



ENKÄTSTUDIE – INSAMLING OCH LAGRING AV BERGTEKNISKA OCH HYDROGEOLOGISKA DATA

Susanne Grigull

Paul Evins

Johan Berglund

Ann Bäckström

Lars Jacobsson

Karl-Johan Loorents

Eva Samuelsson

Mats Svensson

Robert Swindell

Johan Thörn

Sofia Winell

Enkätstudie – Insamling och lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data

Questionnaire study – Engineering-geological and hydrogeological data collection and storage

Susanne Grigull, Sveriges geologiska undersökning (nu Svensk Kärnbränslehantering AB)

Paul Evins, WSP

Johan Berglund, Statens geotekniska institut

Ann Bäckström, Nitro Consult

Lars Jacobsson, Research institutes of Sweden

Karl-Johan Loorents, Trafikverket

Eva Samuelsson, Geosigma

Mats Svensson, Tyréns

Robert Swindell, Sweco

Johan Thörn, Bergab / Chalmers

Sofia Winell, Geosigma

FÖRORD

Stora mängder bergtekniska och hydrogeologiska data samlas in kontinuerligt i samhällsbygget, dock är det mycket svårt att återanvända dessa data. Oftast krävs att data samlas in på nytt inför nya projekt, även om det redan finns data från bergbyggnationer i området. Det beror på att insamlingsprocesserna inte är standardiserade och att det inte finns något centralt system där de insamlade data kan tas emot och tillhandahållas.

Föreliggande projekt är en förstudie som identifierar vilka förbättrings- och standardiseringsbehov det finns för insamlingsmetoder och metodbeskrivningar för bergtekniska och hydrogeologiska parametrar. I förstudien undersöks dessutom hur befintliga databaslösningar används idag för lagring och tillhandahållandet av berg- och hydrodata och hur ett nationellt datalagringsystem skulle eventuellt kunna fungera. Förstudien som ligger till grund till denna rapport genomfördes med hjälp av två omfattande frågeenkäter som utförande projektgruppen tog fram och som besvarades av 55 utvalda experter inom bergbyggnadsbranschen. Rapporten avslutas med en diskussion och rekommendationer för vägen framåt.

För att kunna återspegla branschens syn involverades ett brett spektrum intressenter från bergbyggnadsbranschen och myndigheter i projektet. Projektgruppen såsom referensgruppen och enkättagarnas grupp sammansattes av olika aktörer från bergbranschen och myndighetsorganisationer. I utförande projektgruppen ingick Susanne Grigull (Projektledare/Sveriges geologiska undersökning, nu på Svensk Kärnbränslehantering AB), Paul Evins (WSP), Johan Berglund (Statens geotekniska institut), Ann Bäckström (Nitro Consult), Lars Jacobsson (Research Institutes of Sweden), Karl-Johan Loorents (Trafikverket), Eva Samuelsson (Geosigma), Mats Svensson (Tyréns), Robert Swindell (Sweco), Johan Thörn (Bergab och Chalmers tekniska högskola) och Sofia Winell (Geosigma). I referensgruppen ingick Carl-Erik Hjerne (Sveriges geologiska undersökning), Claudia Sanchez Elias (Svensk Kärnbränslehantering AB), Jim Hedfors (Statens geotekniska institut), Elisa Lazzari (Tyréns), Ola Forsberg (Trafikverket), Philip Curtis (Sveriges geologiska undersökning), Assen Simeonov (Svensk Kärnbränslehantering AB) och Per Tengborg (Stiftelsen Bergteknisk Forskning - BeFo). Det valdes att enkättagarna ska förbli anonyma. Projektets finansiering kom från Stiftelsen Bergteknisk Forskning (BeFo) och in-kind från medverkande organisationer.

Det är vår förhoppning att föreliggande rapport kan tjäna som beslutsunderlag vid initiering och finansiering av projekt som leder till standardisering av insamlingsmetoder samt relaterade metodbeskrivningar och till ett nationellt system för lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data.

Stockholm 2020

Per Tengborg

SAMMANFATTNING

Insamling av bergtekniska och hydrogeologiska data sker kontinuerligt och i olika faser av bergbyggnadsprojekt. I nuläget är insamlingsprocesserna dock inte standardiserade och det finns inget centralt, nationellt system för att lagra insamlade data. Det är också svårt att värdera eller återanvända data från tidigare projekt och oftast måste all nödvändiga fältdata samlas in från noll inför nya infrastrukturprojekt, även i områden där det finns tidigare bergbyggnation. Arbete inför och under denna förstudie pekar på ett stort behov av dels en tydligare och delvis förbättrad metodik för insamling av data och dels önskemål om en nationell portal för åtkomst till arkiv och databaser, med information från tidigare bergbyggnadsprojekt i ett område.

Med hjälp av två enkätstudier som skickades ut till olika aktörer i bergbyggnadsbranschen har vi identifierat geologiska, bergtekniska och hydrogeologiska parametrar vars insamlingsmetodik och metodbeskrivningar är i behov av att förbättras och eventuellt standardiseras. Med hjälp av enkätsvaren har befintliga databaslösningar samt önskemål runt funktionaliteten av en framtida nationell databas också analyserats.

Enkätstudien pekar också på att en standardisering av datainsamlingsprocessen är nödvändig för att säkerställa tillförlitligheten och spårbarheten av data, samt på att standardiserad metodik bör vara anpassad till projektkomplexitet och i möjligaste mån ansluta till nuvarande internationellt accepterad metodik. Studien visar dock även att bergbyggnadsbranschens åsikter är mycket splittrade kring vissa frågor. Hur processen att driva utvecklingen och förvaltandet av metodik, metodbeskrivningar och dataportal/databas är inte heller självklart, eller hur detta ska finansieras och vilka förvaltande organ som ska ansvara.

Det rekommenderas i denna förstudie att man vid en uppbyggnad av en nationell databas delar upp en sådan i ett sökbart dokumentarkiv och i en parameterdatabas. En eller flera statliga organisationer bör ha huvudansvaret för förvaltning.

Föreliggande rapport är tänkt att tjäna som beslutsunderlag vid initiering och finansiering av projekt inom det aktuella området. Det rekommenderas starkt att den eller de organisationerna som ska bygga upp ett dokumentarkiv och en nationell parameterdatabas tar hänsyn till de funktionsönskemål som tas upp i rapporten.

Notera att denna rapport även finns tillgänglig i PDF-format på Stiftelsen Bergteknisk Forskning – BeFos hemsida¹. Länkarna i rapporten kan enkelt öppnas direkt från PDF-filen och bilder kan förstöras.

Nyckelord: förstudie, standardisering, insamlingsmetoder, nationell databas, bergtekniska data, hydrogeologiska data

¹ http://www.befonline.org/publikationer/r-204_1906

SUMMARY

Geotechnical and hydrogeological data are collected during all phases of construction projects. Currently, the collection of such data is not standardized and there is no central, national system for storing the collected data. It is also difficult to evaluate or re-use such data from previous projects which results in collecting the same field data from scratch for new infrastructure projects. Previous studies and this feasibility study have shown the need for clearer, improved methodologies for data collection along with a national portal for access to geotechnical and hydrogeological archives and data from previous projects.

Through two surveys answered by key parties in the rock construction industry, we have identified geotechnical and hydrogeological parameters that need improved methodology and method descriptions and possibly standardization. Existing database solutions, as well as suggestions for the functionality of a future national database have also been analyzed from the survey responses.

Survey results also show that data collection standardization is necessary to ensure data reliability and traceability, and that standardized methodologies should be adapted to project complexity and try to conform to current internationally accepted methodologies. However, the study also shows that industry views are divided on certain issues. How new methodologies and data portals / databases will be developed, funded, managed and implemented also remains to be clarified.

This feasibility study recommends a national database divided into a searchable document archive and a parameter database. One or more government organizations should be responsible for administration.

The present report serves as a decision basis for initiating and financing projects in the area concerned. It is strongly recommended that any organization(s) that build a document archive and a national parameter database take into account the functional requirements mentioned in this report.

Note that this report is also available in PDF format on Stiftelsen Bergteknisk Forskning - BeFo's website². The links in the report can be easily opened directly from the PDF file and images can be enlarged.

Keywords: feasibility study, standardization, data collection methods, national database, geotechnical data, hydrogeological data

² http://www.befoonline.org/publikationer/r-204_1906

INNEHÅLL

Projektbakgrund	1
Projektsyfte	2
1. Inledning	3
1.1 Generering av data	3
1.2 Lagring och hantering av data	4
1.3 Användning av data	4
1.4 Upprätthållande av kvalitetssäkring	5
1.5 Exempel på existerande databaser	5
Delprojekt 1	7
2. Genomförande – Delprojekt 1	9
2.1 Frågeenkät för delprojekt 1 – Insamling av data	9
3. Resultat – Delprojekt 1	11
3.1 Deltagare	11
3.2 Projektkomplexitet	12
3.3 Branschpraxis, klassificeringssystem och karaktäriseringsskala för bergkartering	14
3.3.1 Branschpraxis	14
3.3.1.1 Datakälla: borrhål och borrhärnor	14
3.3.1.2 Datakälla: tunnlar	16
3.3.1.3 Datakälla: håll/bergskärning	16
3.3.2 Klassificeringssystem	16
3.3.2.1 Föredraget klassificeringssystem i fritextsvar om branschpraxis	17
3.3.2.2 Föredraget klassificeringssystem baserat på projekttyp	17
3.3.3 Klassificeringssystemens träffsäkerhet	21
3.3.4 Parameterdefinition och metodbeskrivningar för olika klassificeringssystem	23
3.3.5 Sektionslängd för karaktärisering	27
3.3.6 Delslutsatser – branschpraxis och klassificeringssystem	30
3.4 Geologiska data	31
3.4.1 Bergart	31
3.4.2 Duktila strukturer	32

3.4.3	Svaghetszoner.....	33
3.4.4	Orientering.....	35
3.4.5	Sprickegenskaper.....	36
3.4.6	Geologisk analys	39
3.4.7	Delslutsatser – Geologiska data.....	41
3.4.7.1	Analys 1 – Viktiga parametrar med mindre träffsäkerhet.....	41
3.4.7.2	Analys 2 – Metoder som behöver förbättras	46
3.4.7.3	Analys 3 – ”Vet ej” svar.....	48
3.4.7.4	Parametrar och metoder som bedömts som mindre viktiga av både geologer och ingenjörer	49
3.4.7.5	Sammanfattning	49
3.5	Bergmekaniska data.....	52
3.5.1	Bergmekaniska egenskaper – Intakt berg.....	52
3.5.1.1	Tryckhållfasthet.....	52
3.5.1.2	Poissons tal.....	53
3.5.1.3	Elasticitetsmodulen	53
3.5.1.4	m_i (Hoek-Brown).....	53
3.5.2	Bergmekaniska egenskaper – Sprickor.....	53
3.5.2.1	Sprickråhetskoefficient JRC20 och JRC100.....	53
3.5.2.2	Waviness	54
3.5.2.3	Friktionsvinkel	54
3.5.2.4	Joint wall compressive strength (JCS).....	56
3.5.2.5	Sprickkohesion	56
3.5.2.6	Sprickstyvhet.....	56
3.5.3	Delslutsatser – Bergmekaniska data.....	57
3.5.3.1	Analys 1 – Viktiga parametrar med mindre träffsäkerhet.....	57
3.5.3.2	Analys 2 – Metoder som behöver förbättras	60
3.5.3.3	Analys 3 – Vet ej-svar.....	60
3.5.3.4	Parametrar och metoder som bedömts som mindre viktiga av både geologer och ingenjörer	60
3.5.3.5	Sammanfattning	60
3.6	Hydrogeologiska data.....	62
3.6.1	Val av metod.....	62

3.6.2	Kvalitetssäkrade metoder	64
3.6.3	Metoder som behöver förbättras.....	66
3.6.4	Kostnad.....	73
3.6.5	Delslutsatser – Hydrogeologiska data	75
3.7	Förslag på kvalitetssäkringsåtgärder	76
3.8	Designoptimering	76
4.	Slutsatser och fortsatt arbete, delprojekt 1.....	79
4.1	Avgränsningar och begränsningar	79
4.2	Osäkerhetskällor vid insamling av geologiska och bergmekaniska data	79
4.3	Metodbeskrivningar: fortsatt arbete.....	81
4.4	Förvaltning av metodbeskrivning.....	82
4.5	Övergripande slutsatser	83
	Delprojekt 2.....	84
5.	Genomförande – Delprojekt 2.....	85
5.1	Frågeenkät för delprojekt 2 – Lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data	85
5.2	Deltagare.....	87
6.	Resultat – Befintliga databaser.....	89
6.1	Hur används befintliga databaser idag?.....	89
6.2	Insamling av data.....	92
6.2.1	Bergtekniska data	92
6.2.1.1	Insamlingsverktyg	92
6.2.1.2	Datagenerering	93
6.2.2	Hydrogeologiska data.....	100
6.2.2.1	Insamlingsverktyg	100
6.2.2.2	Typer av insamlade parametrar	101
6.2.3	Databasfunktionalitet.....	103
6.2.3.1	Datleverans	103
6.2.3.2	Datagranskning och kvalitetssäkring	108
6.2.3.3	Datatillgänglighet.....	111
7.	Resultat – Möjlig nationell databas	115
7.1	Hur används öppna geodata idag?.....	115

7.2	Funktionalitet hos en möjlig nationell databas	117
7.3	Subjektivt perspektiv på en nationell databas för lagring och tillhandahållande av bergtekniska och hydrogeologiska grunddata.....	121
7.4	Databasförvaltning.....	123
7.5	Den ”perfekta” nationella databasen	124
8.	Diskussion – delprojekt 2	129
9.	Slutsatser – delprojekt 2	131
9.1	Behov.....	131
9.2	Krav på databasfunktionalitet.....	131
9.3	Utmaningar	131
9.4	Lösningar.....	131
10.	Projektgruppens avslutande kommentarer	133
11.	Vägen framåt – projektgruppens rekommendationer	135
	Referenser.....	137
	Bilaga 1.....	139
	Elektroniska bilagor.....	143

Projektbakgrund

De senaste åren har ett flertal ansökningar kommit in till BeFo från olika konsultgrupper, vilka på olika sätt syftat till att förbättra metodiken för insamling, hantering och/eller redovisning av data som beskriver berggrunden och dess egenskaper. Frågeställningarna bedömdes av BeFo:s programråd som mycket viktiga, men vid slutlig bedömning av projekten lyftes det fram att en framgångsfaktor skulle vara att bjuda in en bredare grupp branschmedlemmar i landet att samverka. Genom att involvera fler i behovsanalysen skapas goda förutsättningar för implementering av resultaten i framtida projekt, var tanken.

Med denna utgångspunkt organiserade några anställda på SGU, WSP, Pöyry (nu på Nitro Consult), SGI och Geosigma en workshop, hösten 2017, som fick bred uppslutning. Många värdefulla synpunkter kom fram gällande insamling av berggrundsdata. Några av dessa var:

- Träffsäkerheten i prognoser baserat på berggrundsdata är inte alltid bra. Det är både vanligt att verklighetens berg är bättre än prognosen, och även vanligt att sämre berg missas.
- Beställare behöver en så korrekt beskrivning som möjligt av berget och dess egenskaper, både för en hållbar och optimerad byggnation och med tanke på förvaltning.
- Osäkerheter i insamlade data behöver alltid beskrivas, men det finns en brist på standarder för datainsamlingsmetoder.
- Behov av en nationell databas för bergdata föreligger, för att kunna bevara insamlade bergdata och för att undvika upprepad kartering av samma objekt

Vid utformning av en eventuell nationell databas för bergdata lyftes vikten av vissa saker fram:

- Transparens och spårbarhet
- Tillgänglighet
- Kvalitetssäkring av data inför och vid leverans
- Fokus i första hand på observationsdata, inte tolkade data
- Enkelhet och standardisering av leveranser
- Behov av lösningar för juridiska och säkerhetsaspekter

Projektgruppen (se namnlista på omslaget) beslöt efter analys av de branschsynpunkter som framkommit att söka medel hos BeFo för en förstudie baserad på enkäter, som skulle fokusera på att få fördjupade svar på några av dessa frågor. Dessutom skulle även en del frågor kring hydrogeologiska data inkluderas i förstudien. Denna rapport ger en sammanställning och analys av enkätsvaren. De frågor som fokuserades på var:

- Vilken metodik används oftast i olika projektfaser och projektkomplexitet?
- Hur bra och träffsäker är nuvarande metodik?
- Vilket behov finns av förbättrade metoder och metodbeskrivningar?

Träffsäkra prognoser ger förstås större möjligheter att optimera byggnationen med avseende både på konstruktion och ekonomi, vilket är huvudanledningen till att detta projekt initierades.

Enkäterna skickades ut för att besvaras av experter i februari 2019. En inbjudan att delta i svar till enkäterna annonserades till alla deltagare vid Bergdagarna i mars 2019. Förstudien begränsas till ett antal metoder och vissa databaslösningar. Utvärderingen har begränsats till att inte omfatta modeller och att fokusera på observationsdata. Metoder för bergspänningsmätningar, geofysiska undersökningar och fjärranalys är inte heller inkluderade.

Projektsyfte

Projektet lades upp som två delprojekt, dels ett för att analysera metoder och metodbeskrivningar för insamling av bergdata och hydrogeologi (delprojekt 1) och dels ett för att analysera befintliga databassystem och förutsättningarna för att skapa en nationell databas för bergdata och hydrogeologiska data (delprojekt 2).

Huvudsyftet för delprojekt 1 är att, med utgångspunkt från enkätsvaren, belysa nuvarande metodik och identifiera behoven av förbättrad metodik och metodbeskrivningar för att samla in träffsäkra bergdata från tunnlår, håll/skärningar och kärnborrhål, såväl som hydrogeologiska data från olika hydrotester. Även behoven av bergdata vid projektering, dimensionering, byggnation och drift för att skapa hållbara bergkonstruktioner och berganläggningar ska belysas. För delprojekt 2 är syftet att undersöka nuvarande situation för datalagring av bergdata och hydrogeologiska data, samt ge en bild av behov, möjligheter och hinder för att skapa en nationell databas för att lagra och tillgängliggöra sådana data. Denna rapport inkluderar resultat och analyser för båda delprojekten.

Syftet med att involvera ett brett spektrum av intressenter från byggbranschen var att förstudiens resultat skulle reflektera branschens syn. Förstudien, del 1 och 2, syftar därför till att ge ett välgrundat underlag för fortsatt arbete med att förbättra insamlingsmetodik och -metodbeskrivning, där behov finns, samt belysa behov och i viss mån funktionalitetsönskemål för en nationell databas som effektivt kan lagra och tillhandahålla berg- och hydrogeologisk information.

1. Inledning

Projekt med bergtekniska aspekter kan klassificeras i *olika projekttyper* beroende på vad som ska byggas eller underhållas. Vidare har projekten *olika tekniska komplexitetsgrader* och kraven på säkerhet kan variera beroende på vilken *risknivå* man kan acceptera mot att olika skadliga händelser inträffar. Typen av risker kan t.ex. vara ekonomiska risker för ägarna, samhällsekonomiska risker, miljörisker eller risk för materiella skador eller personskador som får olika konsekvenser.

Ett projekt befinner sig oftast i ett *visst skede* t.ex. idé- och planeringsskede, anbudsskede, förundersökningsskede, byggskede, drift- och underhållsskede, avvecklingsskede. Typen av data som används och krav på noggrannhetsnivå, varierar i de olika projektskedena.

Vid upprättandet av en databas är det viktigt med kvalitetssäkring av dataflödet från alla olika steg i processen. Om man inte kan lita på data på grund av att datakvaliteten är oklar, så blir även konsekvenserna vid användandet av data osäkra. Man kan då bli tvungen att exempelvis lägga till säkerhetsfaktorer för att kompensera för dessa osäkerheter, vilket minskar värdet av databasen.

Dataflödet i processen kan schematiskt delas in i tre delar:

1. Generering av data
2. Hantering av data
3. Användning av data

Dessa delar beskrivs mer i detalj nedan.

1.1 Generering av data

Data genereras i ett visst sammanhang för att kunna göra en bedömning eller för att kunna fatta ett beslut. För bergtekniska projekt är de kopplade till vilket skede ett projekt befinner sig i. Om man t.ex. behöver hydrogeologiska eller bergmekaniska data kan typen av parametrar se olika ut för olika projekttyper, komplexitetsgrad, accepterad risknivå, och projektskede. Dessa faktorer styr planeringen av markundersökningar, hur provtagning genomförs och vilka metoder som behöver användas. För att få data som kan jämföras med varandra och föras över inom ett projekt, eller mellan olika projekt och mellan personer, behöver processerna hur data genereras ett standardiserat sätt. Vidare behövs en beskrivning/kvantifiering av osäkerhetsnivå som data är behäftad med. Dessa saker ingår i spårbarheten av data och dess dokumentation.

Osäkerhetsnivån styrs av kvalitetssäkring, noggrannhetsnivå, kalibrering och repeterbarheten. Kvalitetssäkring styrs av hur väl beskriven metoden är, så att genomförandet kan repeteras på ett likartat sätt oberoende av vilken person som använder metoden. Repeterbarheten är ett mått på metodens robusthet. Nästa del som styr kvalitetsnivån är med vilken noggrannhetsnivå metoden genomförs. Detta kan bero på hur väl personerna har utbildats i metoderna. I en del metoder används utrustningar för

att generera data och då spelar utrustningens prestanda och mätosäkerhet in. För att bestämma en noggrannhetsnivå eller mätosäkerhet kan man kalibrera mätinstrument mot referensinstrument som har en känd mätosäkerhet. Vidare behöver man kalibrera genomförandet av metoden där personer är del i genomförandet, till exempel via välplanerade jämförelseprovningar (s.k. Round-Robin experiment). En sammanfattning kring datagenerering är:

- Syfte med provtagningen/undersökningen
- Val av parametrar (metoder)
- Val av provtagningspunkter (t.ex. rumsligt)
- Val av antal mätpunkter (prover)
- Bestämning av parametrar (metod, noggrannhet, repeterbarhet)
- Spårbarhet och dokumentation

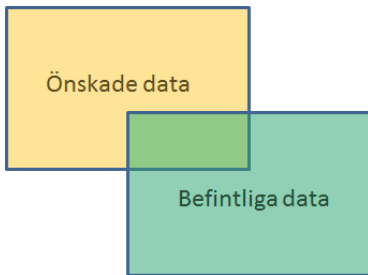
1.2 Lagring och hantering av data

Lagring och överföring av data är en central del för en fungerande databas. Data behöver vara associerad till projekttyp och projektskede, syfte med datagenereringen, metod för datagenerering och kvalitetsnivå. Man kan skilja på data och metadata där metadata är omgivande information och dokumentation samt klassningen av data, medan data är själva parametervärdena.

Metoderna för dataöverföring behöver vara robusta. Det kan åstadkommas genom att använda entydiga och standardiserade dataformat samt bra och effektiva användargränssnitt. Datalagringen behöver vara säker så att data inte kan försvinna, råka skrivas över eller förvanskas och databasen behöver vara tillgänglig när den behövs.

1.3 Användning av data

Det är viktigt för dataanvändaren att veta vad befintliga data representerar och vilken kvalitetsnivå de har. Olika faktorer har redan diskuterats i avsnitt 1.2 där lagring och hantering av data beskrivs. Från ett användarperspektiv kan man rita följande schematiska bild (Figur 1-1).



Figur 1-1. Önskade data i förhållande till befintliga data. Överlappningen är där önskemål har uppfyllts med befintliga data.

Önskade data är den mängd data som uppfyller kraven för data som önskas. Befintliga data är existerande mängd data från tidigare undersökningar. Som tidigare nämnts definieras data utifrån

- provtagnings-/ undersökningssyfte
- rumslighet
- parametertyp
- osäkerhetsnivå
- spårbarhet

Vidare behöver man veta osäkerheten vid en övergång från en metod till en annan metod för att bestämma samma parameter vanligtvis via någon korrelation. Kvaliteten på data bör bedömas i förhållande till modellens osäkerhet för att kunna göra en total osäkerhetsuppskattning vid ett beslut.

1.4 Upprätthållande av kvalitetssäkring

Databasen kan kontrolleras mer eller mindre automatiskt via kvalitetssäkringsprocesser. Med väl definierade och standardiserade metoder kan mängden manuellt arbete minskas för att ha kontroll på kvalitetsnivån. Det är viktigt att notera hur väl data är fullständig och spårbar och har nödvändig bakomliggande dokumentation. I de fall då data inte är komplett bör man bedöma datakvaliteten i varje enskilt fall. Målet bör vara att fullständiga data rapporteras in med kommentarer i de fall där information saknas.

1.5 Exempel på existerande databaser

AGS (Association of Geotechnical & Geoenvironmental Specialists, <https://www.ags.org.uk/>) är en ren icke-vinstdrivande medlemsbaserad organisation. AGS skapade 1992 ett datautbytesformat för att kunna samla data från geotekniska undersökningar för att kunna dela med sig resultat till andra medlemmar, vid sidan om en databas som British Geological Survey (BGS) ansvarade för. AGS dataformatet är

troligen det geografiskt mest spridda dataformatet i världen: Storbritannien, Australien, Nya Zeeland, Singapore, Hong Kong, Kina, Indien och Gulfstaterna. AGS publicerar instruktioner, skrifter (rapporter) och arrangerar konferenser som relaterar till arbetet och utvecklingen av databasen.

AGS har successivt utökat antalet datatyper allt eftersom. I den senaste uppdateringen från ASG 3.1 till AGS 4 (Bland et al. 2014) inkluderade man

- utökat antal metadata (datahuvud)
- kvalitetssäkringsinformation
- ändringar orsakade av Eurocodes
- miljögeodata
- information om datainsamlingsprocessen

Olika initiativ att modernisera dataformatet pågår, t.ex. i Storbritannien (Chadwick et al. 2020) för att inkludera GIS- och BIM-data. Detta för att kunna ytterligare dra nytta av den digitala utvecklingen som branschen redan deltar i.

Utöver BGS-AGS systemet finns det olika typer av databaser som hanterar geoteknisk information i världen (se exempelvis [Geodatarådets förstudie kring nationellt datavärdskap för geoteknisk information](#)). I Sverige är SKB:s databas SICADA känd inom detta område där standardiserade dataformat används och data samlas in med hjälp av väl definierade metodbeskrivningar och tillhörande information om datagenereringen som ger en spårbarhet. Utöver metodbeskrivningar för undersökningsprocessen finns beskrivningar av in- och utleverans av data från databasen.

Relaterat till detta är Eurocode 7 som har standardiserat datainsamlingsmetodik och i standarden BS 8574:2014 beskrivs mer schematiskt komponenterna i en databas.

2. Genomförande – Delprojekt 1

För att på bästa sätt uppnå förstudiens syfte lades stor möda på utformningen av en omfattande frågeenkät, med efterföljande granskningsprocess. Frågeenkätens struktur för delprojekt 1 beskrivs översiktligt nedan.

2.1 Frågeenkät för delprojekt 1 – Insamling av data

Enkäten för delprojekt 1 utformades först som ett koncentrerat tabellark med möjlighet att betygsätta nuvarande metodik, system, och enskilda parametrar. Denna utformning visade sig inte tekniskt fungera i Google Forms, varför hela arket omformulerades som enskilda löpande frågor. Detta innebar bland annat att vissa frågor har upplevts som upprepande, där nyansskillnaderna i frågeställningen inte alltid uppfattats. Enkäten innehöll huvudsakligen flervalsfrågor riktade mot olika metoders viktighet och träffsäkerhet, samt frågor för att fånga synpunkter kring tillhörande metodbeskrivningar som relaterar till relevansen och kvalitetsnivån av de insamlade parametrarna samt robustheten i metoderna. Det betonades därför att respondenterna skulle ha följande frågor i åtanke när de svarade:

- Hur **viktig** (benämns ”vikt” i enkäten) är parametern (eller motsvarande)? – Använder du systemet, parametern, eller egenskapen ofta i ditt dagliga arbete? Är detta viktigt för anläggningsdesignen? Finns det alternativa parametrar/system som lika väl kan användas eller kanske t.o.m. kunde vara bättre? Är parametern eller egenskapen avgörande för anläggningsdesignen?
- Hur **träffsäker** är den data som tas fram? – Ger systemet, parametern, eller egenskapen tillräcklig precision? Ger metodiken konsekventa resultat när den utförs av flera användare? Ger metodiken för stora osäkerheter? Stämmer förväntade värden baserade från undersökningar väl med förekommande värden under byggnation?
- Tillhörande **metodbeskrivningar** – Finns det en vedertagen standard, eller allmänt accepterad metod, med tillhörande beskrivning för mätning eller framtagande av aktuell parameter? Är klassindelning relevant? Finns det några krav på kvalitetsbedömning för parametern? Behöver metoden förbättras?

Ibland har ett val gjorts att dela på flervalsfrågor med hänsyn till projektkomplexitet (geoteknisk kategori 2 kontra geoteknisk kategori 3) och/eller observationskälla (borrhål kontra tunnel kontra håll) eftersom vikten kan variera beroende på tillämpning och vissa undersökningar endast kan utföras på borrhål och vice versa.

Enkäten består av två olika typer av frågeställningar, se Delprojekt 1 Google Formulär.pdf i Bilaga 2.

1. Detaljfrågor med möjlighet till flervals svar om geologiska, bergmekaniska och hydrogeologiska metoder för att få ett statistiskt underlag att utvärdera varje parameters vikt, träffsäkerhet och metodbeskrivning (dessa värderingar beskrivs vidare nedan). De geologiska, bergmekaniska och hydrogeologiska

huvudkategorierna innehåller underkategorier som t.ex. bergart, duktila strukturer, svaghetszoner, sprickor och klassificeringssystem för geologiska data. Vissa kategorier, som t.ex. sprickor, har ytterligare underkategorier såsom orientering och egenskaper.

- Övergripande frågor med möjlighet till fritextsvar. Dels för att deltagarna skulle kunna förklara flervalssvaren på detaljfrågorna, dels för att ge deltagarna möjligheten att meddela sina åsikter om bl.a. osäkerhetskällor, designoptimering, branschpraxis och kvalitetssäkring.

En översikt av kategorier, sektioner och undersektioner i enkäten visas i Tabell 2-1.

Tabell 2-1. Översikt över kategorier, sektioner och undersektioner i enkäten för förstudiens del 1.

Övergripande frågor		Geologisk data	Hydrogeologiska data
Inledande frågor Projektkomplexitet Designoptimering Förvaltning av metodbeskrivningar Övergripande branschpraxis och kvalitetssäkring Kartering Borrhål Tunnlar Hällar/Bergskärning Hydrogeologiska tester Inläckageberäkning Injektionsdesign Sektionsvis vattenförlostmätning Osäkerhetskällor Sektionslängd för karakterisering GK2 - Vikt Borrhål Tunnlar Hällar/Bergskärning GK3 - Vikt Borrhål Tunnlar Hällar/Bergskärning Träffsäkerhet Borrhål Tunnlar Hällar/Bergskärning Metodbeskrivning Borrhål Tunnlar Hällar/Bergskärning		Bergart Duktila strukturer Svaghetszoner Sprickor Orientering Egenskaper Geologisk analys Klassificeringssystem Kartering Bergslänt Tunnel Design Bergslänt Tunnel	Inläckageberäkning Vikt GK2 GK3 Kostnad GK2 GK3 Träffsäkerhet Metodbeskrivning
		Bergmekaniska data Intakt berg Sprickor	Injektionsdesign Vikt GK2 GK3 Kostnad GK2 GK3 Träffsäkerhet Metodbeskrivning
		Alla undersektioner är indelade på samma vis som under "Sektionslängd för karakterisering under övergripande frågor."	

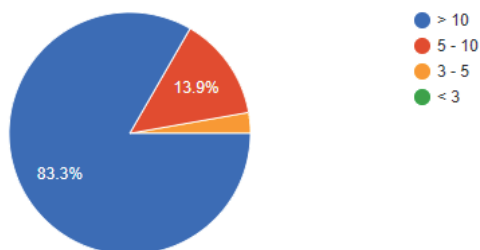
3. Resultat – Delprojekt 1

3.1 Deltagare

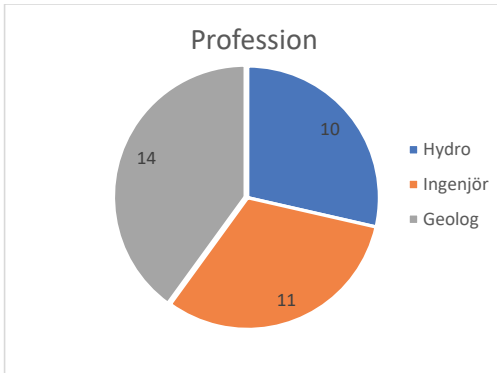
Enkätundersökningen omfattar 36 branshutövare. Över 83 % av deltagarna har mer än 10 års erfarenhet i branschen, resterande 17% har 10 eller mindre års erfarenhet i branschen (se Figur 3-1). Viktning av enkätsvaren har dock inte gjorts beroende på erfarenhet. Deltagarna indelades enligt profession: geolog, hydrolog eller ingenjör (Figur 3-2). Gruppen geologer har i huvudsak svarat på geologirelaterade frågor, och gruppen hydrogeologer har i huvudsak svarat på hydrogeologirelaterade frågor. Enkätsvaren har i viss mån viktats (trunkerats) på profession eftersom det blev uppenbart i analysen av svaren att vissa deltagare hade lämnat blankt och andra hade svarat samma svar (t.ex. ”vet ej”) på frågor som låg utanför deras kompetensområde.

Hur många års erfarenhet har du i branschen?

36 responses



Figur 3-1. Fördelning av antal års erfarenhet bland deltagare.



Figur 3-2. Fördelning av uppgiven profession bland deltagare.

Enkätsvaren hade bra spridning på kompetens, där mer än 50% av deltagarna ansåg sig ha erfarenhet inom all typ av kartering och design. Något svagare representation hade frågor kring 3D-modellering (20–33 % av deltagarna), ansvar för drift och underhåll (26 %), upphandling av tjänster (23 %) och hydrogeologi (30 %).

Trots att enkäten var lång visade deltagarna ihärdighet, där mer än 85 % av geologerna besvarade alla frågor fränsett hydrofrågorna och vissa bergmekanikfrågor. 64 % av geologerna svarade på frågor rörande de något mer ovanliga parametrarna för intakt berg (Poisson tal, E-modul och m_i).

Över 85 % av ingenjörerna svarade på alla frågor, fränsett hydrofrågorna, vilket kan tolkas som att merparten av dem är verksamma inom ingenjörsgologi/bergmekanik snarare än hydrogeologi. Gruppen ingenjörer hade lägre svarsfrekvens angående klassificeringssystem och frågor kopplade till geologisk analys. Ingenjörerna svarade även i något mindre utsträckning på frågor rörande träffsäkerhet för geologiska parametrar. För frågor om bergmekaniska egenskaper för enskilda sprickor låg svarsfrekvensen kring 70 % från både geologer och ingenjörer.

Hydrodelen av enkäten har i huvudsak besvarats av 10–15 personer. 10 svarande uppgav profession hydro, övriga svarande har varit ganska jämnt fördelade mellan geolog och ingenjör. Med bakgrund i detta särredovisas inte demografin i hydrofrågorna.

3.2 Projektkomplexitet

Geoteknisk kategori (GK) används för att fastställa geotekniska krav på geokonstruktioner, baserat på bland annat projektkomplexitet (IEG 2:2008, IEG 5:2010). Enkäten är upplagd kring att olika databehov föreligger i projekt som har GK2, respektive GK3, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Beskrivning av geoteknisk kategori GK2 och GK3 för berganläggningar.

GK2	GK3
<p>Beskrivning: Grundläggning eller bergschakt med vanligt bergförhållanden och lastförhållanden. Kan använda rutinemässiga metoder för kartering, laboratorieprov och konstruktion. Kan tillämpas då allmän praktisk erfarenhet föreligger av motsvarande bergkonstruktioner. Dimensionering och utförande kan ske med allmänt accepterade metoder. Bergets karaktär och kvalitet är sådan att det med tillämpning av konventionella förstärknings- och tätningmetoder är troligt att aktuella krav på bärförmåga, stadga, beständighet och täthet kan uppfyllas. Icke kritiska deformations- och/eller stabilitetsförhållanden kommer att uppstå. Omgivningsförhållandena är sådana att de inte väsentligt förstör konsekvenserna av brott och deformationer i det bärande huvudsystemet eller inläckage av vatten. Tätning kan ske med allmänt accepterade och konventionella metoder (t.ex. cementinjektering).</p>	<p>Beskrivning: Grundläggning av mycket stora och ovanliga strukturer. Exceptionellt eller ovanligt svåra strukturer eller bergförhållanden. Stora laster som kräver komplex dimensionering. Bergschakt i mycket seismiska områden eller dåligt berg. Kräver okonventionella förstärknings- eller tätningmetoder för att uppfylla stabilitet, beständighet och täthet.</p>
<p>Exempel: vanliga pol/plint/platta grundläggning på platta berg längre än slänthöjd från slänkrön, bergskärning < 10 m hög, enklare tunnlar där tunnelns bergtäckning eller avstånd till andra tunnlar \geq halva tunnelns spännvidd och avstånd till andra byggnadsverk \geq tunnelns spännvidd, bergföränkring av låga byggnadsverk utan dynamiska laster</p>	<p>Exempel: grundläggning med höga laster vid slänkrön, bergskärning > 10 m hög, tunnlar som överstiger GK2 gränser m.a.p. stora spännvidd, liten bergtäckning, eller närliggande byggnadsverk. Tunnlar under vattenpassage. Bergföränkring av höga byggnadsverk med dynamiska laster</p>

Vi frågade om geoteknisk kategori kan användas i metodbeskrivningar som en rimlig fördelning av detaljnivå för undersökning av berg. Alternativen var Ja, Nej eller Ja med förbehåll. Svaren var övervägande mot ja (74%), men mer än hälften av dessa var ja med förbehåll. Merparten av förbehållen rör att parameterval är projektspecifika och att syftet med undersökningen avgör vilka parametrar som ska studeras och med vilken metod. Ett exempel på fritextsvar ges nedan:

”Kartering utifrån frågeställning/syfte. Behovet av detaljeringsgrad för undersökningar bör bestämmas utifrån problemställningen i varje enskilt fall baserat på en samlad riskanalys och en analys av vilka undersökningsdata som behöver samlas in. En byggnation som är enkel i ett avseende, kan vara komplex i ett annat. Till exempel kan påverkan av inläckande vatten på omgivningen vara känslig i vissa lägen trots en ”enkel” byggnation i övrigt.”

3.3 Branschpraxis, klassificeringssystem och karaktäriseringsskala för bergkartering

I det här avsnittet undersöks vilken övergripande branschpraxis deltagarna föredrar vid kartering av berg och deltagarnas inställning till en standard för kartering av berg. I avsnittet undersöks även olika klassificeringssystemens tydlighet och träffsäkerhet och karaktäriseringsskala. Se Delprojekt 1 Google Formulär.pdf i Bilaga 2 för utformning av alla frågor. Ett urval av relevanta diagram som visar den mer intressanta fördelningen av svaren visas i resultaten nedan. Se Delprojekt1_fragor_och_svar.mhtml i Bilaga 2 för en detaljerad redovisning av fördelning av svaren.

3.3.1 Branschpraxis

De flesta företag har en egen praxis för hur de karterar berg. En praxis baseras ofta på erfarenhet inom företaget och är ofta nödvändigt på ett område där det inte finns en standard för hur man ska arbeta. Praxis kan handla om allt från vilka typer av fältundersökningar som används till val av karteringssystem, programvaror för dokumentation och insamling av data men kan även handla om praktiska detaljer som t.ex. arbetsmiljön vid kartering.

Deltagarna svarade med fritext på följande frågor:

- Vilken praxis gällande kartering föredrar du? – Ungefär hälften av deltagarna tolkade frågan som "Vilket klassificeringssystem föredrar du". Dessa svar sammanfattas nedan i kapitel 3.3.2.1.
- Anser du att denna är, eller bör vara branschstandard? – motivera ditt svar.

Frågorna ställdes enligt datakällor: borrhål, tunnel, håll. Nedan följer en sammanfattning av de fritextsvar som inte fokuserar på klassificeringssystem.

3.3.1.1 Datakälla: borrhål och borrhärnor

Av 35 deltagare svarade 25 på frågan om praxis för kartering av borrhål (borrhål och borrhärnor) och svaren kom huvudsakligen från geologer men även ingenjörer. Återkommande svar var att filmning av borrhål tillsammans med Q_{bas} och/eller RMR_{bas} föredrogs. Exempel på fritextsvar visas i

Tabell 3-2 nedan.

Tabell 3-2. Utvalda exempel på fritextsvar om praxis för kartering av borrhål och borrhärnor.

Man bör alltid filma borrhål och använda flera rör i syfte att minimera risken att fyllnadsmaterial spolats bort.
BIPS, OPTV, borrhålsorientering, kartering på rullband av kärnor i en uppvärmd lokal med bra belysning och gärna där man kan sätta upp fler kärnlådor åt gången. Digital kartering är att föredra, då det är möjligt, dvs karteringsobservationer markeras på en bild av borrhålet med observationsdata i en databas.
Geologisk kartering och RMR-och/eller Q-kartering i 1-metersintervall plus sprickkartering av relevanta sprickdata.

Av 25 deltagare tyckte 11 att den praxis de själva föredrog inte skulle vara standard för kartering, men på frågan om det behövs en standard i branschen gav 18 av 24 ett positivt svar där flertalet nämnde behovet av en standard. Deltagarna uttryckte missnöje över hur karteringar skiljer sig mellan olika kartörer, vilket försämrar jämförbarheten mellan projekt och att kravställning vid upphandling skulle underlättas med standardiserade borrhålsundersökningar. Andra deltagare tryckte på att karteringsmetoder behöver vara anpassningsbara efter olika undersökningsplatser och olika bergprojekt och att en standard skulle vara för begränsande. Förslag på flexibla lösningar var t.ex. att införa en miniminivå på vad som ska undersökas i ett borrhål/borrhärna och förslag på utveckling av olika klasser för kartering för att anpassa borrhålsundersökningar och karteringar efter var och vad som ska byggas. Exempel på fritextsvar visas i Tabell 3-3.

Tabell 3-3. Exempel på fritextsvar angående standarder för kartering av borrhål eller borrhärna.

Standardiserad borrhålsundersökning saknas i branschen. Stor variation mellan olika konsulter och projekt.
Måste kunna jämföra oavsett kartör.
Branschstandard genererar ett underlag för enklare jämförelse mellan olika projekt samt kravställning vid upphandling av entreprenör (ex. orienteringsmetod filmning).
Tror det är en bra grundläggande princip. Vi ska dock vara försiktiga med gräns mellan standard och riktlinjer. Måste finnas tillräckligt utrymme för att projektören kan fatta sina egna beslut.

Projektgruppens funderingar: Många anger att de har en praxis för kärnkartering men endast hälften anser att den praxis de använder sig av bör vara standard. Det hade varit enkelt om det redan fanns en standard som fungerade för alla men det tror vi inte finns och det är nog det som deltagarna också visar på genom att inte vilja göra sin praxis till standard – det finns ingen praxis som är heltäckande eller tillräckligt flexibel för att passa alla projekt. Vi tror därför att det i branschen finns behov av en standard/enhetlighet vid kartering av borrhärnor. Enhetligheten kan omfatta att man bedömer ingående parametrar på samma sätt (t.ex. tydliga metodbeskrivningar), att man använder sig av samma karaktäriseringssystem (t.ex. RMR, Q) eller att man vid undersökningens inledning använder sig av samma undersökningsmetoder (t.ex. borrhålsfilmning, trippeltuber i

dåligt berg osv). Dessa standarder bör dock vara anpassningsbara efter var och vad som ska byggas.

3.3.1.2 Datakälla: tunnlar

Fritextsvaren om standardisering av tunnelkartering visar att branschen är splittrad mellan de aktörer som tycker att en gemensam praxis behövs för att kunna underlätta jämförelser mellan projekt och de som tycker att en enda standardiserad praxis är omöjlig eftersom *"syftet med karteringen är för olika för att standardiseras"*, dvs. *"platsspecifika problem kan kräva platsspecifik karteringsmetodik"*.

3.3.1.3 Datakälla: håll/bergskärning

De flesta deltagarna anger att de, på hållar och bergskärningar, karterar bergart, större strukturer som påverkar stabiliteten samt sprickorienteringar. I ett fritextsvar skrev en deltagare att mindre fokus bör läggas på att kartera bergkvalitet enligt givet system: *"Enstaka strukturer glöms ofta bort om mycket fokus läggs på bergklass (Q, RMR). Flera skred har orsakats av sådana strukturer ex vid Kungens Kurva och Ålesund (det senare med 5 dödsoffer)"*.

Flera tycker att linjekartering är en bra karteringsmetod. Fotogrammetri föreslås som metod för bergskärningar, baserat på att bergytan är mer ojämn och att med fotogrammetri kan en bergskärning karteras från en säkrare plats.

"Avseende bergartskartering borde SGUs metodik och nomenklatur vara standard. När det gäller sprickor bör det vara en metodik med möjlighet till variationer i detaljeringsgrad." Återigen antyder svaren att standarder eller metodbeskrivningar behöver vara upplagda efter olika ambitionsnivå i projekt.

På frågor kring hur man använder data lyfts här ett par intressanta svar. *"Använda data till att verifiera med borrhärnedata för att observera om hållen/bergskärningen tillhör samma domän."* Detta beror naturligtvis på projektets storlek. I små projekt är en borrhärbudget inte realistisk. Det andra intressanta svaret är *"I övrigt brukar ytkartering främst på hållar sällan ge så mycket då blottningarna är få. Men är bra för att få känslan för området."*

Projektgruppens funderingar: Vi tycker att ytkartering har mervärde, eftersom mängden berg som ses på hållar är mycket större än vad som ses i borrhärnar. Dessutom är hållar det bästa stället att uppskatta spricklängd.

3.3.2 Klassificeringssystem

Frågor om klassificeringssystem delades upp efter olika kategorier. Deltagarna skulle välja det klassificeringssystem som de föredrar för specifika projekttyper av olika projektkomplexitet (berglänt och tunnel med komplexitetsgrad GK2 eller GK3) samt för olika tillämpningar (kartering / design). Dessa svar uppdelades vidare på datakälla (håll,

tunnel, borrhåra). I sina fritextsvar om branschpraxis angav ungefär hälften av deltagarna även vilket klassificeringssystem de föredrar.

3.3.2.1 Föredraget klassificeringssystem i fritextsvar om branschpraxis

Vissa deltagare föredrar i fritextsvardelen av enkäten ett klassificeringssystem som branschpraxis för geologisk kartering, se Delprojekt1_fragor_och_svar.mhtml i Bilaga 2 för komplett fritextsvar. Resultaten sammanfattas i Tabell 3-4.

Tabell 3-4. Procentfördelning av föredraget klassificeringssystem från fritextsvar om branschpraxis.

Klassificeringssystem	Datakälla		
	Borrhål	Tunnel	Häll
Q+RMR	45 %	22 %	
Q eller RMR	22 %	22 %	
Q	11 %	34 %	33 %
RMR	11 %	11 %	33 %
GSI		11 %	33 %
Q+RMR+GSI	11 %	11 %	

Svaren visar att mest föredragen praxis är Q+RMR vilken rekommenderas av Trafikverkets Handbok för Projektering av Bergkonstruktioner. Dessutom kan resultatet tolkas så att det egentligen inte finns en branschpraxis eftersom aktörerna föredrar olika klassificeringssystem.

Projektgruppens funderingar: Den stora spridningen kan tyda på att olika projekt har olika karteringskrav. Trots detta skulle 89 % av deltagarna vara nöjda med Q+RMR, men vi rekommenderar att även GSI karteras eftersom GSI används för uppskattning av bergmassans hållfasthet i de flesta projekt. Härledning av GSI från RMR är inte önskvärt eftersom samband mellan RMR och GSI kan variera.

3.3.2.2 Föredraget klassificeringssystem baserat på projektyp

Deltagarna ombads välja föredraget klassificeringssystem för varje projektyp (berglänt eller tunnel), komplexitet (GK2 eller GK3) och datakälla (häll och tunnel eller borrhål) från en matris (Figur 3-3).

Klassificeringssystem - Kartering- Tunnel projekt

	Q (Barton 2014)	RMR (Bieniawski 89)	GSI (Hök & Marino 2002)	RMI (Palmström 95)	RMR (Romana 2014)	MRMR - "Mining" RMR (Haines & Terbrugge, 91)	Kombinatio av flera
Förundersökning - Häll och tunnel - GK2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Förundersökning - Häll och tunnel - GK3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Förundersökning - Borrhål - GK2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Förundersökning - Borrhål - GK3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Under byggandet - GK2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Under byggandet - GK3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Drift och underhåll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur 3-3. Matris med frågor kring föredraget klassificeringssystem för kartering i tunnelprojekt.

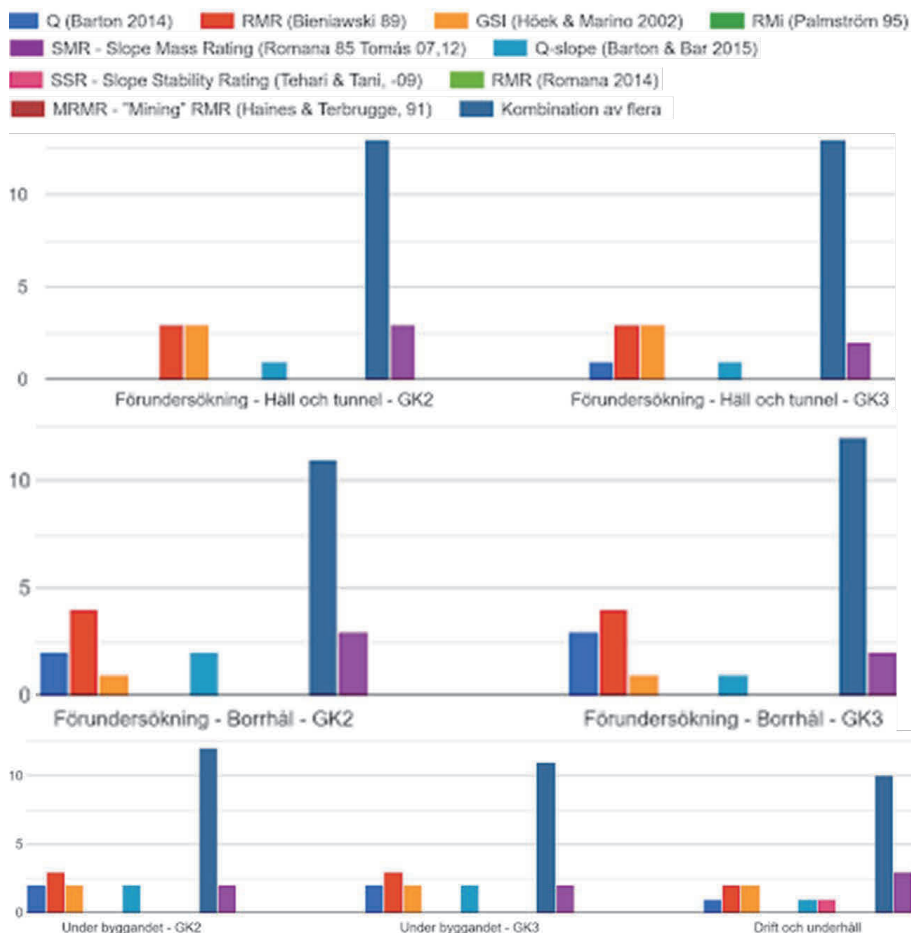
Projekttyp Bergslänt – De flesta föredrog att kombinera flera klassificeringssystem, vilket gällde för samtliga projektskeden och för kartering av både borrhål och häll (Figur 3-4). Sekundärt föredrogs i fallande ordning:

Häll: RMR, SMR och Q

Borrhål: RMR, SMR, Q och Q-slope

Under byggnation: MRMR, GSI, Q och Q-slope

Drift och underhåll: SMR, GSI och RMR



Figur 3-4. Antal deltagare (y-axel) som föredrog olika klassificeringssystem för kartering av bergslänt i olika projektskedan och komplexitet.

Den kombination av klassificeringssystem som de flesta föredrog för kartering i bergsläntprojekt är Q+RMR. Val av klassificeringssystem var detsamma oavsett om projektkomplexitet var GK2 eller GK3. Tillägg av andra parametrar var också vanliga i fritextsvar som till exempel: "Kartering av bergslänter görs baserat på risk för blockutfall, sker genom kartering av sprickgrupper och dess friktionsvinkel". "För slänt ... tycker kartering ska fokusera på sprickorienteringar, blockstorlek, Jr/Ja."

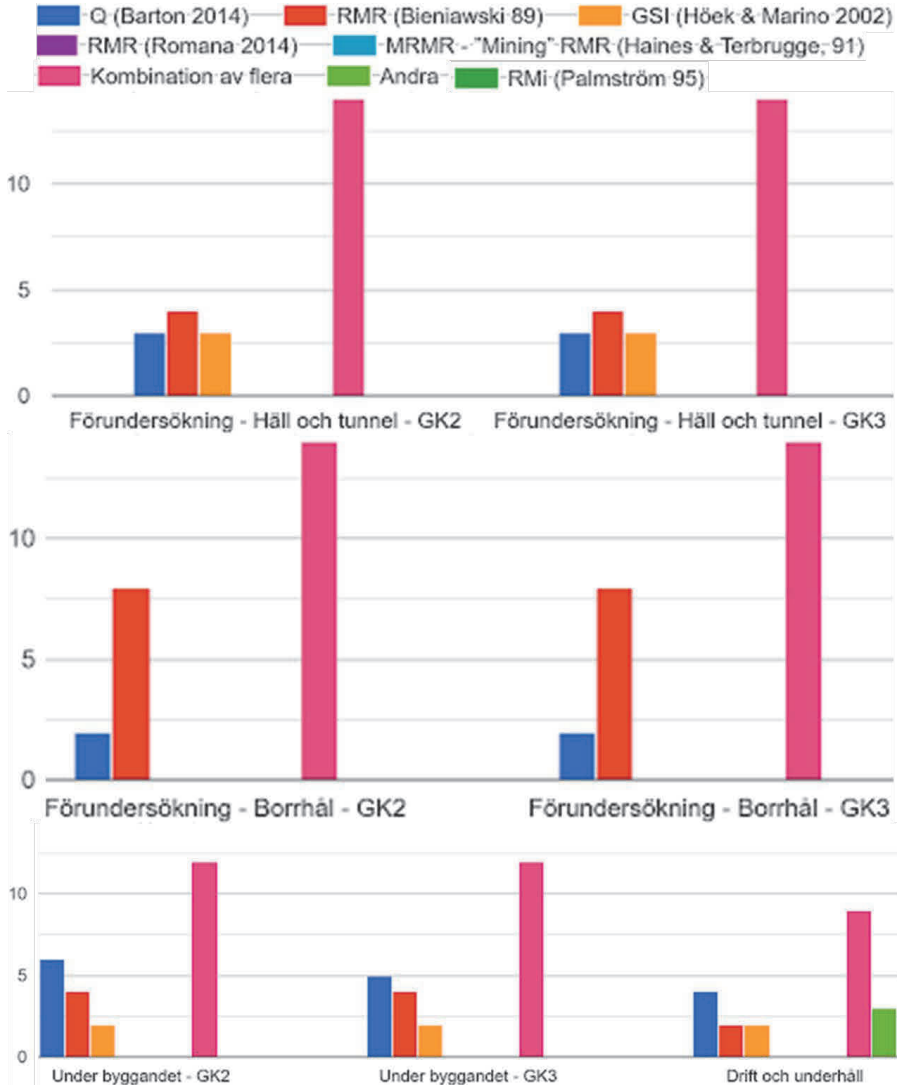
Projekttyp Tunnel - De flesta föredrog att kombinera flera klassificeringssystem, vilket gällde för samtliga projektskedan och för kartering av både borrhål och häll. Sekundärt föredrogs i fallande ordning:

Häll/tunnel: RMR, Q och GSI

Borrhål: RMR och Q

Under byggnation: Q, RMR och GSI

Drift och underhåll: Q, andra system (BaTMan), RMR och GSI



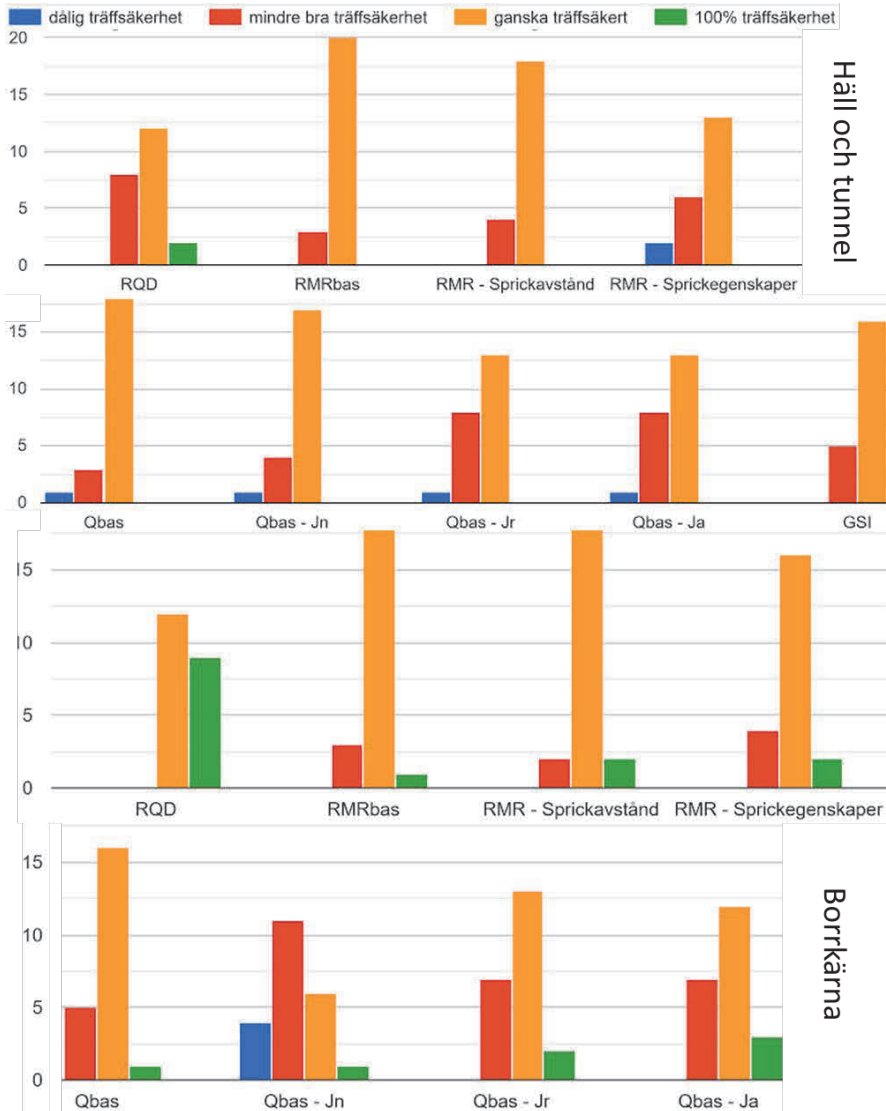
Figur 3-5. Antal deltagare (y-axel) som föredrog olika klassificeringssystem för kartering av tunnel i olika projektskedan och komplexitet.

Val av klassificeringssystem var detsamma för GK2 och GK3 (Figur 3-5). Den kombination som de flesta föredrog för kartering i tunnelprojekt är RMR och Q under förundersökning och byggskede samt vid tunnelkartering även GSI.

Projektgruppens funderingar: De detaljerade svaren i detta kapitel speglar de åsikter som även ges i fritextsvaren om branschpraxis och som visas i Tabell 3-4, där de flesta föredrar en kombination av RMR och Q. Däremot föredras Q mer än RMR under byggskedet av tunnlar och GSI visar sig vara mer populärt i förundersökningsskedet än vad som syns i Tabell 3-4. Anledningen till att många föredrar att använda både Q och RMR är att de är känsliga för olika typer av geologi/bergart och att det med fler system lättare blir synligt vilken parameter i bergmassan som styr designen. Under bygg, drift och underhållskedet kan valet av klassificeringssystem var mer objektspecifikt. Däremot anser vi att klassificeringssystem under byggskedet borde motsvara det som oftast används i förundersökningar och ingenjörsgelogiska prognoser, d.v.s. Q+RMR baserat på resultat i kapitel 3.3.2.1. Detta för att undvika omkartering av objekt för framtida projekt. Ett fritextsvar påpekar även att det klassificeringssystem som används under byggskedet måste motsvara det som använts vid projekteringen för att *“Konstruktören måste definiera observerbara storheter för kontroll av designens giltighet.”*

3.3.3 Klassificeringssystemens träffsäkerhet

Frågan ställdes om träffsäkerheten var dålig, mindre bra, ganska bra eller 100 % träffsäker för följande klassificeringssystem och deras ingående parametrar: RQD, RMR_{bas}, Q_{bas} och GSI. Deltagarna gav RMR_{bas} och Q_{bas} ungefär samma betyg. Det betyder att de kan klassas som likvärdiga. GSI fick något lägre betyg. De flesta var överens om att både RMR_{bas}- och Q_{bas}-systemen är ”ganska träffsäkra”, vilket är ett bra betyg men inte ett toppbetyg. Generellt uppskattades klassificeringens träffsäkerhet baserad på håll- och tunnelkartering som sämre jämfört med kärnkartering (Figur 3-6).



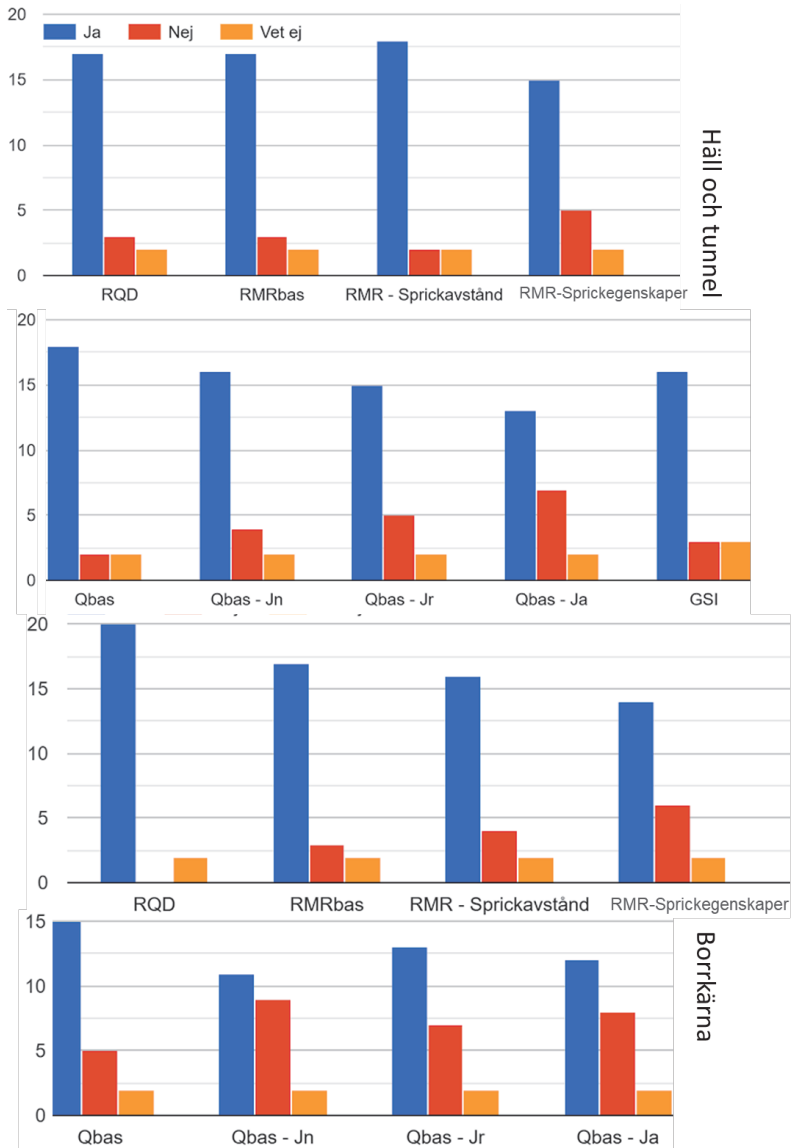
Figur 3-6. Svar på flervalsfrågor angående träffsäkerhet av klassificeringssystem samt deras ingående parametrar för häll/tunnel (ovan) och borrhål (nedan).

Q-systemets parameter Jn anses ha mindre bra träffsäkerhet om den bedöms från borrhåna (Figur 3-6). Parametrarna RMR – Sprickegenskaper, Jr och Ja anses vara ganska träffsäkra men 1/3 av svaren säger också att parametrarna har mindre bra träffsäkerhet vilket är en ganska stor andel. Ett betydande antal anser att RQD är mindre träffsäker när den bedöms från hällar och tunnlar.

Projektgruppens funderingar: Mindre träffsäkerhet på RQD förmodligen beror på att RQD-metoden skapades för borrhånekartering.

3.3.4 Parameterdefinition och metodbeskrivningar för olika klassificeringssystem

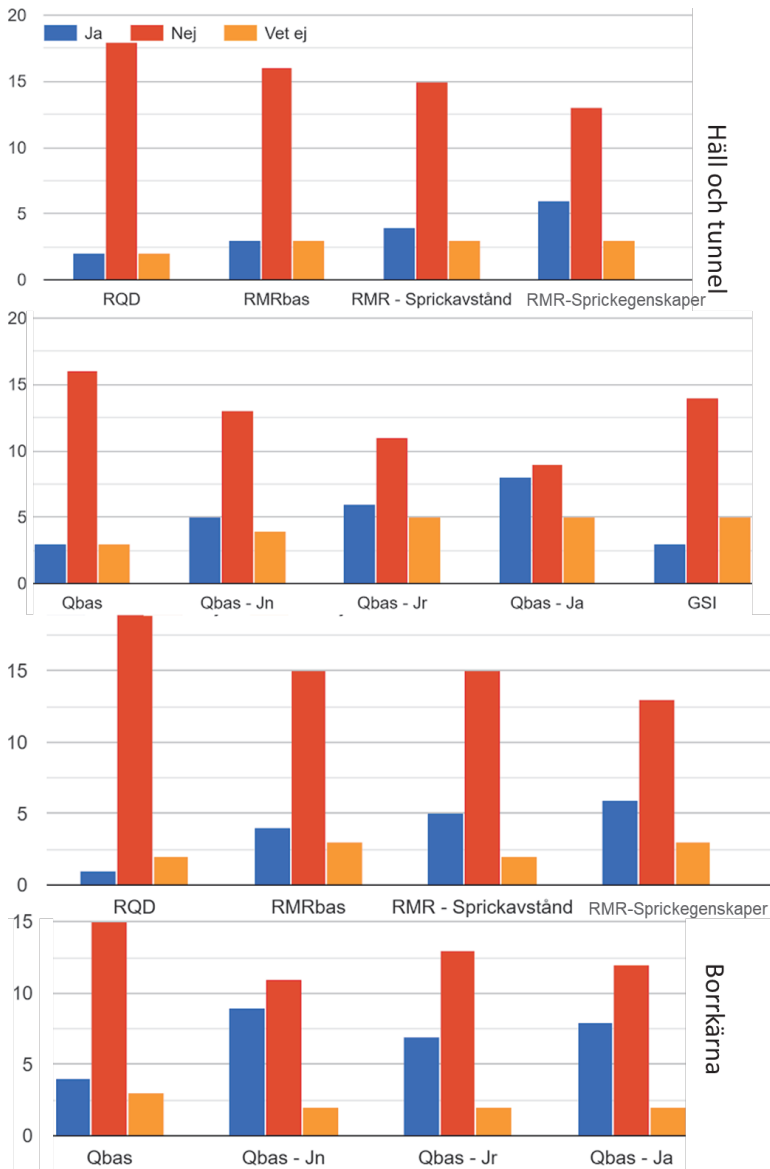
Deltagarnas svar om hur väldefinierade klassificeringssystemen och deras ingående parametrar är visas i Figur 3-7. Resultat visar liknande trender som för träffsäkerhet ovan. Där träffsäkerheten är mindre bra, anser fler svarande att parametern inte är väldefinierad. Motsatsen ses i jämförelse mellan borrhål och håll/tunnlar för träffsäkerhet och parameterdefinition. Borrhålsparametrarna anses mer träffsäkra men *mindre* väldefinierade än håll/tunnel-parametrarna.



Figur 3-7. Svar på frågan "Är parametern väldefinierad?" för klassificeringssystem och deras ingående parametrar.

Även om de flesta anser att Q-systemets parametrar i huvudsak är väldefinierade finns det ändå ett högt antal som tycker det motsatta, särskilt avseende borrkärnor. På frågan om parametern Jn i borrkärna är väldefinierad är svaret klivet, ungefär lika många anser att parametern är väldefinierad kontra ej väldefinierad.

Denna underliggande tveksamhet finns även då frågan ställs om metoden för dessa parametrar bör förbättras (Figur 3-8). Där dominerar bedömningen att ingen parameter behöver förbättringar men det finns också ett stort antal som bedömer att just metoden för RMR-sprickegenskaper, J_n , J_r och J_a borde förbättras, trots att själva systemet som dessa parametrar ingår i bedöms ha mindre behov av förbättring än deras ingående parametrar. För övriga parametrar/system dominerar åsikten att metoden inte behöver förbättras. Ingen betydande skillnad i förbättringsbehov ses mellan klassificering från borrhäns och håll/tunnel.



Figur 3-8. Svar på frågan "Behöver metoden förbättras?" för klassificeringssystem och deras ingående parametrar.

Projektgruppens funderingar: Tvetydigheten som finns i svaren kan tolkas som att många svarat på om de tycker att systemen (Qbas och RMRbas) behöver förbättras, inte om de tycker att *metodbeskrivningarna* till systemen behöver förbättras.

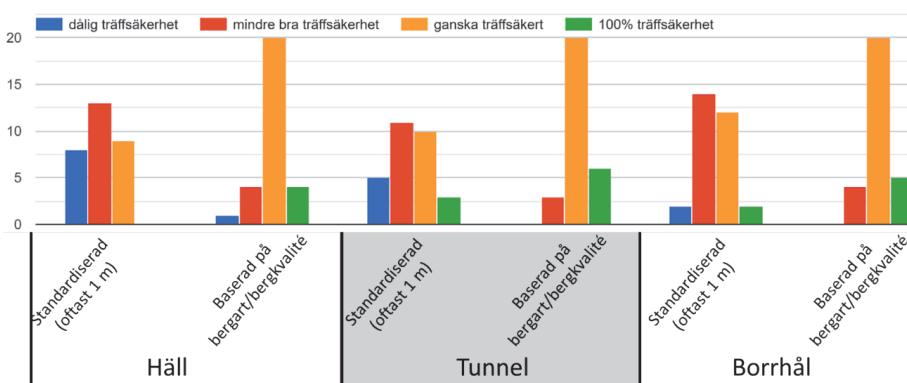
Detta blir mer tydligt i fritextsvaren. Här pekar många på att tydliga metodbeskrivningar är ett sätt att samla in data på ett konsekvent sätt. Här finns även andra idéer om hur man ska få till en mer enhetlig insamling av data, t.ex. att alltid ha en erfaren geolog i projektet, att ha god kommunikation under karteringen om man är flera som karterar och att ha tydliga riktlinjer för vad som ska ingå i varje typ av kartering och följa detta. Behovet av förbättrade metodbeskrivningar för systemen framgår även av enkätsvaren under kapitlet osäkerhetskällor och kvalitetssäkring.

3.3.5 Sektionslängd för karaktärisering

Vid kartering av håll, tunnel eller borrhåla sker ofta en indelning av det karterade berget i antingen; 1) *domäner baserat på bergart och/eller bergkvalitet* eller 2) *1-metersintervall*. Indelningen efter 1-metersintervall används ofta i projekt med fler karterande geologer, ibland från flera olika företag, för att undvika individuella indelningar efter bergart/bergkvalitet.

Vi frågade deltagarna om hur de tycker att träffsäkerheten är för de olika indelningarna vid kartering av håll, tunnel respektive borrhål. Resultatet visar att indelning efter *Bergart/bergkvalitet* ansågs ha en högre träffsäkerhet än *1-metersintervall* för både håll, tunnel och borrhål (Figur 3-9).

Projektgruppens funderingar: Enkäten ger inte ett svar på om indelningen bergart/bergkvalitet är mer träffsäker även i projekt med flera kartörer. Frågan är allmänt ställd när det gäller träffsäkerhet och riktad mot GK2 och GK3 när det gäller vikt.



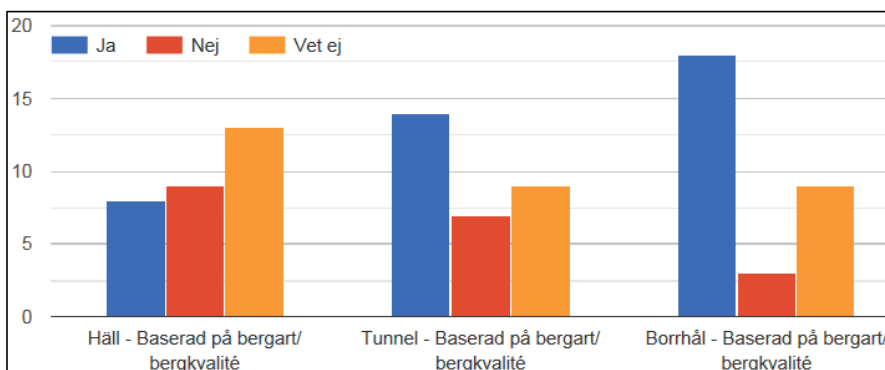
Figur 3-9. Sektionslängd för karaktärisering – Träffsäkerhet.

När vi frågade om vilken typ av indelning av berget som var av störst vikt vid GK2 och GK3 ansågs det även här vara av större vikt att dela in berget efter *Bergart/bergkvalitet*. Dock visade svaren från geologer och ingenjörer att i GK3 fanns det behov av indelning i *1-metersintervall* för tunnel och borrhål då mer än hälften av deltagarna svarade att den

sektionsindelningen var viktig eller mycket viktig. Gruppen ingenjörer ansåg att denna indelning var viktigare för borrhålskartering medan både ingenjörer och geologer ansåg det vara lika viktigt för tunnelkartering.

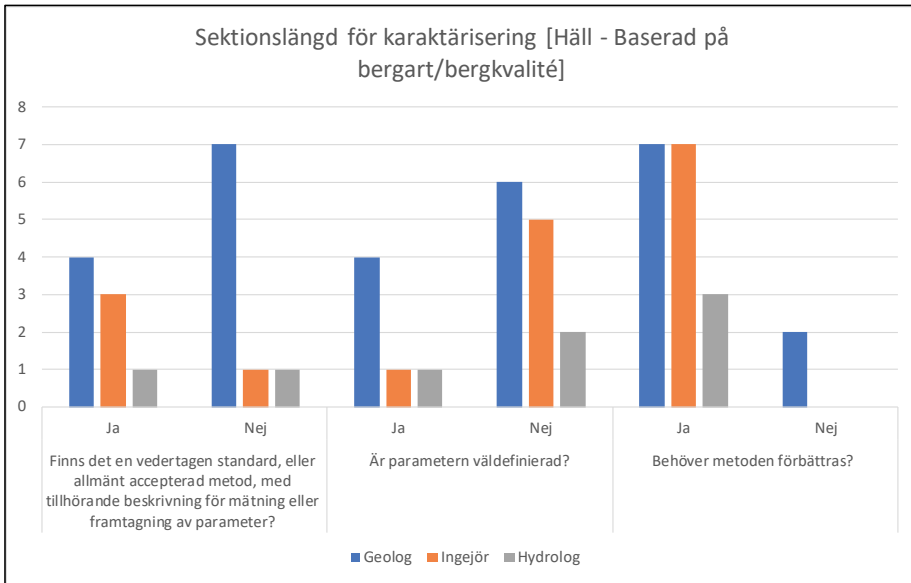
Indelning efter *Bergart/bergkvalitet* gav alltså bäst träffsäkerhet och var av högst vikt i GK2 och GK3 med en viss avvikelse för tunnel och borrhål i GK3 där vikten av indelning efter *1-metersintervall* var något högre än i GK2.

När vi ställde frågan om det fanns någon vedertagen standard eller allmänt accepterad metodbeskrivning för indelning av sektionslängd baserat på bergart/bergkvalitet var svaren spridda (Figur 3-10).



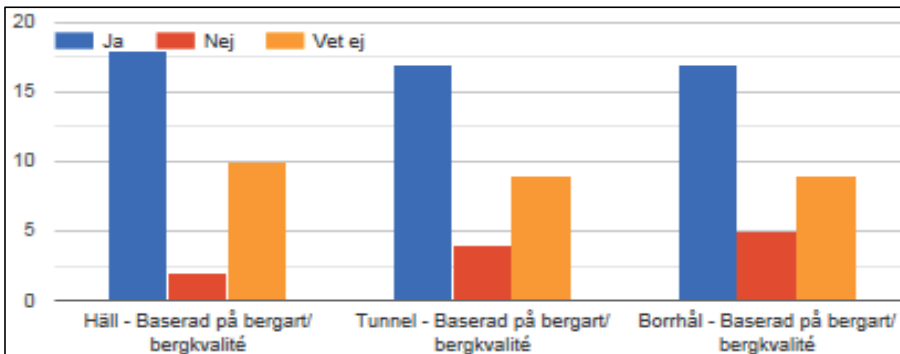
Figur 3-10. Sektionslängd för karakterisering – Finns det en vedertagen standard, eller allmänt accepterad metod, med tillhörande beskrivning för mätning eller framtagning av parameter?

Metodbeskrivningen för sektionsindelning av håll ansågs sämst, där hela 22 av 30 deltagare inte kände till en sådan (nej, vet ej) (Figur 3-10), och få tyckte att den som fanns var väldefinierad. Gruppen ingenjörer var överens om att metoden för hållkartering baserat på *Bergart/bergkvalitet* inte var väldefinierad vilket de flesta geologer höll med om (Figur 3-11).



Figur 3-11. Svar på frågor om metodbeskrivning för uppdelning (sektionslängd) på hållar. Svar uppdelade efter yrkesgrupperna: Geolog, Ingejör, Hydrolog.

För borrhål och tunnel visade enkäten att det fanns en standard eller en metod och att den var ganska väldefinierad men slutsatsen blev ändå att samtliga datakällor (tunnel, håll och borrhål) var i behov av förbättrade metoder (Figur 3-12).



Figur 3-12. Sektionslängd för karaktärisering – Behöver metoden förbättras?

3.3.6 Delslutsatser – branschpraxis och klassificeringssystem

Den branschpraxis som deltagarna i undersökningen föredrar, under respektive område borrhälspraxis, hållar/bergskärningar och tunnlar, är antingen den praxis man har på företaget eller som man önskar vore praxis på företaget eller i branschen. Den branschpraxis för insamling av geodata som anges i enkäten spänner över många olika delar i insamlingen av data, alltifrån typ av borrhålsundersökning till val av karteringssystem, till arbetsmiljön.

För borrhål angavs bl.a. att kärnprovtagning bör utföras med trippeltuber för att bevara sprickfyllnader, att borrhålsfilmning bör användas i större utsträckning, att litologisk, strukturgeologisk kartering av kärnan/borrhålet bör ingå och att karaktärisering bör utföras med Q_{bas} och /eller RMR_{bas} .

För tunnlar betonades att praxis och klassificeringssystem bör vara konsekventa, så att de kan följas genom alla projektfaser och ge spårbarhet. Det angavs även att litologisk och strukturgeologisk kartering bör ingå tillsammans med karaktärisering i en kombination av Q_{bas} , RMR_{bas} och GSI.

För hållar/bergskärningar angavs att fokus bör ligga på de större sprickorna och strukturerna då de ofta styr stabiliteten i en skärning vilket även stöds av de flesta deltagarna vilka anger att de fokuserar sin kartering på bergart, större strukturer som påverkar stabiliteten samt sprickorienteringar. Fotogrammetri läggs fram som en bättre metod för kartering av bergskärningar, troligen av det skälet att karteringen kan utföras under säkrare och lugnare förhållanden, särskilt för de bergskärningar som ligger längs vägar och/eller kan vara rasbenägna.

Resultatet visade att svaren var likvärdiga för projekt med komplexitet GK2 och projekt med komplexitet GK3. Samma resultat framkom om systemen används för kartering eller projektering. Detta är ett uppmuntrande resultat som antyder att det inte behövs eller önskas en stor mångfald i projektspecifik praxis.

Projektgruppens funderingar: Flera deltagare vill inte ha en branschpraxis då syftet med karteringen ofta är platspecifik. Vi anser dock att en branschpraxis skulle gynna alla eftersom tillgången på borrhälspraxis och tunnlar är begränsad och fältbesök av berghållar och bergskärningar kan vara kostsamma och innebära komplicerade säkerhetsåtgärder. Vi rekommenderar att en minimikravlista med parametrar som alltid ska karteras tas fram som branschpraxis, oavsett syftet med karteringen. Detta för att minska behovet av att kartera om samma objekt flera gånger. Vad denna minimikravlista ska innehålla är ett ämne för framtida arbeten men en preliminär lista kan uppskattas från listan över viktiga parametrar i Figur 3-24, Figur 3-25 samt kapitel 3.4. Ifall projektspecifika behov uppstår, kan metoder läggas till som komplement till denna minimikravlista.

3.4 Geologiska data

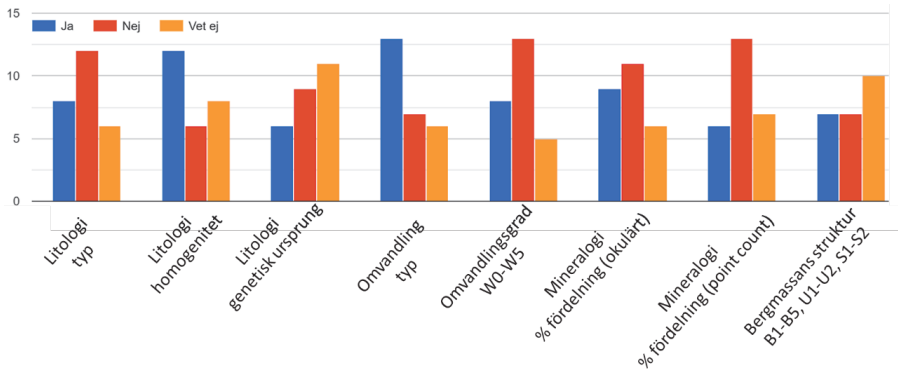
I det här avsnittet undersöks ett antal geologiska parametrar med avseende på vikt, träffsäkerhet och behov av förbättrad metodbeskrivning. Undersökningen bestod främst av flervalfrågor. Se Delprojekt 1 Google Formulär.pdf i Bilaga 2 för utformning av alla frågor. Ett urval av relevanta diagram som visar den mer intressanta fördelningen av svaren visas i resultaten nedan. Se Delprojekt1_fragor_och_svar.mhtml i Bilaga 2 för en detaljerad redovisning av fördelning av svaren.

3.4.1 Bergart

I enkäten frågades efter träffsäkerheten hos följande bergartsparametrar: litologi, homogenitet, genetiskt ursprung, omvandlingstyp, omvandlingsgrad (W0-W5), mineralfördelning (okulärt), mineralfördelning (point count) och bergmassans struktur (B1-B5, U1-U2, S1-S2).

För de parametrar som ansågs viktiga (*litologi, homogenitet, omvandlingstyp, omvandlingsgrad* och *bergmassans struktur*) bedömdes parametern som ganska träffsäker. Av dessa var den parameter som hade sämst träffsäkerhet *bergmassans struktur* där nära hälften ansåg att parametern hade mindre bra träffsäkerhet. Även parametrarna *homogenitet* och *omvandlingstyp* visade på sämre träffsäkerhet. Samtliga parametrar bedömdes ha högre vikt i GK3 än i GK2.

Vidare frågades det om parametrarna var väldefinierade och om metoden behövde förbättras. Där visade undersökningen på att många inte visste, dvs det var en stor andel vet-ej-svar (Figur 3-13). Det var tydligt att för parametrarna *homogenitet* och *omvandlingstyp*, dvs de parametrar som ansågs mindre träffsäkra men av stor vikt, var behovet av förbättring av metodbeskrivningarna stort. När det gäller bedömningen av de övriga bergartsegenskaperna bör de många vet-ej-svaren beaktas. Detta kan vara en indikation på att det behövs förbättrade metodbeskrivningar för fler av bergartsparametrarna.



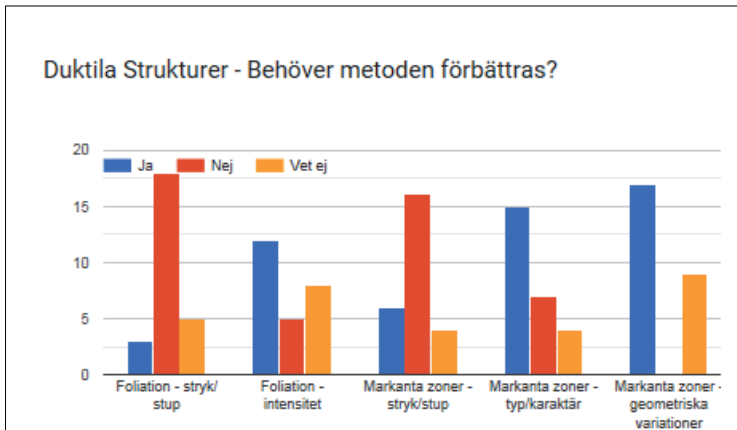
Figur 3-13. Orange staplar visar den stora osäkerheten i huruvida förbättring av metodbeskrivning behövs.

3.4.2 Duktila strukturer

I enkäten frågades efter träffsäkerheten hos följande duktila strukturer: *foliation (strykning/stupning)*, *markanta zoner (strykning/stupning)*, *foliation (intensitet)*, *markanta zoner (typ/karaktär)* och *markanta zoner (geometriska variationer)*.

Samtliga strukturer bedömdes som ”ganska träffsäkra” förutom *geometriska variationer* och *foliationsintensitet* som bedömdes ha ”mindre bra träffsäkerhet”. Samtliga strukturer ansågs även vara ”viktiga” men *markanta zoner (strykning/stupning)*, *markanta zoners typ och karaktär* och *markanta zoners geometriska variationer* var de som i både GK2 och GK3 bedömdes ha störst vikt.

Vidare frågades det efter om parametrarna var väldefinierade och om metoden behövde förbättras, se Figur 3-14. Endast 2 av de 5 parametrarna ansågs vara väldefinierade, de mätbara parametrarna *markanta strukturer (strykning/stupning)* och *foliation (strykning/stupning)*. Det finns alltså ett behov av att förbättra metoden för bedömning av *foliationsintensitet*, *markanta zoners typ/karaktär* och *markanta zoners geometriska variation*.



Figur 3-14. Duktila strukturer – Behöver metoden förbättras?

Projektgruppens funderingar: Markanta zoner (geometriska variationer) och foliationsintensitet bedömdes ha ”mindre bra träffsäkerhet”, detta bottnar troligen i den subjektivitet som är oundviklig vid bedömningen av intensitet: grad av intensitet måste sättas i relation till något. Vad är t.ex. svag respektive medelstark foliation? Man utgår ifrån vad man sett tidigare, sin egen erfarenhet och denna erfarenhet kan vara olika för olika geologer. När det gäller den geometriska variationen förväntas man göra en tolkning av något man inte ser, dvs det blir en statistisk uppskattning.

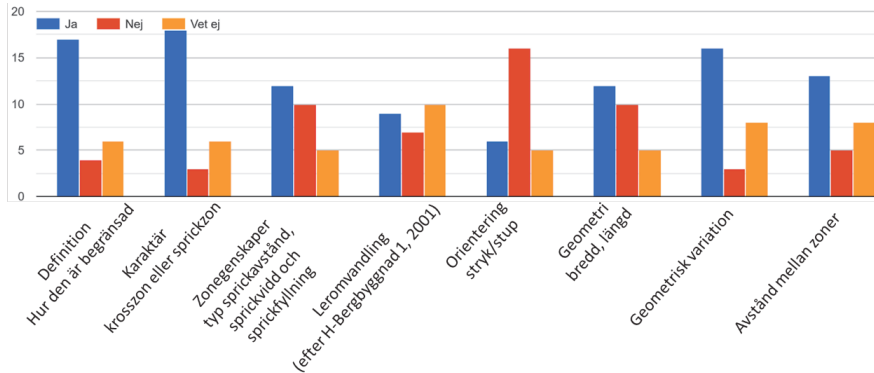
3.4.3 Svaghetszoner

I enkäten frågades efter träffsäkerheten hos följande parametrar kopplade till svaghetszoner: *karaktär, zonegenskaper, leromvandling, orientering, geometri, geometrisk variation* och *avstånd mellan zoner*.

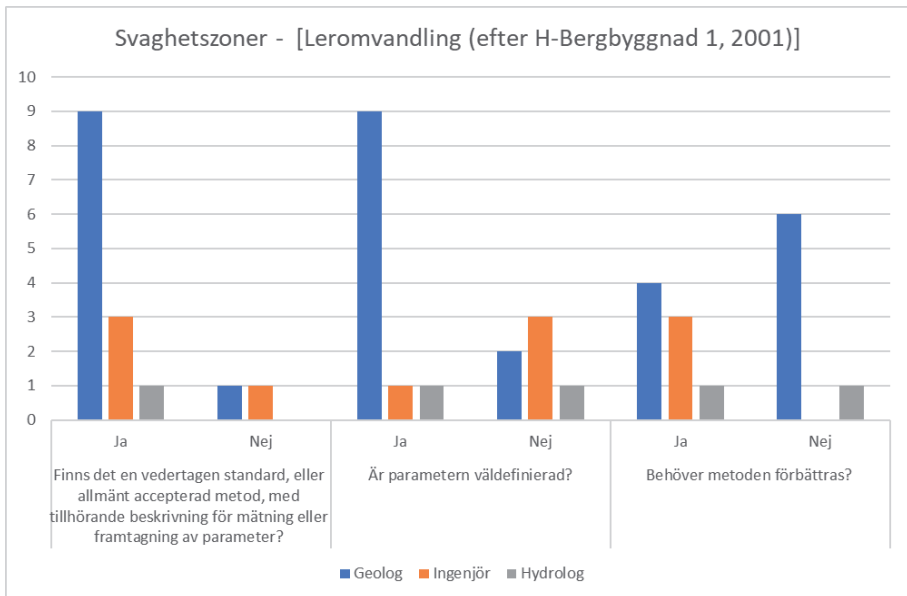
Endast 3 av 7 parametrar ansågs ha en ”ganska bra träffsäkerhet”, *karaktär, zonegenskaper* och *orientering*, medan *leromvandling, geometrisk variation* och *avstånd mellan zoner* ansågs ha ”mindre bra träffsäkerhet”. Samtliga parametrar för svaghetszoner bedömdes som viktiga men *orientering* och *geometrisk variation* bedömdes vara av störst vikt.

Enkäten visar att endast 2 av de 8 parametrarna är väldefinierade, *zonegenskaper* och *orientering*, vilka även är de parametrar som bedömdes vara mest träffsäkra. När det gäller metodförbättring visar 4 av 8 parametrar på ett mycket tydligt behov av detta; för 3 av 8 parametrar råder en stor oenighet med ungefärlig balans mellan ja- och nej-svaren (Figur 3-15). *Leromvandling* är en av dessa, nästan lika många tycker att metoden behöver förbättras som de som anser att det inte behövs. Geologerna har olika åsikt, men ingenjörerna som svarat är överens, se Figur 3-16. De flesta geologerna tycker dock att

parametern har en vedertagen mätmetod och att den är väldefinierad. Av samtliga parametrar är det endast *orientering* som ej bedöms behöva förbättras (Figur 3-15).



Figur 3-15. Svaghetszoner – Behöver metoden förbättras?

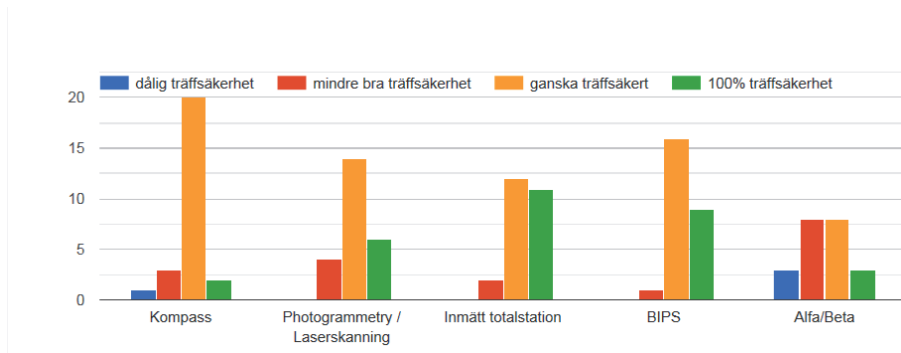


Figur 3-16. Svar avseende metoden för leromvandling i svaghetszoner, kategoriserad efter profession.

Projektgruppens funderingar: Bara för att det finns en vedertagen metod betyder det inte att man tycker att metoden är bra. En vedertagen metod kan vara den enda man har att arbeta med och om metoden är obligatorisk i vissa undersökningsprogram så används den. Vi frågar inte efter en bra vedertagen metod i enkäten utan endast om man känner till en vedertagen metod. Det kan även vara så att metoden existerar men att det saknas bra metodbeskrivningar för den.

3.4.4 Orientering

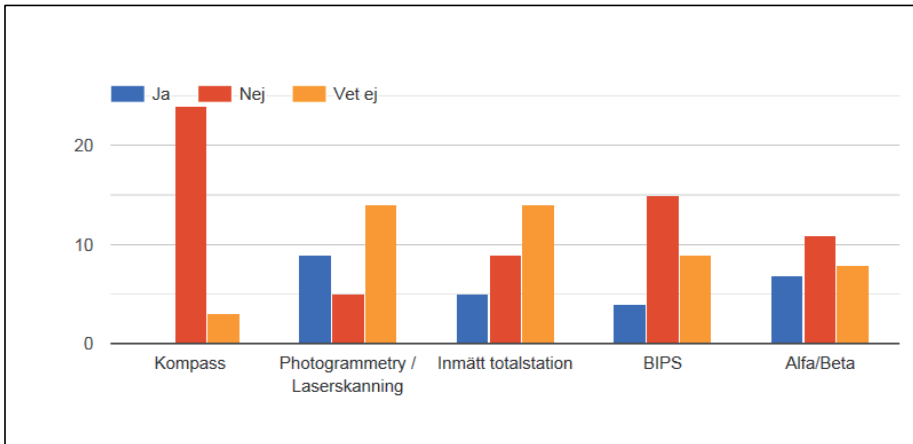
I enkäten frågades efter träffsäkerheten hos följande metoder kopplade till orientering: *kompass*, *fotogrammetri/laserscanning*, *inmätt totalstation*, *BIPS* (benämns borrhålsfilmning nedan; i enkäten angavs det som BIPS vilket är felaktigt eftersom BIPS inte är en metod utan ett produktmärke) och *alfa/beta*.



Figur 3-17. Orientering – Träffsäkerhet.

Samtliga metoder ansågs ha ganska bra till 100% träffsäkerhet förutom *alfa/beta* som ansågs ha en ”mindre bra” eller ”ganska bra träffsäkerhet” (Figur 3-17). Orienteringsmetoder som ansågs mer träffsäkra och viktigare än övriga alternativ i undersökningen var *kompass*, *borrhålsfilmning* och *fotogrammetri* (i GK3). När det gäller träffsäkerhet ansåg geologer att *borrhålsorientering* och *kompass* är mer träffsäkra medan ingenjörer ansåg att *fotogrammetri* är mer träffsäkert.

Vidare ställdes frågor om parametern är väldefinierad och om metoden behöver förbättras. Bedömningen var att *borrhålsfilmning*, *kompassorientering* och *alfa/beta* inte var i behov av förbättring, de var både väldefinierade och hade en vedertagen metod. För *fotogrammetri* och *inmätt totalstation* fanns en stor osäkerhet kring huruvida metoderna var väldefinierade och hälften av de svarande visste inte heller om den hade behov av någon förbättring, se Figur 3-18. Dessa osäkerheter kan vara indikation på att metoden behöver förbättras.



Figur 3-18. Orientering – Behöver metoden förbättras?

Projektgruppens funderingar: De tvetydiga svaren för *fotogrammetri* och *inmätt totalstation* kan vara en indikation på att det behövs bearbetning av metodbeskrivningar för metoderna men kan också, i fallet med *fotogrammetri*, vara en indikation på att metoden är relativt ny och att få är insatta i tillvägagångssättet och vetskapen är liten huruvida det finns bra metodbeskrivningar. Metoden *alfa/beta* används i större utsträckning för att orientera sprickor och strukturer i borrhärlor (med t.ex. spets, eller Reflex-systemet, m.fl.). Bedömningen av *alfa/betas* träffsäkerhet kan därför också vara en bedömning av själva kärnorienteringsmetodens träffsäkerhet.

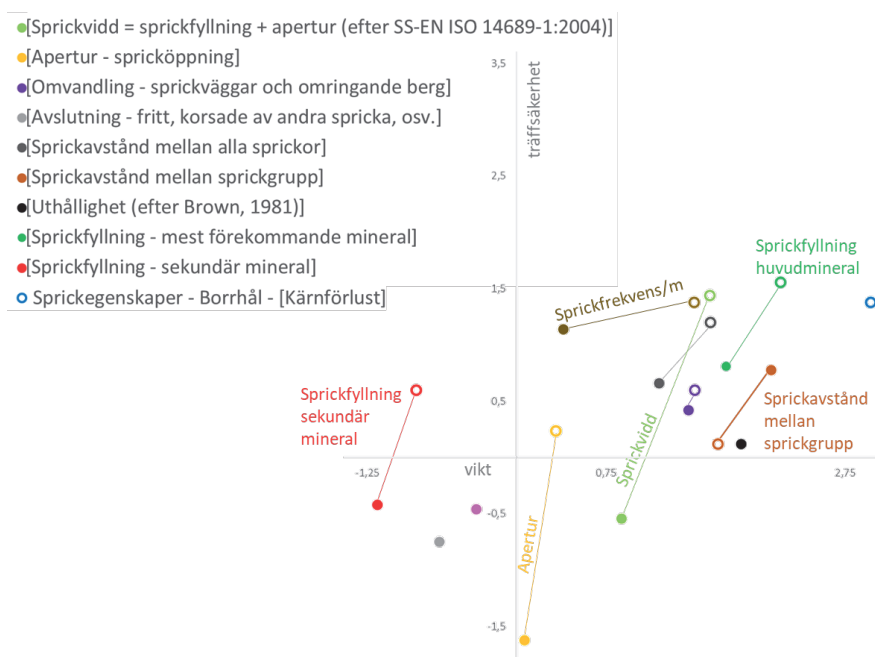
I kapitlet anges att ingenjörer tycker att *fotogrammetri* har högre träffsäkerhet än *borrhålsfilmning* och *kompass*. Anledningen kan vara att *fotogrammetrimetoden* används i större utsträckning bland ingenjörer och *borrhålsfilmning* och *kompass* används i större utsträckning av geologer. Man tenderar att ha större tillförlitlighet till det man känner till. Orienteringsmetoderna är dock oftast inte konkurrerande då vissa orienteringslösningar fungerar bättre för vissa bergmiljöer, t.ex. *borrhålsfilmning* i borrhål och *fotogrammetri* och *kompass* i tunnlar och bergskärningar. Orienteringsmetoderna kan även fungera samverkande och komplettera varandra.

3.4.5 Sprickegenskaper

I enkäten frågades efter vikt och träffsäkerhet hos följande sprickegenskaper: *sprickvidd*, *sprickapertur*, *sprickfyllning* (mest förekommande och sekundära mineral), *omvandling*, *avslutning*. detta avsnitt av undersökningen ställdes även frågor om vikt och träffsäkerhet hos följande egenskaper avseende sprickavstånd/frekvens: *sprickfrekvens per m*, *sprickor per m3* (Jv Sprickavstånd mellan alla sprickor), *sprickavstånd mellan sprickgrupper*) och *kärnförlust*. Sprickegenskaperna ansågs generellt vara viktiga eller mycket viktiga med

en ganska bra träffsäkerhet (Figur 3-19). De egenskaper som anses ha ”mindre bra” till dålig träffsäkerhet är:

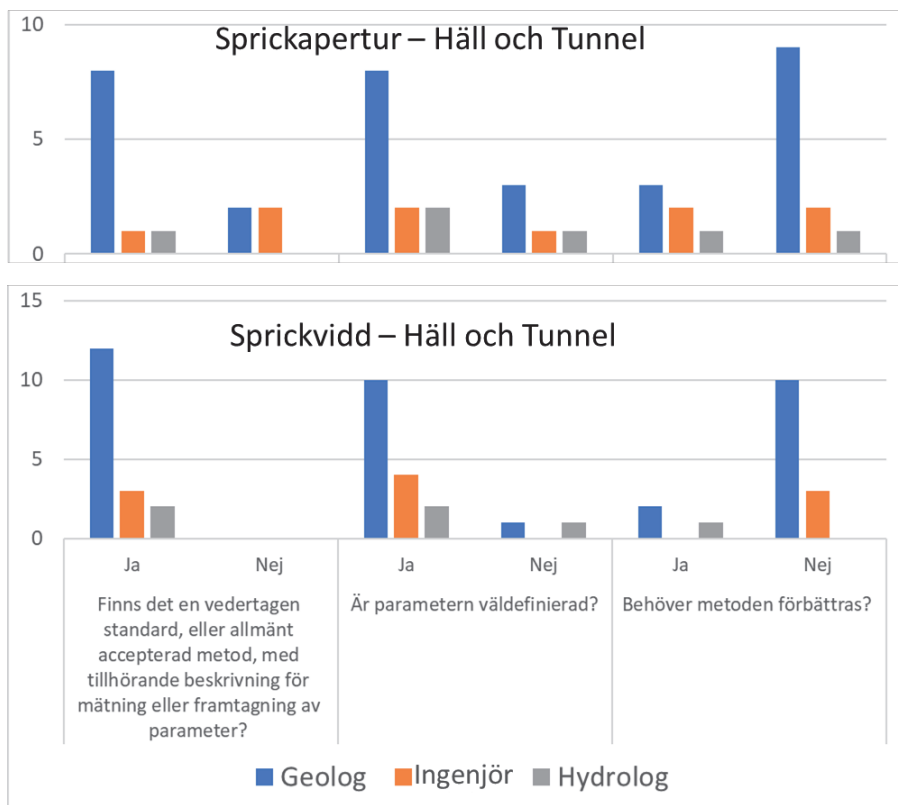
- Sprickvidd och apertur
- Sprickor per $m^3 - J_v$ (Palmström) - J_v anses mindre träffsäker men mindre än 27 % anser att metoden behöver förbättras.
- Sprickavstånd mellan sprickgrupper – borrhål. Parametern ersätts ofta av *sprickavstånd mellan sprickor* då det i borrhål är svårt/omöjligt att särskilja uthålliga väl definierade sprickgrupper mellan vilka man kan mäta sprickavstånd.



Figur 3-19. Korsdiagram av medelvärdet Vikt kontra Träffsäkerhet för olika sprickegenskaper (se kapitel Fel! Hittar inte referenskälla. för beskrivning av hur diagram fungerar). Medelvärdet för sprickegenskaper från borrhåren visas som öppna cirklar och från häll/tunnel som fyllda cirklar. Linjer sammanbinder medelvärden mellan borrhål och häll/tunnel för samma sprickegenskap där det finns en betydande skillnad i träffsäkerhet.

Samtliga sprickegenskaper bedömdes ha bättre träffsäkerhet i borrhål än i häll/tunnel förutom sprickavstånd mellan sprickgrupper vilket är svårt att urskilja i en borrhål. Sprickfyllningar och sprickapertur/-vidd visar störst skillnad mellan borrhål och häll/tunnel, troligen för att dessa egenskaper vittrar bort eller förändras vid sprängning.

Avseende borrhål bedömdes det generellt inte finnas något behov att förbättra metoden men för håll/tunnel var osäkerheten större och flertalet parametrar såsom uthållighet, omvandling, avslutning och sprickavstånd har fått mycket spridda svar.



Figur 3-20. Svar om metoden för sprickapertur och sprickvidd, kategoriserad efter profession.

Projektgruppens funderingar: Trots att sprickvidd och sprickapertur i snitt är den parameter som anses vara minst träffsäker anser många av de svarande att metoden inte behöver förbättras (Figur 3-20). Detta kan bero på att det är svårare att mäta sprickvidd eller apertur på håll eller i tunnel, på grund av vittring, sprängning och större variation längs sprickan (eftersom man ser mycket mer av en spricka i hållar/tunnlar jämfört med i en borrhärna). En mer flexibel metod som har olika noggrannhet för olika datakällor (mindre för håll/tunnlar, mer för borrhärna) och som kan definiera osäkerheten i mätningen rekommenderas. Här kan det även vara viktigt att specificera om minimum, maximum eller medelvärde används.

Att *Sprickor per m³ – Jv* anses vara mindre träffsäker men få anser att metoden behöver förbättras kan bero på att metoden knappast används i Sverige och att det därför inte finns någon vilja att förbättra den.

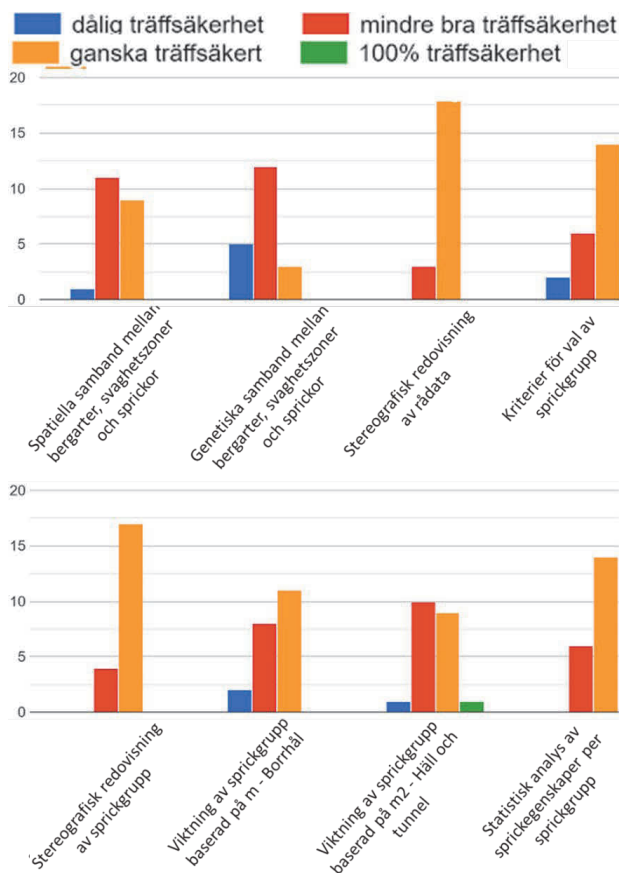
Sprickavstånd mellan sprickgrupper anses som viktig och ganska träffsäker. Vi anser att den är mindre träffsäker än enkätresultaten visar eftersom det kan vara svårt att definiera sprickgrupp med avseende på variation i orientering samt karteringsskala (t.ex. hur många subparallela sprickor behövs, och över vilket avstånd, för att klassificera dem som en separat sprickgrupp).

Uthållighet var den viktigaste sprickegenskaper av alla och visar sig ligga på gränsen mellan mindre bra och ganska bra träffsäkerhet. Detta kan bero på att det inte finns en standard för att välja vilken spricka som är representativ för mätning av spricklängd eller hur karteringsfönstrets begränsning ska beaktas. Endast 30 % av geologerna och hälften av ingenjörerna (observera att endast 4 svarade) tycker att metoden behövs förbättras, men vi rekommenderar ändå att en tydligare förklaring bör skrivas.

Att osäkerheten i sprickegenskaper från håll/tunnel var större än från borrhål kan vara en indikation på att det behövs bearbetning av metodbeskrivningarna för insamling av dessa parametrar från hållar och tunnlar.

3.4.6 Geologisk analys

I enkäten frågades efter träffsäkerheten hos följande metoder kopplade till geologisk analys: *spatiella samband mellan bergarter; svaghetszoner och sprickor; genetiska samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor; stereografisk redovisning av rådata; kriterier för val av sprickgrupp; stereografisk redovisning av sprickgrupp; viktning av sprickgrupp baserat på m-borrhål; viktning av sprickgrupp baserat på m²-håll och tunnel och statistisk analys av sprickegenskaper per sprickgrupp.*

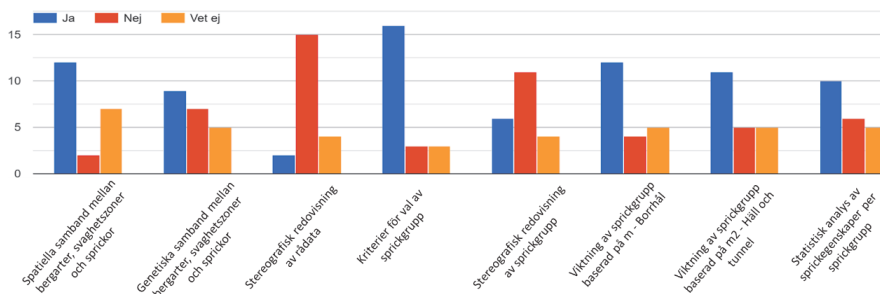


Figur 3-21. Geologisk analys – Träffsäkerhet.

Enligt Figur 3-21 ansågs endast 4 av 8 analysmetoder ansågs vara ganska träffsäkra: *stereografisk redovisning av sprickgrupp*, *kriterier för val av sprickgrupp*, *stereografisk redovisning av rådata* och *statistisk analys av sprickegenskaper per sprickgrupp*. Resterande analysmetoder bedömdes ha mindre bra träffsäkerhet alternativt var deltagarna oense om metodens träffsäkerhet. De flesta av analysmetoderna ansågs viktiga i GK3 bortsett från *genetiska samband mellan bergarter*, en metod som också hade ”mindre bra” träffsäkerhet. *Stereografisk redovisning av rådata och sprickgrupp* ansågs (i GK3) vara viktigast. De analysmetoder som ansågs som viktiga eller mycket viktiga men som hade en mindre bra träffsäkerhet är: *spatiella samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor* och *viktning av sprickgrupper i borrhål och häll/tunnel*.

Vidare ställdes frågor om parametern är väldefinierad och om metoden behöver förbättras. Endast metoderna *stereografisk redovisning av rådata* och *sprickgrupp* ansågs

vara väldefinierade medan resterande metoder var dåligt definierade och *Genetiska samband mellan bergarter* var sämst definierad. Därför bedömer också deltagarna att samtliga metoder förutom *Stereografisk redovisning av rådata och sprickgrupp* är i behov av förbättring (Figur 3-22).



Figur 3-22. Geologisk analys – Behöver metoden förbättras?

Projektgruppens funderingar: Vid jämförelse av svar mellan kapitel 3.3.3 och detta kapitel uppkommer en viss tvetydighet. I kapitel 3.3.3 anges att Jn har ”mindre bra träffsäkerhet”; Jn är benämningen på sprickgrupptalet i Q_{bas} och bestäms ofta i kärnkartering genom stereografisk analys. I detta kapitel ansågs de stereografiska redovisningarna vara träffsäkra, väldefinierade och ej vara i behov av förbättrad metod. Trots detta fick Jn under kapitel 3.3.3 inte alls samma positiva bedömning som stereografisk analys i detta kapitel. Där drogs i stället slutsatsen att metoden är i behov av förbättring. Det finns flera frågetecken när det gäller stereografisk analys där man manuellt tar ut sprickgrupper, t.ex. hur många sprickor krävs för att utgöra en egen sprickgrupp, vid konturering och viktning, hur många procent krävs för att det ska räknas som en tillräcklig tyngd för att det ska utgöra en egen sprickgrupp? Var går gränsen för ”random”, hur många sprickor behöver det vara?

3.4.7 Delslutsatser – Geologiska data

Dataunderlaget är stort och det finns flera sätt att analysera dessa data. För att identifiera vilka parametrar som är viktigast och behöver bättre metodbeskrivningar utfördes tre analyser.

3.4.7.1 Analys 1 – Viktiga parametrar med mindre träffsäkerhet

Analys 1 undersöker parametrar som anses vara viktiga men inte träffsäkra. För varje analys beräknades medelvärdet av svaren där varje text-”värde” tilldelades ett siffrvärde enligt Tabell 3-5. När medelvärdena av *vikt* och *träffsäkerhet* framräknas enligt poängsättningen i Tabell 3-5 kan de plottas i ett korsdiagram (Figur 3-23). De parametrar som hamnar i korsdiagrammets nedre högra kvadrant har störst behov av att förbättras för

att öka träffsäkerheten. Låg träffsäkerhet påverkas t.ex. av bristfällig metodbeskrivning, karteringsteknik, provtagningsteknik, antalet prover eller observationer, eller kartörens erfarenhet.

Tabell 3-5. Siffervärden som tilldelas parametrarna "viktig" och "träffsäker".

x-axel (textvärde)	Siffervärde	y-axel (textvärde)	Siffervärde
inte alls viktig	-3,5	dålig träffsäkerhet	-3,0
lite viktig	-1,75	mindre bra träffsäkerhet	-1,5
viktig	1,75	ganska träffsäker	1,5
mycket viktig	3,5	100% träffsäker	3,0

Textvärdet "lite viktigt" var ett något olyckligt val i enkäten, då det kan tolkas på olika sätt. Några deltagare kan ha tolkat textvärdet i betydelsen mindre viktig, medan andra tolkat det som ganska viktig. Detta kan ha lett till att medelvärdet av parametrarnas vikt blir mindre än det borde ha varit. 100% träffsäkerhet var också ett något olyckligt val i enkäten eftersom det är få parameter som verkligen har 100% träffsäkerhet. Valet "bra träffsäkerhet" hade varit ett bättre alternativ som är i linje med "mindre bra träffsäkerhet". Detta kan ha lett till att medelvärdet av parametrarnas träffsäkerhet blir mindre än det borde ha varit.



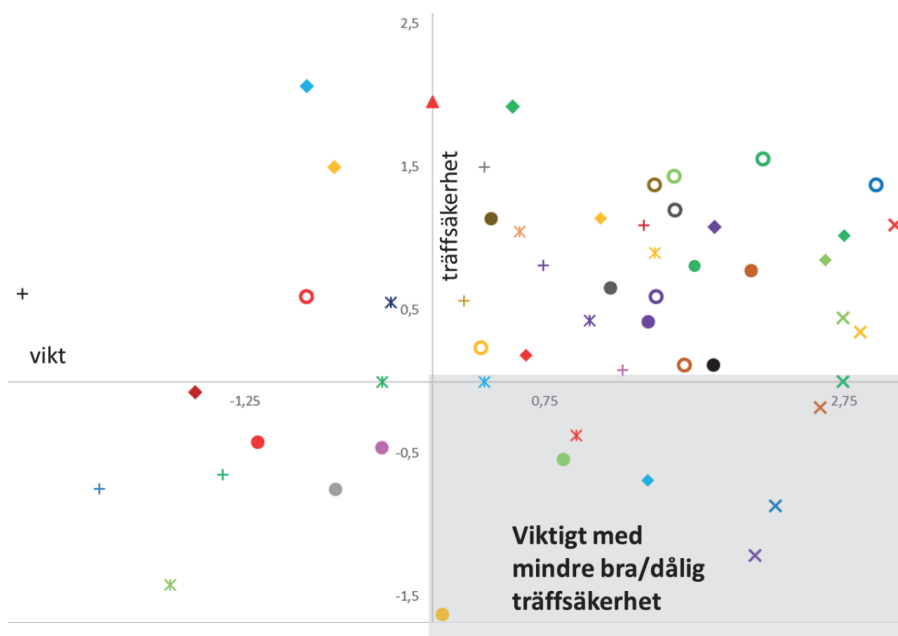
Figur 3-23. Korsdiagram med fyra kvadranter där parametrars medelvärde av vikt och träffsäkerhet kan plottas baserat på värderingen i Tabell 3-5.

Resultatet Korsdiagram av vikt kontra träffsäkerhet för de geologiska parametrarna visas i Figur 3-24. De parametrar som anses ha störst vikt men minst träffsäkerhet bedöms vara i behov av en förbättrad metod eller metodbeskrivning. Listan över bergmekaniska parametrar som anses vara viktiga och ha mindre bra till dålig träffsäkerhet är:

- Duktila strukturer – Markanta zoner – geometriska variationer
- Sprickegenskaper – Sprickor per m^3 – Jv (Palmström)
- Svaghetszoner – Avstånd mellan zoner
- Svaghetszoner – Geometrisk variation
- Svaghetszoner – Leromvandling (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)
- Geologisk analys – Spatiella samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor
- Sektionslängd för karaktärisering – Standardiserad (oftast 1 m)

Generellt ökar medelvärdet för viktighet hos parametrar i GK3-projekt jämfört med GK2-projekt. Följande parametrar från den nedre högra kvadranten visade stora ökning i vikt i mer komplexa (GK3) projekt:

- Standardiserad sektionlängd för karakterisering i tunnel (ökar från -1,09 till 0,18)
- Standardiserad sektionlängd för karakterisering i borrhål (ökar från -0,18 till 0,91)
- Sprickvidd från håll och tunnel (ökar från 0,87 till 2,06)
- Sprickapertur från håll och tunnel (ökar från 0,63 till 1,19)
- Sprickor per m^3 – Jv (Palmström) (ökar från -0,34 till 0,58)
- Geometriska variationer i duktila strukturer (ökar från 1,43 till 2,88)
- Spatiella samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor (ökar från 1,43 till 2,33)



- ◆ Duktila strukturer [Foliation - stryk/stup] Total
 - ◆ Duktila strukturer - [Markanta zoner stryk/stup] Total
 - ◆ Duktila strukturer - [Markanta zoner - geometriska variationer] Total
 - Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickvidd = sprickfyllning + apertur (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)]
 - Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Omvandling - sprickväggar och omringande berg]
 - Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickavstånd mellan alla sprickor]
 - ✕ Svaghetszoner - [Karaktär - krosszon eller sprickzon]
 - ✕ Svaghetszoner - [Geometrisk variation]
 - ✕ Svaghetszoner - [Avstånd mellan zoner]
 - Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Uthållighet (efter Brown, 1981)]
 - Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickfyllning - sekundär mineral]
 - Sprickegenskaper - Borrhål - [Apertur - spricköppning]
 - Sprickegenskaper - Borrhål - [Sprickavstånd mellan alla sprickor]
 - Sprickegenskaper - Borrhål - [Sprickfyllning - mest förekommande mineral]
 - ◆ Sprickor - Orientering - [Photogrammetry / Laserskanning]
 - ◆ Sprickor - Orientering - [BIPS]
 - ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [Enaxiell tryckhållfasthet från enaxiell eller triaxiell tryckförsök]
 - Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickor per m³ - Jv - (Palmström)]
 - Sprickegenskaper - Borrhål - [Kärnförlust]
 - ✕ Geologisk analys - [Genetiska samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor]
 - ✕ Geologisk analys - [Kriterier för val av sprickgrupp]
 - ✕ Geologisk analys - [Viktning av sprickgrupp baserad på m - Borrhål]
 - ✕ Geologisk analys - [Statistisk analys av sprickegenskaper per sprickgrupp]
 - + Bergart - [Litologi - typ]
 - + Bergart - [Litologi - genetiskt ursprung]
 - + Bergart - [Omvandlingsgrad - W0-W5 (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)]
 - + Bergart - [Mineralogi - % fördelning (point count)]
-

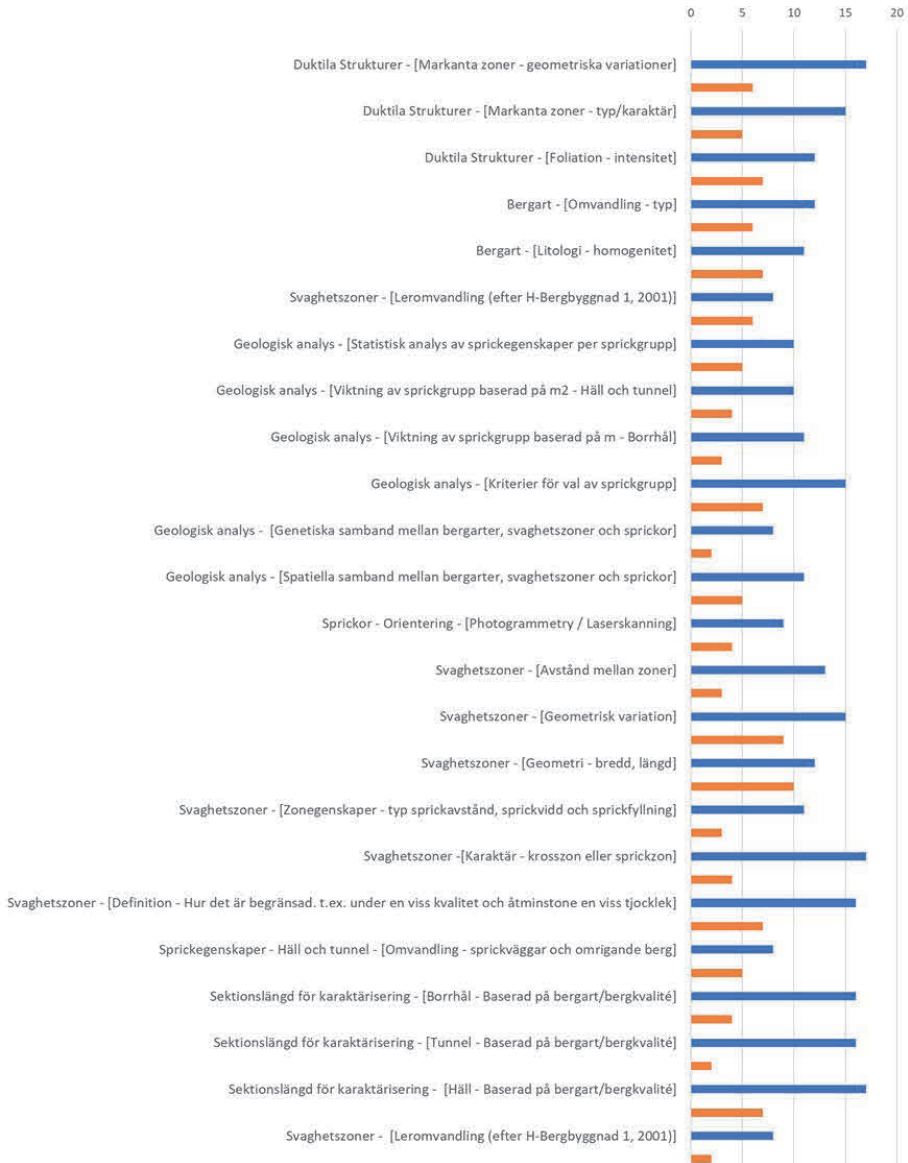
- ◆ Duktila strukturer - [Foliation - intensitet] Total
- Duktila strukturer - [Markanta zoner - typ/karaktär] Total
- ◆ Sprickor - Orientering - [Kompass] Total
- Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Apertur - spricköppning]
- Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Avslutning - fritt, korsade av andra spricka, osv.]
- ✕ Svaghetszoner - [Zonegenskaper - typ sprickavstånd, sprickvidd och sprickfyllning]
- ✕ Svaghetszoner - [Geometri - bredd, längd]
- ✕ Svaghetszoner - [Orientering - stryk/stup]
- Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickavstånd mellan sprickgrupp]
- Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickfyllning - mest förekommande mineral]
- Sprickegenskaper - Borrhål - [Sprickvidd = sprickfyllning + apertur (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)]
- Sprickegenskaper - Borrhål - [Omvandling - sprickväggar och omringande berg]
- Sprickegenskaper - Borrhål - [Sprickavstånd mellan sprickgrupp]
- Sprickegenskaper - Borrhål - [Sprickfyllning - sekundär mineral]
- ◆ Sprickor - Orientering - [Inmätt totalstation]
- ◆ Sprickor - Orientering - [Alfa/Beta]
- Sprickegenskaper - Häll och Tunnel - [Sprickfrekvens per m (linjekartering)]
- Sprickegenskaper - Borrhål - [Sprickfrekvens per m]
- ✕ Geologisk analys - [Spatiella samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor]
- ✕ Geologisk analys - [Stereografisk redovisning av rådata]
- ✕ Geologisk analys - [Stereografisk redovisning av sprickgrupp]
- ✕ Geologisk analys - [Viktning av sprickgrupp baserad på m2 - Häll och tunnel]
- ✕ Svaghetszoner - [Leromvandling (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)]
- + Bergart - [Litologi - homogenitet]
- + Bergart - [Omvandling - typ]
- + Bergart - [Mineralogi - % fördelning (okulärt)]
- + Bergart - [Bergmassans struktur - B1-B5, U1-U2, S1-S2 (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)]

Figur 3-24. Korsdiagram av medelvärden för vikt kontra medelvärden för träffsäkerhet för geologiska parametrar. Symboler motsvarar olika kategorier, sektioner och undersektioner. Öppna symboler motsvarar parametrar specifika för borrhålskartering.

3.4.7.2 Analys 2 – Metoder som behöver förbättras

I Analys 1 undersöktes parametrar och metoder med hög vikt och låg träffsäkerhet. Här fanns ett tydligt behov av att höja träffsäkerheten på parametrar och metoder genom förbättrade metodbeskrivningar. Men behov av förbättringar fanns även för ett stort antal andra parametrar. I Analys 2 undersöktes därför samtliga parametrar och metoder där mer än 50 % av deltagarna hade svarat ”Ja” på frågan om metoden behövde förbättras (Figur 3-25). I Figur 3-25 nedan listas 24 parametrar och metoder som anses behöva förbättrade metoder eller metodbeskrivningar, däribland parametrar och metoder som i enkäten

ansågs ha ganska bra träffsäkerhet, eller där det redan fanns metod eller metodbeskrivning men där behovet av förbättring ändå var stort.



Figur 3-25. Parametrar där över 50 % svarat att metoden behöver förbättras för geologiska parametrar. "Ja" = blå, "Nej" = orange.

Förbättring önskades för metoder för karaktärisering av nästan alla egenskaper hos svaghetszoner och duktila strukturer. Förbättrad metod och metodbeskrivning anses även behövas för sektionlängd för karaktärisering baserad på bergart/bergkvalitet samt för analys/viktning av sprickgrupp.

Nedan listas några av de fritextsvar som gavs:

I princip samtliga parametrar behöver förtydligas för att få en enhetlig tolkning och redovisning av insamlade data. Bedömning av sprickråhet behöver definieras, vilken skala bedömningen gjorts på, då variationer kan uppstå om observationer skett på cm- eller m-skala.

Syfte och vilken typ av objekt man utreder måste klargöras i tidigt skede för att kunna välja hur detaljerad karteringen/undersökningen ska vara. Riktlinjer i nuläget ej väl definierade enligt min uppfattning.

Det måste finnas ett standardiserat sätt att mäta orienteringar i fält (dvs siktar mot något vs. mätning direkt på ytan). Fältbeskrivningar av bergart och omvandling måste standardiseras på ett sätt så det snabbt kan göras på fältet. Detta beror främst på geologens erfarenhet. Det måste fastställas om geometrier mäts vid deras tjockaste, tunnaste, längsta eller genomsnittliga punkter. Vissa skalor är omöjliga att mäta i fält, såsom omvandling W0-W5 och sprickvidd av Brown 1981. Andra är för subjektiva såsom Ja och Jr eller dåligt definierade såsom Jn (även i den nyaste definitionen, som försöker lösa skalproblemen).

Generellt behöver standardiserade metoder och beskrivningar tas fram då det i dagsläget inte finns ett tydligt system för alla att följa.

3.4.7.3 Analys 3 – ”Vet ej” svar

På vissa frågor rörande geologiska data svarade en till två tredjedelar av deltagarna ”Vet ej”. Bakgrunden till ett ”vet ej”-svar kan t.ex. vara att ämnet ligger utanför deltagarens expertis eller att deltagaren inte tycker att det finns ett tydligt ja- eller nej-svar på frågan. I analys 3 undersöks därför bakgrunden till dessa ”vet ej”-svar. För att bedöma bakgrunden analyserades från vilken yrkesgrupp majoriteten av svaren kom. Tydligt var att huvuddelen av ”vet ej”-svaren kom från ingenjörer, vilket är en indikation på att ingenjörerna inte har tillräcklig kunskap för att besvara frågor kring *mineralogi, genetiskt ursprung och samband* samt *sektionlängd för kartering baserad på bergart/bergkvalitet*, frågor med tydlig inriktning till yrkesgruppen geologer. Detta resultat var därför förväntat. Frågor där både ingenjörer och geologer var osäkra gällde *kartering med digitala metoder*, såsom *Fotogrammetri* och *Laserscanning*. Geologer var osäkra kring förbättringar av metoden för *borrhålsfilmning*.

3.4.7.4 Parametrar och metoder som bedömts som mindre viktiga av både geologer och ingenjörer

Vissa av de parametrar som samlas in eller metoder som används har i enkäten bedömts vara av lägre vikt ("mindre viktig" – "inte alls viktig"). Vi har tittat närmare på vilka dessa parametrar/metoder är och varför de har bedömts vara av lägre vikt av både geologer och ingenjörer. För att sälla ut dessa har poängsättningen enligt Tabell 3-5 använts och följande parametrar med ett medelvärde under -1,75 tagits ut: Litologi – genetiskt ursprung, Mineralogi – %-fördelning, Alfa/Beta metod för sprickorientering och Standardiserad sektionlängd för karaktärisering av berghäll, se grå markering i Tabell 3-6.

3.4.7.5 Sammanfattning

De parametrar där medelvärdet pekar mot ett förbättringsbehov i någon av de tre analyserna har identifierats och redovisas i Tabell 3-6. Vidare har de parametrar som inte anses viktiga alls identifierats och markerats med grått i Tabell 3-6.

Tabell 3-6. Parametrar för geologiska data där behov av förbättring har identifierats (röd med kryss). Parametrar som anses mindre viktiga markeras med grått. I kolumnen "Analys 3: Osäker" anges den yrkesgrupp där 1/3 till 2/3 svarade "Vet ej" på frågan om metodbeskrivning för respektive parameter.

Geologiska data	Analys 1: Viktig och ej träffsäker	Analys 2: Förbättrad metodbeskrivning önskas	Analys 3: Osäker
Bergart – Bergmassans struktur – B1-B5, U1-U2, S1-S2 (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)			Ingenjör
Bergart – Litologi – genetiskt ursprung			Ingenjör
Bergart – Litologi – homogenitet		X	Ingenjör
Bergart – Litologi – typ			
Bergart – Mineralogi – %-fördelning (okulärt)			Ingenjör
Bergart – Mineralogi – %-fördelning (point count)			Ingenjör
Bergart – Omvandling – typ		X	
Bergart – Omvandlingsgrad – W0-W5 (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)			
Duktila strukturer – Foliation – intensitet		X	
Duktila strukturer – Foliation – stryk/stup			
Duktila strukturer – Markanta zoner – geometriska variationer	X	X	
Duktila strukturer – Markanta zoner – stryk/stup			
Duktila strukturer – Markanta zoner – typ/karaktär		X	
Geologisk analys – Genetiska samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor		X	Ingenjör
Geologisk analys – Kriterier för val av sprickgrupp		X	

Geologiska data	Analys 1: Viktig och ej träffsäker	Analys 2: Förbättrad metod-beskrivning önskas	Analys 3: Osäker
Geologisk analys – Spatiella samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor	X	X	Ingenjör
Geologisk analys – Statistisk analys av sprickegenskaper per sprickgrupp		X	
Geologisk analys – Stereografisk redovisning av rådata			
Geologisk analys – Stereografisk redovisning av sprickgrupp		X	
Geologisk analys – Viktning av sprickgrupp baserad på m – Borrhål		X	
Klassificeringssystem – GSI			
Klassificeringssystem – Q_{bas}			
Klassificeringssystem – $Q_{bas} - J_a$			
Klassificeringssystem – $Q_{bas} - J_n$			
Klassificeringssystem – $Q_{bas} - J_r$			
Klassificeringssystem – RMR – Sprickavstånd			
Klassificeringssystem – RMR – Sprickegenskaper			
Klassificeringssystem – RMR_{bas}			
Klassificeringssystem – RQD			
Sektionslängd för karaktärisering – Baserad på bergart/bergkvalitet		X	
Sektionslängd för karaktärisering – Standardiserad (oftast 1 m)	X		Ingenjör
Sprickegenskaper – Apertur – spricköppning	häll/tunnel		
Sprickegenskaper – Avslutning – fritt, korsade av andra spricka, osv.			Ingenjör
Sprickegenskaper – Kärnförlust			
Sprickegenskaper – Omvandling – sprickväggar och omgivande berg		X	
Sprickegenskaper – Sprickavstånd mellan alla sprickor			
Sprickegenskaper – Sprickavstånd inom sprickgrupp			
Sprickegenskaper – Sprickfrekvens per m			
Sprickegenskaper – Sprickfrekvens per m (linjekartering)			
Sprickegenskaper – Sprickfyllning – mest förekommande mineral			
Sprickegenskaper – Sprickfyllning – sekundära mineral			Ingenjör
Sprickegenskaper – Sprickor per m^3 – J_v – (Palmström)	X		
Sprickegenskaper – Sprickvidd = sprickfyllning + apertur (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)	häll/tunnel		

Geologiska data	Analys 1: Viktig och ej träffsäker	Analys 2: Förbättrad metod-beskrivning önskas	Analys 3: Osäker
Sprickegenskaper – Uthållighet (efter Brown, 1981)			
Sprickor – Orientering – Alfa/Beta			Ingenjör
Sprickor – Orientering – BIPS			Geolog
Sprickor – Orientering – Inmätt totalstation			Både
Sprickor – Orientering – Kompass			
Sprickor – Orientering – Fotogrammetri / Laserscanning		X	
Svaghetszoner – Avstånd mellan zoner	X	X	Ingenjör
Svaghetszoner – Geometri - bredd, längd		X	
Svaghetszoner – Geometrisk variation	X	X	Ingenjör
Svaghetszoner – Karaktär – krosszon eller sprickzon		X	Ingenjör
Svaghetszoner – Leromvandling (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)	X	X	Ingenjör
Svaghetszoner – Orientering – stryk/stup		X	
Svaghetszoner – Zonens egenskaper – typ, sprickavstånd, sprickvidd och sprickfyllning		X	

3.5 Bergmekaniska data

I det här avsnittet undersöks ett antal geologiska parametrar med avseende på vikt, träffsäkerhet och behov av förbättrad metodbeskrivning. Undersökningen bestod främst av flervälsfrågor. Se Delprojekt 1 Google Formulär.pdf i Bilaga 2 för utformning av alla frågor. Ett urval av relevanta diagram som visar den mer intressanta fördelningen av svaren visas i resultaten nedan. Se Delprojekt1_fragor_och_svar.mhtml i Bilaga 2 för en detaljerad redovisning av fördelning av svaren.

3.5.1 Bergmekaniska egenskaper – Intakt berg

3.5.1.1 Tryckhållfasthet

Av bergmekaniska egenskaper för intakt berg anses enaxiella/triaxiella kompressionsförsök vara de mest tillförlitliga och vara den metod som helst används (dock inte lika nödvändigt i enklare projekt/GK2). Metoden för enaxiella/triaxiella kompressionsförsök anses inte behöva förbättras. Träffsäkerheten anses vara mindre bra med punktlasttest och minst med kniv/hammare vilka bägge är indirekta provmetoder där tryckhållfastheten bestäms av empiriska samband. I frågan om vikt verkar de svarande vara oeniga, vilket kan bero på de svarandes olika erfarenheter av dessa tester och huruvida resultaten stämde överens med verkligheten.

Enaxiell tryckhållfasthet med kniv/hammare har fått svar som pekar på oenighet. Över 42 % anser att parametern inte är väldefinierad men mindre än 20 % anser att metoden behöver förbättras. Det är huvudsakligen geologer som har svarat och testet anses endast vara viktigt för GK3-projekt. På frågan om metoden enaxiell tryckhållfasthet med kniv/hammare är väldefinierad är de svarande oeniga. Trots detta ses inget särskilt behov av att förbättra metoden. Vad bakgrunden till detta är är oklart. Det kan dock nämnas att vikt får medelvärde -0,2 för parametern och att de svarande därmed överlag inte ser metoden som särskilt viktig.

Projektgruppens funderingar: Här kan kommenteras att beskrivningen för användning av den här metoden är vag, detta är det inga tvivel om då beskrivningen innehåller ord som ”fast slag”, ”ett hårt slag”, ”skalas med svårighet”, ”hårt slag” osv. Detta innebär i praktiken att parameterbestämningen blir kraftigt subjektivt och är beroende av vem som utför testet.

När det gäller punktlasttest är de svarande även där oeniga med en svag dominans att metoden har ganska bra träffsäkerhet över att den har mindre bra träffsäkerhet. Även under metodens vikt är de svarande oeniga. Här dominerar de som svarat att metoden inte är viktig eller lite viktig men strax under hälften av de som svarat tycker att den är viktig eller mycket viktig. Metoden punktlasttest anses vara väldefinierad och bedöms inte behöva någon förbättring.

Projektgruppens funderingar: Vår analys av svaren beträffande tryckhållfasthet är att de av ISRM föreslagna metoderna både för punktlast och enaxiell tryckhållfasthet får anses

vara rigoröst testade men beroende på situation kan de vara representativa i olika grad. I punktlast-metoden påpekas att den främst är bra för homogena bergarter. Här kan tänkas att de svarande har tolkat frågorna på två olika sätt: dels om metoden är korrekt använd, eller om metoden inklusive bedömning är representativ. Vidare kan intakta berghållfasthetsanalytiska metoder kompletteras varandra genom kalibrering. Geologisk hammare kan kalibreras mot punktlast tester vilket i sin tur kalibreras mot enaxiell tryckhållfasthets tester.

3.5.1.2 Poissons tal

Poissons tal anses av över hälften att ha mindre bra till dålig träffsäkerhet. Två tredjedelar anser det vara en viktig parameter i GK3-projekt men bara en tredjedel i GK2-projekt. Metoden anses inte behöva förbättras. Tre fjärdedelar anser att parametern är väldefinierad och att metoden inte behöver förbättras. Däremot svarade nästan hälften att de inte känner till metodbeskrivningen för Poissons tal.

3.5.1.3 Elasticitetsmodulen

Hälften anser elasticitetsmodulen ha mindre bra till dålig träffsäkerhet. Nästan alla anser den vara en viktig parameter i GK3-projekt men bara hälften i GK2-projekt. Nästan alla deltagare anser att parametern är väldefinierad och att metoden behöver förbättras.

3.5.1.4 m_i (Hoek-Brown)

Parametern m_i (Hoek-Brown) anses vara ganska träffsäker av nästan alla när det härrör från triaxella kompressionsförsök men inte när det härrör från RocScience-tabeller eller kartörens egen erfarenhet. Tre fjärdedelar anser att m_i från triaxella tryckförsök är viktigt i GK3-projekt men bara en fjärdedel i GK2-projekt, förmodligen på grund av kostnad. Ungefär hälften anger att de accepterar att använda m_i från RocScience-tabeller eller erfarenhet i GK3-projekt. Metoden m_i från triaxella tryckförsök anses vara väldefinierad och bedöms inte behöva någon förbättring. Däremot anses m_i baserat på erfarenhet inte väldefinierad och är i behov av förbättring. Tre fjärdedelar av svaren visar att RocScience-tabeller är väldefinierade och inte behöver förbättras.

Projektgruppens funderingar: I arbetet med analys av resultaten har vi identifierat att även alternativ kring referensprojekt i närheten/samma litologi hade varit värdefullt. Från egen erfarenhet i fall där projektbudget inte räcker till egna tester kan jämförbara projekt vara en säkrare källa än tabeller i RocScience för berg, t.ex. i Stockholm där det finns mycket data.

3.5.2 Bergmekaniska egenskaper – Sprickor

3.5.2.1 Sprickråhetskoefficient JRC20 och JRC100

För sprickråhetskoefficienterna JRC20 och JRC100 anses träffsäkerheten vara mindre bra till ganska bra. Metoden anses vara viktigare i GK3 än i GK2; i GK3 anses metoden vara

ganska till mycket viktig. De flesta anser att metoden är väldefinierad och att förbättringar ej behöver göras.

3.5.2.2 *Waviness*

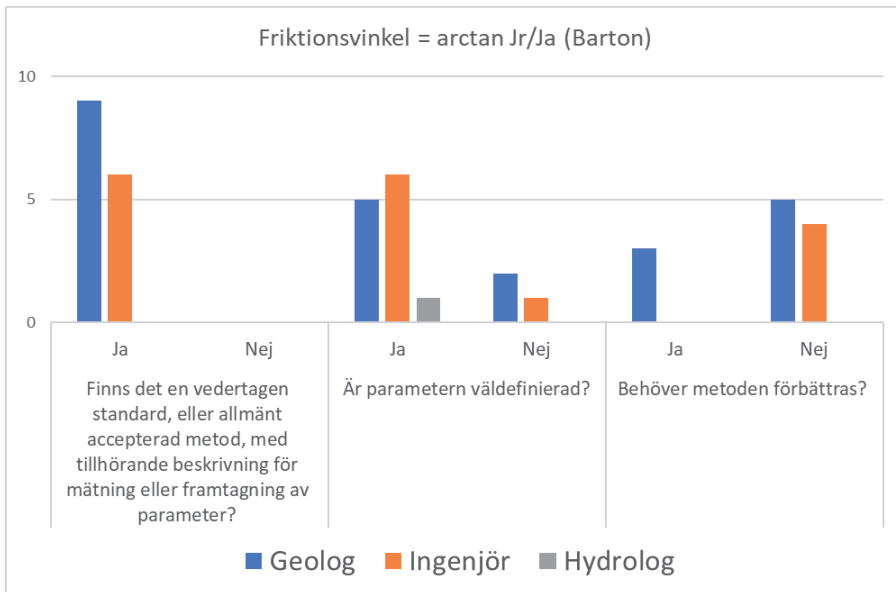
Mindre än hälften anser waviness vara ganska till 100% träffsäker. Metoden anses vara viktigare i GK3 än i GK2; i GK3 anses metoden vara ganska till mycket viktig. Det är en relativt okänd metod enligt svar avseende kännedom av metoden. Detta skulle kunna vara anledningen till att de svarande är oeniga huruvida parametern är väldefinierad och om metoden behöver förbättras. Det kan också vara på grund av att i frågan har ingen skala definierats för mätning av waviness.

3.5.2.3 *Friktionsvinkel*

Enkäten tog upp tre sätt att bestämma friktionsvinkel varav två är empiriska metoder (baserad på Jr/Ja och erfarenhet). Av dessa anses bara friktionsvinkel baserad på tilt-test som träffsäker och den metoden anges vara i minst behov av förbättring. Friktionsvinkel baserad på erfarenhet anses vara viktigare än tilt-test och $\arctan(Jr/Ja)$. Friktionsvinkel baserad på erfarenhet och $\arctan(Jr/Ja)$ anses vara viktig men mindre träffsäker.

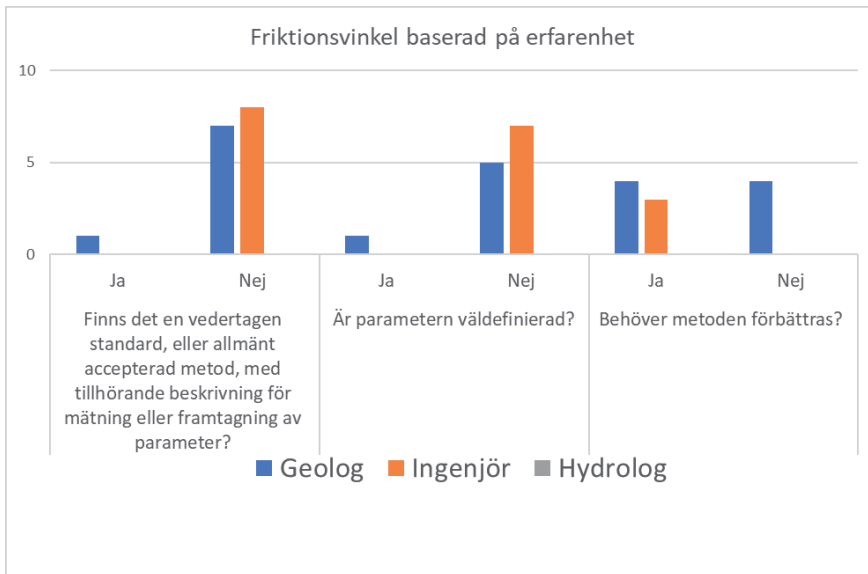
Många tycker att Friktionsvinkel = $\arctan(Jr/Ja)$ har ”mindre bra träffsäkerhet” men samtidigt svarar flertalet att metoden inte behöver förbättras. Samtliga svarande är överens om att det finns en vedertagen standard för att mäta friktionsvinkeln genom att beräkna $\arctan(Jr/Ja)$ (Figur 3-26). Några tycker dock att parametern inte är väldefinierad.

Projektgruppens funderingar: Det är oklart vad åsikten att parametern inte är väldefinierad beror på, men eftersom den mycket korta ekvationen objektivt måste anses som väldefinierad, skulle det kunna vara att Ja/Jr är subjektivt bedömda egenskaper som ligger bakom dessa svar. Denna parameter visar att de svarande inte nödvändigtvis tycker att en mindre bra träffsäkerhet är kopplad till att metoden för att mäta parametern behöver förbättras.



Figur 3-26. Friktionsvinkel som $\arctan(Jr/Ja)$. Svar på frågorna "finns vedertagen metod", "är parametern väldefinierad" och "behöver den förbättras".

För friktionsvinkel baserad på erfarenhet är man överens om att metoden varken är träffsäker eller väldefinierad (Figur 3-27). Ingenjörerna är helt överens om alla tre påståendena och tycker att metoden behöver förbättras. Ingenjörerna tycker exakt motsatt vad de anser om parametern Bergmekaniska egenskaper – Sprickor – [Friktionsvinkel = $\arctan(Jr/Ja)$ (Barton)], där de också var relativt överens. Geologerna är något mer oense och hälften tycker att metoden behöver förbättras och hälften tycker inte det.



Figur 3-27. Friktionsvinkel baserad på erfarenhet. Svar på frågorna "finns vedertagen metod", "är parametern väldefinierad" och "behöver den förbättras".

3.5.2.4 Joint wall compressive strength (JCS)

JCS mätt med Schmidthammare anses vara varken träffsäker eller viktig. Dessutom anser mer än hälften av de svarande att JCS från Ja (Barton) inte är träffsäker. JCS från Ja anses av drygt hälften av svarande vara viktigt bara i GK3-projekt.

3.5.2.5 Sprickkohesion

Sprickkohesion mätt med Schmidthammare anses varken träffsäker eller viktig. Däremot anser bara en fjärdedel av de svarande att sprickkohesion från Ja (Barton) är ganska träffsäker och drygt hälften anser att metoden har mindre bra träffsäkerhet. Ungefär hälften anser att sprickkohesion från Ja är viktig i GK2- och GK3-projekt.

3.5.2.6 Sprickstyvhet

Frågor ställdes om sprickstyvhet mätt med Schmidthammare. Sprickstyvhet mäts i speciella laborieförsök och inte med Schmidthammare. Eftersom frågan var felformulerad kan begränsade slutsatser dras från svaren. Felformulering av frågan är uppenbar i svaren om metodbeskrivningar eftersom det dominerande svaret var "Vet ej". Kanske mer talande för parametern sprickstyvhet är att 70 % av svaren anser den vara inte viktig.

3.5.3 Delslutsatser – Bergmekaniska data

För att identifiera vilka parametrar som är viktigast och behöver bättre metodbeskrivningar har samma tre analyser utförts som beskrivs i kapitel 3.4.7.

3.5.3.1 Analys 1 – Viktiga parametrar med mindre träffsäkerhet

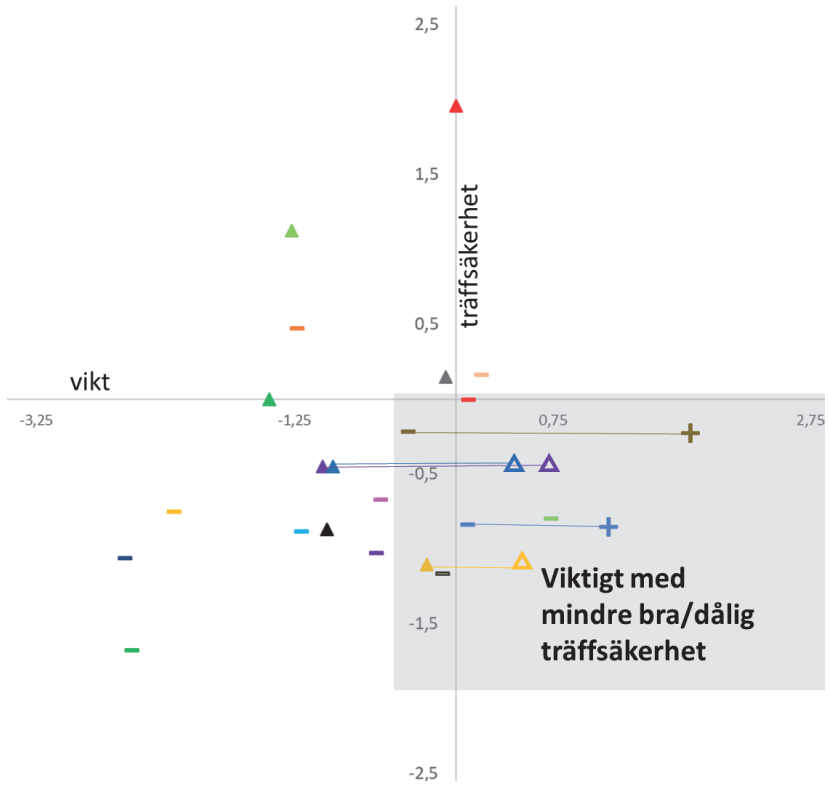
Korsdiagram av Vikt kontra Träffsäkerhet för de bergmekaniska parametrarna visas i Figur 3-28. De parametrar som ansetts ha störst vikt men minst träffsäkerhet bedöms vara i behov av en förbättrad metod eller metodbeskrivning. Listan av de bergmekaniska parametrarna som anses vara viktiga och har mindre bra till dålig träffsäkerhet är:

- Intakt berg – Enaxiell tryckhållfasthet baserad på fältobservation med kniv/hammare
- Intakt berg – Poissons tal (tvärkontraktionstal)
- Intakt berg – Elasticitetsmodulen
- Intakt berg – m_i (Hoek-Brown) från RocScience-tabeller
- Sprickor – Sprickråhetskoefficient (JRC20)
- Sprickor – Waviness – används i SWEDGE (Miller, 1988)
- Sprickor – Friktionsvinkel = $\arctan(J_r/J_a)$ (Barton)
- Sprickor – Friktionsvinkel baserad på erfarenhet
- Sprickor – Sprickkohesion baserad på erfarenhet

Generellt ökar medelvärden för viktighet av parametrar i GK3-projekt jämfört med GK2-projekt. Följande parametrar från den nedre högra kvadranten visade stora öknings i vikten i mer komplexa (GK3) projekt:

- Intakt berg – Enaxiell tryckhållfasthet baserad på fältobservation med kniv/hammare
- Intakt berg – Poissons tal (tvärkontraktionstal)
- Intakt berg – m_i (Hoek-Brown) från RocScience-tabeller
- Sprickor – Friktionsvinkel = $\arctan(J_r/J_a)$ (Barton)
- Sprickor – Friktionsvinkel baserad på erfarenhet

Notera att generellt befinner sig bergmekaniska parametrar lägre i diagrammet än vad geologiska data gör: mindre träffsäkra. De ligger även generellt längre åt vänster: mindre viktiga. Anledningen till detta har inte analyserats och skulle kunna bero på faktiskt värde hos parametrarna, urvalet respondenter för enkäten eller hur frågorna var ställda.

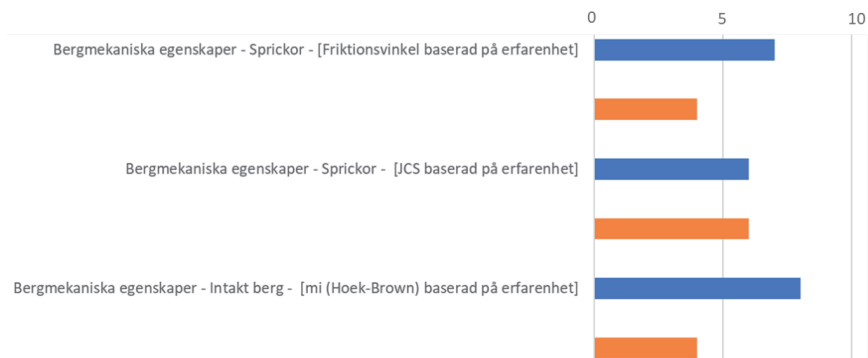


- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [Enaxiell tryckhållfasthet från enaxiell eller triaxell tryckförsök]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [Enaxiell tryckhållfasthet baserad på fältobservation med kniv/hammar]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [Punktlastindex]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [Poissons tal (tvärkontraktionstal)]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [Elasticitetsmodulen]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [mi (Hoek-Brown) från triaxell tryckförsök]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [mi (Hoek-Brown) från RocScience tabeller]
- ▲ Bergmekaniska egenskaper - Intakt berg - [mi (Hoek-Brown) baserad på erfarenhet]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Sprickrähetskoefficient (JRC20)]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Sprickrähetskoefficient (JRC100)]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Waviness - används i SWEDGE (Miller, 1988)]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [JCS - Joint wall compressive strength - från Ja (Barton)]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [JCS mät med Schmidthammar]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [JCS baserad på erfarenhet]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Friktionsvinkel = $\arctan J_r/J_a$ (Barton)]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Friktionsvinkel mät med tilt-test]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Friktionsvinkel baserad på erfarenhet]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Sprickkohesion från Ja (Barton)]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Sprickkohesion mät med Schmidthammar]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Sprickkohesion baserad på erfarenhet]
- Bergmekaniska egenskaper - Sprickor - [Sprickstyvhet - mät med Schmidthammar]

Figur 3-28. Korsdiagram av medelvärdet Vikt kontra Träffsäkerhet för bergmekaniska parametrar i GK2-projekt. Symboler motsvarar olika kategorier, sektioner och undersektioner. Kopplingslinjer länkar ett urval av resultat för GK2-projekt (fyllda symboler) till resultat för GK3-projekt (öppna symboler och kryss) för de parametrar som anses ha mindre bra till dålig träffsäkerhet.

3.5.3.2 Analys 2 – Metoder som behöver förbättras

Figur 3-29 visar de metoder där minst 50 % anser att den behöver förbättras. Som väntat önskades förbättring av metoder för värden baserade på erfarenhet.



Figur 3-29. Parametrar där minst 50 % svarat att metoden behöver förbättras för respektive parameter. "Ja" = blå, "Nej" = orange.

3.5.3.3 Analys 3 – Vet ej-svar

Geologerna verkar inte känna till metodbeskrivningar för de flesta bergmekaniska parametrarna. Både geologer och ingenjörer är osäkra kring Poissons tal, mi och Schmidthammars-tillämpning.

3.5.3.4 Parametrar och metoder som bedömts som mindre viktiga av både geologer och ingenjörer

För att identifiera parametrar som både geologer och ingenjörer tycker är oviktiga har poängsättningen enligt Tabell 3-5 använts, och de parametrar som får ett medelvärde under -1,75, dvs "lite viktig" eller sämre redovisas här enligt geologernas svar.

- Sprickor – Friktionsvinkel mätt med tilt-test – Ingenjör -0,2; både ingenjörer och geologer tycker det är mer viktigt i GK3-projekt
- Sprickor – JCS mätt med Schmidthammare – Ingenjör -1,3
- Sprickkohesion mätt med Schmidthammare – Ingenjör -1,3
- Sprickstyvhet – mätt med Schmidthammare – Ingenjör -1,3

3.5.3.5 Sammanfattning

De parametrar där medelvärdet pekar på ett förbättringsbehov i någon av de tre analyserna har identifierats och redovisas i Tabell 3-7. Vidare har de parametrar som inte anses viktiga identifierats och markerats med grått i Tabell 3-7.

Tabell 3-7. Parametrar för bergmekaniska data där behov av förbättring har identifierats av i huvudsak geologer och ingenjörer. Parametrar som anses mindre viktiga är markerade med grått. I kolumnen "Analys 3: Osäker" anges den yrkesgrupp där en till två tredjedelar svarade "Vet ej" på frågan om metodbeskrivning för respektive parameter.

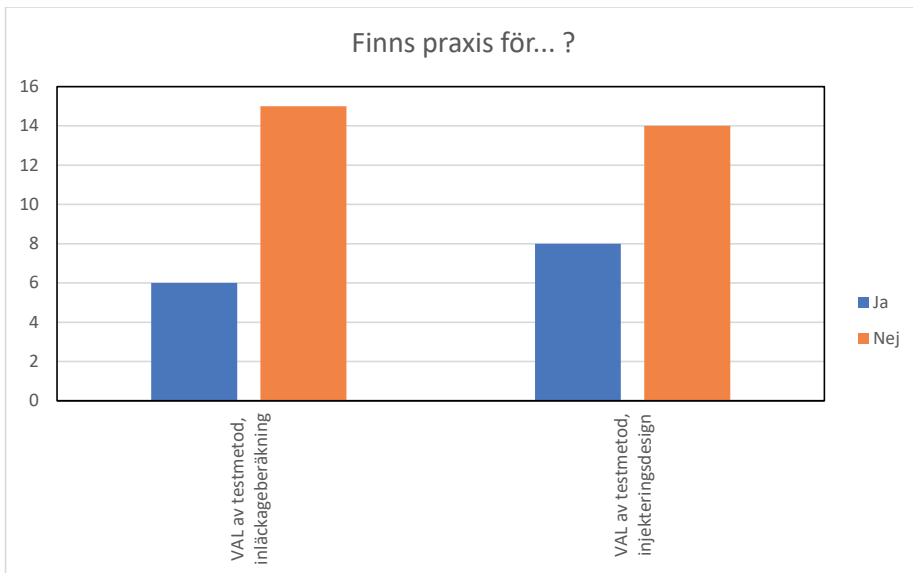
Bergmekaniska data	Analys 1: Viktig och ej träffsäker	Analys 2: Förbättrad metod- beskrivning önskas	Analys 3: Osäker
Intakt berg – Enaxiell tryckhållfasthet från enaxiella eller triaxella tryckförsök			Geolog
Intakt berg – Enaxiell tryckhållfasthet baserad på fältobservation med kniv/hammare	X		
Intakt berg – Punktlastindex			Geolog
Intakt berg – Poissons tal (tvärkontraktionstal)	X		Både I+G
Intakt berg – Elasticitetsmodulen	X		Geolog
Intakt berg – mi (Hoek-Brown) från triaxella tryckförsök			Både I+G
Intakt berg – mi (Hoek-Brown) från RocScience-tabeller	X		Geolog
Intakt berg – mi (Hoek-Brown) baserad på erfarenhet		X	Både I+G
Sprickor – Sprickråhetskoefficient (JRC20)	X		Geolog
Sprickor – Sprickråhetskoefficient (JRC100)			Geolog
Sprickor – Waviness – används i SWEDGE (Miller, 1988)	X		Ingenjör
Sprickor – JCS – Joint wall compressive strength – från Ja (Barton)			Geolog
Sprickor – JCS mätt med Schmidthammare			Geolog
Sprickor – JCS baserad på erfarenhet		X	Geolog
Sprickor – Friktionsvinkel = $\arctan(Jr/Ja)$ (Barton)	X		
Sprickor – Friktionsvinkel mätt med tilt-test			Geolog
Sprickor – Friktionsvinkel baserad på erfarenhet	X	X	Geolog
Sprickor – Sprickkohesion från Ja (Barton)			Geolog
Sprickor – Sprickkohesion mätt med Schmidthammare			Både I+G
Sprickor – Sprickkohesion baserad på erfarenhet	X		Geolog
Sprickor – Sprickstyvhet – mätt med Schmidthammare			Både I+G

3.6 Hydrogeologiska data

För enkätens hydrogeologidel är upplägget nödvändigtvis lite annorlunda, eftersom huvudsakligen hydraulisk konduktivitet kan bestämmas på flera olika sätt, och val av metod sker både på grundval av projektkomplexitet, syfte och budget. Frågorna gör inga anspråk på att vara heltäckande inom hydrogeologi, utan fokuserade på undersökningar som kan utföras i kärnborrhål, framförallt vattenförlustmätning.

3.6.1 Val av metod

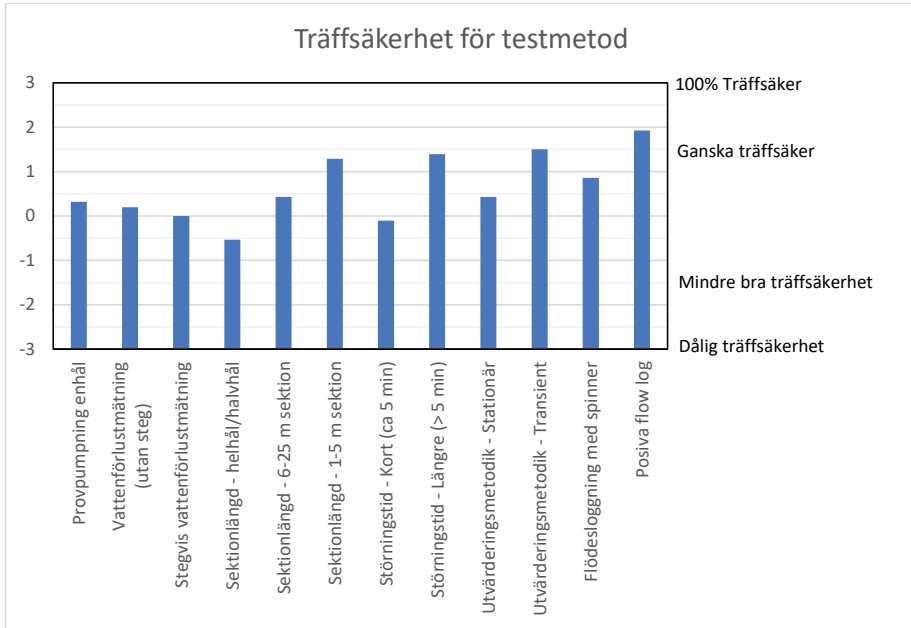
Här frågade vi ”Anser du att det finns en övergripande branschpraxis för VAL av testmetod för bestämning av bergmassans hydrogeologiska egenskaper för inläckageberäkning?” och motsvarande för injekteringsdesign. Svaren fördelar sig enligt Figur 3-30.



Figur 3-30. Finns praxis för val av testmetod för injekteringsdesign respektive inläckageberäkning?

Här är resultaten tydligt övervägande mot ”Nej”. För de som svarade ”Ja” tog man under den följande fritextfrågan upp vilka metoder detta skulle kunna vara. För Inläckageberäkning togs Gustafsons inläckageformel, vattenförlustmätning enligt ISO 22282-3:2012 samt vattenförlustmätning 3 m sektioner i kombination med helhåls-mätningar upp. Vid tillämpningen injekteringsdesign togs vattenförlustmätningar upp, sektionsvis och enligt ISO-standarderna.

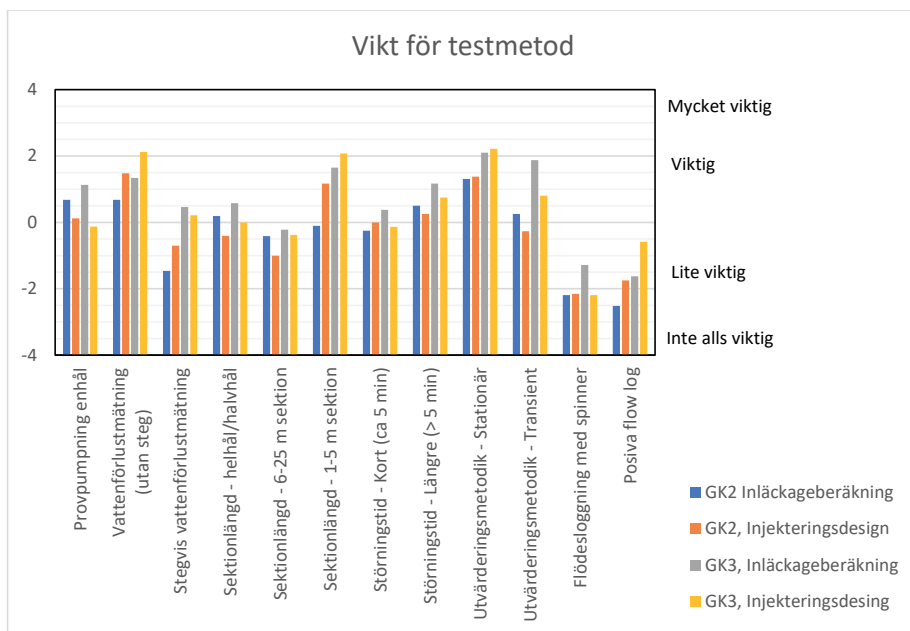
Frågan om hur träffsäkra olika metoder är gavs kategorierna ”dålig träffsäkerhet”, ”mindre bra träffsäkerhet”, ”ganska träffsäker” och ”100 % träffsäker”, vilka poängsatts på samma sätt som i föregående enkät del enligt -3, -1,5, 1,5 och 3. Utifrån dessa värden har medelvärden beräknats som fördelar sig enligt Figur 3-31.



Figur 3-31. Hur träffsäker är respektive hydrogeologisk testmetod.

Här kan ses att sektionlängd 1–5 m, längre störningstid än 5 min och transient utvärdering anses som medelvärde hamna nära ”ganska träffsäker”, Posiva flow log hamnar över detta och resterande under.

För de fyra kombinationerna av tillämpning injekteringsdesign respektive inläckageberäkning och komplexitet GK2 respektive GK3 ställdes frågan hur viktiga ett antal tester och utvärderingsmetoder är. Svarsalternativen var ”inte alls viktig”, ”lite viktig”, ”viktig” och ”mycket viktig”, vilka liksom i föregående del har poängsatts som -3,5, -1,75, 1,75 och 3,5. Utifrån dessa värden har medelvärden beräknats för varje fråga, vilka samredovisas i Figur 3-32.



Figur 3-32. Hur viktiga är de hydrogeologiska testmetoderna i tillämpning injekteringsdesign och inläckageberäkning samt ambitionsnivå motsvarande GK2 respektive GK3.

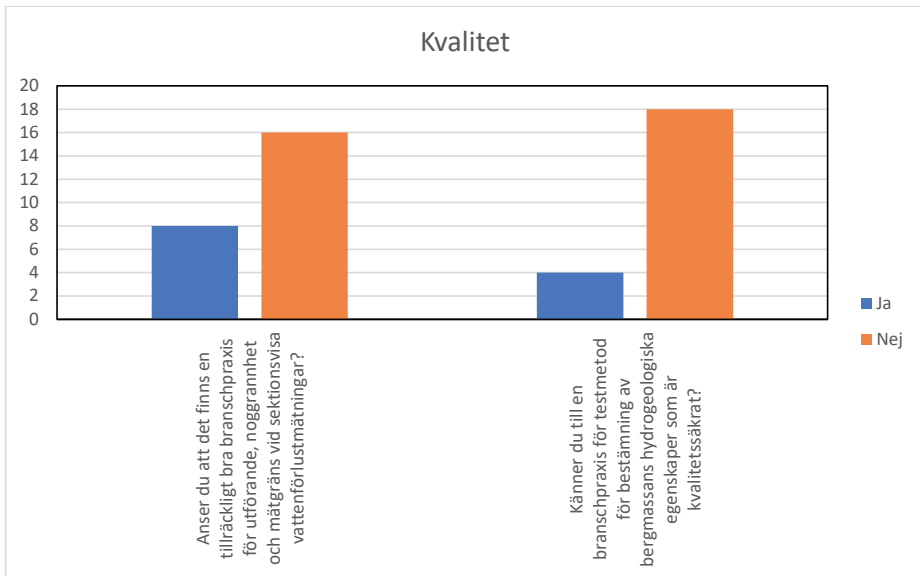
Vi kan urskilja att för alla tillämpningar viktas vattenförlustmätning utan steg högre än stegvis vattenförlustmätning. Kortare sektioner om 1-5 m anses i alla tillämpningar viktigare än längre sektioner, 6-25 m, men för inläckageberäkning i GK2 är skillnaden liten. Hel- och halvhålsmätningar ligger något högre än långa sektioner, och där får antas att många svarande förutsätter kombinationen kort sektion med hel-/halvhål. Beträffande störningstid är resultaten ganska lika i alla tillämpningar, med överlag högre vikt för störningstider över 5 minuter. Stationär utvärdering viktas högre än transient och denna skillnad är större i GK2 än i GK3.

3.6.2 Kvalitetssäkrade metoder

Vi frågade kring ämnet kvalitetssäkring. Först frågan ”Känner du till en branschpraxis för testmetod för bestämning av bergmassans hydrogeologiska egenskaper som är kvalitetssäkrad?” (Figur 3-33), och därefter fritextsvar ”Om du svarade ja, skriv hur den är kvalitetssäkrad.” respektive ”Om du svarade nej, har du några förslag till kvalitetssäkring för testmetod för bestämning av bergmassans hydrogeologiska egenskaper?”. Under fritextsvaren ”om ja” togs upp att utrustningens flödes- och tryckmätare ska vara kalibrerade och att SS-EN ISO 22282-1:2012 samt SKB:s metodbeskrivningar ger ledning. Fritextsvaren ”om nej, ge förslag” pekade på att behov

av metodbeskrivning och checklista för utförande föreligger. Vidare lyftes att analyser behövs i hur representativa mätningar är beträffande tryckförluster i slangar, flödesmätare som används utanför specificerat flödesintervall samt att val av sektionslängd kräver eftertanke.

Vidare ställdes en fråga specifikt avseende sektionsvisa vattenförlustmätningar vilken formulerades som ”Anser du att det finns en tillräckligt bra branschpraxis för utförande, noggrannhet och mätgräns vid sektionsvisa vattenförlustmätningar?” (Figur 3-33).



Figur 3-33. Finns tillräckligt bra praxis för sektionsvisa vattenförlustmätningar och känner du till någon kvalitetssäkrad metod för hydrogeologiska egenskaper för bergmassa.

Sammantaget kan sägas att metodbeskrivning efterfrågas, t.ex. innehållande standardiserat rapporteringsformat som minskar risken för att viss viktig dokumentation saknas. Att metoden föreskriver tryckmätning inne i sektionen (vilket löser problem med tryckförluster i slangar) kan också urskiljas som något som efterfrågas.

Efter frågan ”Anser du att det finns en tillräckligt bra branschpraxis för utförande, noggrannhet och mätgräns vid sektionsvisa vattenförlustmätningar?” ställdes fritextfrågan ”Om du svarade nej, vad anser du är rimligt i termer av utförande, noggrannhet, och mätgräns i tidiga/sena skedens undersökningar, för inläckageberäkning/injekteringsdesign, och i GK2/GK3?” Tre av fritextsvaren återges oredigerade nedan, övriga svar lyfte vikten av kontrollerad utrustning, ”mätning på

konsultnivå, ej borrarrens nivå” samt att mätningar bör använda tryck motsvarande de som gäller för tunnelanläggningen.

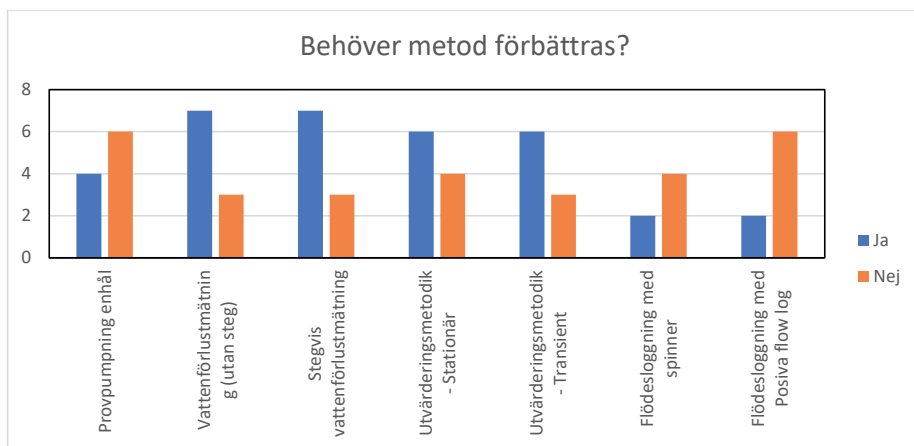
Det finns en svensk standard men den har mycket övrigt att önska. Det är komplext så jag tror inte att det går att ta fram en standard som alltid gäller. T.ex. skillnad om det styrande är inläckage eller avsänkning. Det finns i alla fall förbättringspotential inom detta område. Kanske skulle vara möjligt att ta fram en guide som kan ligga till grund för att bestämma utförande, noggrannhet, mätgräns etc för olika projekt. Måste i så fall tas fram i samråd mellan beställare och utförare. Förundersökning i borrhål: Utförande måste tydliggöras gällande tider och tryck. Noggrannheten bör vara ner till 0,01 l/min. Höga flöden om 30 l/min behövs för att kunna utskilja ytläckage, läckande Packer el foderrör. Utförandet bör vara kopplat till frågeställningen. Är det även omgivningspåverkan som är en fråga bör man inkludera återhämtningstest för att testa större skala. Skillnad mellan gk2/gk3 är enbart antalet borrhål som behöver testas.

Dagens krav är felaktigt formulerade och gör att resultatet kan bli väldigt fel. Vilken noggrannhet som krävs är svårt att svara på och beror av syftet (injektering, inläckage, omgivningspåverkan, mm). För att få bra med hög noggrannhet behövs en bra kombination av mätnoggrannhet i tryck (stabilitet ca diff på 1 % av tryckökningen) och flöde (5 ml/min), god uppfattning om formationstrycket, genomtänkt testtid och testutförande, bra dataloggning, lämplig utvärdering och även utrustning som klarar det med både mätnoggrannhet, läckage och krympning/vidgning mm.

Inläckaget drivs av naturliga grundvattentryck och testet bör utföras med motsvarande tryck, dvs mellan 3–5 bar vid 20-40 m tunneldjup och pågå tills vattenflödet stabiliserats om syftet är att bedöma tillrinningen/inläckaget till berganläggningen. Utrustningen ska klara att mäta och reglera små vattenflöden och hantera/kompensera för tryckförluster i slangar etc. Nedre mätgräns behöver vara i paritet eller lägre än medianvärde för normalt "bra" berg, dvs $<1e-8$. Tryckmätning bör även utföras över och under testsektionens tätningsmanschetter för att eliminera läckage till borrhålet. Sektionstester bör åtföljas av ett helhålstest där endast det ytligaste berget eventuellt manschetteras bort. Denna kvalitet på test bör vara samma för GK2 och GK3 om det gäller för en tunnelanläggning. För bergskärning/ bergschakt kan kravet vara lägre.

3.6.3 Metoder som behöver förbättras

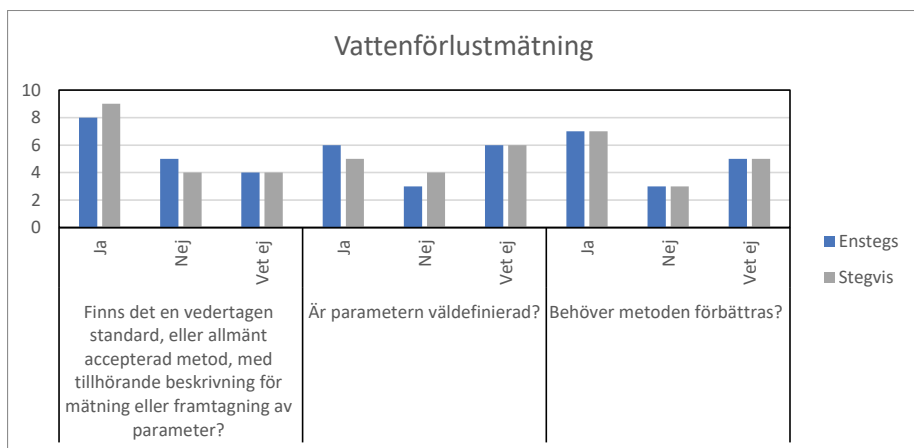
För att urskilja vilka test- respektive utvärderingsmetoder som är i störst behov av att beskrivas bättre börjar vi med frågan ”Behöver metoden förbättras?”. Här ansågs det inte betydelsefullt att ställa frågor separat för flera sektionslängder och störningstider (Figur 3-34). Det bör även poängteras att frågan var grupperad i avsnittet ”metodbeskrivning”, men texten var förkortad till ”metoden”, därför fanns visst tolkningsutrymme för de svarande om det gällde metodbeskrivning eller metoden i sig.



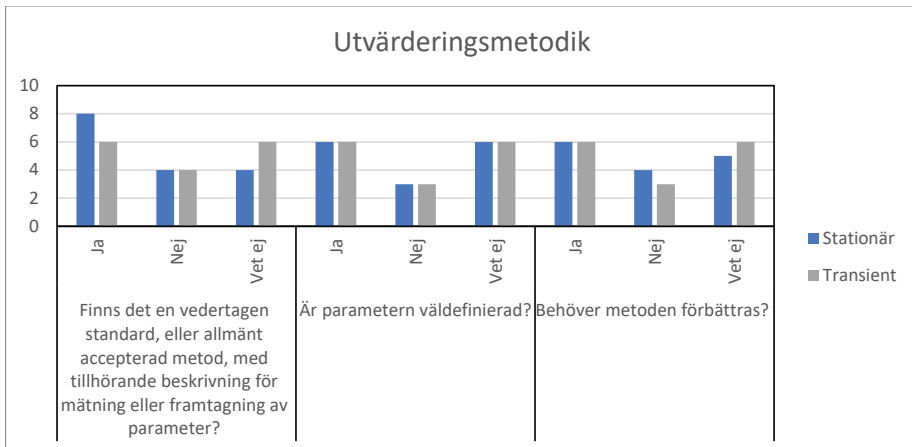
Figur 3-34: Behöver respektive hydrometod förbättras?

Här kan ses att de två ovanligaste metoderna, spinnerloggning och PFL, har lågt antal "Ja" och flera "Vet ej". Provpumpning enhål är relativt jämnt fördelad mellan "Ja", "Nej" och "Vet ej" med övervikt åt "Nej". Stationär utvärdering är också relativt jämnt fördelad i svaren, men med övervikt åt "Ja". Resterande tre metoder, vattenförlustmätning i ett trycksteg, stegvis vattenförlustmätning samt transient utvärdering av test har klar övervikt mot att metoderna anses behöva förbättras.

I Figur 3-35 och Figur 3-36 visas svaren för de båda vattenförlustmätningarna respektive utvärderingsmetoderna för frågorna "Finns en vedertagen metod eller standard?", "Är parametern väldefinierad?" och som ovan "Behöver metoden förbättras?".

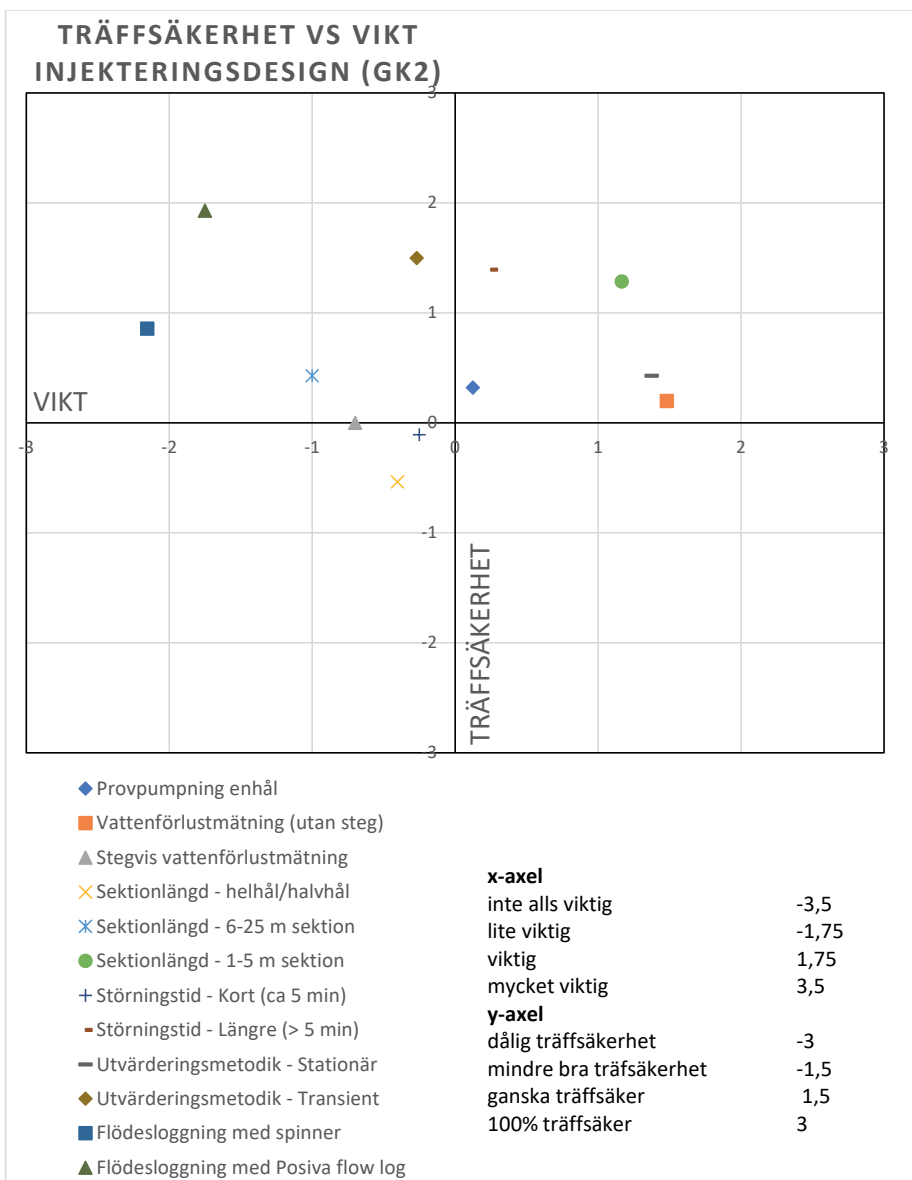


Figur 3-35. Vattenförlustmätning, finns vedertagen metod, behöver den förbättras och är uppmätt parameter väldefinierad?

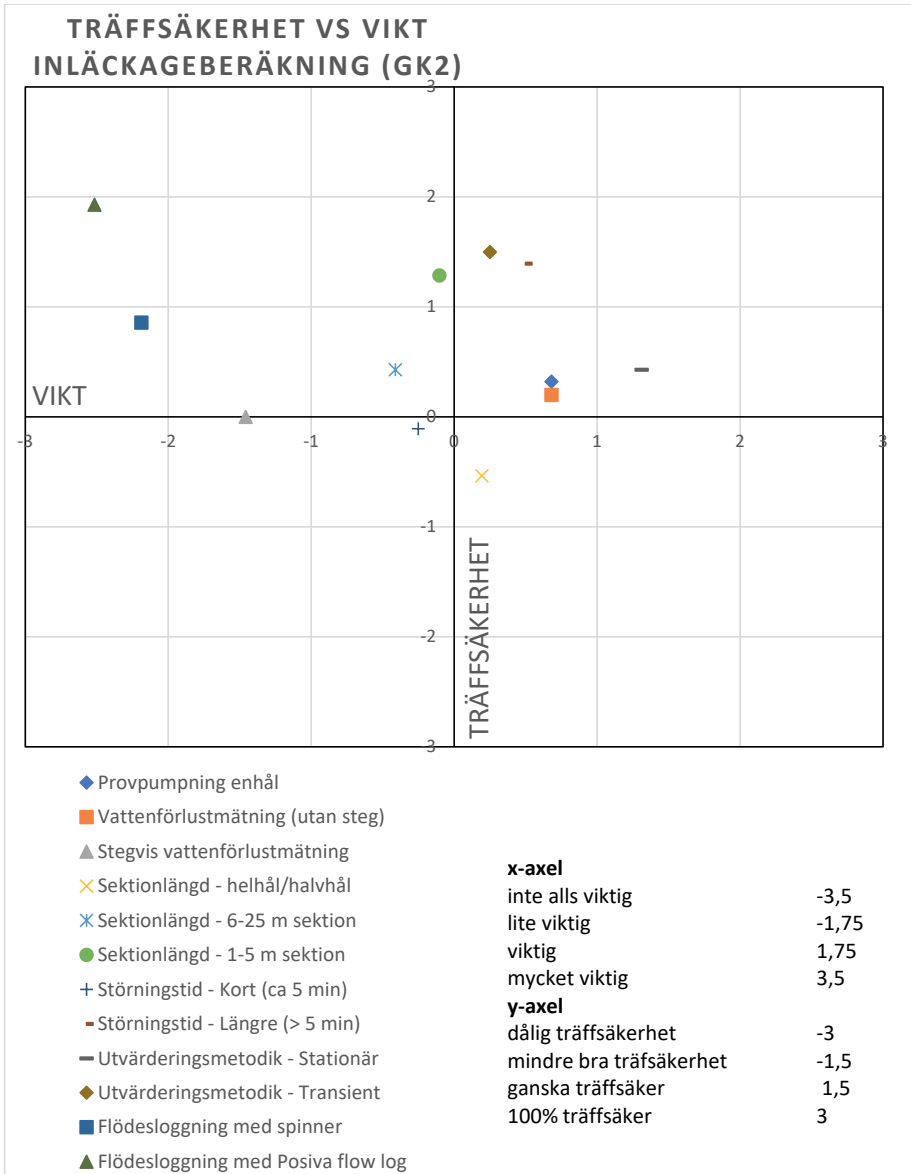


Figur 3-36. Transient respektive stationär utvärdering, finns vedertagen metod, behöver den förbättras och är utvärderad parameter väldefinierad?

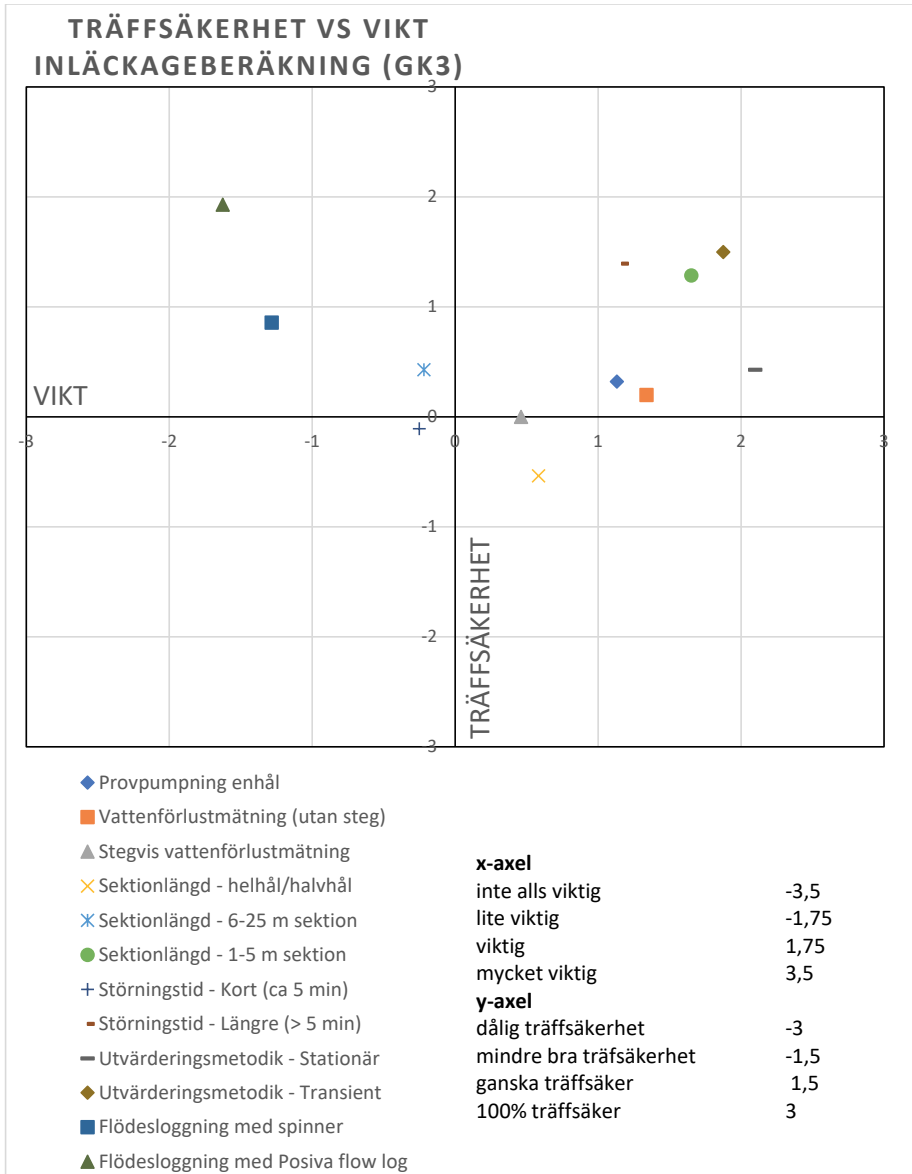
Om Vikt och Träffsäkerhet medelvärdesbildas enligt beskrivning och poängsättning ovan och korsplottas kan korsdiagram sammanställas (Figur 3-37 till Figur 3-40). Här kan urskiljas att av metoderna som anses övervägande viktiga är det endast helhålmätning som anses ha en övervägande sämre träffsäkerhet. Här får antas att svaren avser metoden självständigt, då de tätare delarna inte kan representeras av helhålmstest. Metoden används ibland för att kontrollera summaflödet i sektionsmätningar för att bedöma omfattning av läckage runt manschett, vilket då får betraktas som en kvalitetskontroll av sektionsmätningarna.



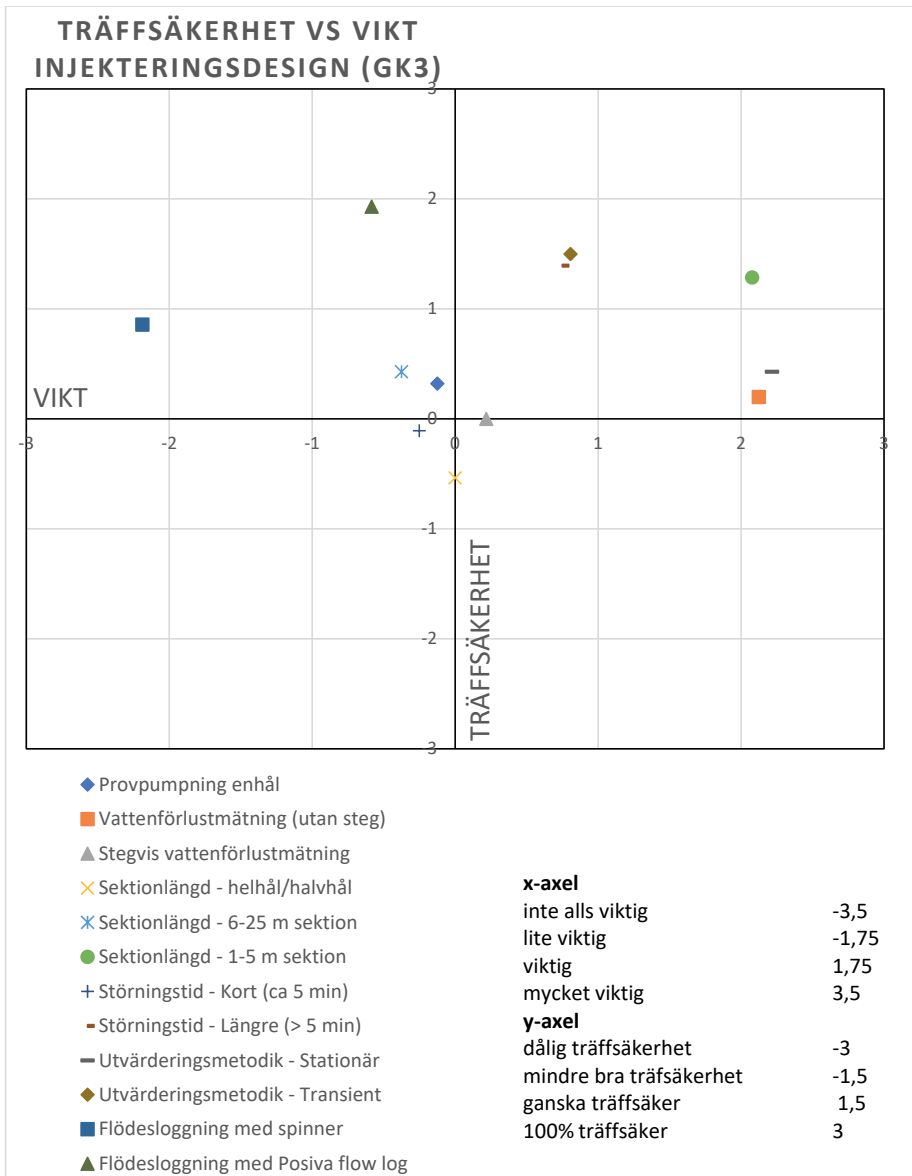
Figur 3-37. Träffsäkerhet mot vikt för injekteringsdesign i GK2.



Figur 3-38. Träffsäkerhet mot vikt för inläckageberäkning i GK2.



Figur 3-39. Träffsäkerhet mot vikt för inläckageberäkning i GK3.

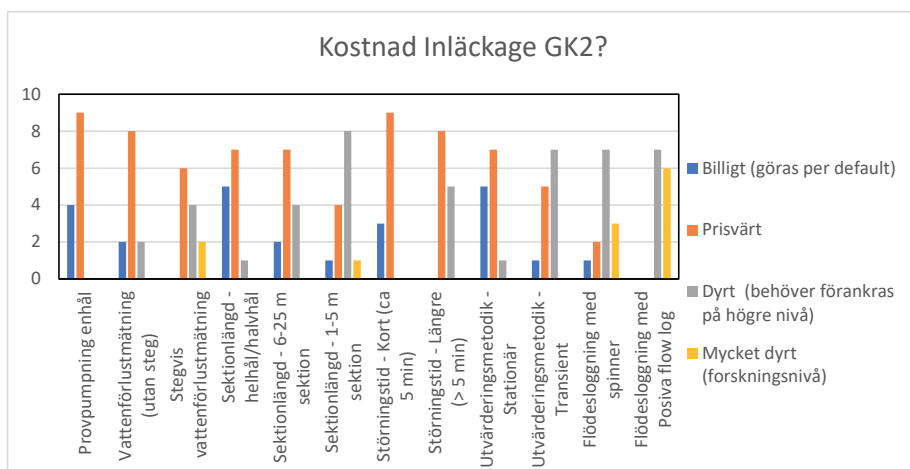


Figur 3-40. Träffsäkerhet mot vikt för injekteringsdesign i GK3.

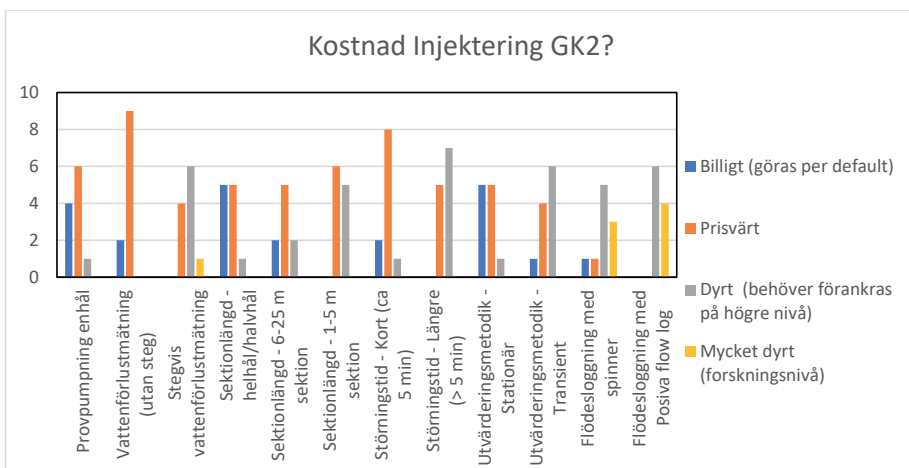
3.6.4 Kostnad

För de hydrogeologiska metoderna ställdes även frågor om upplevd kostnad. Metoderna graderades enligt ”Billigt (görs per default)”, ”Prisvärt”, ”Dyrt (behöver förankras på högre nivå)”, ”Mycket dyrt (forskningsnivå)”, och dessa ställdes för de fyra tillämpningarna inläckageberäkning/injekteringsdesign respektive GK2/GK3.

I enklare projekt, GK2, inläckagetillämpning, kan sägas att enhålpumpning upplevs vara billigt, spinnerloggning och Posiva flow log dyrt (Figur 3-41). Enstegs vattenförlustmätning i längre sektioner kortare tid och stationär utvärdering upplevs som det prisvärda alternativet. För injekteringstillämpningen i GK2 är svaren i huvudsak lika, men kortare sektionlängd börjar bli prisvärt.

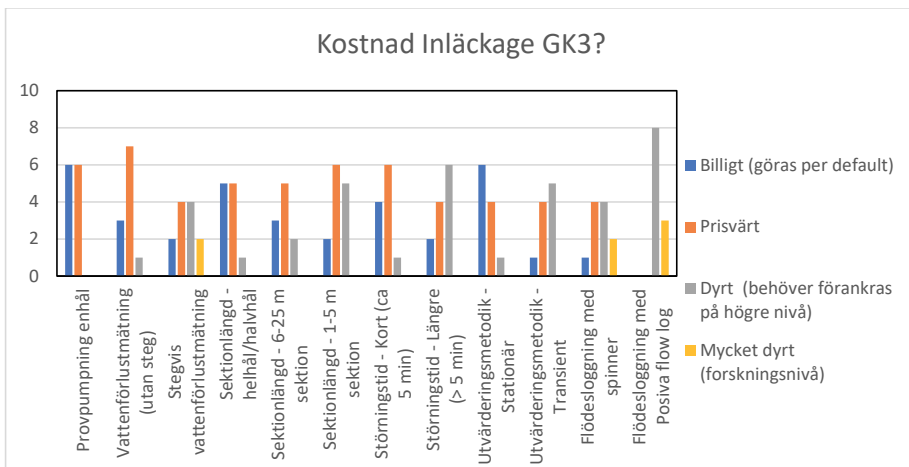


Figur 3-41. Kostnad för undersökningar med tillämpning inläckageberäkning i GK2.

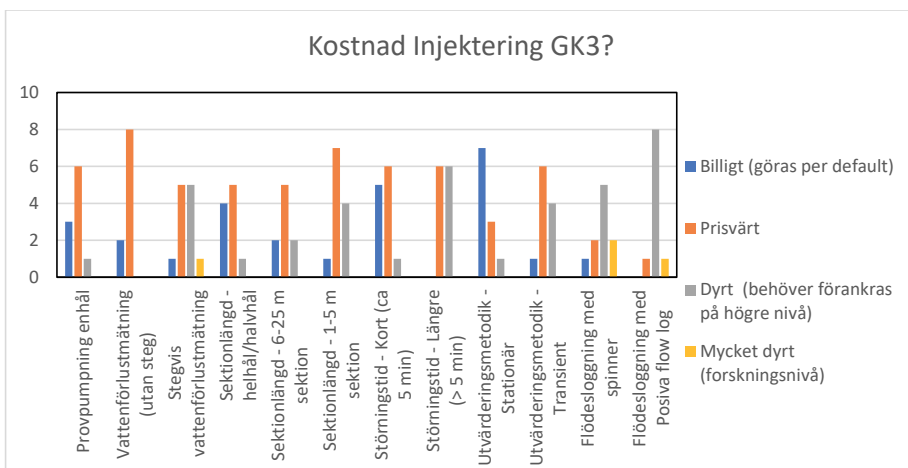


Figur 3-42. Kostnad för undersökningar med tillämpning injekteringsdesign i GK2.

I mer komplexa projekt, GK3, är fortsatt enhålsprovpumpning billigt, spinnerloggning och Posiva flow log dyrt (Figur 3-43). För vattenförlustmätning uppges enstegsutförandet vara billigt, och stegvist utförande gav i både injekterings- och inläckagetillämpning lika antal svar mellan billigt och dyrt (Figur 3-43 och Figur 3-44). Kort sektionlängd anses prisvärt i båda tillämpningarna. Avseende störningstid är i båda fallen längre störningstid ett utförande som får ungefär lika många prisvärd/billig som dyr. Transient utvärdering har också viss övervikt mot prisvärd, snarare än dyr.



Figur 3-43. Kostnad för undersökningar med tillämpning inläckageberäkning i GK3.



Figur 3-44 Kostnad för undersökningar med tillämpning injekteringsdesign i GK3.

3.6.5 Delslutsatser – Hydrogeologiska data

Kring vattenförlustmätning efterfrågas en metodbeskrivning för enstegs vattenförlustmätning som kan hantera olika ambitionsnivå beroende på undersökningens omfattning/ tillämpning. En metod som ger hjälp till systematisk dokumentation/checklista och ger underlag för att kunna producera kvalitetssäkrade resultat efterfrågas. Vägledning i metoder för både stationär och transient utvärdering efterfrågas också.

Hydrofrågorna har klart avgränsats inom denna enkätstudie. Studien var aldrig tänkt som heltäckande inom hydrogeologi, utan ska ses som frågor länkade till geologidelens delar med kärnborrhål. En uppdelning i enklare respektive mer komplexa projekt har gjorts (GK2/GK3) och frågor har ställts avseende två vanliga tillämpningar inom undermarksprojekt, inläckageberäkning och injekteringsdesign. Flera metoder lyftes, men klart fokus låg på utförande och utvärdering av vattenförlustmätningar.

Inkomna svar hjälper till att bedöma i vilka situationer en viss ambitionsnivå anses vara prisvärd samt redovisar vissa önskemål kring utförande.

3.7 Förslag på kvalitetssäkringsåtgärder

I enkätundersökningen ställdes frågan om det finns en etablerad kvalitetssäkring av parametrar eller av karteringsprocessen och svaren var nej i 75%, 70% och 84% i fallen borrhål, tunnlar respektive hållkartering.

Följande förslag på hur man skulle kunna göra ett karteringssystem mer kvalitetssäkrat har angivits i kommentarerna:

- Borrhålsfilmning – kan fungera dels som ren dokumentation av ett borrhål men är även en kvalitetssäkrande metod då man genom bilden får ett facit till hur man ska tolka kärnförluster, aperturer och uppkrossade partier i borrhållarna.
- Granskning av erfaren geolog – kan förhindra att felbedömningar eller felstansningar av t.ex. bergarter, sprickmineral och bergmekaniska parametrar uppstår och ger på kort och längre sikt även en utbildande effekt på mindre erfarna kartörer/geologer.
- Separat bedömning av GIS, RMR och Q och jämförelse av överensstämmelse mellan dessa – fungerar kvalitetssäkrande på så vis att de båda systemen har något olika ingångsparametrar och där det ena systemet har luckor i information kan det andra systemet kompensera för detta. Finns osäkerheter i bedömningen av bergkvalitet i den ena systemet kan man använda det andra systemet som referens.
- Tydliga mallar med fasta valmöjligheter – har man tydliga mallar för hur man ska bedöma varje parameter och utföra varje moment i en kärnkartering är det också lättare att vara konsekvent i sin kartering och då är en stor del av granskningen redan utförd när karteringen är klar.
- Fotogrammetri – om fotogrammetri-modellen har rätt georeferenser ger den mycket mer exakta orienteringar för strukturer i bergmassan, vilket då leder till ett mer säkert läge för strukturen (till exempel en svaghetszon) som extrapoleras till närliggande planerade anläggningar i framtiden.
- Presentation av data i stereogram – stereogram kan användas för att förtydliga val av sprickgrupper samt visar spridning i orienteringsdata.
- Om det är flera personer som karterar i ett projekt är det viktigt att utföra jämförande karteringar – kalibrering av kartering mellan olika kartörer är viktigt för att skapa samsyn på bergförhållanden inom projektet. Vi anser att geologen som ansvarar för den ingenjörsgelogiska prognosen är en del av kalibreringsprocessen för att säkerställa designens giltighet.

3.8 Designoptimering

Enkäten ställde frågor kring ”optimal design”, dels hur nära en sådan man är idag och möjligheterna att skapa en sådan. Här svarade 70 % ”Nej” på frågan ”Finns det normalt tillräcklig information/underlag för att skapa en optimal design?”. På frågan ”Har du haft möjlighet att följa upp anläggningar på olika sätt under drifttiden för att analysera hur väl en design fyller sin funktion?” svarade hälften (15 st) ”Ja”. Av dessa gav många synpunkter kring frågan om de ansåg att de färdiga berganläggningarna var under- eller överdimensionerade med hänsyn till projekttyp. Frågan och svaren är tyvärr av den arten

att det inte i klartextsvaren går att avgöra vilken projekttyp eller förstärkningstyp som svaren avser. Ändå gavs det många intressanta synpunkter.

Nyanseringar och kommentarer kring ”Nej”- respektive ”Ja”-svaren är ganska breda, men bland annat framfördes av många att någon optimal design inte kan anses vara ett krav idag. Det fanns heller inte någon definition på ”optimal” i enkätens fråga – när ska en design anses vara optimal? Exempelvis kan för vatteninläckage detta tolkas antingen som att det ska läcka in så lite som möjligt eller som att kraven från en dom ska uppfyllas. Beroende på hur vattendomen ser ut kan det lokalt tillåtas läcka in ganska mycket vatten utan att gränsvärden överskrids, men designen ändå anses vara optimal. Detta är ju dock sällan något som eftersträvas av någon part. När det gäller bergförstärkning i anläggningar där människor vistas regelbundet är säkerhetskraven höga och konservativa bedömningar och därmed överförstärkning brukar få råda, snarare än optimering, när systemhandlingar ska tas fram. Observationsmetoden, där den används, kan vara ett sätt att komma närmare ett optimum, men ofta är det då redan föreskrivet olika systemförstärkningsklasser baserat på bergets egenskaper, vilka i sig ofta kan ha blivit konservativt bedömda. För att byggnationen ska anses vara optimal, ur ett säkerhets- och livscykelperspektiv, behöver upphandling, kontrakt och byggorganisation kunna vara tillräckligt flexibla, men också osäkerheterna kring styrande bergparametrar vara tillräckligt små.

För äldre berggrum och tunnlar ser situationen annorlunda ut. Dessa är ofta beroende av tätare besiktningintervall och underhåll.

För konstruerade slänter ovan jord är bilden mycket mer varierande och annorlunda jämfört med underjordsanläggningar. Äldre slänter kan ofta vara i dåligt skick och underdimensionerade. Beroende på beställare kan även nya slänter ha brister som gör att de inte är långsiktigt stabila utan större skrotnings- och/eller förstärkningsinsatser.

Slutligen ställdes också frågor om enskilda parametrar anses ge osäkra, för konservativa eller för optimistiska resultat, som kan leda till felaktig design. I svaren kan konstateras att många parametrar anses osäkra och att många av parametrarna som tas fram med nuvarande metodiker, bergmekaniska och hydrogeologiska, ofta anses resultera antingen i för konservativt eller för optimistiskt underlag till designen.

4. Slutsatser och fortsatt arbete, delprojekt 1

4.1 Avgränsningar och begränsningar

I denna förstudie har ett mycket omfattande enkätmaterial tagits fram, mer än vad som har kunnat analyseras djupgående inom ramen för denna förstudie. Vi tillgängliggör rådata för dem som vid fördjupat arbete vill ta del av materialet.

Utöver att svara på enkätens frågor lämnades en del synpunkter på utformningen av enkäten, som dels kan ha påverkat svarsfrekvensen men också påverkat själva svaren på ett sätt som försvårar analysen. Projektgruppens bedömning är ändå att de mest uppenbara behoven i allt väsentligt framkommer i enkätsvaren.

För att fånga upp luckor i enkäten ställdes en fritextfråga gällande vilka parametrar som saknades i enkäten, formulerad enligt: ”Utöver de geologiska och bergtekniska parametrar som du redan har svarat om, vilka andra parametrar skulle behövas? Ange för vilken projektyp, projektfas (F = förundersökning, B = under byggandet, D = drift) och karteringsobjekt (H = håll, T = tunnel, B = borrhål) dina tillvalda parametrar gäller samt anledning till ditt val av parametrar.”

Svar beträffade hydrogeologiska parametrar i borrhål samt grundvattentryck kom in, vilket avhandlades senare i enkäten. Någon svarande påpekade att frågor om bergspänningar och bergspänningsmätningar inte ingick i enkäten. Kopplat till dessa nämndes även bergtäckning. Problematik gällande risk-/skydds-/skadeobjekt och byggande i tätort lyftes liksom behovet att karaktärisera vittring. Ett par kommentarer berör behovet av klassificeringssystem och risker med att extrapolera från dessa (Barton nämndes). Vidare togs vikten av att kartlägga spridningen i parametrar, min-/max-/typvärde upp, liksom blockstorlek/sprickavstånd. Några framhöll att de parametrar som avhandlats borde vara tillräckliga. Ett av fritextsvaren återges nedan:

”F = identifikation av kvartshalt, sulfider eller asbest i berget (arbetsmiljö + omgivningspåverkan). F = omvandlingsgrad bör förtydligas att man enbart är intresserad av omvandling som sänker bergets hållfasthet. F = bergspänningsmätningar för vissa GK3-konstruktioner. F = tolkning sprickapertur + VFL. B = övervakningssystem ex. extensometrar, konvergensmätningar.”

4.2 Osäkerhetskällor vid insamling av geologiska och bergmekaniska data

Vid kartering, mätning och provtagning finns vissa källor till osäkerheter och enkäten ställde frågan hur stor påverkan följande variabler har: naturliga variabler hos en bergmassa, svårigheter att bedöma och mäta kritiska parametrar, erfarenheten hos utförare och brister i metodbeskrivningar. Utvärderingen av fritextsvaren visade att flertalet ansåg att det fanns osäkerheter i alla moment. Bevis på denna osäkerhet rapporteras också i tidigare studier.

Genomgående var att osäkerheter beror på erfarenhet hos kartören och förslag på lösningar som gavs var bl.a. att ha en praxis, standardiserade metoder, bättre och tydligare metodbeskrivningar, utbildning, erfarna kollegor lär upp nya, att kartörer samkör, samarbetar och kommunicerar med varandra. Att ha en praxis för hur man genomför en provtagning och kartering gör att det finns spårbarhet i insamlade karteringsdata och i tillvägagångssättet för provtagning. Att även ha en officiell standard för utförandet ger inte enbart spårbarhet utan även jämförbarhet mellan olika projekt och utförare och enskilda företags praxis för arbeten styr inte längre resultatet. Att ha metodbeskrivningar där parametrar och metoder är tydligt definierade begränsar kartören till ett sätt att arbeta på men gör även karteringen mer konsekvent och objektiv. Tydliga metodbeskrivningar är även något som är en förutsättning för att en standard ska fungera.

Slutligen har även vikten av kommunikation kartörer/geologer emellan påpekats vilket också är en förutsättning för att bra gemensamma metodbeskrivningar för provtagning och kartering ska kunna växa fram utifrån idéer och synpunkter från de som jobbar med detta dagligen. Genom att ge utrymme för kartörer att kommunicera, att blotta problem och dela med sig av erfarenheter och smarta lösningar kan dessa metodbeskrivningar gagna branschen genom spårbarhet, jämförbarhet och mindre utrymme för osäkerheter.

Osäkerheter kopplade till den naturliga variabiliteten ansågs kunna minskas med fler undersökningspunkter, mer data och bättre kvalitet på datainsamlingen genom att rätt instrument och utrustning används vid provtagning. Att ta ut fler borrhöjningar ger ett bredare underlag och gör karteringsmaterialet statistiskt mer representativt för undersökningsområdet och minskar påverkan av naturlig variabilitet.

Deltagarna tryckte även på att det är viktigt att klargöra syftet med undersökningarna för att provtagning och datainsamling ska ge det underlag som krävs för projektet. I Tabell 4-1 redovisas några av de svar vi fick i enkäten.

Tabell 4-1. Exempel på fritextsvar angående osäkerhetskällor vid kartering och karaktärisering/klassificering.

<p><i>Geologiska bedömningar varierar till största delen beroende på utförarens erfarenhet. Detta kan förbättras med utbildning och goda rutiner och standardisering för inmatning av data i fält. Goda förberedelser innan datainsamling är viktigt.</i></p>
<p><i>Det är väldigt svårt att säga generellt utan att ha utrett det i detalj. Om det är naturlig variabilitet då är det inte fråga om osäkerhet i insamlade data. Med osäkerhet i insamlade data menas antagligen att när fler än en karterar samma område men kommer fram till väsentligt olika resultat då har vi osäkerhet i insamlade data. Denna osäkerhet går delvis att minska med bra metodbeskrivning och samövning av dem som karterar, t.ex. att de granskar varandras arbeten, men det är inte hela historien. Mätning av kritiska parametrar är relativt enkel, där räcker en bra metodbeskrivning. Men, om det är frågan om att beskriva kritiska parametrar, då blir det sämre, för då börjar objektivitet och vad som beskrevs senast spela roll. Då blir det samkörning, samarbete och bra kommunikation som minskar den skillnad som kan uppstå vid tycke av t.ex. mjukhet vs hårdhet, rå-slät, färgnyanser o.dyl. En möjlig metod för att minska skillnaden vid beskrivning är att vara två, en erfaren med en mindre erfaren, men det kräver igen samarbete och bra kommunikation.</i></p>
<p><i>Normalt finns det inte tillräcklig datamängd för att bestämma den naturliga variabiliteten. All osäkerhet beror således på brist på kunskap i en eller annan form.</i></p>

4.3 Metodbeskrivningar: fortsatt arbete

Inom förstudien har parametrar kunnat identifieras där tydligare metodbeskrivning efterfrågas. Här anges några sådana grupperade tematiskt, men vidare arbete med metodbeskrivningar kan förstås grupperas på annat vis.

Projektgruppen bedömer att karaktärisering av svaghetszoner är den parameter som är i störst behov av metodbeskrivning. Någon vedertagen metodik för detta kan inte sägas finnas idag och därför inte heller någon metodbeskrivning. Termen svaghetszoner behöver också en tydlig, allmänt accepterad definition. Nästan alla egenskaper för svaghetszoner anses vara viktiga, dåligt träffsäkra och i behov av förbättrad metodik och metodbeskrivningar. Vi rekommenderar att det initieras projekt för att utforma en standardiserad metod för kartering av svaghetszoner och deras egenskaper.

Sektionslängd för karaktärisering baserad på bergart/bergkvalitet anses viktig, dåligt träffsäker och i behov av förbättrad metodik och metodbeskrivningar, särskilt för berghällar och tunnlar. Eftersom detta är en vanlig och grundläggande aspekt av kartering i de flesta projekt och dessutom är den föredragna metoden enligt denna förstudie, måste metodiken göras tydlig.

Enligt denna studie bedöms också de flesta former av geologisk analys som både viktiga och i behov av förbättrade metodbeskrivningar. Endast ett fåtal bergartsegenskaper ansågs viktiga men nästan alla visar behov av förbättrade metodbeskrivningar.

När det gäller klassificeringssystem visar de flesta svaren i enkäten att huvudklassificeringssystemen (Q_{bas} , RMR_{bas} och GSI) är ”ganska träffsäkra” och att metoden inte behöver förbättras. Dock har flera studier visat att dessa klassificeringssystem har relativt dålig träffsäkerhet. Sjöberg et al. (2003) och Malmtorp och Lundman (2010) visar ett betydande spann mellan lägst och högst Q_{bas} -, RMR_{bas} - och GSI-värde i studier där flera geologer karterade och klassificerade samma bergobjekt. I båda studierna visades RMR_{bas} och GSI ha minst spann och Q_{bas} störst. Kjellström (2015) visade att träffsäkerheten för klassificeringssystemen är mindre bra mellan förstudie-, prognos- och bygghfas för en och samma bergmassa och uttryckte ett tydligt behov av förbättrade metodbeskrivningar för klassificeringssystemen.

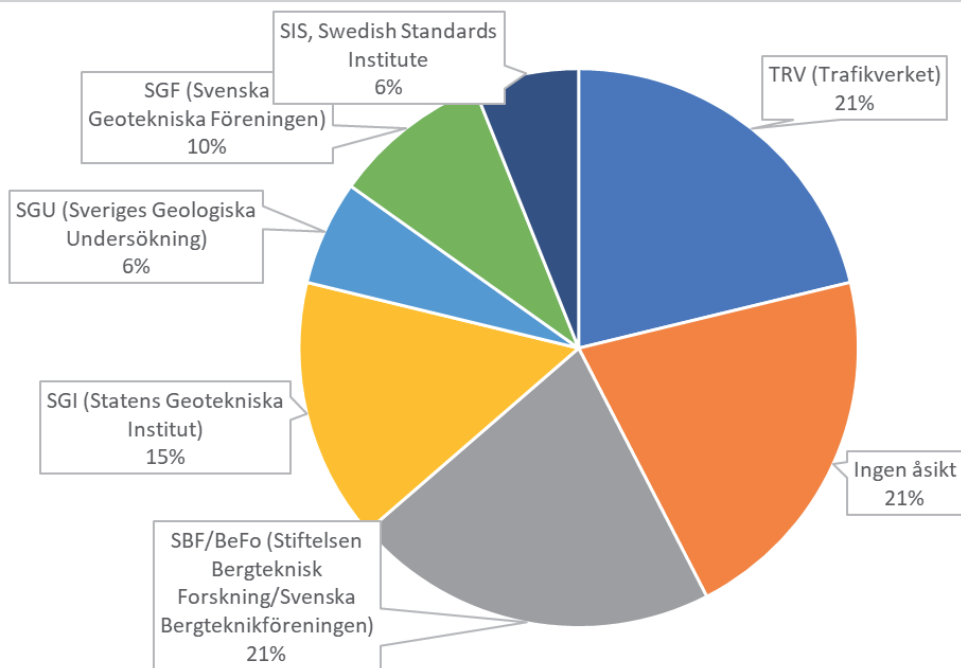
Detta leder oss till frågan ”Varför har deltagarna svarat att klassificeringsmetoden inte behöver förbättras?” Det kan vara så att de tycker att metoden är tillräcklig bra utan att de beaktar hur metoden utförs, vilket beskrivs i en metodbeskrivning. Det visar en möjlig brist i enkätens frågeformulering där vi borde ha frågat ”Behöver metodbeskrivningen förbättras?”. Projektgruppens rekommendation är inte att nya klassificeringssystem utformas men att bättre instruktioner tas fram, dvs metodbeskrivningar med tydliga exempel på hur kartering med hjälp av klassificeringssystemen bör utföras.

Det finns en viss brist på kunskap om fotogrammetri och borrhålsfilmning vilka är metoder där det skett stor teknikutveckling under de senaste åren. Detta bör tas upp i en utbildningsworkshop.

När det gäller hydrogeologi efterfrågas en metodbeskrivning för enstegs vattenförlustmätning som kan hantera olika ambitionsnivå beroende på omfattning/tillämpning i projekt. En metod som ger hjälp till systematisk dokumentation/checklista och ger underlag för att kunna producera kvalitetssäkrade resultat efterfrågas. Vägledning i metoder för både stationär och transient utvärdering efterfrågas också.

4.4 Förvaltning av metodbeskrivning

Enkätsvaren visar att det finns olika åsikter om vilken organisation som bör förvalta metodbeskrivningarna och att ganska många inte har någon stark åsikt i frågan. Figur 4-1 illustrerar hur svaren fördelades. Tre fritextsvar har på basis av ordvalen av projektgruppen tolkats om till föredragen organisation, då det ganska tydligt framgick vilket som föredrogs där, men det påverkar resultatet enbart i liten utsträckning.



Figur 4-1: Frågan om vilken organisation som bör ta ansvar för förvaltning av metodbeskrivningar.

4.5 Övergripande slutsatser

Befintlig branschpraxis såsom Eurocode (Eurocode 7) och Trafikverkets Handbok för Projektering av Bergkonstruktioner ger riktlinjer eller krav för vilka parametrar som ska inkluderas i geologiska analyser, men de ger inte tydliga riktlinjer för arbetsflödet, processen eller hur analyserna ska genomföras. Vi rekommenderar att bilaga 15 i Trafikverkets handbok som ger riktlinjer för bergteknisk kartering lyfts ut ur handboken och kompletteras med mer tydliga riktlinjer för geologiska analyser för olika projektkomplexitet (GK2 och GK3) och olika projektfaser (förstudie, prognos, uppföljning under byggandet). Innan detta sker bör metodbeskrivningar för egenskaper och parametrar som identifieras i denna förstudie standardiseras, publiceras och ägas av en organisation. Med standardiserade metodbeskrivningar kan man då styra insamling av geologiska, bergtekniska, och hydrogeologiska data på ett kvalitetssäkrat sätt för att ingå i en nationell databas.

Delprojekt 2

I denna del av rapporten presenteras resultaten från frågeenkäten för delprojekt 2 som handlar om system för *lagring* av bergtekniska och hydrogeologiska data. Liksom för delprojekt 1 ges först en översikt av deltagargruppens kunskapsnivå, därefter går resultaten igenom och slutsatser dras.



5. Genomförande – Delprojekt 2

För att på bästa sätt uppnå studiens syfte lades stor möda på utformningen av en omfattande frågeenkät, med efterföljande granskningsprocess. Frågeenkätens struktur för delprojekt 2 beskrivs nedan på ett övergripande sätt.

Deltagarnas svar sammanfattas och presenteras huvudsakligen som diagram. De ursprungliga frågorna har inkluderats som diagramtitel. Svarsfrekvensen redovisas i bildtexten. Några fritextsvar listas i olika tabeller. En sammanfattning av svaren presenteras efter diagrammen eller tabellerna.

5.1 Frågeenkät för delprojekt 2 – Lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data

Enkäten för delprojekt 2 är tvådelad där vi i första delen undersöker hur deltagarna använder befintliga databaser i dagsläget samt vilka bergtekniska och hydrogeologiska data som samlas in och levereras. I andra delen undersöks hur deltagarna använder öppna data och vilka funktionella krav som kan ställas på en nationell databas för lagring och tillhandahållande av bergtekniska (inkl. ingenjörsgelogiska) och hydrogeologiska data. Enkäten är huvudsakligen sammansatt av flervalsfrågor men även fritextfrågor förekommer.

Vi definierade några begrepp i förväg och uppmanade deltagarna att ha dessa definitioner i åtanke när de svarade på frågorna. Följande enkätspecifika definitioner angavs:

”GRUNDDATA”: bergteknisk och hydrogeologisk information som samlas in under olika faser i ett projekt.

”TOLKADE DATA”: information som t.ex. modeller, beräkningar, kartor, profiler etc. som är tolkningar som har baserats på ”GRUNDDATA”.

”METADATA”: information som inte beskriver bergteknisk eller hydrogeologisk information utan bakgrundsinformation avseende insamlingstillfället (t.ex. geografiskt läge, insamlings syfte, insamlingsobjekt, insamlingsmetodik etc.).

”DATABAS”: en samling av information som lagras som digitala data i en teknisk struktur som bestäms inte bara av informationens logik utan även av krav från och möjligheter med den programvara (databashanterare) som används. Utbyte av information kan ske oberoende av databasen men kan underlättas av inbyggda funktioner i den programvara (databashanterare) som används.

Deltagarna informerades om att när de svarade, skulle de utgå från den databas som de hade mest användarerfarenhet av. Dessutom skulle användarna fokusera på själva databasen, inte på datavisualisering. Vi påminde dessutom deltagarna om att förstudiens fokus låg på bergtekniska och hydrogeologiska grunddata och inte på "geotekniska" eller "jord-" data.

Deltagarna ombads besvara frågorna efter deras egen kompetens och deras egen erfarenhet och att lämna tomt där de kände att de inte hade kompetens eller hade mindre erfarenhet. Detta ledde till att svarsfrekvensen sällan var 100 % på de flesta frågor.

En översikt över kategorierna, sektionerna och undersektionerna i enkäten visas nedan:

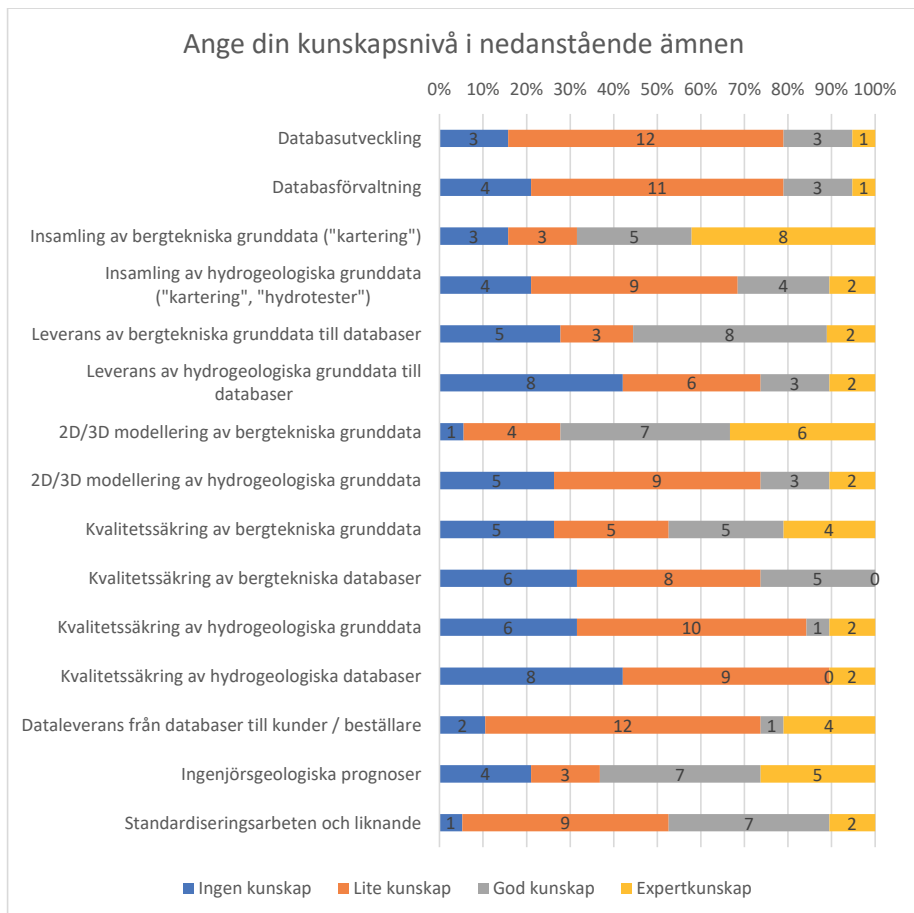
- Inledande frågor
- Kännedom och användning av befintliga bergtekniska eller hydrogeologiska databaser
- Insamling av grunddata
 - Bergtekniska grunddata
 - Insamlingsverktyg och -standarder
 - Geologisk karaktärisering
 - Bergteknisk karaktärisering och klassificering
 - Hydrogeologiska grunddata
 - Insamlingsverktyg och -standarder
- Leverans av data till en databas
- Kvalitetssäkring
- Åtkomst och tillgänglighet till grunddata i databaser
- Nationell Databas för lagring och tillhandahållande av bergtekniska och hydrogeologiska data
- Användning av offentligt tillgängliga geodata
- Subjektivt perspektiv på en nationell databas för lagring och tillhandahållande av bergtekniska och hydrogeologiska grunddata

5.2 Deltagare

I delprojekt 2 deltog 19 personer av vilka 12 har expertis i bergteknik, 4 expertis i databaser och modellering och 3 har expertis i hydrogeologi (Figur 5-1). Denna indelning gjordes baserat på om svaren på första frågan ”Ange din kunskapsnivå i de olika ämnen” var ”God kunskap” eller ”Expertkunskap”. Det utesluter inte att deltagarna hade ”Lite kunskap” i de andra ämnena. Kunskapsnivån gällande insamling av bergtekniska och hydrogeologiska data var generellt hög (Figur 5-2) men som förväntat är dessa deltagare mindre kompetenta i databasutveckling eller databasförvaltning. Databasexperter har däremot mindre kunskap i bergteknik och hydrogeologi.

Deltagare	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Databasutveckling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Databasförvaltning	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Insamling av bergtekniska grunddata ("kartering")	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Insamling av hydrogeologiska grunddata ("kartering", "hydrotester")	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Leverans av bergtekniska grunddata till databaser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Leverans av hydrogeologiska grunddata till databaser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2D/3D modellering av bergtekniska grunddata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2D/3D modellering av hydrogeologiska grunddata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kvalitetssäkring av bergtekniska grunddata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kvalitetssäkring av bergtekniska databaser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kvalitetssäkring av hydrogeologiska grunddata	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kvalitetssäkring av hydrogeologiska databaser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Dataverans från databaser till kunder / beställare	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ingenjörsgelogiska prognoser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Standardiseringsarbeten och liknande	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Figur 5-1. Deltagarnas individuella kunskapsnivå. Svart: ingen kunskap, rosa: lite kunskap, gul: god kunskap, grön: expertkunskap.



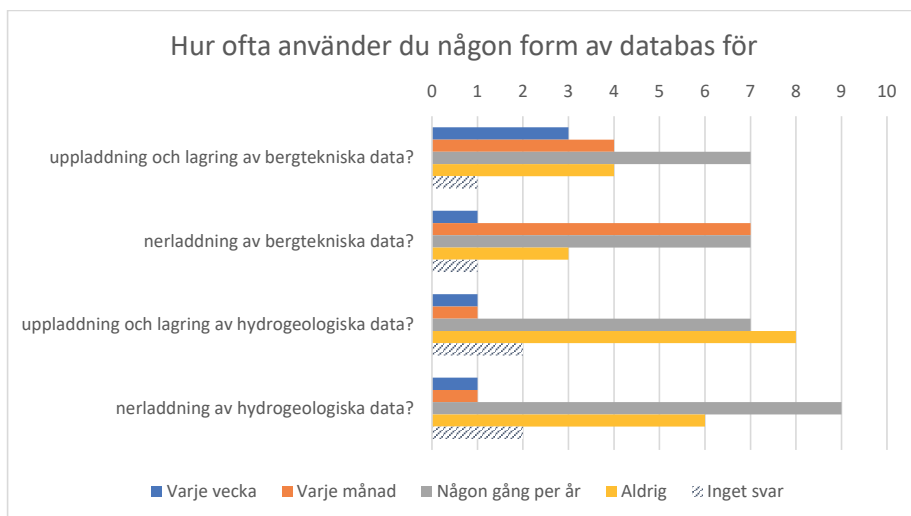
Figur 5-2. Sammanfattning av deltagarnas kunskapsnivå i olika ämnen. Svarsfrekvens 19/19 (100%).

6. Resultat – Befintliga databaser

I det här avsnittet syftade frågorna till att förstå hur deltagarna arbetar med befintliga databaser idag. Svaren på de följande frågorna ska återspegla databasernas funktionalitet ur användarsynpunkt. Syftet var att få en överblick över vilka rutiner kring insamling, leverans, kvalitetssäkring och tillgänglighet av geodata som finns och hur dessa rutiner fungerar idag.

6.1 Hur används befintliga databaser idag?

På frågan om hur ofta och i vilket syfte deltagarna använder databaser för bergtekniska och hydrogeologiska data besvarades enligt Figur 6-1.

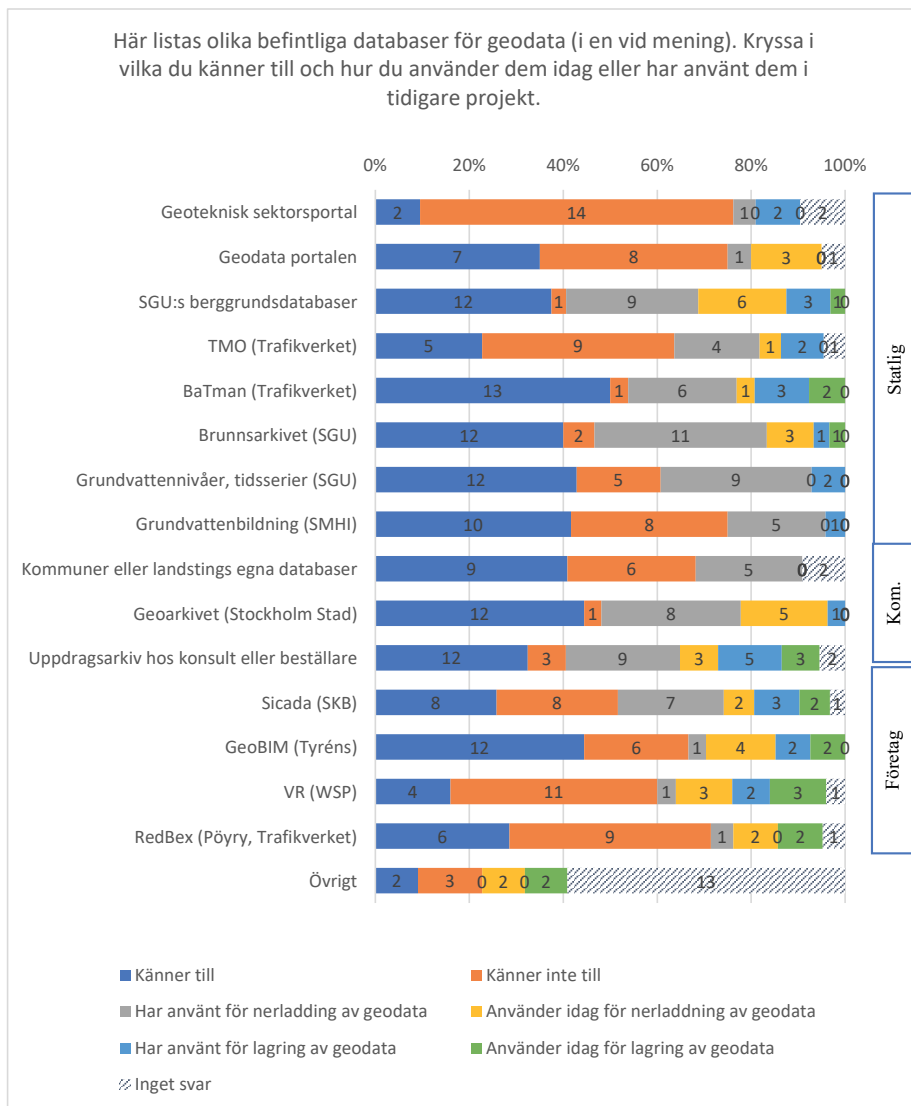


Figur 6-1. Användningsfrekvens av bergtekniska respektive hydrogeologiska databaser för lagring och nerladdning av data. Svarsfrekvens 18/19 (95 %).

För både lagring och nerladdning av bergtekniska data anger deltagarna en användningsfrekvens som är mellan månatlig och årlig. Det är dock intressant att nerladdningen sker något oftare än uppladdningen av bergtekniska data. Databaser för hydrogeologiska data används tydligen mindre frekvent för uppladdning såväl som för nerladdning. Som förväntat visar en utvärdering av de individuella svaren att de som inte var experter i hydrogeologi också använder de hydrogeologiska databaserna mindre frekvent.

På frågan om huruvida deltagarna känner till och använder olika namngivna databaser fördelade sig svaren enligt Figur 6-2. Frågan om vilka namngivna databaser deltagarna känner till och vilka de använder eller har använt ställdes allmänt om geodata i en vid mening, dvs. att befintliga databaser där man kan lagra t.ex. geoteknisk information

(”jord”) är inkluderade även om man inte kan lagra bergtekniska eller hydrogeologiska data i dem. Dessutom kunde även olika dataportaler och visningstjänster väljas. Detta gjordes då det, i nuläget, inte finns någon offentligt tillgänglig databas för bergtekniska och hydrogeologiska data.



Figur 6-2. Kännedom och användningsfrekvens av olika namngivna databaser för lagring av geodata (i en vid mening). Svarefrekvens 19/19 (100 %).

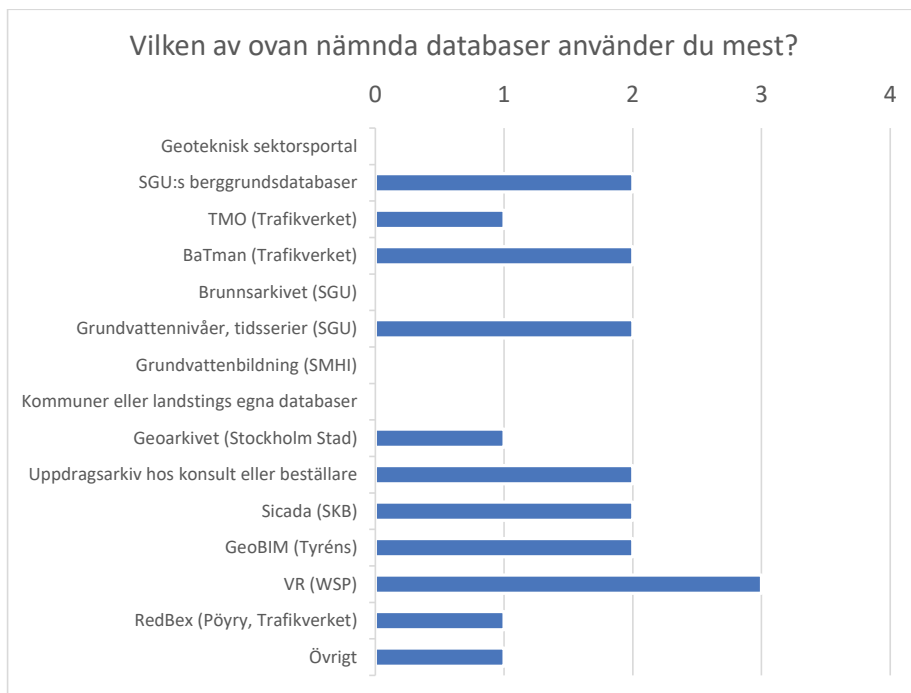
Förutom ”Geoteknisk sektorsportal” verkar de flesta befintliga statliga databaser för geodata vara bekanta. Statligt förvaltade databaser används mest för nerladdning och inte lika mycket för lagring av geodata fastän de flesta är bekanta.

Svaren på ”Har använt eller använder idag för lagring av geodata” är utspridda över de olika databaserna. Det kan förklaras med att deltagarna tillhör olika företag eller organisationer och det tyder på att många använder sina egna datalagringsystem.

I fritextfrågan efterfrågades förtydligande ifall alternativet ”uppdragsarkiv hos konsult eller beställare” respektive ”övrigt” valdes. I svaren redovisades uppdragsarkiv hos Bergab, Geosigma och Sweco, ”egen mapp på servern”, ”GeoBIM hos vissa kommuner”, och ”projektspecifikt för varje infrastrukturprojekt” eller ”internt utvecklade lösningar”.

I frågan om vilken av ovan nämnda databaser som användes mest svarade deltagarna enligt Figur 6-3. Det var endast möjligt att välja *en* databas från listan oavsett om det var för upp- eller nerladdning. Deltagarna skulle svara på de efterföljande frågorna utgående ifrån den databas som de valde här.

Figur 6-2 och Figur 6-3 ger ett intryck av hur utspridda geodata är över olika databaser.



Figur 6-3. Fördelning av vilken databas deltagarna använder som mest. Svarefrekvens 19/19 (100 %).

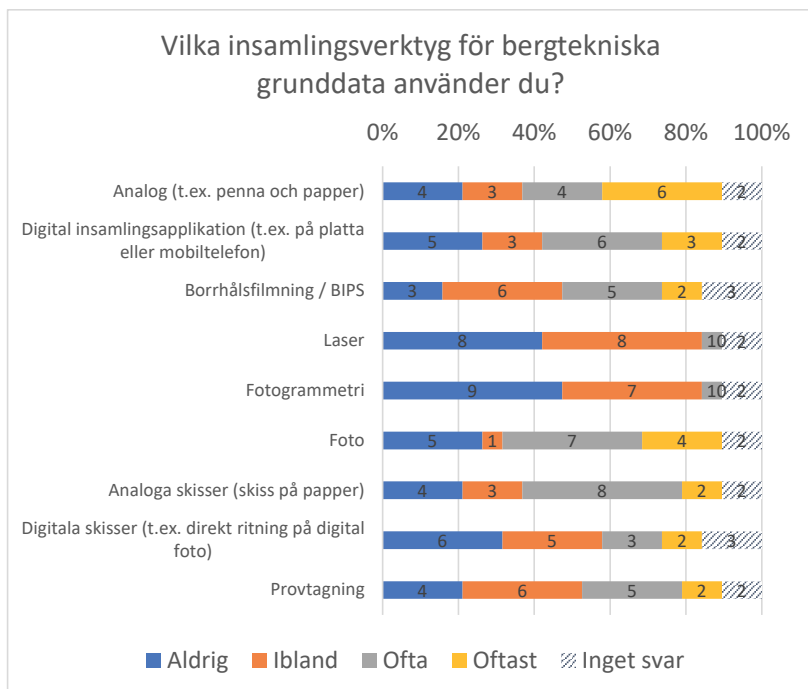
6.2 Insamling av data

Det här avsnittet är tvådelat där den första delen handlar om insamling av bergtekniska data och den andra delen om insamling av hydrogeologiska data. Frågorna om tillämpade standarder eller klassificeringssystem och om vilka parametrar och mätvärden som samlas in är av övergripande karaktär och är baserade på delprojekt 1 där dessa teman har behandlats ingående. Det här avsnittets fokus ligger på att undersöka datainsamlingsprocessen. Dessutom var svaren viktiga ur en kvalitetssäkringssynpunkt genom att identifiera möjliga felkällor under insamlings- och överföringsprocessen.

6.2.1 Bergtekniska data

6.2.1.1 Insamlingsverktyg

Olika insamlingsverktyg används för insamling av fält- och mätdata. Dessa verktyg styr vilka typer av data som kan behöva levereras till en databas och vilka metoder som används för att överföra data till en databas. På frågan vilka insamlingsverktyg för bergtekniska grunddata som används svarade deltagarna enligt Figur 6-4.



Figur 6-4. Användningsfrekvens av olika insamlingsverktyg för bergtekniska data. Svarefrekvens 17/19 (89 %).

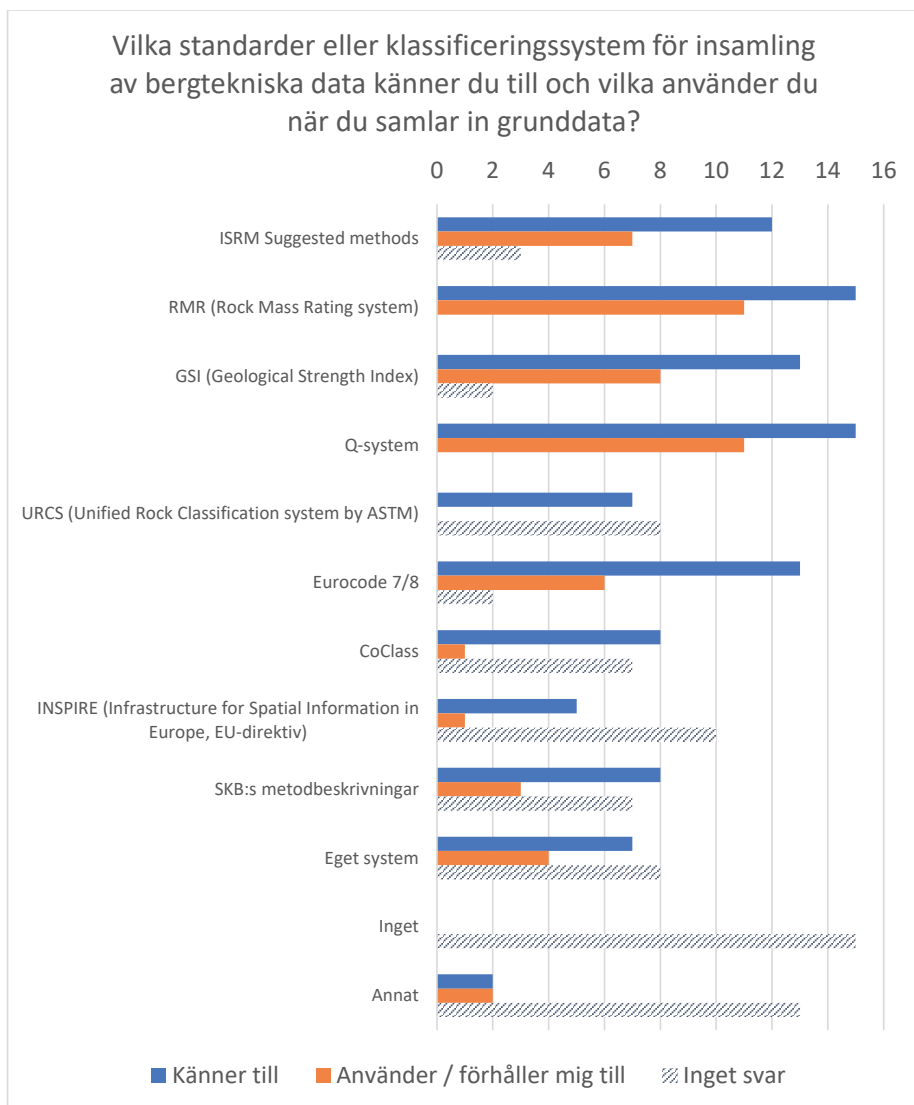
Enligt svaren i Figur 6-4 sker insamling av bergteknisk information oftast (6/17 svar) eller ofta (4/17) analogt. Dock anger sammanlagt även 9 av 17 personer att de ofta eller oftast använder en digital insamlingsapplikation. Analog och digital insamling av data sker alltså ungefär i lika stor utsträckning. Skisser ritas däremot oftare analogt än digitalt. Merparten av de 17 svarande anger att de ofta eller oftast använder fotografering som insamlingsverktyg. Specialmetoder såsom laser eller fotogrammetri används ibland eller aldrig. Däremot används borrhålsfilmning ibland eller ofta och 2 deltagare angav t.o.m. att det används ”oftast”.

I fritext under ”andra insamlingsverktyg eller -metoder” listade deltagarna några ytterligare insamlingsverktyg: *Boremap, wellCAD, polplottsprogram t.ex. DIPS, ArcGIS online samt ArcGIS Collector, CustomMaps Android app, Autocad app, ”kartera direkt på ritningar”, Google sheets, MS Excel*. Dessa ”verktyg” anses dock tillhöra digitala insamlingsapplikationer och digitala skisser. Dessutom nämndes linjekartering som insamlingsmetod, men det finns ingen information om det sker på analogt eller digitalt sätt.

Även ”*Measurement while drilling*” (MWD) nämns och kan ge information om hållfasthet men även det kan anses som en digital insamlingsmetod.

6.2.1.2 Datagenerering

Det här avsnittet handlar om att få en överblick över vilka bergtekniska och hydrogeologiska data som genereras och vilka metoder och standarder som används för datainsamlingen. Avsnittet är relaterat till delprojekt 1 där dessa frågor undersöks på en mer detaljerad nivå. Svaren tänktes även ge en grov uppskattning av de data som skulle kunna behöva lagras i en nationell databas i framtiden samt om och på vilket sätt dessa data är standardiserade. Figur 6-5 visar vilka klassificeringssystem och standarder deltagarna känner till och vilka som används för insamling av bergtekniska data. Eftersom frågan var ställt som en flervalsfråga kryssade vissa deltagare bara i ”Använder / förhåller mig till” utan att kryssa i ”Känner till”. I Figur 6-5 har svaren anpassats så att dem som svarade bara ”Använder/förhåller mig till” räknas även som ”Känner till”, eftersom man kan utgå ifrån att man känner till ett system om man använder det. Svarsfrekvens var 15/19 (79%), dvs. att fyra deltagare svarade inte alls på frågan. Dessa fyra är exkluderade från kategorien ”inget svar”. Det kan tolkas som att de resterande som gav inget svar på vissa av standarderna eller klassificeringssystemen känner inte till dessa system.



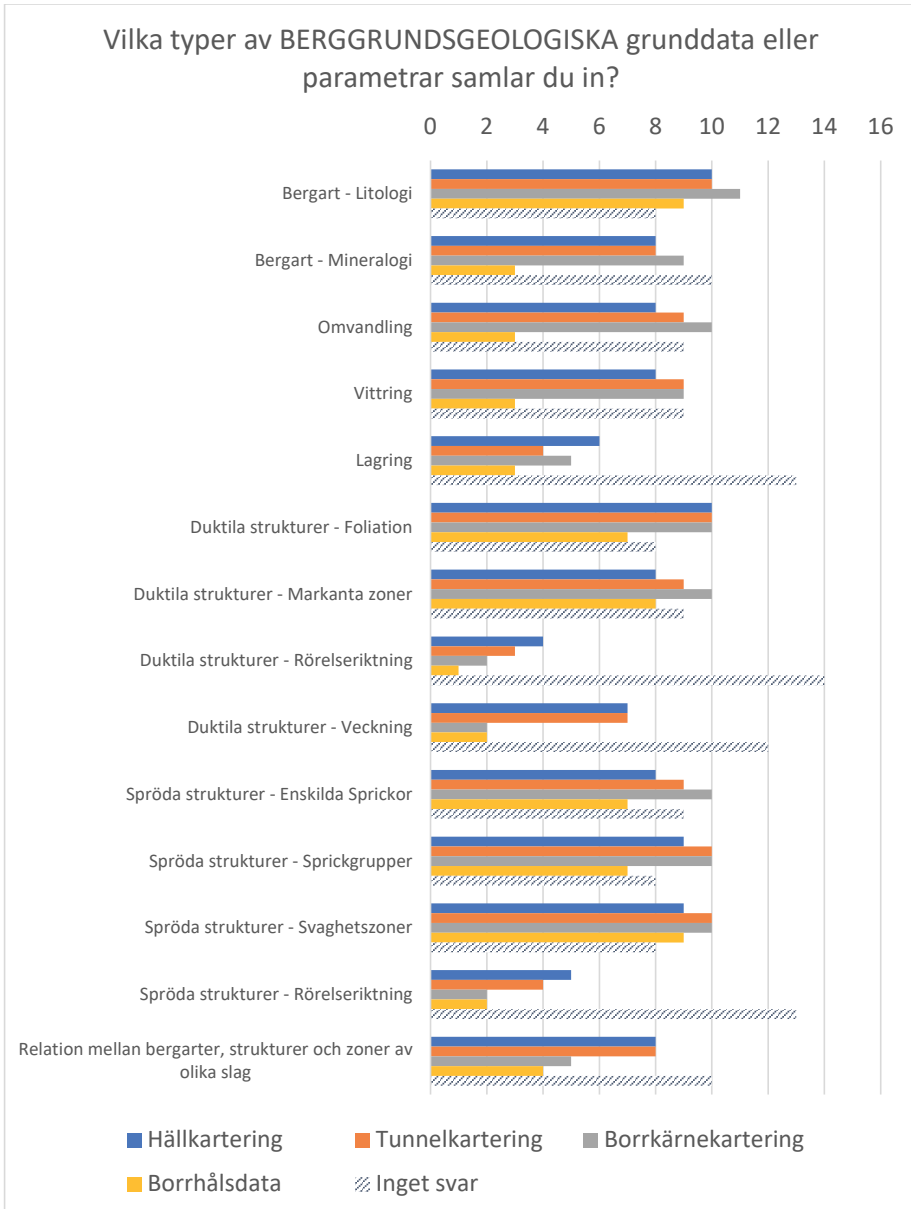
Figur 6-5. Histogram som visar vilka klassificeringssystem och standarder som deltagarna känner till och vilka som används vid insamling av bergtekniska data. Svarsfrekvens 15/19 (79%), dvs. att fyra deltagare svarade inte alls på frågan. Dessa fyra är exkluderade från kategoriet "inget svar". Det kan tolkas som att de resterande som gav inget svar på vissa av standarderna eller klassificeringssystemen känner inte till dessa system.

Figur 6-5 visar att de flesta känner till "ISRM suggested methods", RMR, GSI, och Q-systemet som klassificeringssystem. Dessa system är även de som används mest eller som deltagarna förhåller sig till när de samlar in bergtekniska data. URCS-systemet känner sju deltagare till men ingen använder detta system. Eurocode 7/8 känner de flesta till men bara hälften av dessa svarar att de använder eller förhåller sig till denna standard. Fyra svarande anger att de använder ett eget system och två anger att de använder "annat". De som angav "Eget system" eller "Annat" ombads att beskriva de klassificeringssystem som de använder för datainsamlingen. Deras svar är citerade i Tabell 6-1 och visar att det oftast är en blandning av olika klassificeringssystem som används och som är anpassade till projektkrav. Dessa svar stämmer överens med resultaten i delprojekt 1.

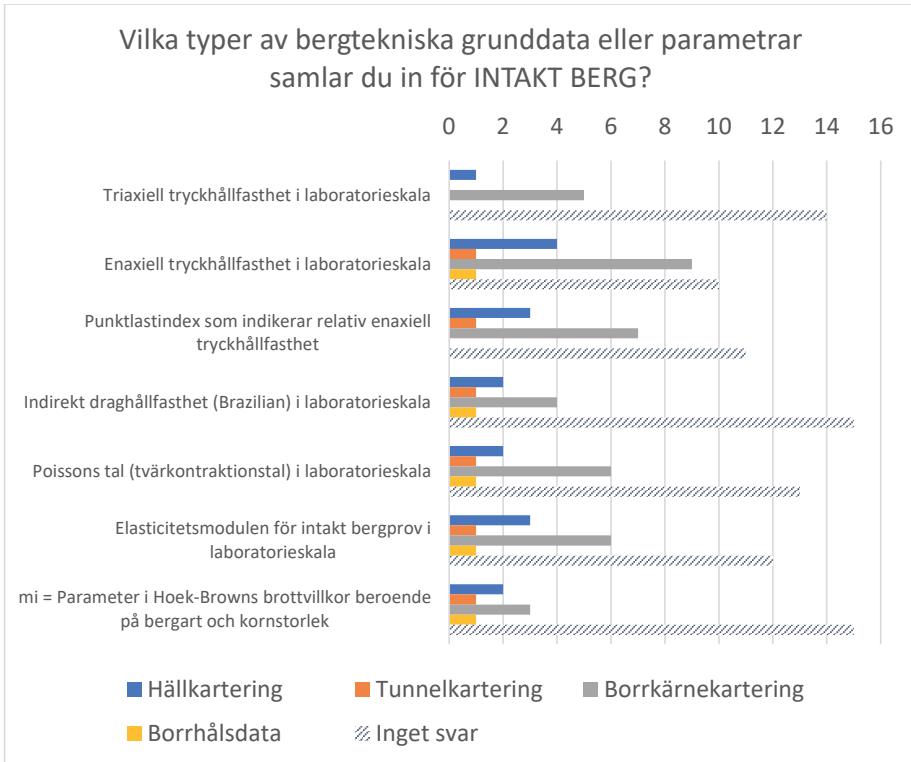
Tabell 6-1. Om du har svarat "Eget system" eller "Annat" i föregående fråga, beskriv de standarder eller klassificeringssystem för bergtekniska data som du känner till och vilka du använder när du samlar in data?

Ofta är det en blandning av system, t.ex. vissa parametrar i Q-systemet tillsammans med andra parametrar från SKB:s metodbeskrivningar.
Open Data Kit. Open source server och app för digitala formulär. Har gjort databaser för inspektioner av tunnlar och gammaspektrometermätningar bl.a.
Mallar för t.ex. kärnkartering i GeoBIM-konceptet.
Använder eget simplificerat system för kartering av bergbranter
Ofta tas en projektspecifik lösning fram vilken är en kombination av ovanstående + eventuella projektanpassningar.
Trafikverkets Projekteringshandbok.
Brukar använda en kombination av GSI och "vanlig" bergartsbeskrivning samt mineral för sprickfyllning för håll och tunnelkartering. RMR och Q samt "vanlig" bergartsbeskrivning samt mineral för sprickfyllning för kärnkartering.

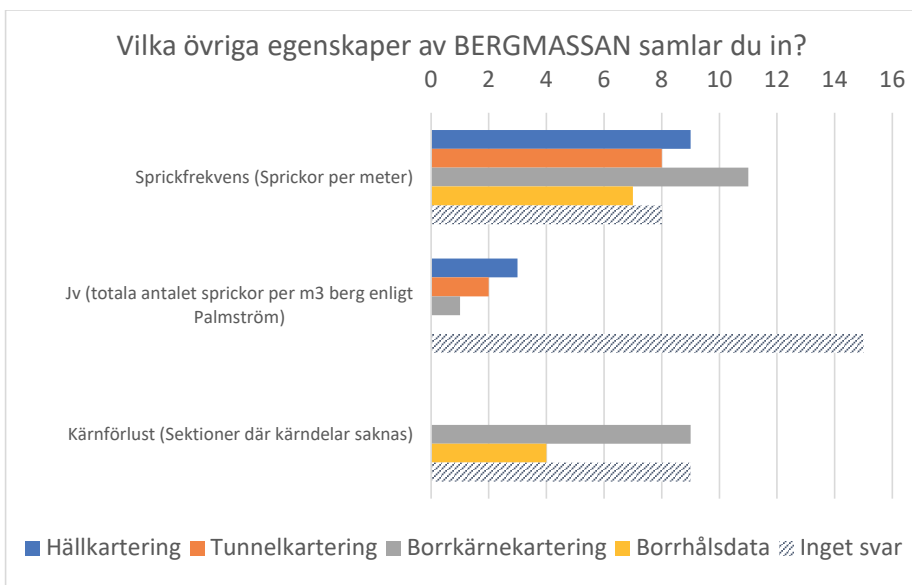
Figur 6-6 till Figur 6-9 och Tabell 6-2 redovisar vilka parametrar samlas in som berggrundsgeologiska grunddata, bergtekniska grunddata, karaktärisering av bergmassan och sprickegenskaper. Datainsamlingen uppdelades efter olika datakällor (hållkartering, tunnelkartering, borrhämskartering, och borrhålsdata). De insamlade parametrarnas vikt och träffsäkerhet undersöks detaljerad i delprojekt 1. Diagrammen nedan visar att många berggrundsgeologiska, bergtekniska parametrar och sprickegenskaper samlas huvudsakligen in genom borrhämskartering. En framtidig nationell parameterdatabas behöver alltså kunna ta emot grunddata från borrhämskarteringar.



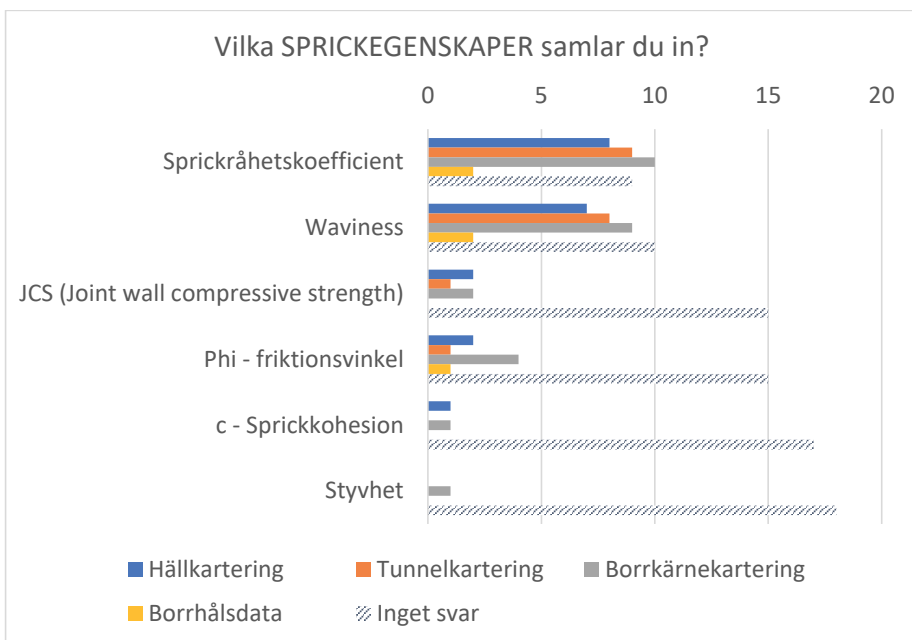
Figur 6-6. *Typer av berggrundsgeologiska grunddata som samlas in. Svarsfrekvens 12/19 (63 %).*



Figur 6-7. Typer av bergtekniska grunddata som samlas in för intakt berg. Svansfrekvens 12/19 (63 %).



Figur 6-8. Övriga egenskaper som samlas in för karaktärisering av bergmassan. Svarefrekvens 12/19 (63 %).



Figur 6-9. Sprickegenskaper som samlas in. Svarefrekvens 12/19 (63 %).

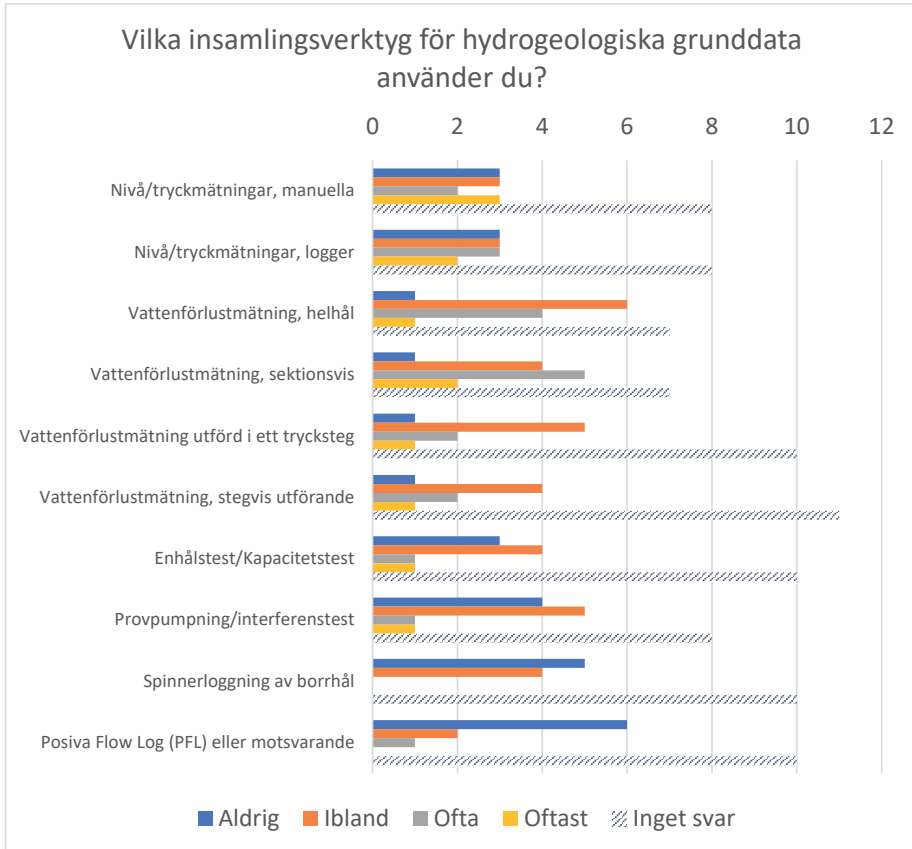
Tabell 6-2. Samlar du in andra relevanta bergtekniska grunddata eller parametrar som inte har nämnts ovan? Utveckla!

Jag gör ofta uppskattningar av friktionsvinkel, kohesion, etc. men inga faktiska mätningar.
Sprickorientering, sprickomvandling, sprickmineral, spricklängd, sprickvidd, sprickapertur, sprick- och krosszoner, sprickgrupptal. Vad menas med borrhålsdata? Vi har tolkat det som t.ex. optisk, akustisk och geofysisk borrhålsloggning.
Phi/c går inte att samla in på ett enkelt sätt, kräver omfattande skjuvtester eller framräkning med semi-empiriska metoder. Viktiga sprickegenskaper: Uthållighet/spricklängd Fyllning Omvandlingstal (Ja) Råhetstal (Jr) Sprickvidd Vattenföring
Sprickfyllning (mineral). Mest viktig är orientering av alla strukturer. Det finns ingen metod att DIREKT KARTERA eller samla in JCS, Phi, c och styvhet. Just nu måste alla dessa härledas eller räknas fram i labb.

6.2.2 Hydrogeologiska data

6.2.2.1 Insamlingsverktyg

Ett frågesegment berör insamling av hydrogeologiska data. På frågan om vilka insamlingsverktyg som används fördelar sig svaren enligt Figur 6-10.

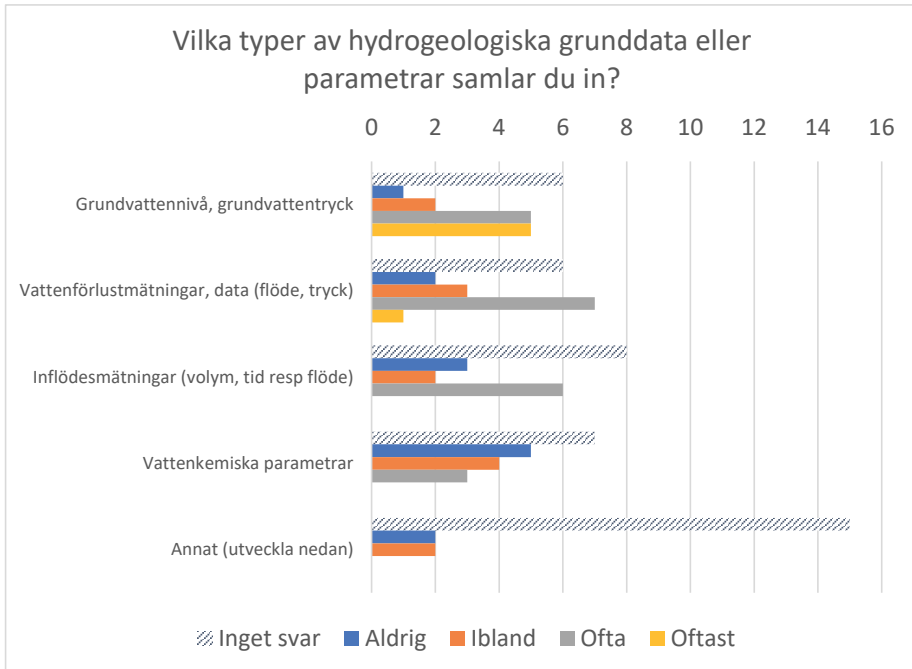


Figur 6-10. Insamlingsverktyg för hydrogeologiska data. Svarsfrekvens 12/19 (63 %).

Tryck-/nivåmätningar manuellt respektive med logger framstår som vanliga metoder. Sektionsvis vattenförlustmätning anges som något vanligare än helhållsmätningar, och utförande i ett trycksteg anges som obetydligt vanligare än stegvis utförande. Kapacitetstest är något mindre vanlig med sammanlagt 7/9 som svarade ”aldrig” eller ”ibland”. Även interferenstest är något mindre vanlig med sammanlagt 9/11 som angav ”aldrig” eller ”ibland”. Spinnerloggning och flödesloggning med PFL är minst vanliga.

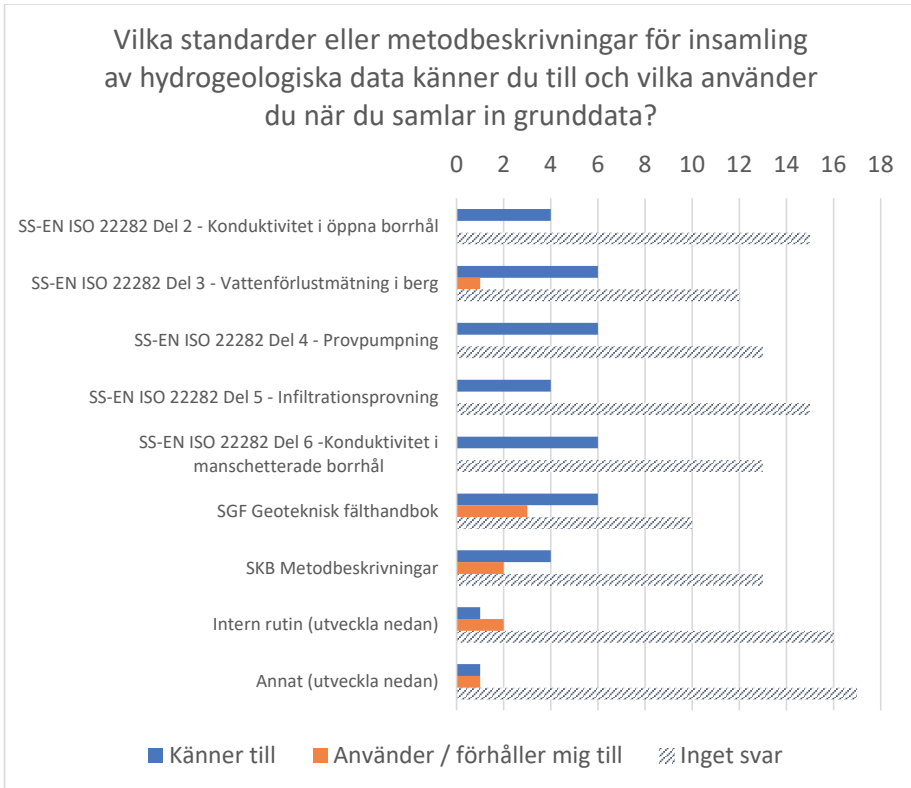
6.2.2.2 Typer av insamlade parametrar

Frågan om vilka typer av hydrogeologiska data som samlas in besvarades enligt Figur 6-11. I fritextförtydligande för alternativet ”annat” framkom spårämnesförsök för flödesdata under naturliga förhållanden.



Figur 6-11. Typ av hydrogeologiska data som samlas in. Svarsfrekvens 12/19 (63%).

På frågan om standarder eller metodbeskrivningar som deltagarna känner till respektive använder sig av är det tydligt att deltagarna känner till flera metodbeskrivningar men i regel inte använder dem (Figur 6-12). Under fritextförklaringen till svarsalternativet ”annat” angavs *interna rutiner på SGU* respektive *Geosigma*.



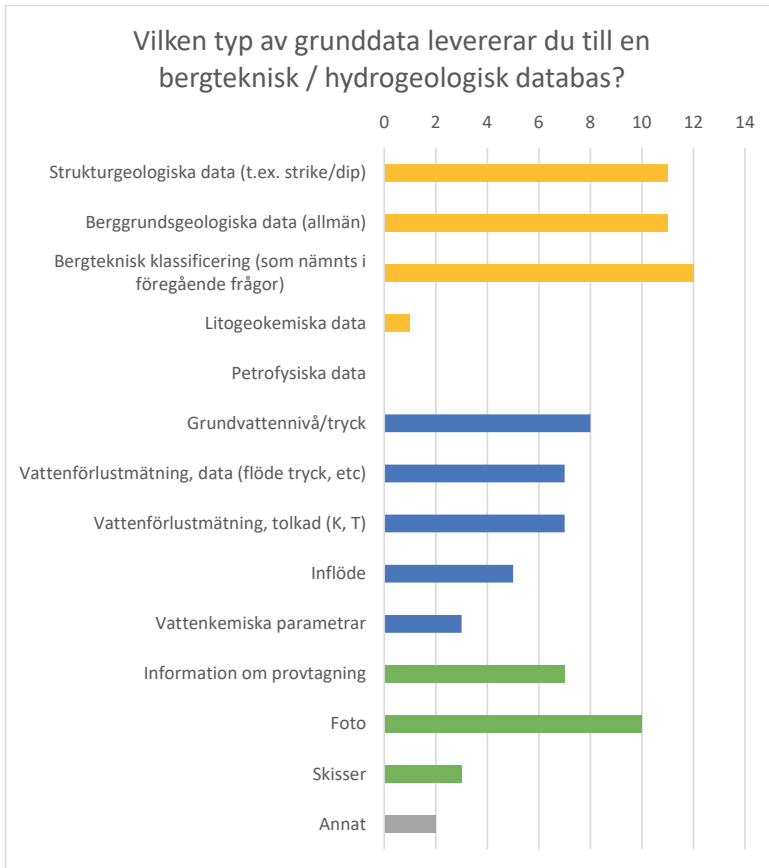
Figur 6-12. Kännedom om och användning av standarder och metodbeskrivningar för hydrogeologiska data. Svarefrekvens 11/19 (58 %).

6.2.3 Databasfunktionalitet

I detta frågesegment undersöktes hur deltagarna arbetar med databaser för geologiska eller hydrogeologiska data i dagsläget.

6.2.3.1 Dataleverans

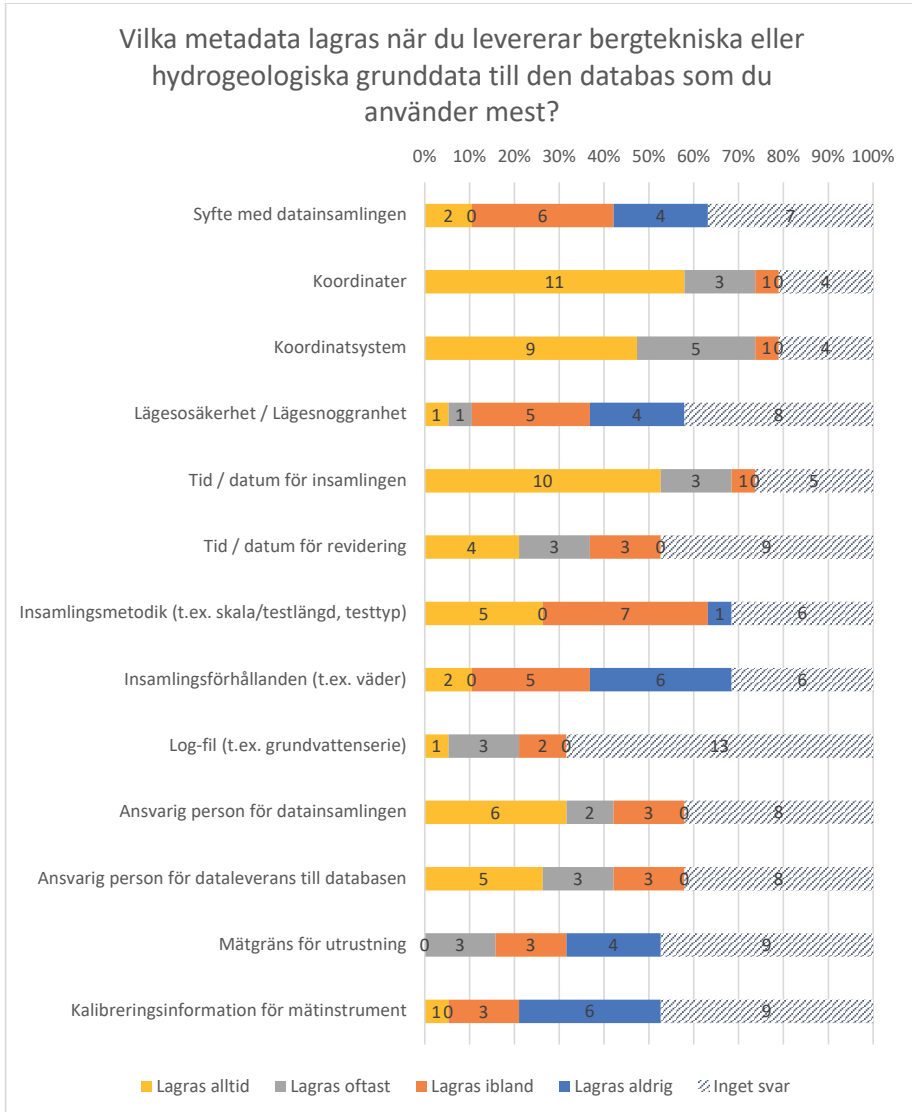
Flervalsfrågan om vilken typ av grunddata som levereras till en bergteknisk eller hydrogeologisk databas ställdes i en vid mening för att få ett intryck av vilken typ av berggrundsgeologiska, bergtekniska och hydrogeologiska data som skulle behöva lagras i en framtida nationell databas.



Figur 6-13. Typer av grunddata som levereras till bergtekniska eller hydrogeologiska databaser. Gul: berggrund / bergteknik, blå: hydrogeologi, grön: bilddata och provtagningsinformation, grå: annat. Svansfrekvens 15/19 (79 %).

Figur 6-13 visar att datatyper som levereras är mycket varierande, men att i princip alla parametrar som samlas in under ett projekt (se Figureerna 54 till 57) även levereras till en bergteknisk eller hydrogeologisk databas.

På frågan vilka metadata som lagras, när de insamlade bergtekniska eller hydrogeologiska data levereras till en databas, svarade deltagarna enligt Figur 6-14.

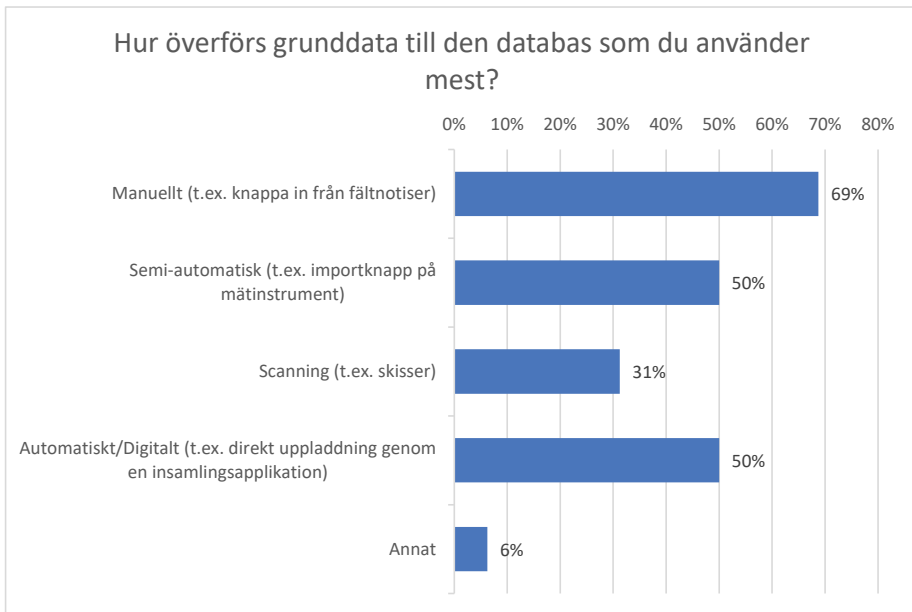


Figur 6-14: Diagram som visar vilka metadata som lagras. Svarsfrekvens 15/19 (79 %).

Metadata är de data som tillåter en användare att klassa data och datakvaliteten genom att förstå varför och under vilka omständigheter data samlades in. Medan koordinater och koordinatsystem liksom datum nästan alltid lagras, är det intressanta i Figur 6-14 att sammanlagt 10 av 12 personer anger att syftet med datainsamlingen aldrig eller ibland sparas. Lägesosäkerheter lagras också ibland eller aldrig. Av 13 deltagare anger 5 att de "alltid" lagrar insamlingsmetodiken medan 7 deltagare svarade "ibland" på lagring av insamlingsmetodiken.

Dessutom nämnde två deltagare projektnamn, beställare, och objektID som metadata som lagras i databaser. En deltagare nämnde "information om utrustning/installation i fall att en annan person skall dit och mäta igen (t.ex. låstyp)".

Svaren på frågan om hur grunddata överförs till de databaser som deltagarna använder mest finns sammanfattade i Figur 6-15 och uppdelat efter de olika databaserna i Tabell 6-3.



Figur 6-15. Sätt att överföra grunddata till databaser. Svarsfrekvens 16/19 (84 %). Procentandel baserad på 16 svar.

Tabell 6-3. Sätt att överföra data till den databas som deltagarna använder mest. Tabellen sattes ihop av deltagarnas svar på frågan vilken databas de använder mest (se Figur 6-3) och svaren på frågan hur data överförs till denna databas.

Databas	Dataöverföringsmetod				
	Manuellt	Semi-automatiskt	Scanning	Automatiskt	Annat
BaTman (Trv)	x		x		
Geoarkivet (Stockholm stad)	x		x		
GeoBIM (Tyréns)		x		x	x
Grundvattennivåer, tidsserier (SGU)	x	x		x	
RedBex (TrV, Pöyry)	x	x	x		
Sicada (SKB)	x			x	
TMO (Trv)		x		x	
Uppdragsarkiv	x	x	x	x	
VR (WSP)				x	
Övrigt	x	x		x	

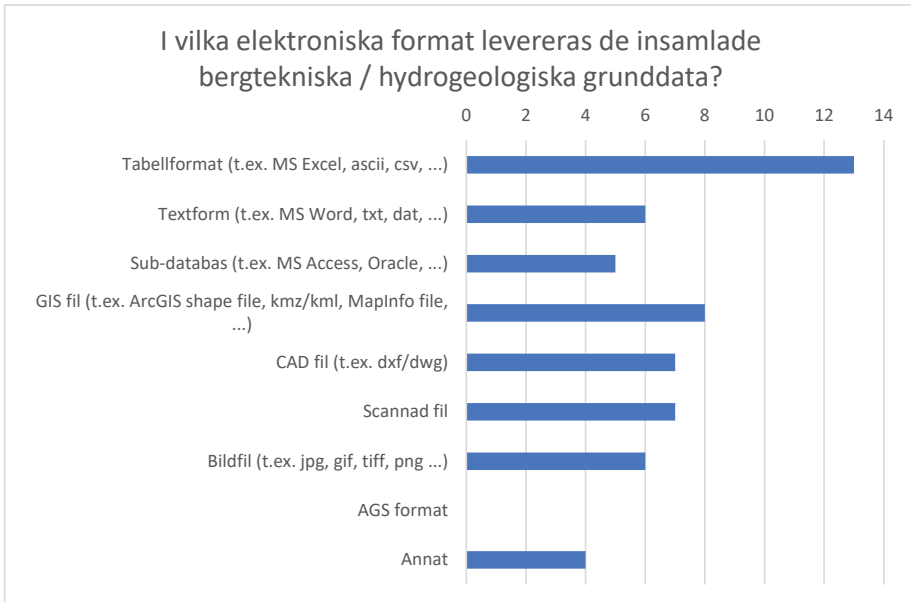
Manuell dataöverföring och semi-automatisk dataimport överväger med 69 % respektive 50 %. Hälften av de 16 svarande deltagarna (50 %) anger att deras data överförs automatiskt till den databas som de använder mest. Under ”Annat” skrev en deltagare att det ”från fält genereras en fil som manuellt kvalitetssäkras och automatiskt valideras före leverans till databas.”. Sammanfattad visar fördelningen i Figur 6-15 att en viss handpåläggning krävs för de flesta databasleveranser fastän merparten av de databaser som är listade i Tabell 6-3 verkar erbjuda möjligheten till en automatisk leverans av vissa data.

På frågan om vilka andra metoder som deltagarna använder för att överföra sina bergtekniska eller hydrogeologiska data till den databas som de använder mest, svarade deltagarna enligt Tabell 6-4.

Tabell 6-4. Finns det andra metoder som du använder för att överföra dina bergtekniska / hydrogeologiska grunddata till den databas som du använder mest?

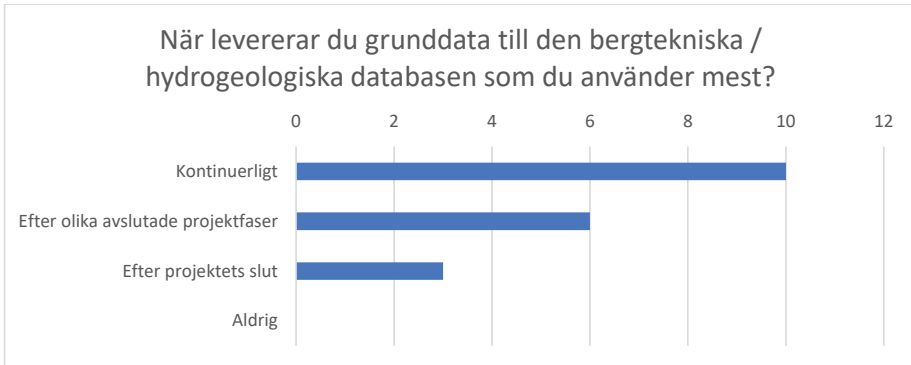
En mjukvara som heter FME, där det går att konvertera och transformera data mellan databaser.
För vissa automatiska mätningar är kopplingen automatisk t.f.a. stora datamängder och sedan hanteras ev. felaktiga mätvärden i applikation kopplad till databasen för att flagga upp och inaktivera ej giltiga värden. Information om vem, när och varför ett mätvärde inaktiveras sparas undan i databasen.
Oftast från Excel -> granskad -> in i databas.

I nästa fråga bad vi deltagarna att ange på vilka elektroniska format deras insamlade geodata levereras till en databas. Svaren är sammanfattade i Figur 6-16. I svaren överväger tabellformat som t.ex. Microsoft Excel, ascii, csv, etc. över alla andra elektroniska leveransformat. Under ”Annat” listade deltagarna *Obj-filer* (fotogrammetri), *GeoBIM-databas*, *ArcGIS Online feature service* (från *Collector for ArcGIS*) och *PDF* som olika andra elektroniska leveransformat.



Figur 6-16: Elektroniska format för dataleverans till databaser. Svarsfrekvens 15/19 (79 %).

Frågan om när leverans av de insamlade data sker besvarade deltagarna enligt Figur 6-17. Frågan var en flervalsfråga och mer än ett svar kunde väljas. Enligt svaren i Figur 6-17 levereras data huvudsakligen kontinuerligt till databaserna. Eftersom ingen deltagare svarade ”aldrig” kan konstateras att insamlade geodata lagras ”alltid”, även om dessa levereras under olika tillfällen.

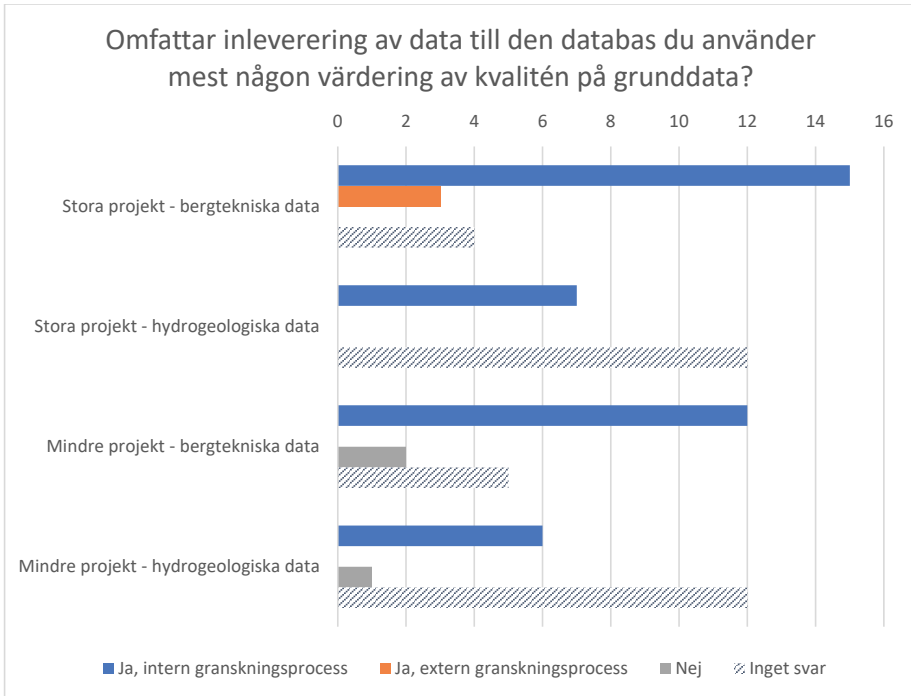


Figur 6-17. Diagrammet visar när data levereras till databaser. Svarefrekvens 14/19 (74 %).

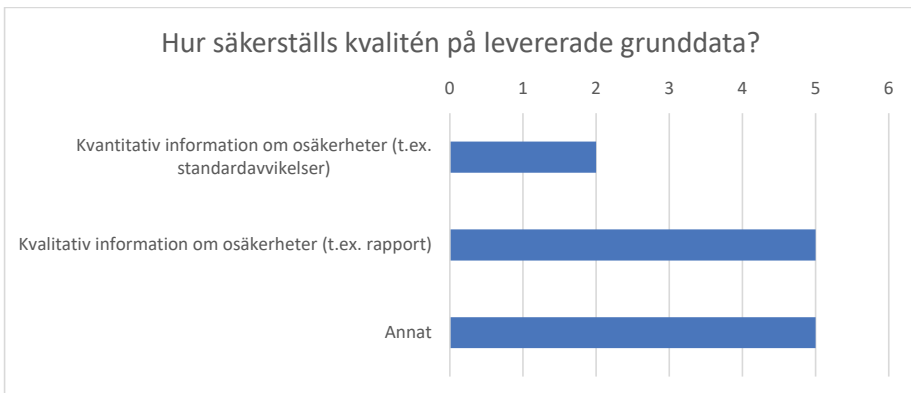
6.2.3.2 Datagranskning och kvalitetssäkring

En viktig aspekt med hänsyn till kvaliteten av de data som lagras i en databas styrs bl.a. av granskningsprocessen innan dataleveransen. Vi delade upp frågan om det fanns en granskningsprocess innan dataleverans i bergteknisk- respektive hydrogeologiprojekt kategoriserade efter projekttyp (stora projekt kontra mindre projekt). Vi ville dessutom veta om granskningsprocessen var intern eller extern. Figur 6-18 visar tydligt att *intern granskning* överväger för alla projekttyper och oavsett om det rör sig om hydrogeologiska eller bergtekniska data. *Extern granskning* sker tydligen enbart för några ”stora projekt” och då bara för bergtekniska data. En respektive två deltagare svarade att data för mindre hydrogeologiska respektive mindre bergtekniska projekt granskas inte alls innan dataleverans.

Vi ville dessutom veta om datakvaliteten säkerställs på ett kvalitativt eller kvantitativt sätt eller på ett annat vis. Bara 9 av 19 deltagare svarade på denna flervalfråga (Figur 6-19). Två deltagare svarade att datakvaliteten baseras på kvantitativ datainformation som t.ex. standardavvikelse. Däremot svarade 5 personer att kvalitativ information om osäkerheter inkluderas t.ex. i rapportform. Under ”Annat” skrev deltagarna bl.a. att data ”granskas av annan person”, att det sker en ”validering före import. Även med ett valideringsförfarande som kan flagga upp ”orimligheter” vilka bör ses över”, och en deltagare skrev att datakvaliteten säkerställs genom ”checklistor”.



Figur 6-18. Information om huruvida kvalitetskontroll av dataleverans till databaserna inbegriper en kvalitetskontroll av de levererade data. Svarefrekvens 16/19 (84 %).



Figur 6-19. Sätt att säkerställa datakvalitet. Svarefrekvens 9/19 (47 %).

I en sista fråga angående datakvalitet skulle deltagarna beskriva hur kvalitetssäkringsprocessen fungerar i den databas som de använder mest. Deltagarnas fritextsvar är samlade i Tabell 6-5. Några nyckelord som ingår i deltagarnas kvalitetssäkringsrutiner är *leveransmallar*, *egenkontroll*, *intern granskning*, *stickprovskontroll*, *(automatisk) validering av datamängd innan import*, *varning för avvikelser*. En deltagare skrev att *”det är upp till de som laddar ned data från databasen att säkerställa kvaliteten innan den används.”*.

Sammanfattningsvis kan konstateras att nivån på kvalitetssäkringsrutiner varierar. De flesta organisationer verkar ha åtminstone en intern granskningsprocess där en annan person kontrollerar data innan leveransen. Automatiska datavalideringsprocesser finns men används inte i de flesta databaser. Ett exempel som använder automatisk datavalidering är GeoBIM, men även TMO har *”funktioner som varnar för specificerade avvikelser”* (se Tabell 6-5).

Tabell 6-5. *Beskriv kortfattat hur kvalitetssäkringen går till när du levererar grunddata till den databas som du använder mest. Databasnamnen i första kolumnen togs från frågan om vilken databas deltagarna använder mest (se Figur 6-3).*

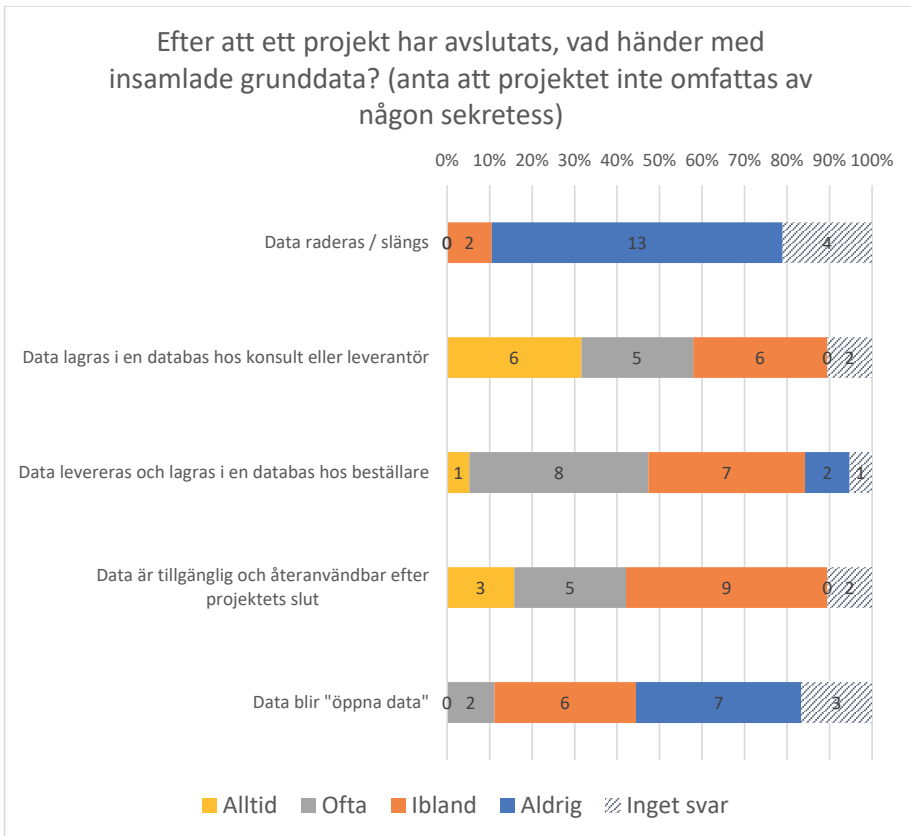
Sicada	Användning av leveransmallar. Egenkontroll följt av kontroll från ansvarig. Inlagring. Leverans från databas som sedan granskas av den som upprättat leveransen.
VR	Det är upp till den som laddar ned data från databasen att säkerställa kvaliteten innan den används. Oavsett hur mycket data kvalitetssäkras kommer vi aldrig kunna vara säkra på kvaliteten när vi ska använda den om 20 år. Jag ser därför inte att det finns något syfte med att kvalitetssäkra data på något ytterligare sätt än vad som redan görs i projektet när de samlas in.
Sicada	Dubbelkolla om data som står på papper är rätt i databasen.
BaTman	Interngranskning eller samgranskning.
TMO	TMO har funktion som varnar för specificerade avvikelser. När jag använt FME för att flytta data från andra databaser till FME så har jag också använt mig av detta för att sortera ut, och sedan manuellt granska avvikelser.
GeoBIM	Före import görs en validering av datamängd som jag önskar ladda upp. Ev brister meddelas direkt i mail, t.ex. om det saknas koordinater el dyl.
BaTman	Intern eller Extern granskning av MUR (markteknisk undersökningsrapport) och acceptans eller godkännande av kunden.
GeoBIM	Först genereras en utdatafil ifrån digitalt stöd i fält (använder oftast Collector). Denna granskas av ansvarig handläggare och eventuella fel rättas. Därefter valideras filen automatiskt före import i syfte att säkerställa att inga orimligheter finns (flaggas upp för kontroll av handläggare) eller att hygienfaktorer saknas (datum, ansvarig person etc). Därefter importeras data till databasen. Vissa valideringsanmärkningar är tvingande att åtgärda och vissa är ren information till ansvarig handläggare för kontroll (kan alltså vara rätt men ovanlig kombination av värden etc.).

RedBex	Kontroll av levererade data sker just nu endast som intern stickprovskontroll från bergansvarig i projektet. Ej tillfredställande!
Grundvattennivåer, tidsserier	I huvudsak rimlighetsbedömningar.
Geoarkivet	Granskning av annan person.
Övrigt (MSaccess, geoDB, länkad till VR)	Vi har en "databaspolis" som granskar dataformat samt kollar om värdena verkar vara felaktiga (t.ex. fel orientationsdata). Finns också ansvarig geolog på projektet som måste kolla data i modellen och ser att den stämmer med rådataobservationer.
Uppdragsarkiv hos konsult eller beställare	Koll på att gällande data levereras (datumkoll); data ska ha 'rätt' placering (plan och höjdkoordinatsystem ska stämma och X, Y, Z ska rymma inom projektets område); namnkoll (ID-dubletter); olika data ska stämma mht varandra.

6.2.3.3 Datatillgänglighet

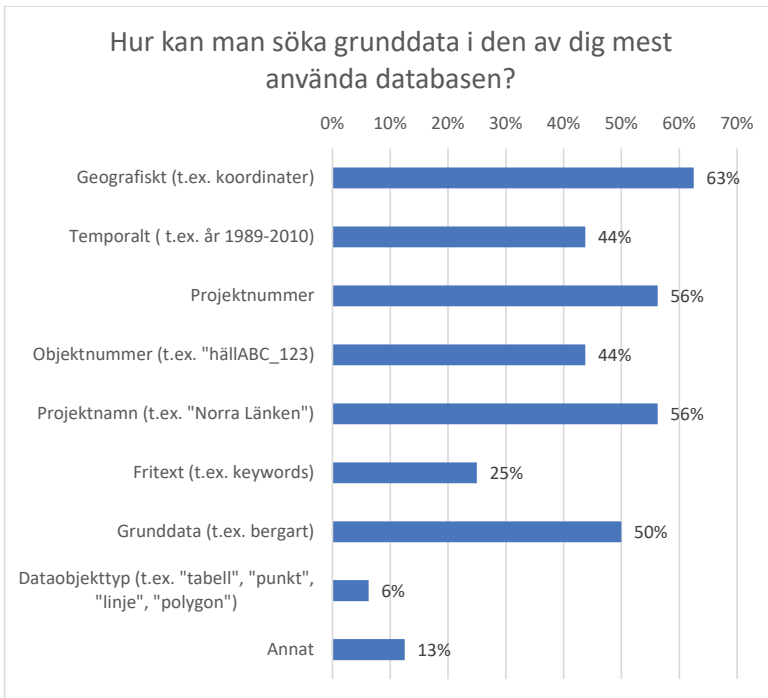
För att belysa åtkomst och tillgänglighet till geodata i de databaserna som deltagarna använder ställde vi frågor om vad som händer med insamlade data efter projektslut (Figur 6-20), hur man kan söka i deltagarnas mest använda databaser (Figur 6-21) och i vilka elektroniska format dessa databaser tillhandahåller geodata (Figur 6-22).

De flesta deltagarna angav att data i princip aldrig slängs eller raderas efter att ett projekt har avslutats. I stället anger merparten att insamlade data alltid eller ofta lagras i en databas hos en konsult eller leverantör och ofta eller ibland i en databas hos beställaren. Vad gäller tillgängligheten och användbarheten anger tre deltagare att data alltid är tillgängliga och fem att de ofta är tillgängliga efter projektslut. Däremot anger nio deltagare att data ibland är tillgänglig. Majoriteten av deltagarna svarade att insamlade grunddata blir "öppna data" ibland eller aldrig (Figur 6-20).



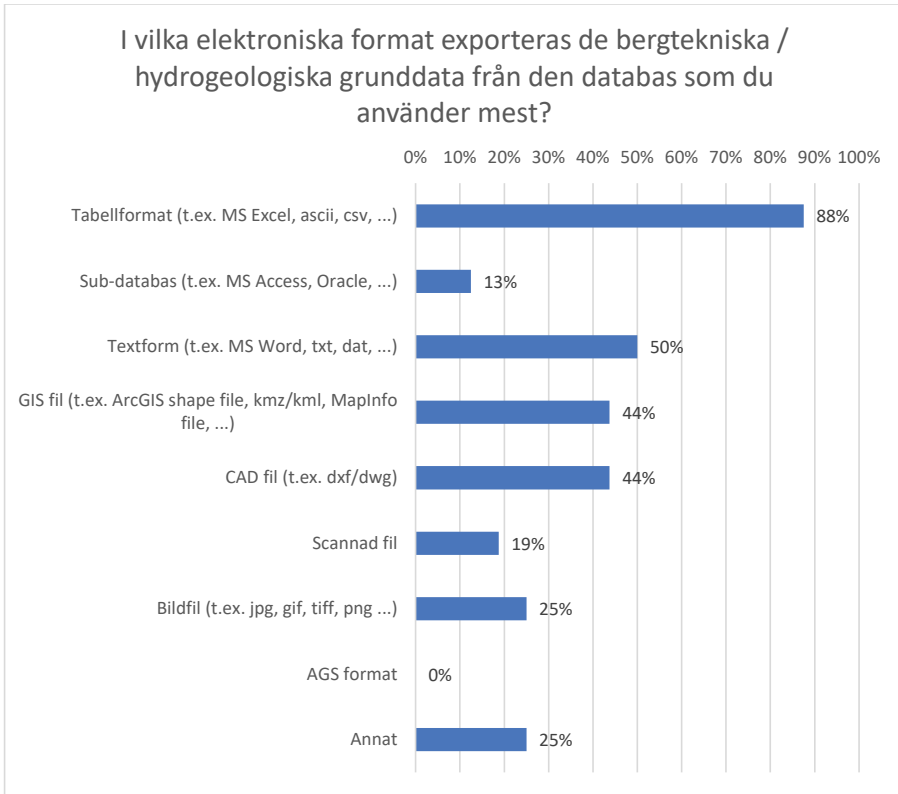
Figur 6-20: Tillgänglighet till data efter projektavslut. Svarsfrekvens 18/19 (95 %).

Flervalsfrågan avseende databasernas sökbarhet besvarades enligt Figur 6-21, som visar att de flesta databaser är sökbara på det vanliga sättet, t.ex. geografiskt, efter projektnummer etc. Däremot verkar det inte finnas många databaser där sökning på fritext är möjlig. Under "Annat" angav deltagarna två ytterligare geografiska sökmetoder ("ett urval i kartan och få en nedladdning av allt som finns inom rutan" och "längdmätning"). Förutom "geografisk sökbarhet" ligger dock svaren från de 16 svarande vid runt 50 % för de flesta sökmetoder. Det är t.ex. 9 av 16 svarande som anger att man kan söka efter projektnamn i deras databas (Figur 6-21). Det är svårt att tolka denna information eftersom det i princip kan bero på att deltagarna helt enkelt inte visste hur databasen är sökbar och därför inte satte ett kryss på just den sökmetoden.



Figur 6-21. Databasers sökbarhet. Svarsfrekvens 16/19 (84 %). Procentandelar baserade på 16 svar.

Figur 6-22 visar svaren på flervalsfrågan om i vilka elektroniska leveransformat data exporteras från en databas. 88 % av data som exporteras från deltagarnas mest använda databas levereras därmed i tabellformat som t.ex. Microsoft Excel, ascii, csv osv.. De andra leveransformat som deltagarna kunde sätta kryss på hamnade på runt 50 % eller mindre. Under "Annat" skrev deltagarna bl.a. att data exporteras som pdf-format eller direkt i olika branschspecifika programvaror. En deltagare skrev att dataexporten "ofta är direkta anpassningar till modelleringsformat. Inte bara formatmässigt utan även struktur- och innehållsmässigt."



Figur 6-22. Elektroniska exportformat. Svarefrekvens 16/19 (84 %). Procentandelar beräknade baserat på 16 svar.

7. Resultat – Möjlig nationell databas

Detta avsnitt syftar till att få en idé om hur en nationell databas för lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data skulle behöva designas för att vara till störst nytta för användarna och samhällsbyggandet.

Deltagarna ombads ignorera juridiska frågor kring upphovsrätt, äganderätt och sekretess vad gäller leverans, lagring och tillgängliggörande av bergtekniska och hydrogeologiska data i en möjlig nationell databas. Med tanke på syftet med denna förstudie skulle deltagarna i stället anta att alla data är öppna data. Juridiska frågor kring datavårdskap behandlas bl.a. i samband med Geodatarådets handlingsplan 2018–2020.

Avsnittet är uppdelat i två sektioner som beaktar (1) hur öppna data används idag och (2) subjektiva åsikter om hur en möjlig nationell databas skulle kunna fungera som bäst.

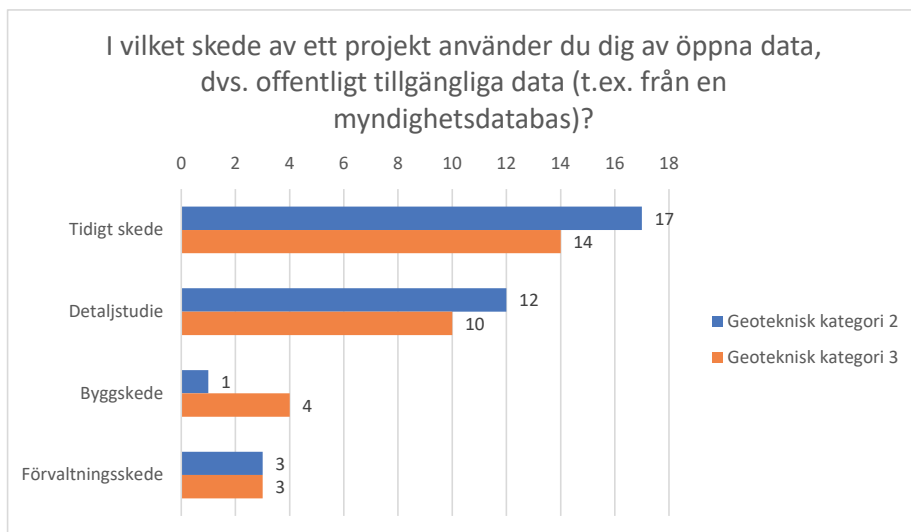
7.1 Hur används öppna geodata idag?

Två projekttyper definierades för några av följande frågor (se även kapitel 3.2):

Geoteknisk kategori 2 (GK2): kan betraktas som "vanligt" eller med "enkla markförhållanden"

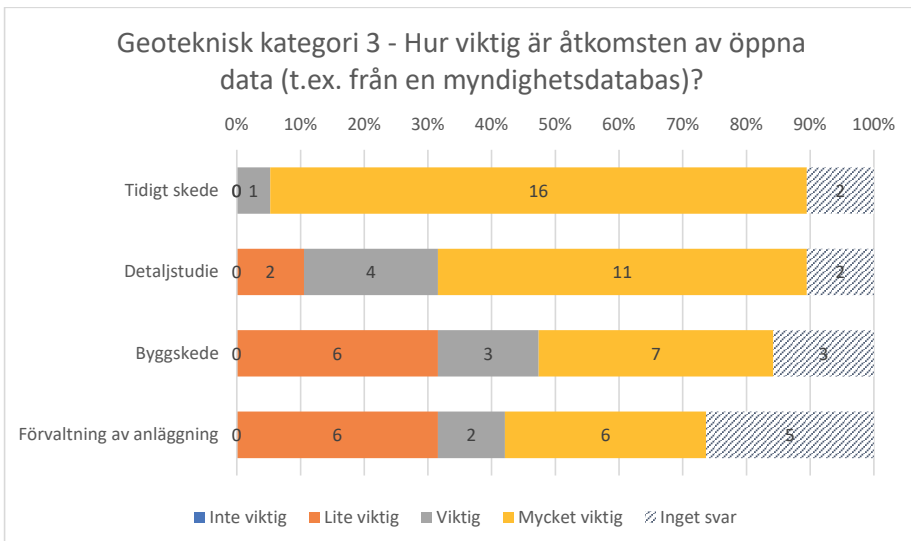
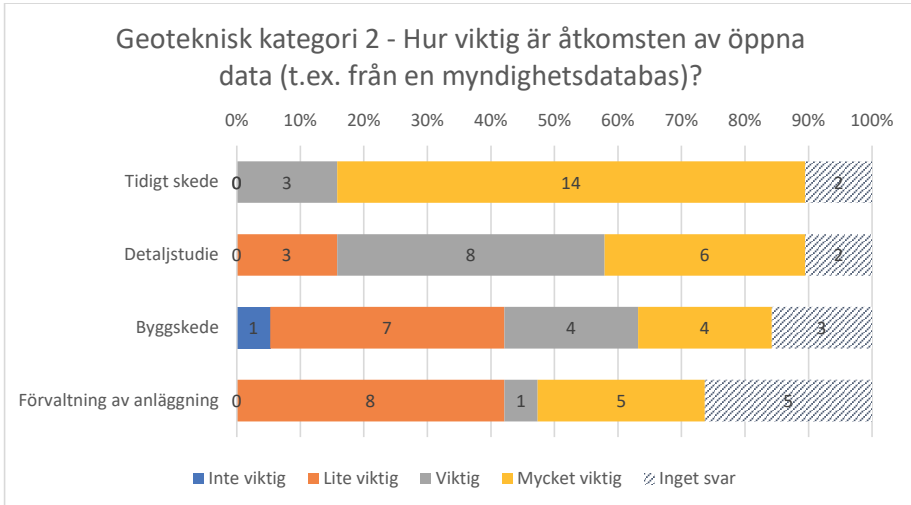
Geoteknisk kategori 3 (GK3): kan betraktas som "speciellt" eller med "komplicerade markförhållanden"

På frågan i vilka projektskeden öppna data används svarade deltagarna enligt Figur 7-1.



Figur 7-1. Användning av öppna data i olika projektskeden. Av 19 personer svarade 17 personer för GK2 och 16 personer för GK3.

Diagrammet i Figur 7-1 visar att användning av öppna data är som högst i tidiga projektskeden och hög i detaljstudiefasen. Då används öppna data till synes oftare i ”vanliga” GK2-projekt än i ”komplicerade” GK3-projekt. Under bygg- och förvaltningsskede är användning av öppna data underordnade.

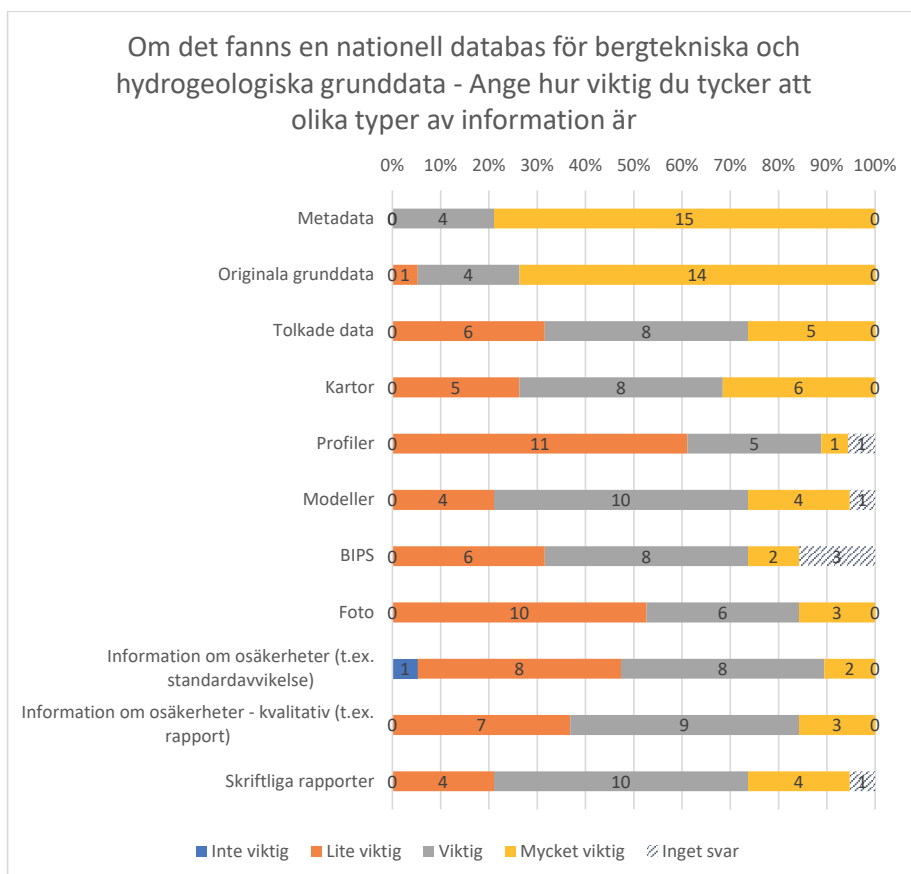


Figur 7-2. Vikten av åtkomst till öppna data i olika projektskeden. A. Geoteknisk kategori 2. B. Geoteknisk kategori 3. Siffrorna anger antalet svar. Svarsfrekvens 17/19 (89 %).

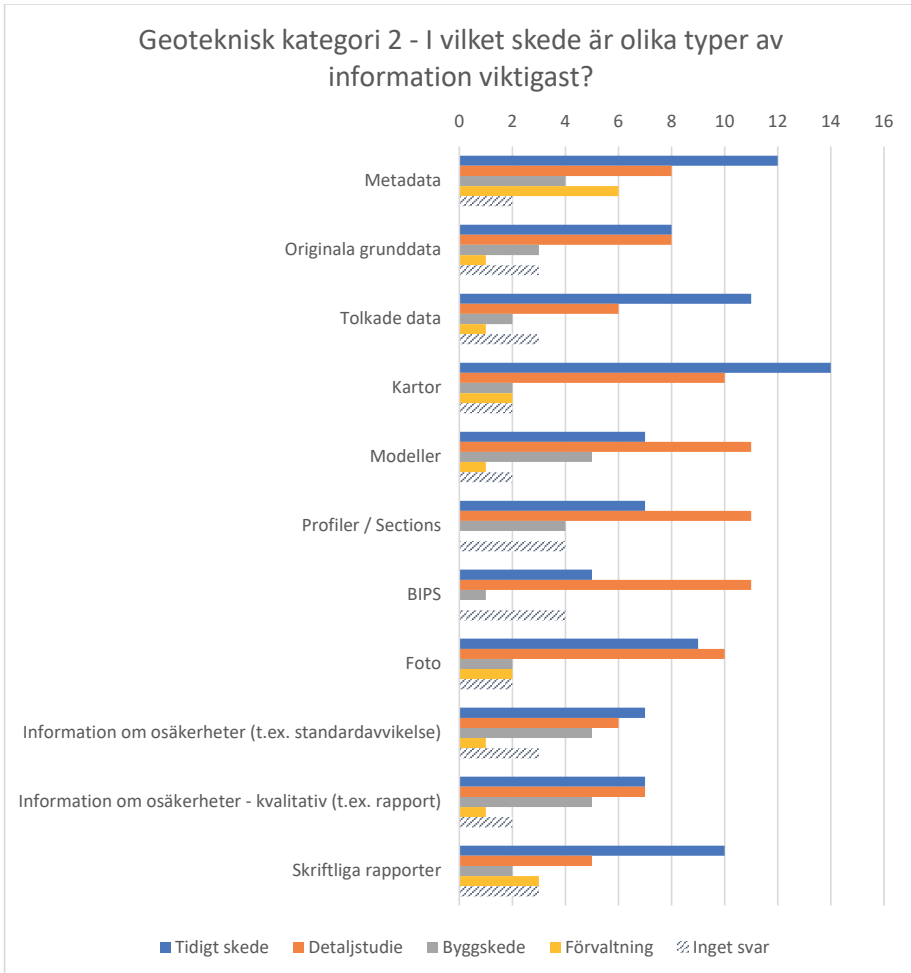
Fördelningen av hur viktig åtkomsten av öppna data under olika projektskedena är visar även här att tillgången är som viktigast under de tidiga byggskedena och under detaljstudien (Figur 7-2). Viktigheten verkar dock öka med projektets komplexitet som står i motsats till Figur 7-1 där öppna data till synes används mer i GK2- än i GK3-projekt.

7.2 Funktionalitet hos en möjlig nationell databas

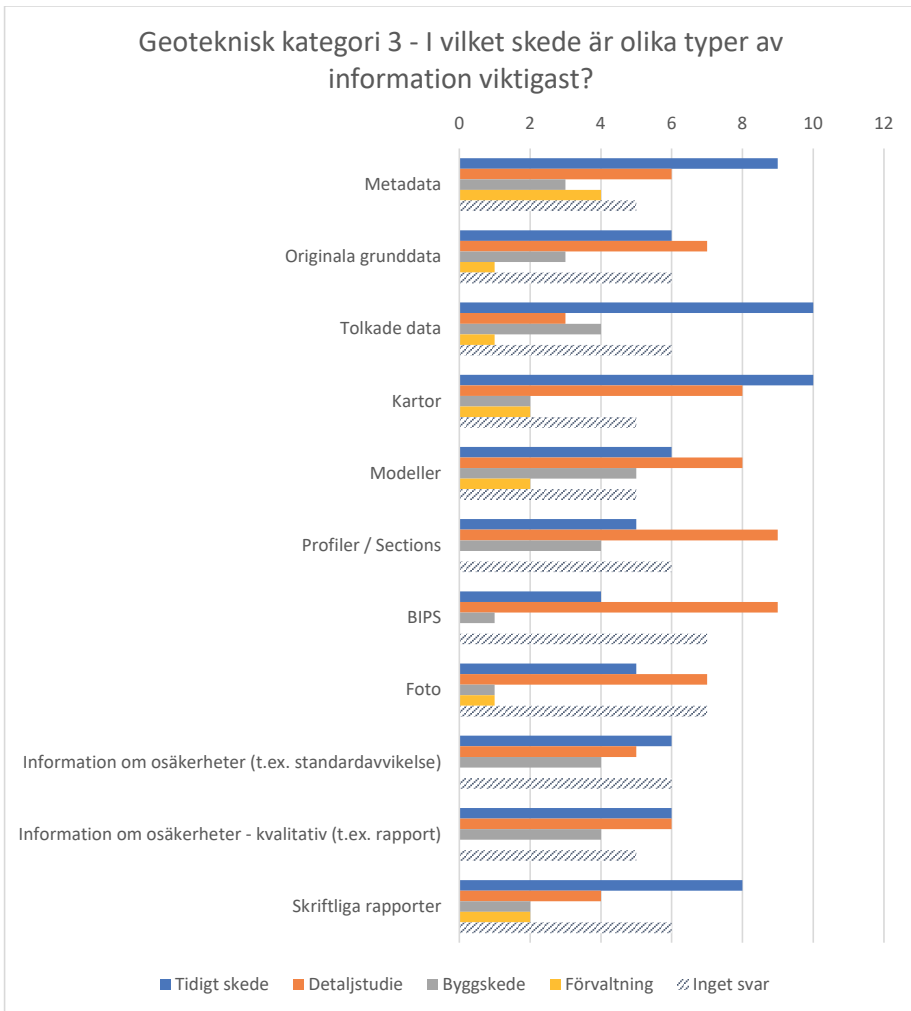
Deltagarna ombads bedöma viktighetsgraden av olika typer av information som en möjlig nationell databas skulle kunna tillhandahålla. Svaren sammanfattas i Figur 7-3. I en följdfråga skulle deltagarna uppskatta viktighetsgraden kategoriserad efter olika projektskedena (tidigt skede, detaljstudie, byggskede och förvaltning) och efter projektkomplexitet (dvs. GK2 och GK3). Dessa svar sammanfattas i Figur 7-4 och Figur 7-5.



Figur 7-3. Viktighetsgrad av olika typer av information som en möjlig nationell databas skulle kunna innehålla. Svarsfrekvens 19/19 (100 %).



Figur 7-4. Informationens viktighetsgrad kategoriserad efter olika projektskeden i projekt med GK2. Svarsfrekvens 18/19 (95 %).



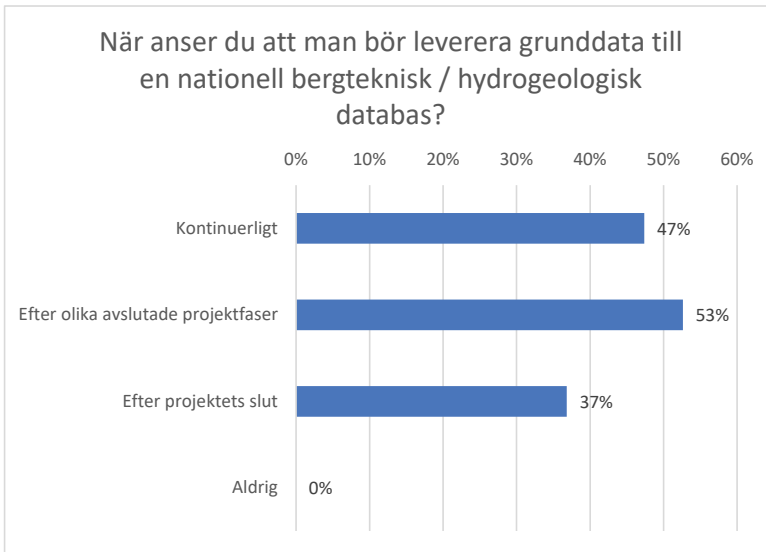
Figur 7-5. Informationens viktighetsgrad kategoriserad efter olika projektskeden i projekt med GK3. Svarsfrekvens 15/19 (79 %).

På frågan om det fanns någon typ av data som deltagarna saknade i de föregående frågorna skrev en deltagare "Labbrapporter – men inte jätteviktigt" och "Projektets syfte". Vi anser dock att labbrapporter kan inkluderas i skriftliga rapporter och att projektets syfte är en del av metadata.

Oavsett projektkomplexitet kan sammanfattas att metadata, originala grunddata, tolkade data, kartor och skriftliga rapporter är viktigast under ett tidigt projektskede. Under detaljstudier är de viktigaste informationstyper originala grunddata, modeller, profiler,

BIPS (borrhålsfilmning) och foto. Kvalitativ och kvantitativ information om osäkerheter anser deltagarna som viktigast under tidiga projektskedet, under detaljstudien och något underordnat under byggskedet.

Flervalsfrågan om när deltagarna anser att grunddata bör levereras till en nationell databas besvarades enligt Figur 7-6. Majoriteten anser att insamlade bergtekniska och hydrogeologiska data ska levereras efter olika avslutade projektfaser, men deltagarna kan även tänka sig en kontinuerlig leverans eller en leverans efter projektets slut. Dessutom fanns det två förslag att leverera data årligen eller varje halvår med tanke på att det efter projektets slut eventuellt inte skulle finnas medel att slutföra en leverans.



Figur 7-6. Subjektiv åsikt om när grunddata ska levereras till en nationell databas. Svarefrekvens 19/19 (100 %). Procentandelar baserade på 19 svar.

7.3 Subjektivt perspektiv på en nationell databas för lagring och tillhandahållande av bergtekniska och hydrogeologiska grunddata

Deltagarna ombads beskriva vad de anser som den största nyttan av att leverera insamlade bergtekniska eller hydrogeologiska grunddata till en nationell, statligt förvaltd, offentligt tillgänglig databas. Deltagarnas originalsvar presenteras i Tabell 7-1.

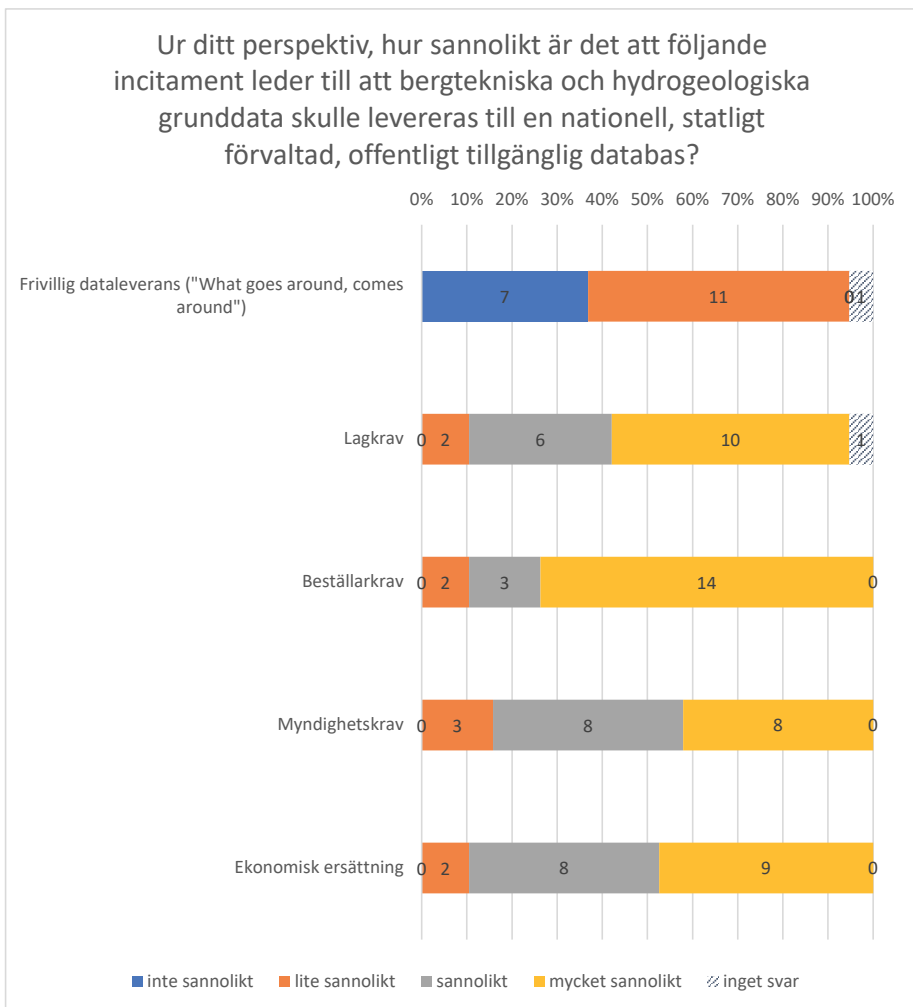
Sammanfattningsvis anser deltagarna att en sådan nationell databas skulle leda till:

- att data bevaras
- en förbättrad helhetsbild av undermarken och förbättrade beslutsunderlag
- hållbarhet genom återanvändning av data
- tidsmässiga och ekonomiska besparingar genom återanvändning av data och därmed en möjlig omfördelning av sparade resurser inom ett projekt
- ett underlag som kan ställa krav på olika aktörer att standardisera datainsamling
- ökad kunskapsnivå som möjliggör forskning (t.ex. artificiell intelligens o.dyl.)

Tabell 7-1. Ur ditt perspektiv, vad är största nyttan av att leverera dina insamlade bergtekniska / hydrogeologiska grunddata till en nationell, statligt förvaltd, offentligt tillgänglig databas?

De är som framgår av mina svar ovan av störst vikt i ett tidigt skede och vid förvaltning. Under detalj- och byggskedet har man ofta genomfört egna undersökningar och är inte lika beroende av data från andra projekt.
Hållbar utveckling. För att få ett större grepp om undermarken krävs att vi delar med oss av den information som vi tar fram. Det är onödigt att borra flera gånger på samma ställe. Om jag har tillgång till mer äldre data kan jag kanske minska antalet borrhningar också eller få mer information om hur jag ska rikta den.
Snabbare och billigare byggprocess, mer information i ett tidigt skede kan leda till bättre placeringar av undermarksanläggningar och underlätta undermarksplanering.
Att det finns information som man har nytta av.
Få en bättre helhetsbild och se var det redan finns data.
Återanvända data för att spara tid, pengar och miljön.
Lagring av data efter kontraktets utgång.
Öka kunskapsnivån, möjliggöra forskning på redan utförda fältundersökningar, möjliggöra studier på stora datamängder. Vore intressant att se vad AI kunde se för samband med geodata.
Bättre beslutsunderlag jmf med idag, oavsett skede. Möjliggör optimering av undersökningsprogram. "Sparade resurser" kan utnyttjas för att lägga mer tid på tolkning och utvärdering och leverera en bättre modell av undermarksrymden.
Standardisering av data. Förväntad reciprocitet.
Kunskapsåterföring mellan projekt, spara tid och pengar i tidigt skede av nytt projekt och under förvaltning.
Tillgängliggöra data för framtida projekt. Sparar tid och pengar.
Den största nyttan kommer såklart av att jag får tillgång till all information som även andra samlat in vilket kan ha bäring på mitt projekt! Därav att leverans måste göras tvingande då jag inte har någon egentlig egen nytta av att leverera mina insamlade data men någon annan kan ha nytta av dem!
Standardiserad information skapar möjligheter att bygga verktyg och göra analyser på ett strukturerat sätt.

Att data kan återanvändas utan förnyade undersökningar.
Att kunna hitta vad finns i områden samt slippa kartera om.
Lätt tillgänglighet till ett stort antal data som kan snabba på och underlätta vissa utredningar i tidiga skeden, framförallt i mindre projekt, samtidigt som det ställer krav på olika aktörer att standardisera insamling av data.



Figur 7-7. Subjektiv uppskattning av sannolikheten att olika incitament leder till dataleverans till en nationell databas.

Sannolikheten att data levereras till en nationell databas (och därmed offentligt tillgängliggörande av dessa data) anses vara liten eller obefintlig om leveransen inte är knuten till antingen krav från beställare, lag eller myndigheter eller ekonomisk ersättning.

Svaren på frågan om vilka alternativa incitament som kan leda till att data levereras till en nationell databas varierar mycket (Tabell 7-2). Sammanfattningsvis kan 3 ytterligare incitament definieras:

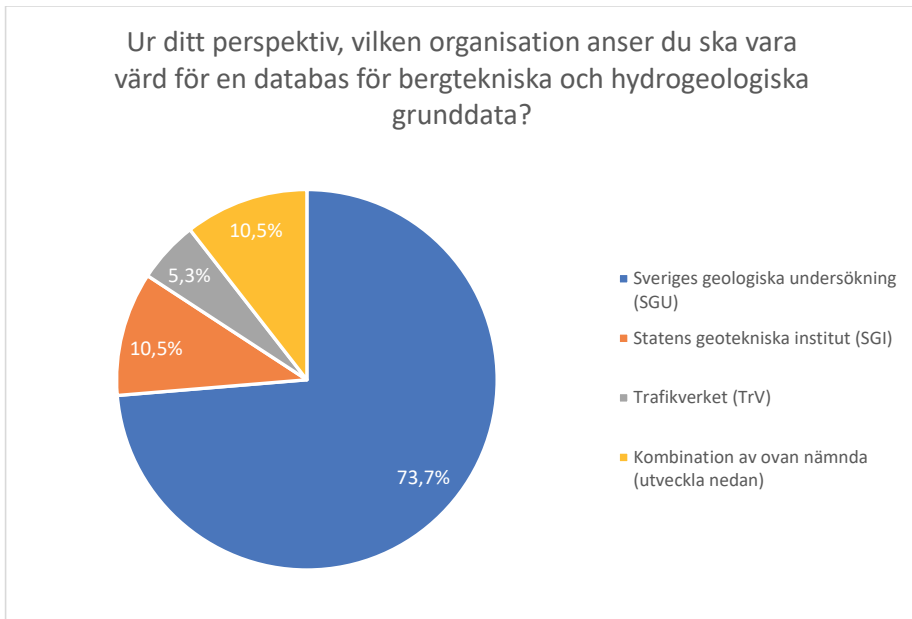
- 1) Att offentliga beställare håller inne med sista betalningen tills dess att data slutligen levererats till en nationell databas.
- 2) Ett belöningsystem i form av olika utmärkelser eller prioriterad tillgång till den nationella databasen beroende på kvalitet och frekvens av dataleveranser.
- 3) Möjlighet för dataleverantörer att vara delaktiga i drift och utveckling av den nationella databasen.

Tabell 7-2 Förslag på alternativa incitament som kan leda till att bergtekniska och hydrogeologiska data levereras till en nationell, statligt förvaltnad, offentligt tillgänglig databas.

Att man snabbt märker att man själv får nytta av en sådan databas.
Prioriterad tillgång till nationella databasen. Möjligheter att komma med förändringsförslag och vara delaktig i driften.
Folk/företag älskar att få badges. Skapa användare och så får man olika medaljer efter hur bra och ofta en levererar.
Jag tror att det måste vara kopplat till någon form av krav för att det skall göras då alla har väldigt mycket att göra hela tiden. Antingen att man håller inne med sista betalningen av fakturan tills dess att data levererats slutligen alternativt att det finns ett lagkrav att leverera data för den som skall få utföra undersökningar i Sverige.
Offentliga beställare betalar sista 10 % först efter att data levererats.
Om processen är smidig/enkel kommer det att funka.
Jag skulle förenkla frågan till Lag eller Beställarkrav. Ekonomisk ersättning måste alltid följa (ingen jobbar fritt). "Altruism" kommer inte funka eftersom vi är människor.

7.4 Databasförvaltning

På frågan om vilken organisation som ska vara värd för en databas för bergtekniska och hydrogeologiska data tyckte ca. 74 % att SGU borde vara databasvärd (Figur 7-8). Andra förslag sammanfattas i Tabell 7-3.



Figur 7-8. Subjektiv bedömning av vilken organisation deltagarna anser ska vara värd för bergtekniska och hydrogeologiska grunddata. Svarsfrekvens 19/19 (100 %).

Tabell 7-3. Deltagarnas förslag för databasvärdskap om de svarade "Kombination av ovan nämnda" eller "Annat" i föregående fråga.

TRV och SGU borde samarbeta i detta uppdrag. TRV som största beställaren och SGU som statlig organisation som samlar mycket av nationella geologiska data; samtidigt oberoende organisation som kan kräva data från andra beställare (som t.ex. brunnarkivet)
Jag tycker att det vore rimligt med en kombination av SGU och SGI då det skulle innebära en bra mix av geologi och geoteknik. Exempelvis skulle SGU kunna ansvara för Bergteknik och Hydro medan SGI ansvarar för Geoteknik och Miljögeoteknik. Det blir en tydlig ansvarsfördelning mellan parterna! Viktigt är att man jobbar mot samma lösning/databas då det finns stora värden i att kunna samköra informationen från olika teknikki discipliner. Obs! Glöm inte geofysiska undersökningsmetoder vilka bör växa i takt med nya tekniktillämpningar (utrustning på drönare etc.).
Svårt att säga om SGI eller SGU är mest lämpad, men någon av dessa känns mest logisk. Måste dock finnas en organisation och finansiering för förvaltning.

7.5 Den "perfekta" nationella databasen

I den näst sista frågan angående en möjlig national databas bad vi deltagarna att beskriva hur de föreställer sig att en "perfekt" databas skulle kunna fungera. Fritextsvaren är listade i Tabell 7-4 och kontentan av deltagarnas svar sammanfattas efter tabellen.

Tabell 7-4 Ur ditt perspektiv, beskriv hur den "perfekta" nationella databasen för bergtekniska och hydrogeologiska data ska fungera.

SGU har i nuläget en bra databastjänst. Jag har däremot aldrig levererat något till den. Det är viktigt att geografisk sökning är möjlig. Även presentation av metadata är av stor vikt.
Enkel och tillgänglig. Ladda upp stora dataset med ett knapptryck och extrahera data beroende på geografisk position. Ex. allt inom ett visst område för de lager som är tända.
Enkelt att beställa och tillgängliga till alla som är användare.
Uppladdning måste vara otroligt enkelt. Tror detta skulle vara enklare om man hade en standard för hur data dokumenteras när de samlas in.
God sökbarhet, fritextsökning. Flera olika leveransformat för text, tabeller, GIS, CAD. Möjligheter att leverera in data via filöverföring, ingen manuell inmatning.
Det ska gå att anropa via API men även gå att exportera till t.ex. Excel eller ett format som alla kan läsa.
De viktigaste punkterna är: 1. Lättillgänglig (= endast webbläsare som verktyg), 2. Användarvänlig, dvs enkelt att söka, ladda upp och ladda ner data, 3. Kvalitetssäkrad så långt det går, och att det går att se källan till data.
Kartbaserad sökbar databas med exportmöjligheter av rådata.
Den perfekta databasen är tillgänglig på webben med ett intuitivt gränssnitt där man kan borra sig ner i informationen från en större skala till ett enskilt mätvärde. Leveranser av data görs via klart definierade leveransspecifikationer i kombination med ett intuitivt gränssnitt och valideras före import samt återkopplas efter import. När data levererats skall den vara direkt "synbar" i ex. en karta för snabb leveranskontroll.
Avser endast hydro: Kommer inte att hända eftersom det kräver standardiserade mätmetoder. Så något mer realistiskt är lagring av grunddata och utvalda tolkade data (K, T) kopplat till rapport som beskriver metod för mätning och utvärdering
Enkelt in, enkelt ut, enkelt se vad som finns, enkelt göra urval, enkelt att göra det automatiserat.
Själva databasen behöver vara enkel att använda och lätt att utvecklas/bygga vidare på. Mycket fokus bör läggas på användarvänlighet. Jag tror inte det är nödvändigt att begära in för mycket "data" i första hand. Det räcker om man kan lätt söka i en databas (både metadata och kartsökning) och ladda ned data i pdf/Excel/Word format. Databasen kan naturligtvis utvecklas allt eftersom för att kunna ta emot rådata på ett bättre sätt men detta borde vara en lägre prioritet.
Man ritat en ruta i google kartvy och får ut länkarna till befintliga .pdf rapporter (all data innan 2020) samt digitala databasen som är standardiserad och inkluderar alla data från 2020 framåt.
Användarvänlig webbsida där data är sökbara via ett brett val av filter (geografiskt, datum-baserat, projekt-baserat, metod-baserat osv). Data levereras främst i csv format där man själv kan bestämma exakt vilka data man vill få ut från t.ex ett specifikt område.

I deltagarnas svar på frågan om hur den "perfekta" nationella databasen skulle kunna fungera dominerade önskan om enkelhet, användarvänlighet och (geografisk) sökbarhet. Funktionell enkelhet krävs för både ner- och uppladdning av data och det föreslås någon slags automatiserad webbtjänst för dataöverföring så att manuell datahantering undviks så mycket som möjligt. Databasen ska även vara flexibel och kunna byggas ut. Dessutom ska det finnas en metod för att snabbt kunna validera data före import och att få återkoppling efter import. Det nämns även att tillgång till metadata är viktig och att data ska kunna följas tillbaka till källan.

En person ser hinder för den "perfekta" databasen i att det skulle kräva standardiserade mätmetoder för hydrogeologi, och förslaget är att grunddata, utvalda tolkade data och

rapporter lagras. Några föreslår dessutom att börja med att bygga upp ett arkiv för äldre data och rapporter och att sedan bygga upp en databas för nyare data.

I sista frågan ombads deltagarna att skriva ner övriga förslag, idéer eller kommentarer angående en möjlig nationell databas för lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data. Deltagarnas svar är samlade i Tabell 7-5 och tas delvis upp i diskussionen i nästa kapitel.

Tabell 7-5 *Har du övriga förslag, idéer eller kommentarer angående en möjlig nationell databas för bergtekniska och hydrogeologiska data?*

<p>När jag gjorde förstudien för en nationell sprickdatabas var det mycket diskussioner om HUR data skulle lagras. Mycket finns ju i rapportform. Det rådde stor enighet om att formatet var av underordnad betydelse. Bara materialet fanns tillgängligt. In med alla rapporter, excel-filer etc på ett och samma ställe så får användarna själva göra bedömning om användbarhet. Likriktning vid leverans är givetvis bra, men en kostnadsfråga.</p>
<p>Det finns inga andra incitament att fundera på än lagkrav egentligen. Det kommer aldrig gå att samordna att samtliga beställare inom samhällsbyggnadsbranschen ska ställa krav på uppladdning. Det är bara orealistiskt.</p> <p>Myndigheterna kan klara av det men det blir fortfarande mycket data som aldrig kommer dyka upp i databasen eftersom det inte bara är myndigheter som bygger.</p> <p>Ett tillägg till resonemanget med kravställning från myndighet och beställare: Vad är konsekvensen av att bryta mot kravet? Är det vite? I så fall hur stort är det? Om vitet är betydligt lägre än värdet av datan kan aktören bestämma sig för att betala vitet och behålla datan för sig själv. Den största anledningen till det är att datan i sig har ett stort ekonomiskt värde och ger en konkurrensfördel till den aktör som har egenrätt till den.</p> <p>Det leder till resonemanget kring ekonomiskt incitament. Egentligen tror jag att det här också är svårt för att det är svårt att sätta värde på data. Därför blir det enda ekonomiska incitament jag ser framför mig att ägaren av den nationella databasen betalar mindre summor regelbundet till ägare av data för att få lägga upp dem i den nationella databasen. Ex. SGU (som förvaltare) betalar Sweco en mindre summa varje månad/år för att de ska ha sin data tillgänglig. Då måste det ske via en WMS eller liknande och läggas på som ett lager i en kartfunktion eller annan visualisering. Eftersom ägaren av datan fortfarande är densamma och om någon vill använda den får de gå till Sweco och be om att få en tolkning eller liknande. Alltså köpa en mindre tjänst. Anledningen till att jag tror att detta skulle fungera bäst är egentligen att vi då även skulle få tillgång till gamla data som redan finns. Om ett lagkrav införs idag så gäller det ju enbart för framtida undersökningar och då kommer värdet av de gamla öka markant och ge ägarna ännu mindre incitament att dela med sig av det.</p>
<p>Som myndighet tror jag på att ni ska stötta och visa på open source format/lösningar för att uppmuntra att data inte ska fastna i att bara personer med licens på dyra program ska kunna använda data. Bjud in till hackatons. Stötta användning av t ex QGIS, PostGIS, R och visa upp exempel på konferenser.</p>
<p>Den största utmaningen är sannolikt hur branschen ska förmås att leverera data. Lagkrav den enda lösningen om det ska bli riktig fart på uppladdningen.</p>
<p>Viktigt att indata samlas på systematiskt och standardiserat sätt.</p>
<p>Jag tycker att det viktiga är att man kommer igång med det lilla enkla till att börja med för att visa att det faktiskt går som ett proof of concept. Inledningsvis hade man kunnat börja med att samla in exempelvis grundvattennivåmätningar samt karterade bergkärnor för att få igång något som man sedan kan bygga vidare på. Att greppa över för mycket inledningsvis tror jag riskerar att göra att projektet aldrig blir färdigt att användas i verkligheten. Sedan finns det bra initiativ som man kan bygga</p>

vidare på för att få en head start. Jag tror att det är viktigt att relativt omgående få igång något som man kan börja implementera i branschen för den tekniska lösningen är "det enkla" i sammanhanget men att få ut det att användas i verkligheten är det svåra!

Detta projekt måste samordnas med "Datavärdskap geoteknisk information", kontaktperson Samad Farahani, SGU.

I första hand behövs en finansieringsmodell och långsiktig strategisk plan för utveckling och förvaltning av en databas. Parallellt med detta behöver ett antal olika branschstandarder för insamling av bergtekniska data tas fram. Även här behövs finansiering och beslut om vem som utvecklar och förvaltar dessa standarder. Dessa viktiga beslut behöver tas innan man gräver för djupt i utformning av databasen.

Försöka att vara så öppen som möjligt. Bygg in flexibilitet för undersökningsmetodik som inte finns ännu.

8. Diskussion – delprojekt 2

Meningen med en databas, oberoende av vilken organisation som är databasvärd, är att kunna bevara data, att kunna spara information om vilka undersökningar som har utförts i ett område av intresse, att kunna visa vilka data som finns i detta område, och att kunna tillhandahålla dessa data. Den här enkäten skickades ut för att branschens synpunkter och förslag skulle bidra till ett välgrundat underlag för uppbyggnaden av en nationell databas för lagring av bergtekniska och hydrogeologiska data, baserad på befintliga databaser.

Efter utvärderingen av enkäten identifierades några synpunkter som behöver iaktas när en sådan databas byggs upp och förvaltas:

Det finns olika åsikter kring frågan om kvalitetssäkring och standardisering av data i samband med dataleverans; några av deltagarna anser att kvalitetssäkring och standardisering är väsentligt viktigt innan leverans av data till en databas så att data blir jämförbara och repeterbara. Andra tycker däremot att det ska vara upp till användaren att bedöma kvaliteten på data och hur data ska användas. Sistnämnda ser snarare standardisering och kvalitetssäkring som ett hinder till dataleverans. Det behöver även skiljas mellan kvalitetssäkring/standardisering av själva den geologiska informationen (som ofta granskas av en annan person innan dataleverans, och som har behandlats i delprojekt 1) och valideringen av geodata som kan ske automatiskt i vissa fall, och där åtminstone metadata som t.ex. koordinater kontrolleras innan dataleveransen.

En databas som kan ta emot alla data och alla dataformat låter förstås som den ”perfekta” databasen, men en sådan databas skulle *enligt projektgruppens åsikt* vara mycket svårt och dyrt att förvalta för databasvärden, och att upprätthålla kvaliteten på den informationen som ska lagras. En enkel lösning skulle vara att tillhandahålla mallar för datainsamling och dataleverans genom databasens användargränssnitt.

De flesta deltagare är överens om att det viktigaste i nuläget är att bygga upp en databas som kan ta emot de data och underlag som redan finns. Detta ska ske i form av ett arkiv eller en portal där det dock är oklart om det önskas någon slags kvalitetssäkring utöver att det geografiska läget av undersökningarna är korrekt. Samtidigt ska en parameterdatabas byggas upp som ska utformas så att den kan ta emot olika datatyper och dataformat (bl.a. baserat på föreliggande rapport). Frågan ställer sig därför om en nationell databas för geodata ska vara anpassad till dessa önskemål eller om den t.ex. genom leveransmallar ska bidra till att data standardiseras.

Konsekvensen av att utveckla ett arkiv eller en portal skulle å ena sidan vara att information inte går förlorade, å andra sidan ökar risken att man ”nöjer” sig med denna lösning och att den önskade parameterdatabasen aldrig byggs.

De flesta deltagarna ser stor nytta i och är mycket positivt inställda till en nationell, statligt förvaltd databas, men de är också eniga om att det enda incitament som kommer att leda till dataleverans är ett lag- eller beställarkrav (oftast kopplat till ekonomisk ersättning). I detta samband uppkom dock frågan om vilka konsekvenserna skulle bli vid icke-leverans

av data och om organisationerna vid låga ”böter” då snarare skulle betala ”böterna” och behålla sina data för att de kan ge fördel vid olika upphandlingar. En lösning som föreslogs var att beställaren skulle kunna hålla tillbaka en del av ersättningen tills data har levererats. Vi antar att detta tas upp i samband med rapporten om datavårdskap i Geodatarådets handlingsplan 2018–2020.

9. Slutsatser – delprojekt 2

9.1 Behov

I ett antal tidigare studier har undersökningar genomförts angående datavårdskap och offentligt tillgängliggörandet av geodata som samlats in bl.a. med hjälp av skattepengar (t.ex. BeFo rapport 142; Rapport Geodatarådets Handlingsplan 2018; Utredningsuppdrag 6-2014 enligt SGUs regleringsbrev 2014). Ändå finns det än idag inget centralt system att lagra bergtekniska och hydrogeologiska data. Uppbyggnaden av ett sådant system i form av en databas behövs. Enligt denna förstudie anses öppna data vara värdefulla speciellt i tidiga projektskedet men även under förvaltningsfasen av bergbyggnadsprojekt.

9.2 Krav på databasfunktionalitet

Föreliggande förstudie visar att det finns vissa krav på funktionaliteten av en sådan databas. De viktigaste kraven är att databasen fungerar på det enklaste sätt för både upp- och nerladdning av data och måste kunna ta emot olika elektroniska format. Dessutom ska databasen vara sökbar på olika sätt. De viktigaste data som måste levereras till en databas anses vara metadata tillsammans med grunddata så att det som levereras blir så transparent och spårbart som möjligt. Även skriftliga rapporter och information om osäkerheter anses som viktiga.

Dock saknas det i nuläget incitament för leverans av data. Det mest sannolika incitament till dataleverans identifierades som lag- eller beställarkrav.

9.3 Utmaningar

Några frågetecken uppstod efter utvärderingen av enkätsvaren. Det handlar om att varken insamling eller hantering av geologiska data är standardiserade och att olika aktörer använder olika sätt att lagra data. Relaterad till dessa frågor är att granskningen av geodata innan leverans sker på olika sätt. Mestadels finns det en organisations-intern granskningsprocess, men dessa processer är inte standardiserade heller. Ett beslut måste därför fattas om vilka processer (insamling, granskning, leverans) ska standardiseras och till vilken grad.

9.4 Lösningar

Det föreslås att ett offentligt tillgängligt dokumentarkiv eller en portal för befintlig bergteknisk och hydrogeologisk information byggs, och att en parameterdatabas byggs i samband med utvecklingen av insamlingsstandarder för bergtekniska och hydrogeologiska parametrar. Båda typer av databaser kan utvecklas baserade på redan existerande och fungerande databaslösningar (t.ex. AGS, GeoBIM, SICADA, Geodataportalen). En sådan lösning föreslås även i Geodatarådets handlingsplan 2018.

För att göra leveransen av data till en nationell databas så enkel som möjligt ska databasvärden tillhandahålla leveransmallar där data ska anpassas till dessa och ska innebära ett automatiskt valideringssystem minst för olika metadata.

Att data samlas in, levereras och laddas ner i olika elektroniska format anses inte som problem eftersom det idag finns olika programvaror som möjliggör transformation av data från ett format till ett annat (t.ex. FME).

Som i Geodatarådets handlingsplan 2018 konstateras det även i den här förstudien att SGU eller en kombination av SGU med andra statliga aktörer (SGI, TrV) anses vara lämpliga som databasvärd.

10. Projektgruppens avslutande kommentarer

Insamling av geodata ingår i varje steg av bergbyggnadsprocessen, från förstudie till byggskede och även under förvaltningsskedet. Att utföra undersökningar kan vara kostsamt och det är därför viktigt att det i varje skede av byggprocessen endast tillhandahålls de grunddata som krävs i aktuellt skede. Det är också viktigt att data samlas in på ett enhetligt och standardiserat sätt där det finns transparens i undersökningsmetodernas genomförande, hur parametrar mätts och bedömts. Denna enhetlighet ökar förståelsen för grunddata och skapar bättre förutsättningar att nyttja data i projektets alla skeden, och för att mer korrekta och konsekventa bergprognoser utförs, vilket i sin tur också kan bidra till positiva ekonomiska konsekvenser för bergbyggnadsprojekt. En enhetlig insamling av grunddata är dessutom en förutsättning för att insamlad data ska kunna lagras och tillhandahållas på ett spårbart och transparent sätt i en framtida nationell parameterdatabas.

För att åstadkomma ett enhetligt och mer standardiserat sätt att samla in data bedömer vi att branschen behöver förbättrade metodbeskrivningar och i vissa fall förbättrad metodik för hur bergundersökningar ska utföras. Att arbeta med mer standardiserade metoder för respektive undersökning, med hänsyn tagen till olika projekttyper och projektskeden, kan inte bara skapa bättre spårbarhet, utan möjliggör också jämförbarhet mellan olika projekt och utförare, till exempel att enskilda företags praxis för arbeten blir mer jämförbara.

I enkätsvaren har vissa uttryckt önskemål om att ha en flexibel metodik som är anpassningsbar efter vad som ska byggas och var. För enskilda projekt bör det finnas en miniminivå för vilka parametrar som ska bestämmas och metoder som ska användas för dess insamling. Även krav rörande detaljeringsnivå och kvarstående osäkerheter kan tänkas vara en bra utgångspunkt för undersökningar i olika projekttyper och skeden. Alla bergprojekt kräver inte samma grunddata varför det i fortsatta studier bör undersökas vilka parametrar och metoder som kan anses vara kravspecifika för olika typer av projekt. Därutöver skulle beställare kunna utforma kompletterande krav som är platsspecifika och projektspecifika.

En metod och dess metodbeskrivning är inte bara viktig för själva utförandet av undersökningarna i bergbyggnadsprocessen, utan vi bedömer även att den ska fungera som ett stöd vid upphandlingar. I branschen finns stora kunskaper om vilka undersökningar som krävs i olika typer av projekt, dessa kunskaper måste också finnas på beställarsidan så att upphandlingar kan preciseras bättre, vilket skapar en bättre förutsägbarhet kring projektets ekonomi.

För att standardiserad praxis ska fungera behöver de metoder och parametrar som ingår i en metodik vara väl definierade och ge träffsäkra och repeterbara resultat. I föreliggande rapporten har bedömningen av olika metoder och parametrar analyserats och resulterat i ett urval av metoder och parametrar som bedömts som viktiga. En andel av dessa viktiga parametrar och metoder har låg träffsäkerhet och för dessa rekommenderar vi förbättrad metod eller metodbeskrivning (se tabeller 7 och 8).

Om samtliga parametrar och metoder som är vitala för bergbyggnadsprocessen kan göras mer träffsäkra, väldefinierade och bestämmas med mindre osäkerhet, har man bra förutsättningar för att skapa en nationellt tillgänglig parameterdatabas av stor samhällsnytta. Vi bedömer att för att kunna lagra geodata i en nationell parameterdatabas krävs också att data är insamlat och levererat på ett standardiserat sätt, för att skapa spårbarhet, kvalitetssäkring och jämförbarheten i det material som ingår. Till en början kan en parameterdatabas byggas upp som enbart tar emot och tillhandahåller de parametrar som ingår i ovan nämnda miniminivålista. Denna databas bör ha ett automatiskt valideringssystem för metadata som måste levereras med alla grunddata och som kan implementeras genom leveransmallar på databasens användargränssnitt. Alla andra underlag från bergbyggnadsprojekt rekommenderas lagras i ett sökbart arkiv eller en dokument-databas och där ansvaret att bedöma datakvaliteten läggs på användaren, så länge det inte finns en fungerande standard gällande insamlingen av bergtekniska och hydrogeologiska data. I ett sådant system är det viktigt att redovisa om levererade parameter har samlats in innan eller efter standardisering av beträffande insamlingsmetod.

Den tydligaste rekommendation vi kan ge för att driva utvecklingen av behovsanpassade standarder och praxis för de viktigaste parametrarna som identifierats i delprojekt 1 av denna förstudie är att branschen skapar styrnings- och samverkansformer i samarbete med offentliga organisationer. För att dataleveransen ska fungera så smidigt som möjligt rekommenderar vi att ett system används som kan ta emot både rådata (parametrar) och olika dokument och modeller. Systemet får förstås gärna vara kopplade till olika typer av tjänster, såsom visningstjänster av olika slag.

11. Vägen framåt – projektgruppens rekommendationer

Projektgruppen kan se flera vägar för att nå mer standardiserade (i vissa fall också förbättrade) metoder för undersökning och skapa förbättringar med avseende på metodbeskrivningar. För att nå en bred implementering krävs dock en centraliserad styrning och förvaltande organisation(-er). En styrande kommitté/arbetsgrupp/organisation bör ha en bred förankring i branschen och hos stora beställare och tillsynsmyndigheter, och bör ha som huvudsakliga uppgifter att på egen hand eller via separata uppdrag tillse att

- Rätt prioriteringar görs
- Föreslagna metoder är acceptabla med tanke på nationella och internationella regelverk
- Adekvat granskning genomförs innan implementering föreslås
- Skapa rutiner för implementering av metodik

I anslutning till detta ser vi en tydlig nytta av att skapa **vägledningar och handböcker** för undersökningsmetodik av olika slag som knyter an och uppdateras till gällande metodik, för att kunna fungera som gällande metodbeskrivningar. Fälthandböcker inom klassisk geoteknik (jord; Fälthandbok Geoteknik, 2014) kan ses som goda förebilder. En systematisk revisionshantering behövs för ajourhållning.

Att skapa en nationell, central databas, eller portal för markundersökningar (jord och berg) är separata projekt från metodiken att samla in data. Sådana system behöver vara behovsstyrda (tydlig samhällsnytta, eller möjligen delvis kommersiell) för att kunna finansieras. Här kan man se flera delar som kan vara rimliga visioner inom en olika lång framtid:

Inom någorlunda snar framtid:

- Arkiv för genomförda projekt – alla typer av dokument och modeller
- GIS-baserad portal för åtkomst och lokalisering av arkivet

Inom en lite längre tidshorisont:

- Lagring av fält- och labdata i standardiserade format

Arbeten med metodbeskrivningar och handböcker å ena sidan och utveckling av portaler för undersökningsdata kan förstås utvecklas parallellt, men det finns klara fördelar om insamling av data är någorlunda standardiserade och dess osäkerheter är tydligt beskrivna innan den stora nyttan av en databas för fält- och labdata finns.

ERKÄNNANDEN

Vi tackar alla som gjorde det möjligt att genomföra denna förstudie genom att ta sig tid att fylla i de ganska omfattande frågeenkäterna. Vi tackar alla som ingick i referensgruppen för deras konstruktiva kommentarer och förbättringsförslag till både enkäterna och rapporten. Vi vill tacka Nelly Aroka (Sveriges geologiska undersökning) för hennes hjälp med att ta fram delar av frågeenkäterna. Vi är tacksamma för Viktoria Clarins (WSP) stora bidrag med att förvandla den enorma datamängden i delprojekt 1 till informativa diagram. Vi vill tacka Helena Kiel (Bergab) för hennes korrekturläsning av ett första rapportutkast och vi tackar Linnéa Muje (Trafikverket) för hennes mycket värdefulla granskningskommentarer på rapportens nästsista version. Stort tack till BeFo:s forskningsråd som ansåg att den här förstudien var viktig och värd att finansieras.

Referenser

- Bland, J., Walthall, S., Toll, D. (2014): The development and governance of the AGS format for geotechnical data. In: Toll, D., et al. (eds.) *Information Technology in Geo-Engineering*, sid. 67–74. IOS Press. DOI: 10.3233/978-1-61499-417-6-67
- BS 8574:2014 Code of practice for the management of geotechnical data for ground engineering projects.
- Chadwick N., Farmer D., Chamfray J., Miles S. (2020): Extension of the AGS Format to Incorporate Ground Model and Interpreted Data. In: Correia A., Tinoco J., Cortez P., Lamas L. (eds) *Information Technology in Geo-Engineering. ICITG 2019. Springer Series in Geomechanics and Geoengineering*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-32029-4_20
- Eurocode 7, ”Geoteknisk projektering, Del 1: Allmänna regler”, SS-EN 1997-1:2005
- Eurocode 7, ”Geoteknisk projektering, Del 2: Regler baserat på markundersökning och labprover”, SS-EN 1997-2:2005
- Malmtorp J. & Lundman P., 2010 Förundersökningar vid undermarksprojekt - Osäkerheter och deras hantering. *Trafikverket Rapport 2010:037*.
- Kjellström I., 2015. ”Utvärdering av skillnader vid karaktärisering och klassificering av bergkvalitet: En jämförelse mellan förundersökning, prognos och byggskede i projekt Citybanan”. *Examensarbete KTH*.
- Lindfors, U., Swindell R., Rosengren L., Holmberg M., Sjöberg J., Edelbro C., Johansson F., Evins P., 2019. ”Projektering av bergkonstruktioner”. *Trafikverket Handbok 2019:062*.
- Petersson, J., Kvartsberg, S., Eriksson, P. 2014. NATIONELL SPRICKDATABAS – SYNUNKTER FRÅN BERGBYGGNADSRANSCHEN. BeFo Rapport 142.
- RAPPORT GEODATARÅDETS HANDLINGSPLAN 2018 4.1, Datavårdskap geoteknisk information.
- Sjöberg J., Lindfors U, Perman F., 2003. Karaktärisering och klassificering av berg – underlag för projekteringshandbok. Swedpower.
- Utredningsuppdrag 6-2014 enligt SGUs regleringsbrev 2014. TA EMOT, KVALITETSSÄKRA, FÖRVALTA OCH TILLGÄNGLIGGÖRA GEOLOGISK INFORMATION SOM HAR TAGITS FRAM AV EXTERNA AKTÖRER. SGU rapport.

Bilaga 1

Lista över parametrar som frågades om i delprojekt 1

Geologiska data
Bergart - Bergmassans struktur - B1-B5, U1-U2, S1-S2 (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)
Bergart - Litologi - genetiskt ursprung
Bergart - Litologi - homogenitet
Bergart - Litologi - typ
Bergart - Mineralogi - % fördelning (okulärt)
Bergart - Mineralogi - % fördelning (point count)
Bergart - Omvandling - typ
Bergart - Omvandlingsgrad - W0-W5 (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)
Duktila strukturer - Foliation - intensitet
Duktila strukturer - Foliation - stryk/stup
Duktila strukturer - Markanta zoner - geometriska variationer
Duktila strukturer - Markanta zoner - stryk/stup
Duktila strukturer - Markanta zoner - typ/karaktär
Geologisk analys - Genetiska samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor
Geologisk analys - Kriterier för val av sprickgrupp
Geologisk analys - Spatiella samband mellan bergarter, svaghetszoner och sprickor
Geologisk analys - Statistisk analys av sprickegenskaper per sprickgrupp
Geologisk analys - Stereografisk redovisning av rådata
Geologisk analys - Stereografisk redovisning av sprickgrupp
Geologisk analys - Viktning av sprickgrupp baserad på m - Borrhål
Geologisk analys - Viktning av sprickgrupp baserad på m2 - Häll och tunnel
Klassificeringssystem - GSI
Klassificeringssystem - Qbas
Klassificeringssystem - Qbas - Ja
Klassificeringssystem - Qbas - Jn
Klassificeringssystem - Qbas - Jr
Klassificeringssystem - RMR - Sprickavstånd

Klassificeringssystem - RMR - Sprickegenskaper
Klassificeringssystem - RMRbas
Klassificeringssystem - RQD
Sektionslängd för karaktärisering - Baserad på bergart/bergkvalité
Sektionslängd för karaktärisering - Standardiserad (oftast 1 m)
Sprickegenskaper - Apertur - spricköppning
Sprickegenskaper - Avslutning - fritt, korsade av andra spricka, osv.
Sprickegenskaper - Kärnförlust
Sprickegenskaper - Omvandling - sprickväggar och omrigande berg
Sprickegenskaper - Sprickavstånd mellan alla sprickor
Sprickegenskaper - Sprickavstånd mellan sprickgrupp
Sprickegenskaper - Sprickfrekvens per m
Sprickegenskaper - Sprickfrekvens per m (linjekartering)
Sprickegenskaper - Sprickfyllning - mest förekommande mineral
Sprickegenskaper - Sprickfyllning - sekundär mineral
Sprickegenskaper - Sprickor per m ³ - Jv - (Palmström)
Sprickegenskaper - Sprickvidd = sprickfyllning + apertur (efter SS-EN ISO 14689-1:2004)
Sprickegenskaper - Uthållighet (efter Brown, 1981)
Sprickor - Orientering - Alfa/Beta
Sprickor - Orientering - BIPS
Sprickor - Orientering - Inmätt totalstation
Sprickor - Orientering - Kompass
Sprickor - Orientering - Fotogrammetry / Laserskanning
Svaghetszoner - Avstånd mellan zoner
Svaghetszoner - Geometri - bredd, längd
Svaghetszoner - Geometrisk variation
Svaghetszoner - Karaktär - krosszon eller sprickzon
Svaghetszoner - Leromvandling (efter H-Bergbyggnad 1, 2001)
Svaghetszoner - Orientering - stryk/stup
Svaghetszoner - Zonegenskaper - typ sprickavstånd, sprickvidd och sprickfyllning

Bergemekaniska data
Intakt berg - Enaxiell tryckhållfasthet från enaxiell eller triaxell tryckförsök
Intakt berg - Enaxiell tryckhållfasthet baserad på fältobservation med kniv/hammar
Intakt berg - Punktlastindex
Intakt berg - Poissons tal (tvärkontraktionstal)
Intakt berg - Elasticitetsmodulen
Intakt berg - mi (Hoek-Brown) från triaxell tryckförsök
Intakt berg - mi (Hoek-Brown) från RocScience tabeller
Intakt berg - mi (Hoek-Brown) baserad på erfarenhet
Sprickor - Sprickråhetskoefficient (JRC20)
Sprickor - Sprickråhetskoefficient (JRC100)
Sprickor - Waviness - används i SWEDGE (Miller, 1988)
Sprickor - JCS - Joint wall compressive strength - från Ja (Barton)
Sprickor - JCS mät med Schmidthammare
Sprickor - JCS baserad på erfarenhet
Sprickor - Friktionsvinkel = $\arctan J_r/J_a$ (Barton)
Sprickor - Friktionsvinkel mät med tilt-test
Sprickor - Friktionsvinkel baserad på erfarenhet
Sprickor - Sprickkohesion från Ja (Barton)
Sprickor - Sprickkohesion mät med Schmidthammare
Sprickor - Sprickkohesion baserad på erfarenhet
Sprickor - Sprickstyvhet - mät med Schmidthammare
Hydro data
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Flödesloggning med Posiva flow log
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Flödesloggning med spinner
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Provpumpning enhål
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Sektionlängd - 1-5 m sektion
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Sektionlängd - 6-25 m sektion
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Sektionlängd - helhål/halvhål
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Stegvis vattenförlustmätning

Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Störningstid - Kort (ca 5 min)
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Störningstid - Längre (> 5 min)
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Utvärderingsmetodik - Stationär
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Utvärderingsmetodik - Transient
Hydrogeologisk testmetod för injekteringsdesign - Vattenförlustmätning (utan steg)
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Flödesloggning med Posiva flow log
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Flödesloggning med spinner
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Provpumpning enhål
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Sektionlängd - 1-5 m sektion
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Sektionlängd - 6-25 m sektion
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Sektionlängd - helhål/halvhål
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Stegvis vattenförlustmätning
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Störningstid - Kort (ca 5 min)
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Störningstid - Längre (> 5 min)
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Utvärderingsmetodik - Stationär
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Utvärderingsmetodik - Transient
Hydrogeologisk testmetod för inläckageberäkningar - Vattenförlustmätning (utan steg)

Elektroniska bilagor

Fyra elektroniska bilagor till rapporten kan laddas ner från BeFo:s webbsida:

Sökväg: http://www.befoonline.org/publikationer/r-204_1906

Filnamn	Innehåll
Delprojekt 1 Google Formulär.pdf	Delprojekt 1 original frågeenkät för som togs fram med hjälp av Google Forms
Delprojekt 2 Google Formulär.pdf	Delprojekt 2 original frågeenkät för som togs fram med hjälp av Google Forms
Delprojekt1_frågor_och_svar (MHTML fil)	Off-line sammanfattning av svaren för delprojekt 1 i Google forms (öppnas i Google Chrome*)
Delprojekt2_frågor_och_svar (MHTML fil)	Off-line sammanfattning av svaren för delprojekt 2 i Google forms (öppnas i Google Chrome*)

*För att öppna MHTML filerna:

1. Ladda ner filen du vill öppna
2. Kopiera länken längst upp och klistra in den i Google Chrome webbläsare.

Nu ska du kunna se enkäten i sin helhet.



Box 55545
SE-102 04 Stockholm

info@befoonline.org • www.befoonline.org
Besöksadress: Sturegatan 11, Stockholm

ISSN 1104-1773