges på

bergritningarna). Som exempel på bergritning visas en ritning av inspektionsgång under intagen. Se anmärkning 10 protokollet.

Anm nr	År	Rums nr.	Anmärkingar	Bes-kod	Ätg-kod	Arb-kod	Ang-kod	Kostn. Kkr
1	2004		Förskärning, blockigt i vänster sida och frontvägg, viss bultning kvarstår, jämte skrotning eftersyn efter några vintrar	0,3	5	2	3	30
2	2004	M01.35	Gång mellan luckort och generatorplan, block i bryn, främst nät i bryn. Parti med blockigt berg	1,1	11	3	5	10
3	2004	M1.33	Dräntunnel från Turbinplan, närmast stationen viss kalkutfällning, Överlag relativt småblockigt berg tre zoner övertvårat tunneln.	1,1	4	1	0	
4	2004	M1.39	Pumpschakt med storblockigt berg, överhäng på nedströms sidan, Bultning, visst vattendropp från bergyta	1,2	3	2	1	30
5	2004	M01.01	Generatorplan med bergväggar nedströms med kabelschakt och helt betongsprutade väggar, uppströms vägg med storblockigt berg bultat och fjällband, vänster vägg delvis inbyggd. H=3.5 m	1,2	3	2	1	7
6	2004	M02.01	Turbinplan med bergväggar, visst överhäng uppströms, kalkitutfällning i kontakt med bjälklag nedströms sidan. Zinkmålade bultar.	1,2	3	2	1	10
7	2004	M02.01	Bergum 18 och 19, bergvägg i schakt endast 1 vägg.	1,2	5	1	0	
8	2004	I03.22	Tunnel under intag med bergväggar, grundläggningsfråga eg	1,2	5	11	0	
9	2004	I02.01	Parti mellan intag med bergklack med trapp över.	1,2	5	11	0	
10	2004	D03.04	Inspektionsgång under utskove, bergklackar i fack mellan utskovspelare. Grundläggningsfråga och utskovsstabilitetsfråga eg.	1,2	5	11	0	
11	2004	M1.38	Kabelschakt från generatorplan ett schakt per maskin. Betongsprutning vid anslutning till stationen. För aggregat 2, torrt sprutbetong.	10,7	5	6	0	
12	2004	M1.22	Tillfartstunnel, kort del av tunneln närmast port bär berg cirka 3 m. Något vattendropp	2,1	11	3	4	24
13	2004	M1.32	Hiss schakt inkl. tillträdes tunnlar från Generatorplan, med låga bergväggar och från Maskinsalsplan från Verkstad. Spiraltrapp vid hiss, kalkutfällningar, bryn mot hiss med innertak vid port.	2,3	11	3	4	20
14	2004	M1.28	Tunnel från verkstad med plåt i tak, ej besiktat helt, viss kalkutfällning i höger sida ut mot tunnel	2,3	4	1	0	
15	2004	M01.54	Ort till schakt och utrymme under trafosal, med lägre väggar i trapphus M02.54, schakt tjänar som utrymningsväg. Mycket vattendropp (snösmältning pågick). Bergväggar mellan stannplan i betong. Kalkutfällningar.	3,1	11	8	0	
16	2004	M1.37	Kabelschakt från generatorplan ett schakt per maskin. Betongsprutning vid anslutning till stationen. För aggregat 1, utfällningar av kalk och gulfärgat vatten.	3,1	11	8	0	
17	2004	M1.18	Luckort Sprutat uppströmsvägg, calcit utfällning, inre del sprutbetong	4,1	4	6	0	
18	2004	M01.52	Tak runt omformarum och Trafosal, området till stor del betongsprutat, ev. lokala bergväggar med bär berg, och dräner i stor omfattning - längst in trafosal.	5,4	5	6	0	
19	2004	M1.22	Övriga delar av tillfartstunneln, bultat och nätat med innertak, nedfällbart för ev. bergunderhåll	7,3	2	3	1	339
20	2004	M1.20	Oljeort, Storblockig granit, bultat och nätat med innertak nedfällbart för ev. bergunderhåll, inga partier med vattendropp. Torrt berg. Endast väggar efterses avseende skrotning etc...	7,3	2	3	1	154
21	2004	M01.51	Utanför port till transformatorsal - grop i maskinsal. Från bryn i maskinsal nätat och innertak i plåt	7,3	2	3	1	72
22	2004	M1.20	Utrymme ovan kompresso och fläktrum, huvudsakligen innertak i form av kupig plåt	8,3	2	3	0	35

Tabell E2: Besiktningsprotokoll exempel från Grundfors



Figur E.3 Exempel på bergkarta från inspektionsgången under intag i Grundfors.



ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se