

VERKTYG FÖR HANTERING AV GEOTEKNISKA RISKER

Vägledning till systemförståelse och riskidentifiering

**Lars Olsson
Johan Spross
Staffan Hintze
Håkan Stille
Olle Båtelsson**
2019-02-15

Förord

Geotekniska projekt utmärker sig genom att de innehåller osäkerheter och därmed risker. Detta har bland annat belysts i en tidigare studie; *SBUF-projekt 13009, Hantering av geotekniska risker i byggprojekt - ett praktiskt tillämpningsexempel*.

Det krävs kunskap, erfarenhet och riskmedvetande för att bygga i jord och berg på ett säkert sätt. Vi vill med denna skrift förmedla kunskap om hur man kan hantera geotekniska risker i olika skeden i byggprocessen. Fokus för denna studie har varit att beskriva ett arbetssätt som bygger på att man skaffar sig en tydlig förståelse av det system som styr riskerna. För att underlätta identifieringen av risker har det tagits fram ett riskstruktureringsverktyg att använda i riskhanteringsprocessen.

För att stärka byggsektorns användning av effektiva metoder för hantering av geotekniska risker har Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) tidigare tagit fram en metodbeskrivning: Rapport 1:2014 *Hantering av geotekniska risker i projekt – krav*.

Detta utvecklingsprojekt är ett samarbete mellan byggindustrin och Trafikverket. Arbetet kommer att fortsätta med ytterligare fördjupning inom området och kommer att redovisas i SGF metodblad om användning av grafiska metoder i riskhanteringen samt riktlinjer för åsättande av sannolikheter.

Skriften har sammanställts av Lars Olsson (Geostatistik AB), Johan Spross (GeoSpross AB), Staffan Hintze (NCC), Håkan Stille (Geokonsult Stille) samt Olle Båtelsson (Trafikverket). Referensgrupp för arbetet har varit SGF arbetsgrupp Risk (f.d. Risk-kommittén).

I arbetet med riskbeskrivningar har följande geotekniker också bidragit: Jenny Arvidsson (Trafikverket), Anna Gjers (Trafikverket), Axel Hallin (Oligopål), Mikael Johansson (Iterio), Peter Leiner (Geomind), Anders Liwendahl (Trafikverket), Mats Svensson (Tyréns), Mikael Ånäs (Trafikverket).

Arbetet har finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Trafikverket och de medverkande företagen. Skriften är fritt nedladdningsbar från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (www.sbuf.se).

Stockholm i februari, 2019

Staffan Hintze, Projektledare

Sammanfattning

En sammanfattning av denna rapport skrevs som artikel till Grundläggningdagen 2019. Denna artikel finns som Bilaga 12.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund och syfte	1
1.2	Läsanvisningar	2
2	Riskhantering av geotekniska projekt	5
2.1	Introduktion	5
2.2	Några viktiga termer	6
2.3	Byggprocessens aktörer, skeden och produkter	7
2.4	Stegen i riskhanteringscykeln	9
2.5	Krav på riskhanteringen	12
2.6	Definitioner i terminologin	12
3	Beskriva geotekniskt sammanhang och förstå systemet	17
3.1	Introduktion	17
3.2	Beskrivning av nödvändiga och önskvärda funktioner i projektet	26
3.3	Bakomliggande faktorer i omgivningen och på byggplatsen	27
3.4	Geotekniska faktorer och tolkat sammanhang	30
3.5	Val av åtgärd utifrån tolkat sammanhang	31
4	Riskidentifiering	33
4.1	Riskidentifieringens roll	33
4.2	Riskidentifiering i olika situationer	33
4.3	Undvika felkällor vid riskidentifieringen	34
4.4	Olika typer av konsekvenskategorier	34
4.5	Riskstruktureringsverktyg: systemförståelse och riskidentifiering	34
5	Risکاناليس	37
5.1	Risکاناليسens roll och krav på redovisning	37
5.2	Beskriva risken entydigt	37
5.3	Händelsekedjor fram till konsekvenser	37
5.4	Skattning av sannolikheter	38
5.5	Bedömning av konsekvenser	40
5.6	Redovisning av risker	41
6	Grundläggningen av Hästsportens hus: riskhantering i anbudsskedet	47

6.1	Bakgrundsbeskrivning.....	47
6.2	Förfrågningsunderlag	48
6.3	Introduktion till exemplets riskhantering.....	49
6.4	Organisering av riskhanteringen i anbudsskedet.....	50
6.5	Systemförståelse av entreprenaden	51
6.6	Systemförståelse av omgivning–åtgärd–organisation	56
6.7	Riskidentifiering.....	66
6.8	Riskanalys	68
6.9	Riskutvärdering och riskbehandling.....	73
7	Riskhantering av förfrågningsunderlag för konsultupphandling.....	75
7.1	Introduktion	75
7.2	Bakgrundsbeskrivning till projektet	76
7.3	Exemplets omfattning.....	76
7.4	Tillgängligt bakgrundsmaterial.....	76
7.5	Organisering av riskhanteringen i konsultupphandlingen	77
7.6	Systemförståelse av konsultupphandlingen.....	77
7.7	Systemförståelse av ”omgivning”–åtgärd–organisation	78
7.8	Alternativ för konsultupphandlingen.....	81
7.9	Riskidentifiering.....	83
7.10	Riskanalys.....	83
7.11	Riskutvärdering och riskbehandling.....	85
8	Avslutande kommentarer	87
9	Referenser	91
10	Bilaga: Riskstruktureringsverktyg för georisker	93
11	Bilaga: Riskbegreppet	94
11.1	Risk definierad enligt ISO 31000 (2009).....	94
11.2	Risk som förväntad konsekvens	96
11.3	Risk redovisad med osäkerhet och konsekvens separerade.....	97
12	Bilaga: Kortversion av rapporten (GD 2019)	98

1 Inledning

Inom svensk byggindustrin orsakar utfall av negativa geotekniska risker höga kostnader varje år. Statens geotekniska institut (2013) har uppskattat summan till storleksordningen 9 miljarder kronor per år – kostnader som i många fall kunde ha minskats eller helt undvikits, ifall strukturerade metoder för riskhantering hade använts. Vi ser i dag att det finns tillgängliga verktyg för att minska utfallet av negativa risker i geotekniska byggprojekt, men att sådana verktyg sällan används fullt ut.

Svenska geotekniska föreningens (SGF) Riskkommitté har under många år arbetat för att främja och stärka användandet av effektiva metoder för riskhantering i geotekniska projekt. Exempelvis har man tagit fram en metodbeskrivning för en strukturerad riskhantering, som krävs för en lyckad riskhantering (SGF rapport 1:2014, som uppdaterades i en ny utgåva och samtidigt översattes till engelska 2017). För att underlätta tillämpning av metodbeskrivningen har även ett omfattande praktiskt tillämpningsexempel tagits fram i ett tidigare projekt som finansierades av SBUF. Exemplet presenterades tillsammans med grunderna i riskhantering i en slutrapport (Spross m.fl. 2015a) med en engelsk kortversion i form av en konferensartikel (Spross m.fl. 2015b). Till läsaren som saknar grunderna i riskhantering rekommenderar vi därför att man börjar med den rapporten, då föreliggande rapport delvis kan ses som en påbyggnad på detta tidigare arbete.

1.1 Bakgrund och syfte

Vi ser dock ett kvarvarande behov av handfasta råd, som ska stödja användaren av SGF:s metodbeskrivning i upprättandet av det strukturerade arbetssättet. Vi har därför i detta projekt, som finansierats av SBUF och Trafikverket, tagit fram vägledningar för tre delmoment i riskhanteringscykeln:

1. hur man som geotekniker kan skaffa sig nödvändig förståelse av det geotekniska sammanhanget för att kunna identifiera relevanta risker,

2. hur man kan arbeta strukturerat med riskidentifiering i en så kallad Risk Breakdown Structure (RBS),
3. hur man använder olika verktyg för att analysera de identifierade riskerna.

Syftet med vägledningarna är att stödja den som är ovan att arbeta enligt SGF:s metodbeskrivning för riskhantering, samt att förbättra möjligheterna att kvalitets-säkra den utförda riskhanteringen i geotekniska projekt. Vi menar att med en strukturerad riskhantering förbättrar man transparensen i den egna beslutsprocessen, vilket ger både tydligare beslutsunderlag och bättre spårbarhet av fattade beslut i projektet. Med ett tydligare beslutsunderlag, menar vi, kommer befintliga risker att bättre beaktas i det aktuella projektet, vilket potentiellt ger lägre kostnader i projektet, eftersom färre negativa utfall av risker kommer att ske.

1.2 Läsanvisningar

Denna rapport innehåller fyra huvuddelar:

- Del I ger en kortfattad överblick över grunderna i praktisk riskhantering med fokus på att definiera de termer som används i övriga delar. För nybörjaren i geoteknisk riskhantering hänvisar vi dock till SGF:s metodbeskrivning (SGF, 2017) och tillhörande tillämpningsexempel (Spross m.fl., 2015a), vilka beskriver de övergripande principerna mer utförligt.
- Del II ger detaljerade vägledningar för hur man kan lägga upp det strukturerade arbetssättet som krävs för en framgångsrik riskhantering. Vägledning ges för skapandet av förståelsen av det geotekniska sammanhanget (Kapitel 3), riskidentifieringen (Kapitel 4), samt riskanalysen (Kapitel 5).
- Del III exemplifierar hur vägledningen kan användas i två praktiska exempel: en Entreprenörs anbud i en totalentreprenad (Kapitel 6) och en Beställares upphandling av en konsult som ska ta fram ett förfrågningsunderlag (Kapitel 7).
- Del IV innehåller referenser, bakgrundsmaterial för den som vill fördjupa sig i riskbegreppet, samt det framtagna riskstruktureringsverktyget (RBS:en). Sist finns en kortversion av rapporten i form av en artikel som presenterades på Grundläggningdagen 2019.

Del I

Grunderna till praktisk
riskhantering

2 Riskhantering av geotekniska projekt

2.1 Introduktion

Detta kapitel ger översiktligt grundprinciperna för hur riskhantering kan utföras i vanliga geotekniska projekt. För en mer detaljerad genomgång hänvisar vi dock till SGF:s metodbeskrivning (SGF, 2017) och det tillhörande tillämpningsexemplet (Spross, 2015a).

Essensen i fungerande och framgångsrik riskhantering i byggprojekt är att riskhanteringen ska utföras som en integrerad del av det vardagliga ingenjörsarbetet. Det betyder alltså att i stort sett alla geotekniker behöver förstå och kunna tillämpa åtminstone de mest elementära principerna för riskhantering. Det beror på att i stort sett alla beslut som fattas av ingenjörer på olika nivåer i ett projekt, i slutändan kan kopplas till potentiella konsekvenser. Sådana konsekvenser kan vara negativa och orsaka skador – ekonomiska sådana, eller i värsta fall även skador på person. Därför är det centralt att den som fattar beslut också förstår hur beslutet påverkar den projektets riskexponering och beaktar denna i sitt beslutsfattande. Vi anser att geoteknikern genom att medvetet och strukturerat arbeta med riskhantering i sitt vardagliga arbete också förbättrar den totala kvaliteten i det utförda ingenjörsarbetet, eftersom riskhanteringsarbetet bidrar med ytterligare infallsvinklar och insikter.

För att riskhanteringen ska vara effektiv och för att den ska accepteras som en naturlig del av det vanliga arbetet måste den anpassas till de olika skedena, de använda kontraktsformerna och aktörerna i byggprocessen. De övergripande principerna är dock desamma.

I det följande definieras de viktigaste termerna och övergripande principerna som används i de framtagna vägledningarna i de senare kapitlen.

2.2 Några viktiga termer

Eftersom den terminologi som används när man i dagligt tal talar om risker och riskhantering ibland är oklar gör vi här förtydliganden för att underlätta det fortsatta läsandet.

2.2.1 Risk

I den internationella standarden för riskhantering ISO 31000 (2009) definieras risk på följande sätt, med nedanstående anmärkningar:

Risk:
osäkerhetens effekt på mål

ANM. 1 En effekt är en avvikelse från det förväntade – positiv och/ eller negativ.

ANM. 2 Mål kan ha olika aspekter (såsom ekonomi, hälsa och säkerhet eller miljömål) och kan gälla på olika nivåer (såsom strategisk-, organisatorisk-, projekt-, produkt- eller processnivå).

ANM. 3 Risker karaktäriseras ofta genom hänvisning till potentiella händelser och konsekvenser, eller genom en kombination av dessa.

ANM. 4 Risker uttrycks ofta i termer av en kombination av en händelses konsekvenser (inklusive ändrade omständigheter) och därtill relaterad sannolikhet för förekomst.

ANM. 5 Osäkerhet är det tillstånd, även partiellt, av bristande information som relaterar till förståelse för eller kunskap om en händelse, dess konsekvenser eller sannolikhet.

En fördjupad diskussion om riskbegreppet och hur det kan tolkas finns i Kapitel 11. Vi rekommenderar och kommer att använda den definition av risk som ges i ISO 31000 (2009). Vi noterar att en ny utgåva av ISO 31000 kom ut under 2018, med delvis uppdaterad terminologi. Vi har dock i denna rapport valt att ha samma terminologi som i SGF:s metodbeskrivning.

2.2.2 Riskhantering

Begreppet ”riskhantering” definieras i ISO (2009) som ”samordnade aktiviteter för att styra och leda en organisation med avseende på risk”. I förordet gör man en åtskillnad mellan ”riskhantering” och ”hantering av risker”: I denna internationella standard används både uttrycket ”riskhantering” och ”hantering av risker”. I generella ordalag avser ”riskhantering” arkitekturen (principer, ramverk och processer) för att hantera risker effektivt, medan ”hantering av risker” avser tillämpning av den arkitekturen på särskilda risker. I rapporten kommer vi att använda oss av dessa definitioner.

2.3 Byggprocessens aktörer, skeden och produkter

Byggprocessen består av flera skeden. I denna rapport har vi valt att redovisa dem som idéfas, preliminär design, anbud, upphandling, detaljerad design, utförandeskede och driftskede. Beroende på exempelvis entreprenadform kan detta dock se lite olika ut i olika projekt. Gemensamt är att varje skede har sina olika aktörer som eftersträvar att skapa ett visst resultat innan nästa skede tar vid. Vi kallar detta resultat för skedets ”produkt”. Produkten ska uppfylla vissa kvalitetskrav: den ska uppfylla eller överträffa intresseägarens uttalade och outtalade, berättigade krav och önskemål. Exempel ges i Tabell 1.

2.3.1 Riskägaren: Vems är den geotekniska risken i varje skede?

Riskhanteringen ska vara en integrerad del av ingenjörsarbetet, vilket betyder att den som har ansvar för att uppnå kvalitetskraven på en viss produkt också skall äga och ansvara för hanteringen av de risker som är kopplade till produktens kvalitet. I riskhantering talar man om *riskägare*. Enligt ISO (2009) är riskägaren den ”person eller enhet som ansvarar för och har befogenhet att hantera en risk.” Detta gäller för varje skede i byggprocessen och också för olika delar i varje skede, när det är

Tabell 1 Exempel på aktörer, produkter och kvalitetskrav i olika skeden

Skede	Aktörer	Produkt	Produktkrav
Idéfas	Potentiell investerare, blivande byggherre och anlita konsult	Rapport som underlag till beslut om byggnation	Objektivt beslutsunderlag med projektets för- och nackdelar
Preliminär design*(Byggherren)	Byggherren och anlita konsult	Förfrågningsunderlag	Tekniskt korrekt, relevant, kalkylerbart
Anbud	Anbudsgivare (entreprenadföretag)	Anbud	Konkurrenskraftigt, vinstgivande
Upphandling	Byggherren och Entreprenören	Entreprenadavtal	Rättvist, förutsägbart
Detaljerad design*	Entreprenören (projektledare och konstruktörer)	Arbetshandlingar, ritningar, beskrivningar	Konstruktioner enligt god praxis.
Utförandeskede	Entreprenören och underentreprenörer	Utförd entreprenad	Konstruktionen uppfyller avtalets villkor. Kostnadsramen hålls.
Driftskede	Ägaren	Underhåll av byggd konstruktion	Tillförlitlighet hos konstruktionen genom implementerat underhållssystem

* Entreprenadformen avgör i vilket skede den detaljerade designen görs för permanenta konstruktioner.

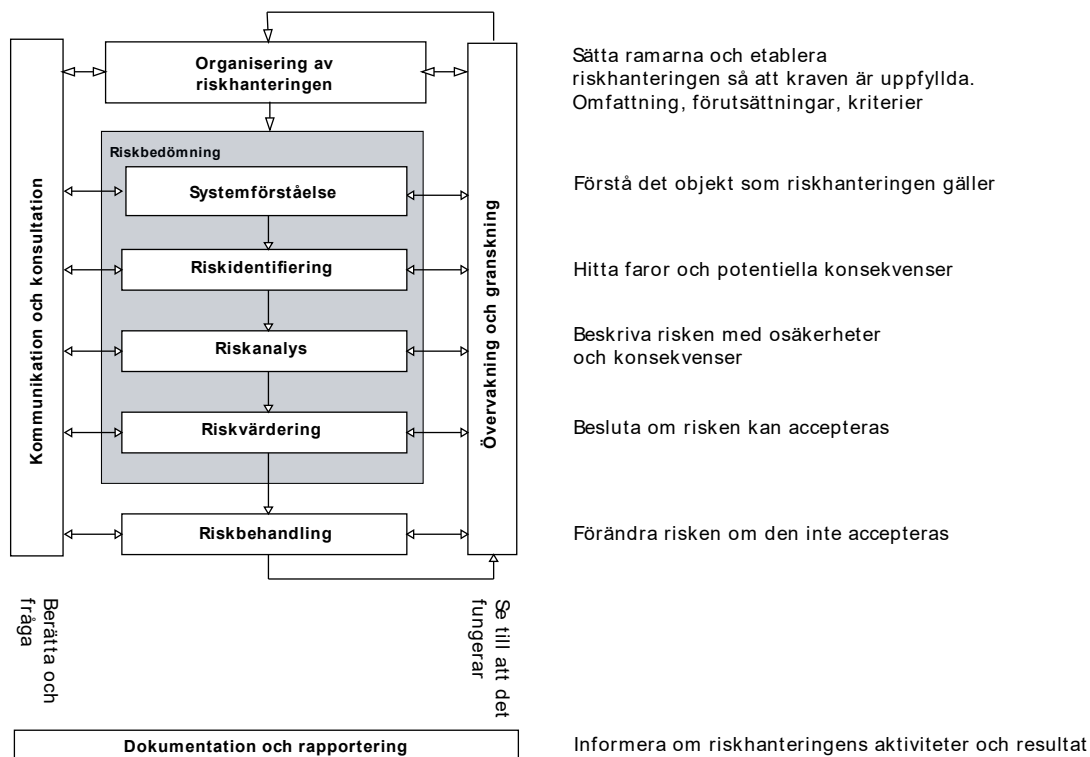
Källa: Spross et al. (2015).

aktuellt. Det kan alltså vara olika riskägare för olika delprojekt i bygget. Notera att beslut kring risker inte bara fattas på hög nivå i företag och organisationer, utan många – kanske rent av de flesta – risker hanteras av den vanliga ingenjören i den- nas vardagliga arbete.

Det förekommer i en del fall, särskilt vid stora projekt, att kan det finns utsedda riskägare som har en mer övergripande roll vid riskhanteringen och som äger riskerna. I sådana fall kan en person som arbetar med riskhantering ha ett åtgärdsalternativ som innebär att man lyfter upp en identifierad risk till riskägarens nivå för beslut. Detta kallas att eskalera en risk.

2.3.2 Riskhanteringsens steg i skedena i byggprocessen

Risker finns i alla projektskedena, så det är centralt att en strukturerad riskhantering sker redan från början i projektet. En sådan riskhanteringsprocess kan delas in i de steg som visas i Figur 1. Som framgår av figuren ska riskhanteringen ske cykliskt och kontinuerligt genom hela projektet. Allteftersom nya frågeställningar dyker upp följer även nya risker, som alla behöver hanteras på ett strukturerat sätt för att inget ska falla mellan stolarna. De olika stegen i processen diskuteras nedan i sektion 2.4.



Figur 1 Stegen i en strukturerad riskhantering (Efter ISO 31000:2009; ISO 31000:2018 och ISO 13824:2009)

2.4 Stegen i riskhanteringscykeln

Stegen i riskhanteringscykeln (Figur 1) beskrivs kortfattat nedan. Utförligare kommentarer ges i SGF rapport 1:2014.

2.4.1 Organiseringen av riskhanteringen

När riskägaren organiserar riskhanteringen ska denna person anpassa riskhanteringen, så att den fungerar i det aktuella projektet eller projektskedet. Först är det viktigt att fastställa målet och ramarna för riskhanteringen. Det görs genom att man

- (1) bestämmer omfattning för och avgränsar arbetet med riskhanteringen,
- (2) tydliggör vem som är riskägare och därmed kan ta beslut om risker,
- (3) ger nödvändiga resurser till dem som hanterar riskerna,
- (4) fastställer kommunikationsvägar för dokumentation så att resultatet av riskhanteringen når rätt personer, samt
- (5) fastställer riktlinjer för hur stora risker som man i projektet är beredd att acceptera utan åtgärd. (I många fall finns lagkrav att leva upp till, exempelvis avseende konstruktioners säkerhet och arbetsmiljö, men organisationers riktlinjer kan naturligtvis vara striktare än vad lagen kräver).

Hur *omfattande* riskhanteringen behöver vara indikeras av vilken riskhanteringsklass som riskägaren sätter på projektet eller projektskedet vid etableringen av riskhanteringen. Klasserna relaterar till hur troligt riskägaren bedömer att det är att önskvärd kvalitet i slutprodukten för projektet eller projektskedet inte uppnås. Om projektet bedöms innehålla stora tekniska utmaningar kan det alltså finnas skäl att åsätta en hög Riskhanteringsklass. Användning av dessa klasser diskuteras inte ytterligare i denna rapport, utan läsaren hänvisas till SGF rapport 1:2014, bilaga E.

2.4.2 Riskidentifiering

Riskidentifiering handlar nämligen till trots främst om att hitta hot mot projektet. Man bör skilja på själva hoten och deras konsekvenser. Riskidentifieringen ska ses som en ingenjörsuppgift där man skall identifiera hot och ange möjliga konsekvenser av hoten och även de händelsekedjor som leder fram till konsekvenser. För att få en så bred bild av problemen som möjligt och för att inte ignorera några problem ska man tillse att den eller de som sköter riskidentifieringen har den kompetens som krävs för att kunna klara detta. Om denna kompetens inte finns i något visst avseende, ska man ta hjälp av andra, antingen internt i den egna organisationen eller genom att exempelvis anlita en konsult som särskilt utreder någon frågeställning. Det finns flera olika metoder för att identifiera risker se till exempel SGF

rapport 2:2014. Alla metoder har naturligtvis olika för- och nackdelar, därför ges ytterligare vägledning i Del II.

2.4.3 Riskanalys

Riskanalysen är ett av stegen i riskhanteringsprocessen även om uttrycket ibland används som om man avser hela riskhanteringen. I denna fas skaffar man sig en tydlig bild av risken så att den kan beskrivas med

- Scenario (händelsekedja)
- Konsekvenser
- Trolighet

Efter riskanalysen förstår man risken och kan också beskriva den för andra.

2.4.4 Riskutvärdering

I denna fas tar riskägaren ställning till om risken kan accepteras eller om man bör göra något åt den. Beslutet är riskägarens och riskägaren avgör om några hjälpmedel behövs. Det vanligaste är riskmatriser, där man kan se riskens komponenter, trolighet och konsekvens, men ibland kan man direkt fatta beslutet (till exempel vid mycket små risker). I andra, komplicerade fall, kan beslutsteoretiska metoder vara lämpliga (Olsson & Stille, 1980). Väsentligt är att man tar hänsyn till alla olika kategorier av konsekvenser.

Om frågeställningen är svår eller avgörande för projektet, kan riskägaren besluta om att eskalera en risk för beslut på högre nivå i organisationen.

2.4.5 Riskbehandling

Riskbehandling kallas också för riskhanteringsåtgärd i senaste versionen av ISO 31000 (2018). Vi har valt att behålla den äldre termen riskbehandling, så att vi konsekvent använder samma terminologi som i våra tidigare rapporter. Risker kan behandlas genom att minska sannolikheten för att händelsen inträffar eller genom att minska konsekvensen av att händelsen inträffar. I vissa fall kan man också överföra risken till någon annan, exempelvis ett försäkringsbolag.

Det förekommer, särskilt i projekt med en organisation för riskhantering att man har möjligheten att eskalera en risk, det vill säga att man lyfter upp den till en högre nivå i organisationen för beslut om åtgärd.

Det förekommer också att man riskbehandlar genom att i kontraktet överföra risker mellan parterna. Detta skall endast användas om man når syftet att riskägaren skall vara den som kan göra något åt risken.

I många fall kan riskbehandling innebära att man arbetar om det aktuella förslaget, exempelvis en konstruktionslösning eller proceduren för ett arbetsmoment. Det är då mycket viktigt att komma ihåg att även det nya förslaget måste genomgå en riskhantering, eftersom förändringarna kan ha inneburit att nya risker har tillkommit. Notera att även delar av risken kan finnas kvar efter utförd riskbehandling, om än i mindre omfattning tack vare de åtgärder som genomförts.

Riskbehandlingen bör ingå i ett för arbetsprocessen lämpligt dokument. Separata dokument som enbart handlar om risker bör undvikas, eftersom dessa då lätt hamnar utanför det vardagliga arbetet.

2.4.6 Kommunikation och konsultation

I alla projekt med många inblandade måste risker kommuniceras kontinuerligt både internt och externt, så att resultaten av utförd riskhantering når de personer som berörs av riskerna. Intern kommunikation avser både att man tar upp risker på alla relevanta möten och att risker tas upp i de handlingar som skickas mellan olika projektskeden. Extern kommunikation avser exempelvis kommunikationskanaler för kontakt med allmänheten.

Att beskriva risker på ett sätt som är lätt att ta till sig för andra kan ofta vara svårt. I mer komplicerade fall kan olika visuella hjälpmedel vara till god hjälp.

2.4.7 Övervakning och granskning

I detta steg skall man övervaka och granska dels den riskbehandling som man beslutat om så att den verkligen utförs, men man bör också granska själva riskhanteringen. Den skall givetvis vara anpassad, men man bör då och då fundera över om den uppfyller de krav (enligt SGF 1:2014) som bör ställas på den.

2.4.8 Dokumentation och rapportering

Dokumentering och rapportering görs på ett lämpligt sätt så att man informerar om riskhanteringen och dess resultat inom organisationen bl.a. för att förbättra riskhanteringsaktiviteter och främja samverkan med intressenter.

2.5 Krav på riskhanteringen

Det är avgörande för ett framgångsrikt projekt att också själva riskhanteringen sköts med tillräckligt hög kvalitet. I SGF:s rapport 1:2014 formuleras och diskuteras vilka krav som bör ställas på själva riskhanteringen. Dessa krav är dels av övergripande natur (baskrav), dels relaterade till riskhanteringsens steg (Figur 1).

2.5.1 De fyra baskraven

Dessa fyra övergripande krav syftar dels till att definiera och tydliggöra riskhanteringen inom organisationen så att inget faller mellan stolarna, dels till att skapa och upprätthålla en kultur där man är medveten om hur risker påverkar projektet. De fyra baskraven är:

1. riskhanteringsens objekt och syfte skall ha angivits,
2. den som bestämmer skall ha en risksyn,
3. varje ingenjör som har ett ansvar skall ha nödvändiga kunskaper om riskhantering, och
4. det skall finnas system för kommunikation och informationsöverföring.

2.5.2 Kraven i varje steg

I Tabell 2 sammanfattas kraven som ställs på varje steg i riskhanteringscykeln. Den läsare som önskar en diskussion kring kraven hänvisas till SGF:s rapport 1:2014.

2.6 Definitioner i terminologin

I denna rapport har vi valt att definiera nedanstående termer på följande sätt.

Aktör

En aktör är någon som har betydelse för riskhanteringen. Det är viktigt att komma ihåg att det gäller roller (funktioner) och inte personer: en viss person kan ju byta roll under resans gång. Exempelvis kan Byggherrens designkonsult gå över till att bli rådgivare vid upphandlingen. Man skall inte heller glömma att det särskilt i utförandeskedet kan vara flera aktörer hos en "huvudaktör". Exempelvis kan någon ansvara för schakten och någon annan för grundläggningen.

Tabell 2 Krav vid riskhanteringen

Steg	Krav
Organisering	<p>Tydliggör vem som är riskägare.</p> <p>Anpassa etableringen till projektet eller projektdelen och till projektskedet.</p> <p>Gör på ett tidigt skede en första bedömning av osäkerheternas effekt på målet.</p> <p>Ansätt lämplig riskhanteringsklass.</p>
Riskidentifiering	<p>Se riskidentifieringen som en ingenjörsuppgift!</p> <p>Få med alla som kan bidra.</p> <p>Utgå från det mål i projektet som kan vara hotat.</p> <p>Skaffa information.</p> <p>Titta på helheten och sammanhangen.</p> <p>Skapa systemförståelse</p>
Risکاناليس	<p>Risکاناليسens resultat skall redovisas i ett dokument, som är lättillgängligt för de berörda.</p> <p>Skapa och utveckla möjliga händelsekedjor.</p> <p>Bedöm alla olika kategorier av konsekvenser.</p> <p>Använd om möjligt beskrivningar av troligheten som är kopplade till sannolikheter.</p> <p>Se till att risکاناليسen innehåller underlag för beslut.</p>
Risकुतवर्दरिंग	<p>Risकुगären ansvarar för utvärderingen, d.v.s. för beslutet om riskbehandling i någon form behövs eller ej.</p> <p>Risकुतवर्दरिंगen skall beakta konsekvens och trolighet tillsammans, men redovisas separerade.</p>
Risकुbehandling	<p>Se till att en ansvarig är utsedd.</p> <p>Gör en riskbedömning av riskbehandlingen. Den kan medföra nya risker.</p> <p>Beskriv riskbehandlingen i ett för arbetsprocessen lämpligt dokument.</p>
Risकुkommunikation	<p>Starta risकुkommunikationen i tid.</p> <p>Informera alla berörda.</p>
Uppföljning	<p>Gör en uppföljning av:</p> <ul style="list-style-type: none"> – riskbehandlingen – riskhanteringsprocessen <p>Skapa underlag för erfarenhetsåterföring.</p>

Åtgärd

En åtgärd är det som ska åstadkommas inom ramen för det som ska riskhanteras. Exempelvis en byggnad, grundläggning, förfrågningsunderlag eller vägplan. Observera att detta inte ska förväxlas med begreppet riskhanteringsåtgärd i ISO 31000 (2018), vilket vi i denna rapport istället benämner riskbehandling i enlighet med ISO 31000 (2009).

Produkt

Produkt är ett visst producerat resultat. Ägare till produkten ställer kvalitetskrav på detta resultat. Exempel på produkter är förfrågningsunderlag, anbud eller en färdig konstruktion.

Projektrisker

Man bör skilja på risker i projekt och projektrisker, där det senare avser risker som kan hota genomförbarheten av hela projektet (se SGF rapport 1:2014, bilaga C).

Riskhanteringsklass

Riskhanteringsklassen sätts av riskägaren under etableringen av riskhanteringen. Klassen indikerar hur omfattande riskhanteringen behöver vara genom att relatera till hur troligt riskägaren bedömer att det är att önskvärd kvalitet i slutprodukten för projektet eller projektskedet inte uppnås (se även SGF rapport 1:2014, bilaga E).

Riskägare

Den/de som ansvarar för projektet eller delar av projektet skall också ansvara för hantering av riskerna som är kopplade till ansvarsområdet. De är riskägare och kan och skall besluta om åtgärder för riskbehandling, d.v.s. om en risk ska accepteras eller inte.

Skede i byggprocessen

En byggprocess kan delas in i ett antal olika skeden. Dessa ser lite olika ut beroende på entreprenadform.

Steg i riskhanteringen

Med riskhanteringsens steg avses de olika delarna av en riskhanteringscykel

Del II

Vägledning

3 Beskriva geotekniskt sammanhang och förstå systemet

3.1 Introduktion

Geoteknisk risk är geotekniska osäkerheters effekt på målet med den tänkta eller pågående aktiviteten eller verksamheten. Osäkerheterna måste alltså ses i relation till målet (d.v.s. en högkvalitativ geokonstruktion med god funktion som levereras till Beställaren). I riskbedömningen måste därför de inblandade geoteknikerna skaffa sig en förståelse både av målet och av de sammanhang som påverkar målet. Målet, och det geotekniska sammanhang som målet finns i, kallas ibland något vagt för *geoteknisk kontext*.

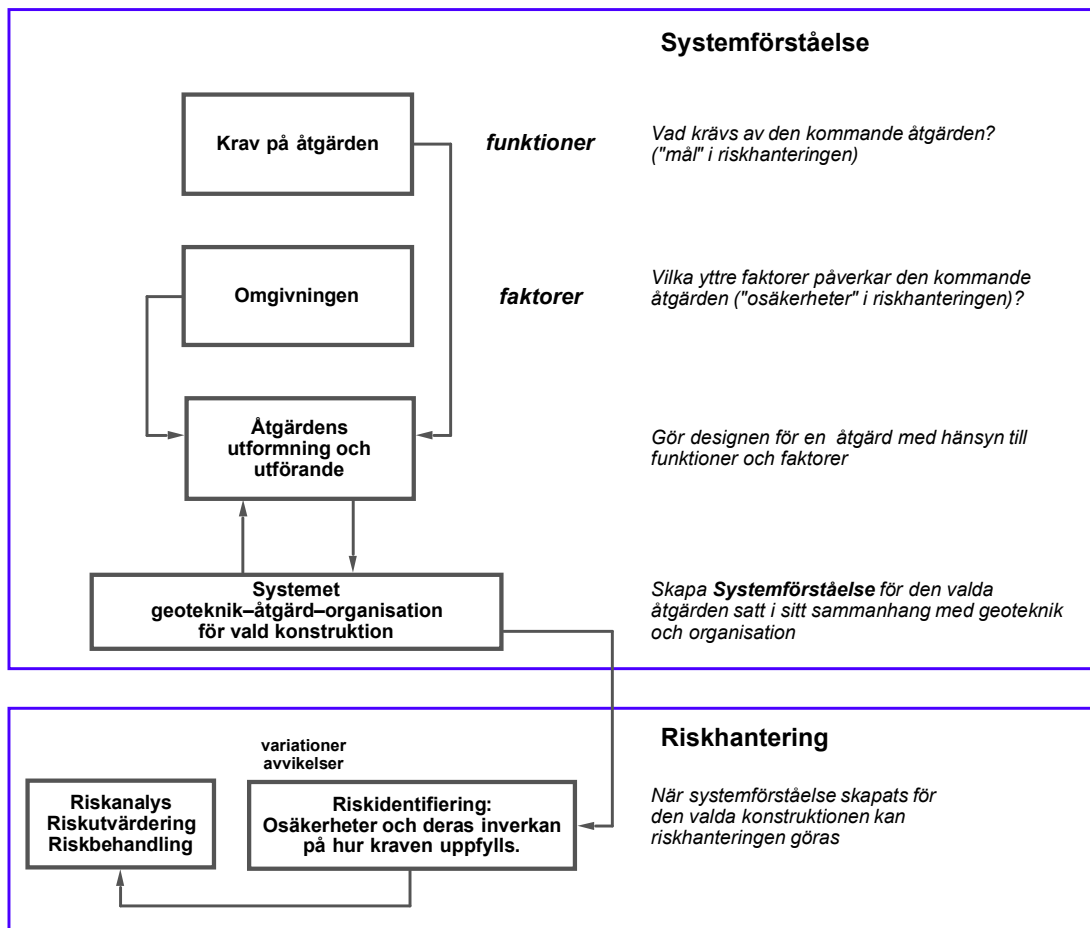
För att beskriva sammanhang (kontext), det vill säga hur saker och ting hänger ihop, kan man använda sig av systembeskrivningar. Sådana system beskriver på vilket sätt olika krav, faktorer och aspekter beror av och påverkar varandra. För att vara framgångsrik i sin riskhantering i ett geotekniskt byggprojekt behöver man därför kunna beskriva målet och det geotekniska sammanhanget som ett tekniskt system, eftersom geotekniska förutsättningar i marken, ändringar i konstruktionen eller händelser under byggtiden avseende någon aspekt på konstruktionen kan komma att påverka andra delar. Denna förståelse utgör grunden för den efterföljande riskidentifieringen, riskanalysen och riskutvärderingen. Utan förståelse av det tekniska systemet som den tänkta konstruktionen utgör, kommer riskhanteringen att bli ostrukturerad, vilket kan leda till försämrad kvalitet både i arbetet och i slutprodukten som levereras till Beställaren.

I detta kapitel visar vi hur vanliga mål i geotekniska byggprojekt kan beskrivas i form av nödvändiga eller önskvärda *funktioner*, samt hur möjligheten att åstadkomma dessa funktioner kan kopplas till bakomliggande *faktorer*. Kopplingen mellan funktioner och faktorer beskrivs i form av *system* i olika nivåer som länkas i en gemensam hierarki. Poängen med detta är att man för att få en komplett bild av ett helt byggprojekt måste dela upp projektet i mindre delar, där alla delar tillsammans bildar en helhet.

I Figur 2 visas hur man utgående från de funktioner som önskas ("mål" som skall uppfyllas) och de olika faktorer som finns, kan välja en lämplig utformning och metod för utförande.

I det följande väljer vi att använda ordet *åtgärd* för det som skall åstadkommas. Ofta är det en teknisk konstruktion, men det kan också vara något annat, t.ex. att utforma ett förfrågningsunderlag för en upphandling.

För den därefter följande riskhanteringen med dess olika steg behöver man skapa sig en systemförståelse, som täcker in systemet geoteknik-åtgärd-organisation för den valda utformningen och utförandet. Först när man har skaffat sig den förståelsen, kan man bedöma hur olika osäkerheter inverkar på systemets förmåga att uppfylla funktionskraven och vid behov införa en riskbehandling för att minska risken.



Figur 2 Systemförståelsen som bas för riskhanteringen. Systemet geoteknik-åtgärd-organisation

En sådan organisering av problembilden i system syftar till att klargöra vilka krav som ställs på projektet. Det innebär att man identifierar ingående funktioner och bedömer vilka som är kritiska för ett framgångsrikt projekt. Den framtagna helhetsbilden ska dock inte ses som en arbetsordning eller liknande, så man behöver inte bry sig om att presentera funktionerna i någon kronologisk ordning. Det viktiga är i stället att funktionernas inbördes relation är korrekt, det vill säga om de är att se som serie- eller parallellsystem. Skillnaden mellan dessa typer och hur de kan redovisas på ett tydligt sätt redogör vi för i det följande.

3.1.1 Vad är ett system

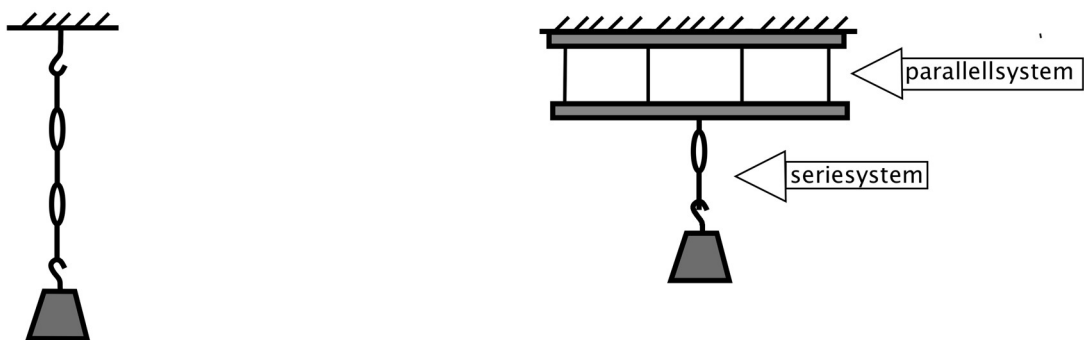
Ett system kan definieras som ”En sammansättning av samverkande element organiserade i syfte att uppnå ett eller flera uttalade syften”. Man måste observera att elementen inte behöver vara fysiska utan kan vara organisatoriska, procedurer, lagar osv. De två grundtyperna av system är seriesystem och parallellsystem, vilka exemplifieras nedan. Många verkliga system är dock kombinationer av serie- och parallellsystem.

3.1.2 Seriesystem

Seriesystem är av typen ”svagaste länken”: så snart någon länk inte håller så slutar systemet att fungera, se Figur 3.

Exempel: järnvägssträcka

Så snart någon komponent i systemet järnvägssträcka inte fungerar, så går det inga tåg. Exempel på komponenter är då t.ex. spår, elförsörjning, signalsystem, personal, etc.



Figur 3 Till vänster: Seriesystem. Till höger: ett blandat system med både serie- och parallellsystem.

Exempel: släntstabilitet

Så snart någon komponent i systemet släntstabilitet inte fungerar så blir det ett skred. Komponenterna består av alla tänkbara glidytor stabilitet; när någon glidyta inte längre bär sin last utlöses skredet. (Notera dock att just den svagaste glidytan i sig är ett parallellsystem.)

3.1.3 Parallellsystem

Parallellsystem är så uppbyggda att om någon komponent brister (inte uppfyller sin funktion) så kan någon annan ta över tills alla komponenter slutat fungera.

Exempel: Pålar i pålgrupp

Om en påle, som utgör en komponent, överbelastas förs lasten över till övriga pålar, som är de andra komponenterna. Om någon av dessa inte klarar den nya lasten brister även den, och så vidare tills alla pålar blivit överbelastade. Först då fallerar systemet.

Man kan också skilja på beteendet hos system som överbelastas och tala om spröda och sega (duktila) system. Spröda system går tvärt till brott när de överbelastas, medan sega system har ett långsammare beteende. Redundans är ett begrepp som ibland används. Det betyder att man höjer tillförlitligheten genom att ha ett (eller flera) reservsystem som kopplas parallellt till huvudsystemet.

3.1.4 Sätt att beskriva system

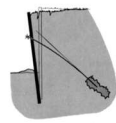
När man beskriver och åskådliggör systemets funktion och vill hitta hot mot det är grafiska metoder ofta effektiva. Två vanliga som beskrivs i är reliability block diagrams (funktionsblockdiagram) och felträd, se t.ex. Aven (2008). De ersätter inte en skiss över det tekniska systemet, men är ett mycket bra komplement.

I Figur 4 visas ett antal orsaker till att det blir brott i en förankrad spont. Man kan redovisa funktionskraven i ett (funktions)blockdiagram, där alla funktionskraven behöver vara uppfyllda. För tydlighetens skull har huvudfunktionerna ritats uppdelade i underfunktioner som visas ovanför varje huvudfunktion. (Underfunktionerna ersätter huvudfunktionen mellan ringar med motsvarande nummer)

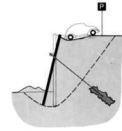
Blockdiagrammet visas i Figur 5

Ett annat sätt att tydliggöra kraven är med ett felträd. Det innehåller samma information som ett blockdiagram, men ritas så, att fel på någon funktion kan leda vidare till brott. Felträdet visas i Figur 6.

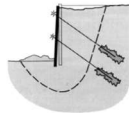
Brott i jorden



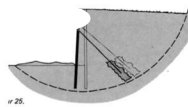
Inte vertikalstabil



Inte stabil för jordtryck

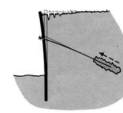


Inte stabil mot bottenuppträckning

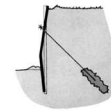


Inte totalstabil

Brott i konstruktionen

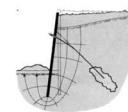


Stagbrott



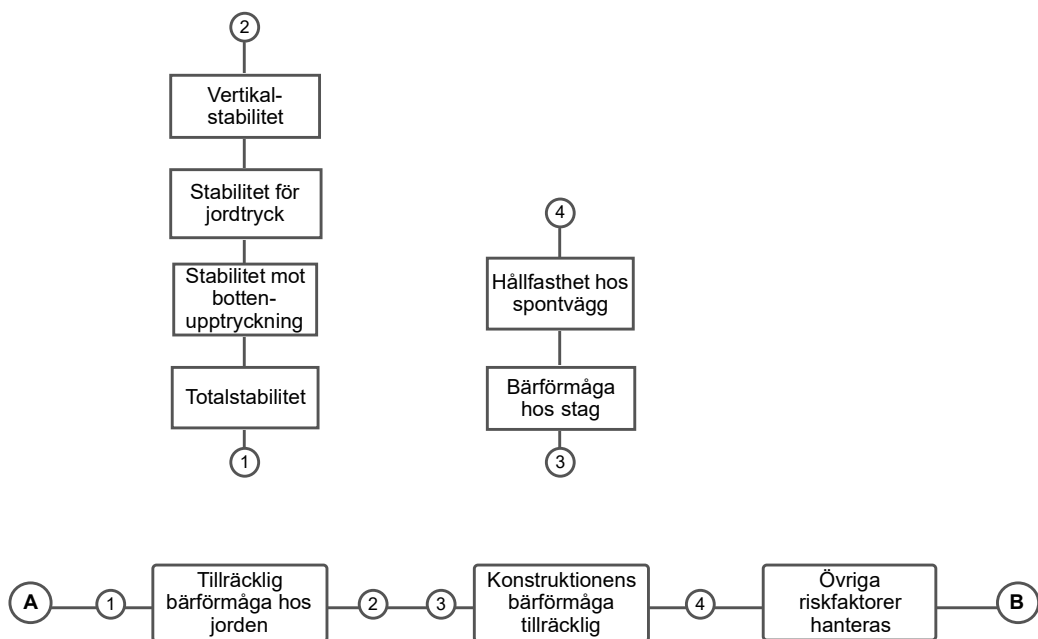
Brott i spontvägg

Övriga riskfaktorer

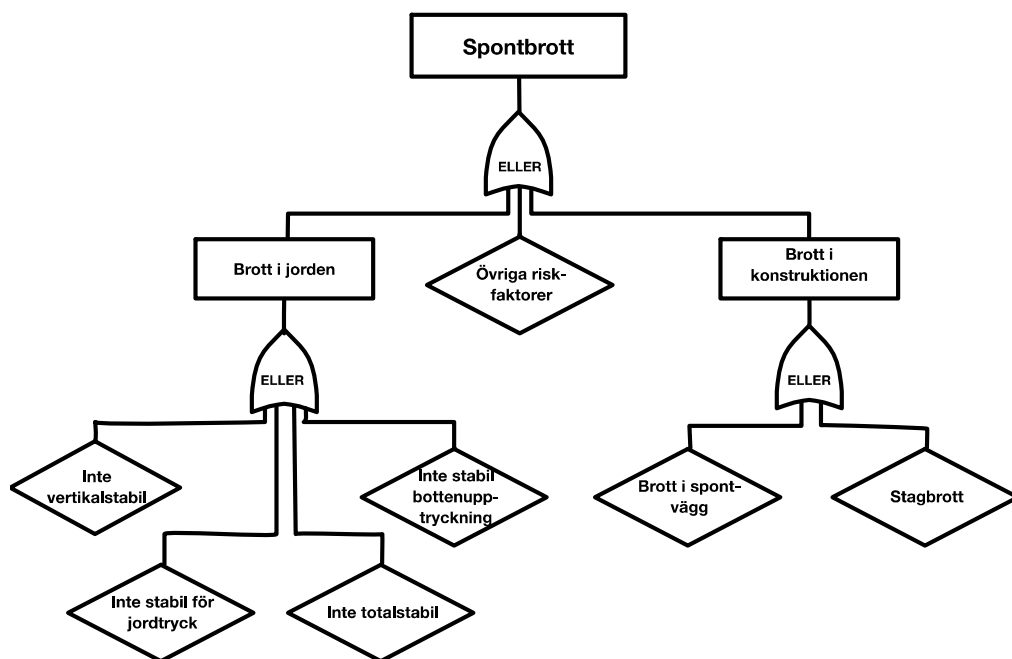


Vattenströmning under spont

Figur 4 Brottorsaker vid förankrad spont (ur Sahlström & Stille 1979)



Figur 5 Blockdiagram funktionskrav spontstabilitet



Figur 6 Felträd spontbrott

I figuren är trädets ”löv” (nivån längst ner på grenen) ritade som romber. Enligt praxis är det symbolen för att händelsen inte utvecklas till flera nivåer. ”Inte vertikalstabil” skulle ju kunna ha flera orsaker, som feldimensionering eller felaktigt utförande. I detta felträd är alla grindar av typen eller-grind eftersom det räcker att en av händelserna inträffar för att vi skall få spontbrott (seriesystem).

3.1.5 Tekniska aspekter på systemet

System med samma funktioner kan vara uppbyggda på olika sätt, vilket kan göra dem mer eller mindre känsliga för påfrestningar och störningar. Det är normalt eftersträvansvärt om man uppnår hög resiliens (”liten störningskänslighet”) i sitt system. Det betyder att projektet bör kunna klara att även oväntade och extrema händelser inträffar, utan att konsekvenserna blir särskilt stora. Högre resiliens avseende infrastruktur kan exempelvis innebära att det finns flera vägar till arbetsplatsen där byggmaterial kan transporteras, ifall någon väg skulle bli avstängd.

System bör med fördel också vara robusta, vilket innebär att något negativt inträffar i projektet så ska inte skadan som uppstår vara oproportionellt stor jämfört med den ursprungliga orsaken till skadan. En felmonterad mindre konstruktionsdel ska exempelvis inte kunna få en hel byggnad att kollapsa. Eller att en relativt liten geoteknisk skada inte ska få stänga en viktig trafikled.

3.1.6 Organisatoriska aspekter

En del av systemet är den organisation som skall utföra arbetet. Det finns funktionskrav på organisationen som behöver uppfyllas med hänsyn till att

- Beslut fattas i tid
- Beslut genomförs i tid
- Misstag och felaktigheter undviks

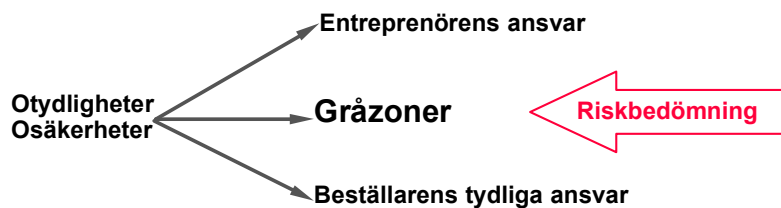
Det behövs alltså att organisationen utformas så att beslutsfattare och beslutsvägar är klargjorda och att organisationen har ”inbyggda” kontroller mot fel (human errors). Det kan exempelvis röra sig om intern och extern granskning och kontroller av utförda arbeten, som sker under byggtiden.

3.1.7 Kontraktuella aspekter – osäkerheter i kontraktet

Kontraktet kan i sig införa risker i projektet för båda parter om kontraktet är otydligt formulerat eller om väsentliga delar inte täcks av det. Sådana otydligheter kan härröra från osäkerheter som funnits med redan från förfrågningsunderlaget. En viktig del av dessa osäkerheter ligger i indata. Somliga risker eller delar av dessa risker är tydligt endera partens ansvar, men det finns gråzoner däremellan, se Figur 7. Dessa gråzoner medför i sig risker, som respektive part har att hantera. Det vill säga: om en negativ konsekvens faller ut inom någon aspekt, där kontraktet inte entydigt avgör vem som är riskägare, finns det alltså en viss sannolikhet att du inte äger den risken, utan att någon annan kontraktspart gör det. En viktig del av att förstå systemet geoteknik–åtgärd–organisation är därför att så långt som möjligt klargöra vilka risker som man (den egna organisationen) är riskägare för och vilka risker som någon annan kontraktspart är riskägare för. När det gäller sådana risker där kontraktet inte entydigt ger besked, måste respektive part göra en bedömning av hur man ska hantera *risken att en viss risk är det egna ansvaret*.

Som grundförutsättning för att hantera gråzonsrisker bör Beställaren göra en riskbedömning avseende innehållet i FU, för att så långt som möjligt täppa till luckor i kontraktet. När det gäller de geotekniska förutsättningarna bör dessa beskrivas i en så kallad Geotechnical Baseline Report (se avsnitt 3.1.8).

Ju färre tvetydigheter som finns i ett kontrakt desto lägre sannolikhet för konflikt och tvist mellan parterna. Oavsett om Beställaren försökt skapa ett otvetydigt kontrakt eller inte, behöver Entreprenören göra en egen riskbedömning i samband med upphandlingen för att identifiera eventuella kvarvarande gråzonsrisker som påverkar Entreprenören.



Figur 7. I kontrakt finns ofta risker i en gråzon, som avser de delar av kontraktet där det inte tydligt pekats ut vilken kontraktspart som är riskägare. För dessa delar av kontraktet måste vardera kontraktsparten göra en egen riskbedömning.

3.1.8 Geotechnical Baseline Report

En viktig del i systemet är den beskrivning som görs av rådande geotekniska förhållanden. Man måste vara uppmärksam på att en sådan beskrivning kan ha två olika syften, dels att vara underlag för beslut om den tekniska utformningen av geokonstruktionen, dels användas i de ekonomiska uppgörelserna mellan Beställare och Entreprenör. Dessa båda syften är sällan förenliga, utan vi rekommenderar starkt att man gör två separata beskrivningar. Det måste här starkt poängteras, att man för att undvika oklarheter och motsägelser måste ange vilken handling som har företräde

Den beskrivning som ska användas för ekonomiska uppgörelser kallar vi, i brist på vedertaget svenskt uttryck, för Geotechnical Baseline Report, GBR, se t.ex. Essex (1996), Hatem (1998) och van Staveren & Knoeff (2004). En sådan rapport anger vilka förhållanden som ska användas vid regleringar när de verkliga förhållandena blivit kända. Vid skrivandet ska man utgå från ett riskperspektiv, i syfte att minska gråzonens omfattning, se även avsnitt 3.1.7. Det är viktigt att ha i minnet att

- GBR är ett kontraktssdokument som ger mätbara beskrivningar av de geotekniska förhållanden som man skall anta för de kommande arbetena.
- Entreprenören skall bära kostnaden om förhållandena är som angivits eller bättre.
- Beställaren bär kostnaden om förhållandena är sämre än vad som anges i GBR.

GBR är den tolkning av geotekniska data som skall användas vid regleringar när verkliga förhållanden blir kända. Det behöver alltså inte vara ”sanna” förhållanden eller ”troligaste” förhållanden. GBR är avsedd att definiera och fördela risken mellan Beställare och Entreprenör. Då kan man enligt Hatem (1998) minska kostnader och fördröjningar som orsakas av tvister om avvikelser från antagna förhållanden.

Essex (1996) rekommenderar för Geotechnical Baseline Reports att man, för att få en mätbar beskrivning, skall:

- 1) undvika kvalitativa beskrivningar av typen ”höga grundvattennivåer kan förväntas i området” – ange ett spann istället,
- 2) undvika tvetydigheter såsom ”om åtgärd X inte utförs, så *kan* Y inträffa”, eftersom Entreprenören då har rätt att i sitt anbud anta att Y inte inträffar, då Entreprenören ska anta för sig förmånligaste förhållanden – använd istället ”... *kommer* Y att inträffa”,
- 3) endast beskriva ett sakförhållande en gång och på ett sätt, annars uppstår det en tvetydighet per definition.

Enligt van Staveren & Knoeff (2004) bör en GBR baseras på en riskhantering, så att man

- Beskriver projektet
- Inventerar riskerna
- Analyserar riskerna för att hitta de geotekniska förhållanden eller parametrar som är bestämmande för projektets georisker
- Fördelar projektriskerna

Därefter skriver man GBR.

3.1.9 Fördelning av geotekniska gråzonsrisker

Risker som finns i den geotekniska gråzonen ägs delvis av Beställaren och delvis av Entreprenören. Vid kontraktsskrivningen är det okänt hur stora dessa andelar är, men hur kostnaderna ska fördelas när de verkliga förhållandena blivit kända fastställs i kontraktet (i GBR i förekommande fall). Juridiska gråzoner kan dock uppstå när samma sakförhållande beskrivs på olika sätt på olika ställen i kontraktet, så att tolkningen blir oklar, eller där GBR inte är entydig. Sådant leder ofta till tvist mellan kontraktsparterna.

3.2 Beskrivning av nödvändiga och önskvärda funktioner i projektet

De nödvändiga och önskvärda funktioner, som projektet behöver ha, måste beskrivas tillräckligt detaljerat, för att man skall kunna beskriva vad som påverkar möjligheten att åstadkomma funktionerna. Dessa funktioner kan delas in i olika kategorier:

- Uppfyllande av kvalitetskrav på den färdiga åtgärden (t.ex. tekniska krav på en konstruktion eller kvalitetskrav på producerade dokument).
- Uppfyllande av ekonomiska och tidsrelaterade krav på projektet
- Uppfyllande av krav avseende tillåten omgivningspåverkan och störning
- Uppfyllande av krav avseende acceptabel arbetsmiljö under byggtiden

I de tekniska kraven och även de tidsrelaterade kraven kan ingå krav på liten störningskänslighet (resiliens) i händelse av uppkomna svårigheter och robusthet, det vill säga krav på att en liten skada/avvikelse inte får oproportionerliga följdskador.

3.2.1 Funktioner rörande kvalitetskrav

Funktioner som rör uppfyllande av kvalitetskrav avser vad åtgärdens uppgift är. Det kan exempelvis vara att säkerställa att en schakt får tillräckligt hög säkerhetsmarginal mot brott, eller att det förfrågningsunderlag som en upphandlad konsult tagit fram är entydigt och heltäckande. Många tekniska kvalitetskrav styrs av lagar och förordningar, andra är mer projektspecifika och fastställs av Beställaren.

3.2.2 Funktioner rörande ekonomiska och tidsrelaterade krav

Funktioner i projektet som rör uppfyllande av ekonomiska och tidsrelaterade krav avser sådant som påverkar projektets budget och tidplan. Exempel är att som Entreprenör ha förutsägbara kontrakt med Beställaren och eventuella underentreprenörer, så att kostsamma tvister inte uppstår, eller att ha en fungerande logistik, så att försening inte uppstår. Även funktioner som rör tillräcklig åtkomst för maskiner eller tillräcklig materialtillgång på byggprodukter hör till denna kategori. Krav i denna kategori kommer ofta från Beställaren, men de kan även komma från Entreprenörsbolaget självt, då kraven kan påverka möjligheten för Entreprenören att göra vinst.

3.2.3 Funktioner rörande krav avseende tillåten omgivningspåverkan och störning

Funktioner som rör uppfyllande av krav avseende tillåten omgivningspåverkan och störning avser sådant som påverkar andra än medverkande i det egna projektet. Exempel på sådana funktioner är att ha tillräckligt liten påverkan på grundvattennivåer eller att ge tillräckligt liten störning både för eventuella omkringliggande entreprenader eller för tredje man. Sådana krav kan antingen ofta komma av lagstiftning, miljödomar eller Beställaren.

3.2.4 Funktioner rörande krav avseende acceptabel arbetsmiljö

Funktioner som rör uppfyllande av krav avseende acceptabel arbetsmiljö avser sådant som påverkar de som arbetar i projektet. Sådana funktioner kan vara både av organisatorisk natur och av teknisk natur. Exempel på det föregående är att tillse att arbetare har korrekt skyddsutrustning vid farligt arbete. Exempel på det senare är att utforma konstruktionen så att den kan utföras på ett för arbetarna ergonomiskt och säkert sätt.

3.3 Bakomliggande faktorer i omgivningen och på byggplatsen

För att förstå hur de olika *funktionerna* hänger samman behöver man skapa sig en bild över – d.v.s. en förståelse av – de bakomliggande *faktorer* som kan komma att påverka funktionerna i projektet. I detta avsnitt beskrivs ett antal olika kategorier av vanliga bakomliggande faktorer. Vi börjar med de bakomliggande, allmänna faktorerna och fortsätter sedan med de specifikt geotekniska faktorerna. Vi ger också exempel på hur dessa bakomliggande faktorer kan tänkas påverka olika funktioner. Förståelsen av bakomliggande faktorer i omgivningen och på byggplatsen samt hur dessa faktorer påverkar projektet funktioner utgör tillsammans grunden till förståelsen av det tekniska systemet.

3.3.1 Bakomliggande fysiska faktorer

3.3.1.1 Yttre miljö – allmänt (geografiska förutsättningar)

För att skapa sig en förståelse av de geografiska förutsättningarna bör man upprätta en allmän beskrivning av platsen. Viktiga aspekter att undersöka är exempelvis möjliga områden för etablering och eventuella begränsningar i tillgänglighet för maskiner och personal.

3.3.1.2 Bebyggelse

Befintlig bebyggelse kan påverka projektets funktioner, exempelvis genom att de utgör hinder för vissa typer av konstruktionsmetoder på grund av skaderisk. För

att skapa sig en förståelse av bebyggelsefaktorer är det viktigt att undersöka exempelvis befintliga byggnaders beskaffenhet och utformning. Även effekter av tidigare bebyggelse på platsen kan vara av betydelse.

3.3.1.3 Verksamheter

Befintlig verksamhet i området kan påverka exempelvis funktioner som rör störning av tredje man eller andra omkringliggande entreprenader. Det kan exempelvis vara buller- eller vibrationskänslig verksamhet. Befintliga verksamheter kan också tänkas komma att störa det egna projektet, exempelvis genom att området har hög trafikbelastning vilket kan påverka leveranser av byggmaterial. Man bör därför undersöka vilka verksamheter som pågår i området för närvarande eller som kan förväntas påbörjas i området i framtiden.

3.3.1.4 Föroreningar

Föroreningar i området kan påverka exempelvis funktioner som rör tidplan och budget, eftersom marken kan behöva saneras innan projektet startar, ifall marken är förorenad. I värsta fall kan projektet stoppas helt om mängden föroreningar är mycket stor.

3.3.1.5 Befintlig infrastruktur

I kategorin befintlig infrastruktur ingår aspekter som kan vara både positiva och negativa. Viss befintlig infrastruktur krävs för att möjliggöra byggarbetet exempelvis genom att möjliggöra transport av byggmaterial och schaktmassor, samt genom att ge el- och vattenförsörjning. Undermålig befintlig infrastruktur kan påverka funktioner som rör tidplan och budget, i form av förseningar i etableringen och logistiska problem.

Annan befintlig infrastruktur kan vara i vägen för den tänkta byggarbetsplatsen, exempelvis i form av ledningar som inte får skadas eller transportleder förbi byggarbetsplatsen som inte får störas eller blockeras. Sådant är funktioner som rör tillåten omgivningspåverkan och störning av tredje man.

3.3.1.6 Flora och fauna

Känsligt växt- och djurliv i omgivningen är en faktor som kan påverka funktioner som rör tidplan och budget, ifall särskilda skyddsåtgärder behöver utföras för att inte påverka naturen. Även funktioner avseende tillåten omgivningspåverkan kan påverkas, exempelvis om det finns särskilda myndighetsbeslut och andra restriktioner, som begränsar verksamheten i området på grund av det känsliga växt- och djurlivet. Ett typexempel är det välkända fallet med den rödlistade fisken grönlungen som omintetgjorde planerna på att exploatera runt Igelbäcken i Sundbyberg.

3.3.1.7 Kulturmiljö

Kulturmiljön i omgivningen kan också utgöra en begränsande faktor liknande florran och faunan, ifall särskilda åtgärder behövs för att skydda kulturhistoriskt viktiga objekt. Exempel på sådana är runstenar och kulturhistoriskt viktiga byggnader.

3.3.2 Bakomliggande organisatoriska, ekonomiska och legala faktorer

3.3.2.1 Marknadsläge

För att kunna bedöma det möjliga utfallet av en upphandling behöver man förstå vilket marknadsläge som för närvarande råder i branschen. Marknadsläget kan avgöra vilka bolag som troligen kommer att lägga anbud. I ett överhettat marknadsläge kanske beställaren inte får in några anbud alls från de bästa och mest erfarna, eftersom dessa mer sannolikt är upptagna med andra uppdrag. Det blir då troligare att beställaren får nöja sig med mindre kvalificerade uppdragstagare.

3.3.2.2 Lagar och förordningar

Runt en upphandling finns ett ramverk av gällande lagar, förordningar och andra regelverk, som man måste ha klart för sig när man genomför en upphandling. Det gäller inte minst lagen om offentlig upphandling (LOU) om man är en offentlig Beställare. Man behöver även förstå exempelvis vilka kriterier som får användas vid tilldelning av kontrakt.

3.3.2.3 Intressegruppers inställning

Vissa projekt drar till sig olika intressegruppers uppmärksamhet, vilket kan påverka beslutsfattandet i projektet, direkt eller indirekt. Intressegrupper kan exempelvis bilda opinion för eller emot projektet eller bidra med särskild lokalkännedom. Intressegruppers inställning och aktivitet kan även påverka inblandade aktörers goodwill.

3.3.2.4 Kompetensnivå i branschen kontra teknisk utvecklingsnivå

Kompetensnivån i branschen bland de potentiella anbudsgivarna i jämförelse med den kompetens som krävs i det aktuella uppdraget kan påverka kvaliteten i det utförda uppdraget. Vid vanliga och standardiserade uppdrag är detta ofta ett mindre problem, men vid specialiserade uppdrag kan detta ha avgörande betydelse.

3.3.2.5 Organisationens funktionalitet

Arbetsbelastningen och det interna samarbetsklimatet den egna organisationen kan påverka kvaliteten i handlingar skickas ut till potentiella anbudsgivare och uppdragstagare genom att underlaget blir mer eller mindre genomarbetat. Motsvarande gäller kvaliteten hos beställd produkt.

3.3.2.6 Tillgängligt bakgrundsmaterials kvalitet

För att uppdragstagaren ska kunna utföra ett bra arbete till rätt pris behövs tillgång till bakgrundsmaterial av hög kvalitet. Tillgängligheten till sådant bakgrundsmaterial kan även påverka utfallet av upphandlingen, ifall någon anbudsgivare tidigare varit inblandad i samma projekt (s.k. konsultjäv). Det är viktigt att alla får del av samma material.

3.4 Geotekniska faktorer och tolkat sammanhang

3.4.1 Vad innebär det att tolka ett sammanhang?

Vi vill här särskilt framhäva vikten av att förstå de bakomliggande geotekniska faktorerna. Det är nämligen dessa som geoteknikern behöver analysera för att korrekt kunna skapa en konceptuell modell över vad som man kan komma att förvänta sig i området avseende geotekniken, när den tänkta konstruktionen byggs. Detta kallar vi ”Tolkning av geotekniskt sammanhang” (I den pågående revideringen av Eurokod 7 föreslås att resultatet av detta tolkningsarbete ska kallas ”Ground model”). Observera att detta är en teknisk beskrivning och skall inte förväxlas med GBR (se avsnitt 3.1.8).

En viktig aspekt när geoteknikern beskriver de geotekniska faktorerna och, baserat på dessa, tolkar det geotekniska sammanhanget, är att göra detta utifrån vad tolkningen kommer att användas till. Exempelvis behöver man väga in vilka beslut som kan komma att baseras på den gjorda tolkningen. Tolkningen av det geotekniska sammanhanget kan också bli olika beroende på vilken aktör som man tillhör, genom att olika aspekter redogörs för med olika mycket noggrannhet. Om ett viktigt (kostsamt) beslut är känsligt för vad tolkningen säger (d.v.s. om underlaget inte är robust), så kan man behöva ett mer omfattande underlag än annars. Tolkningsarbetets omfattning ska heller inte vara oberoende av de geologiska förhållandena på platsen, utan när förhållandena är mer komplicerade, så bör man som geotekniker göra en utförligare analys av de bakomliggande faktorerna.

I tolkningsarbetet ingår exempelvis att bedöma rådande geotekniska osäkerheter, både avseende graden av kännedom om de geologiska förhållandena på platsen (osäkerhet i geomodell) och avseende faktisk rumslig geoteknisk variation efter att man samlat data om de geotekniska egenskaperna. Dessa två fundamentalt olika aspekter på geoteknisk osäkerhet är viktiga att hålla isär. Graden av kännedom om de geologiska förhållandena kan förbättras t.ex. genom att man gör ytterligare undersökningar på platsen, så att man ökar kunskapen om förhållandena som finns

där. I tolkningen av det geotekniska sammanhanget ingår också vanligtvis bedömningar av karakteristiska värden för de parametrar som används vid beräkningar.

Tänk på att en viktig aspekt i tolkningsarbetet är att se inte bara vad undersökningen visar, utan även vad den inte kan visa. Exempelvis kan undersökningspunkters läge och täthet vara olämpligt valda med hänsyn till relevant frågeställning och den geologiska modellen. Vald undersökningsmetod kan dessutom vara behäftad med mätfel och vara mer eller mindre lämplig för frågeställningen. Undersökningen kan också ge felaktiga resultat på grund av dåligt kalibrerad utrustning.

Nedan följer detaljer kring tre geotekniskt viktiga bakgrundsfaktorer i avsnitt 3.4.2–3.4.3.

3.4.2 Geologi och grundvatten

Inför skapandet av geomodellen (sannolikt ”ground model” i kommande Eurokod 7) behöver man information om det sätt som jorden i aktuellt område har bildats, d.v.s. geologin. Denna information bör redovisas. I geomodellen beskriver man även förekomsten av grundvatten. Relevanta parametrar är nivåer och dess variation över tiden. Syftet med detta är att i det följande arbetet kunna identifiera relaterade hot med konstruktionsutformning och riskhantering.

3.4.3 Geoteknik

Det som är känt om geotekniken är oftast en blandning av hårda fakta (undersökningsresultat och observationer från platsen) och bakgrundskunskaper hos den som gör beskrivningen. Undersökningar bör göras med hänsyn till geologin, till projekteringsförutsättningarna och även till möjliga framtida justeringar i dessa. Redovisning av undersökningar ska göras enligt standard och även ta upp osäkerheter i undersökningen.

Observera att GBR (se avsnitt 3.1.8) är en del av kontraktet och avsedd för ekonomiska regleringar, vilket gör att de geotekniska detaljerna i GBR inte nödvändigtvis ger den mest verklighetstroga bilden av de faktiska förhållandena (d.v.s. det som beskrivs i geomodellen).

3.5 Val av åtgärd utifrån tolkat sammanhang

När man har tolkat det geotekniska sammanhanget görs ett första val av möjliga och rimliga åtgärder (ofta konstruktionslösningar) baserat på denna tolkning. I arbetet med att göra detta val överväger man olika möjliga alternativ. Utifrån denna

första jämförelse av lösningar väljer man ut dem som verkar rimliga och som man vill gå vidare med för en fördjupad bedömning av de tillhörande riskerna. De utvalda åtgärderna beskrivs översiktligt i sitt tolkade geotekniska sammanhang för att ge ett underlag att utgå från när man identifierar risker med respektive konstruktionslösning. Man har nu skapat sig en god förståelse för systemet – man har alltså beskrivit den *geotekniska kontexten*.

4 Riskidentifiering

4.1 Riskidentifieringens roll

Syftet med riskidentifiering är att hitta hot mot projektet (riskkällor) och beskriva med så kallade händelsekedjor hur hoten kan leda fram till eventuella konsekvenser. Det är väsentligt att riskidentifieringen fungerar, eftersom oidentifierade risker inte kommer att kunna beaktas i den fortsatta riskhanteringen. Riskidentifieringen ska ses som en ingenjörsuppgift. Om man behöver stöd ska man involvera personer med den kompetens som man själv saknar, för att få en så korrekt bild av problemställningen som möjligt.

Det kan inte nog påpekas behovet av en tydlig beskrivning av risken! Det är ett hjälpmedel för att man skall kunna kommunicera om risken med andra. Men kravet på tydlighet hjälper också den som identifierar risken att vara strukturerad och konstruktiv. För att man skall effektivt och tillförlitligt kunna identifiera risker måste man vara insatt i det geotekniska sammanhanget och förstå systemet, se Kapitel 3.

4.2 Riskidentifiering i olika situationer

Riskidentifiering kan göras på olika sätt i olika situationer:

- Ensam
- Oförberedd intervju med en eller flera personer (informellt samtal, t.ex. om man själv saknar erforderlig kompetens inom något område)
- Förberedd gruppdiskussion (ofta som brain-storming)
- Förberedd intervju med en eller flera personer

För det förstnämnda fallet rekommenderar vi att man utnyttjar den riskstruktur (RBS) som utvecklats i projektet (avsnitt 4.5). Strukturen är tänkt att ge stöd vid genomgången av tänkbara risker. De två sistnämnda situationerna beskrivs i SGF (2014).

4.3 Undvika felkällor vid riskidentifieringen

När någon gör en riskidentifiering finns det alltid ett antal potentiella felkällor. Det kan röra sig om direkta feluppfattningar om det system som riskidentifieringen avser, men det finns också psykologiska faktorer av typen bias och heuristics som kan påverka resultatet.

4.4 Olika typer av konsekvenskategorier

Konsekvenser kan delas upp i olika konsekvenskategorier:

- Liv och hälsa
- Miljö (både naturvärden och störningar)
- Ekonomi
- Tid
- Goodwill

I riskidentifieringen är det viktigt att man beaktar risker kopplade till samtliga kategorier.

4.5 Riskstruktureringsverktyg: en hjälp för systemförståelse och riskidentifiering

4.5.1 Grundprinciper

För att alla aspekter av riskerna ska beaktas vid identifieringen behövs en systemförståelse. Ett hjälpmedel för att få denna, kan vara en struktur där olika risker (riskområden) visas på ett sätt så att man ser hur riskerna är kopplade. Ett begrepp som används på engelska är Risk Breakdown Structure, RBS, se. t.ex. Hillson (2002), Hall & Hulett (2002) och ECRI (2010). En RBS möjliggör alltså en hierarkiskt organiserad uppställning av risker i kategorier. Vi ger RBS:en den svenska benämningen riskstruktureringsverktyg.

Det måste dock här med kraft framhållas att ett sådant verktyg inte är en checklista som man kan kryssa i och så är riskidentifieringen klar!

Verktyget ska istället ses som en hjälp vid ingenjörsarbetet att identifiera risker. I projektet har vi tagit fram ett förslag till riskstruktur för geotekniska risker. Det visas i bilagan i avsnitt 10. Riskstrukturen är uppbyggd med avsikt att vara ett hjälpmedel när man identifierar sina egna projektrisker. Eftersom riskstrukturen ska vara ett hjälpmedel i det egna arbetet, har inga risker beskrivits i de vanliga termerna

med beskrivning, trolighet och möjliga konsekvenser. Verktøyet ställer i stället frågan: *Finns det några risker förknippade med...?* Avsikten är att den som sitter med riskidentifieringen för ett projekt ska ha stöd att tänka igenom områden där risk kan finnas, för att sedan kunna skriva en projektspecifik beskrivning av risken i fråga.

4.5.2 Riskstrukturens nivåer

För att ge en god överblick har riskstrukturen delats in i tre nivåer (Figur 8):

- Huvudnivå, som beskriver det sammanhang där en risk kan föreligga
- Undernivå, som grupperar möjliga enskilda risker inom respektive huvudnivå
- Riskbeskrivningar av enskilda potentiella risker, avsedda att ge en förståelse för risken och dess sammanhang (kontext)

Varje riskbeskrivning ger dels förtydliganden med exempel på olika risker av denna typ, dels relevanta aspekter såsom initierande händelser, händelsekedjor, varningsklockor, möjliga konsekvenser i olika kategorier och tänkbara åtgärder.

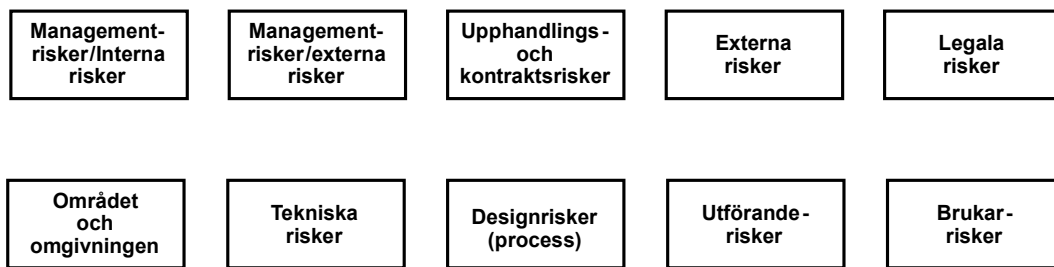
4.5.3 Hur man använder riskstruktureringsverktøyet

Man utgår från den nödvändiga systemförståelse som man skaffat sig om det projekt eller den projektdel som riskhanteringen gäller. (I detta ingår givetvis att man förstår vilken del som man ansvarar för). Utan systemförståelsen är det lätt att man tappar enskilda risker eller till och med helt missar fundamentala aspekter som hotar hela projektet, särskilt om man inte inser att systemet innehåller många olika källor till risk.

1. Gå in på listan över huvudnivåer och identifiera vilka som kan vara aktuella för riskhanteringen. Vi rekommenderar att man redan i detta steg sneglar på undergrupperna för att verifiera att man har en korrekt systemförståelse: om man först anser att huvudnivån inte är aktuell men sedan hittar undergrupper som är det, så behöver man nog förbättra sin systembeskrivning och systemförståelse.
2. För varje identifierad huvudnivå går man igenom listan med undergrupper och identifierar vilka som är aktuella.
3. För varje sådan undergrupp läser man den allmänt hållna riskbeskrivningen och skriver sedan egna riskbeskrivningar som är skraddarsydda efter förhållandena i det egna projektet. Den egna riskbeskrivningen skall bli mer detaljerad än de allmänt hållna formuleringarna i riskstruktureringsverktøyet. Den egna beskrivningen bör innehålla sådana relevanta uppgifter som listats

i Avsnitt 4.5.2. Beskrivningarna sparas i lämpligt format i vad som ibland kallas ”risklista”.

4. Man skall därutöver försöka identifiera projektspecifika risktyper, som inte särskilt listats i undergruppen. Beskrivningarna i en allmänt hållen riskstruktur kan aldrig täcka alla särskilda omständigheter som ofrånkomligen dyker upp.
5. Stegen 2-4 upprepas till dess man gått igenom strukturen.



Huvudnivå: Området och omgivningen

Hitta risker förknippade med:

- Geologi - bildningsprocesser etc.
- Geoteknik- egenskaper för byggharhet
- Hydrogeologi Grundvatten Vatten
- M lilljö- vegetation, fauna, klimazon, nederbörd
- Pågående eller tidigare verksamheter
- Befintliga föroreningar
- Kulturmiljö och Fornlämningar
- Befintliga och rivna byggnader
- Befintliga och slojade ledningar och brunnar
- Undermarksanläggningar
- M öjlga transportvägar för bygget
- Erforderlig försörjning för bygget
- Relation till kringboende
- Andra begränsningar
- Brandfarlig omgivning
- Omgivningens känslighet för "traditionell" omgivningspåverkan från byggande
- Omgivningens tålighet för påverkan

⚠ *Varning: det som står här är inte en beskrivning utan direkt ångspira och klustra in i ett riskbetraktningsskema!*
Det är i stället tänkt som en hjälp när du beskriver riskerna som gäller ditt projekt med den alldeles specifika kontexten

Området och omgivningen

Geoteknik- egenskaper för byggharhet

FÖRTYDLIGANDE BESKRIVNING:
 Risker förknippade med att den geotekniska kontexten inte är tillräckligt utredd eller förstådd eller att dess inverkan inte har beaktats tillräckligt. Detta ger en osäker eller i värsta fall felaktig jordmodell

EXEMPEL:
 Den geotekniska frågeställningen är otydlig och undersökningar inriktas på fel frågeställningar
 Undersökning som är otillräcklig för en korrekt bedömning av variationer i jordens egenskaper
 Bristande hänsyn till geologiska förhållanden och till erfarenhetsdata om aktuell jord

VANLIGA KONTEXTER
 "Svåra" geotekniska förhållanden
 Liten tidigare erfarenhet från området
 Tids- och kostnadspress i projekteringen

VANLIGA KOMBINATIONER MED ANDRA RISKER
 Området och omgivningen: Geologic/ Hydrogeologi
 Designrisker: Bristar i projekteringsprocess: Oerfaren designer

VANLIG IRITERANDE HÄNDELSE
 Projekteringsstiden sätts för kort
 Ändringar i läge eller utformning av den konstruktion som skall utföras utan ytterligare geotekniska överväganden

TÄNKBARA HÄNDELSEKEDJOR, EXEMPEL:
 Arbeta med förfrågningsunderlag påbörjas, tid och kostnader begränsar arbetet med geomodellen vilket leder till brister i upphandlingen.

VARNINGSKLOCKOR (NÅGOT HÅLLER PÅ ATT HÅNDA)
 Många frågor kring geomodellen från designen.

MÖJLIGA KONSEKVENSER
 Osäkra eller felaktiga uppgifter fortsätter genom byggprocessen och kan ge oplanerade kostnader, t.ex. fördyrad konstruktion, försörjningar och eventuellt även skador.

TÄNKBARA ÅTGÄRDER
 Riskhantering för det specifika fallet

KOMMENTARER

Figur 8. Nivåer i riskstrukturen med Huvudnivåer, Undergrupper till huvudnivån *Området och omgivningen* samt riskbeskrivning till *Geoteknik – egenskaper för byggharhet*

5 Riskanalys

5.1 Riskanalysens roll och krav på redovisning

Syftet med riskanalysen är att man ska kunna skaffa sig tillräckligt underlag för att fatta beslut om åtgärder. För att riskägaren ska kunna fatta beslut, behövs ett underlag med:

- Risken beskriven i entydiga termer
- Riskscenariot (händelsekedjor)
- Möjliga konsekvenser (åtminstone semikvantitativt)
- Trolighet

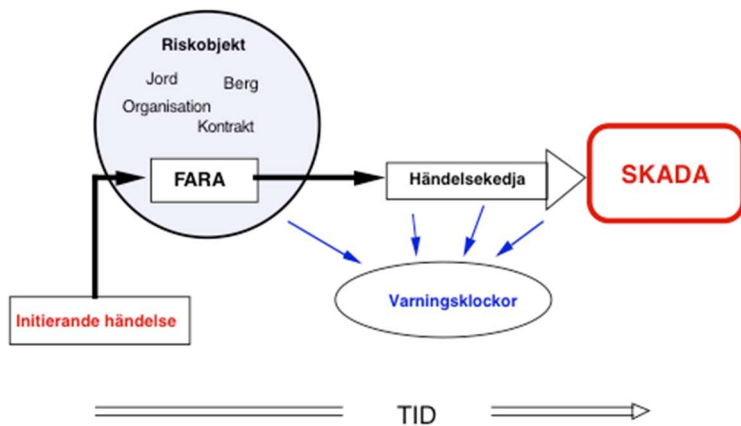
I vissa fall, om detaljerad riskanalys är uppenbart obehövlig, kan man direkt efter en förenklad riskanalys direkt fatta beslut om att acceptera risken eller åtgärda den genom riskbehandling. I den förenklade riskanalysen behövs ingen detaljerad beskrivning av konsekvenser och sannolikhet.

5.2 Beskriva risken entydigt

För att det skall vara möjligt att analysera en risk eller diskutera den med andra, måste den vara beskriven på ett sätt så att den inte kan missuppfattas. Detta ställer också krav på att beskrivningen är tillräckligt omfattande, så att inget lämnas öppet för egna tolkningar. Enligt ISO Guide 73 (2009b), som innehåller standardiserad risknomenklatur, bör en riskbeskrivning på ett strukturerat sätt omfatta källan till risken, orsaker, händelsekedjan, samt konsekvenser.

5.3 Händelsekedjor fram till konsekvenser

Från det att ett hot utlösts genom någon initierande händelse är det vanligt att det behövs ett antal delhändelser i en händelsekedja för att det skall leda till en skada, se Figur 9. Det finns därför ofta ett tidsspänn när man kan sätta in åtgärder och bryta händelsekedjan. Notera att konsekvenser i olika kategorier kan ha olika händelsekedjor som ändå utgår från samma initierande händelse.



Figur 9 Händelsekedja (från Sturk 1998)

Händelsekedjorna kan beskrivas med olika metoder, ofta grafiska, där man visar vägen från den initierande händelsen, fram till olika möjliga konsekvenser. Med dessa metoder kan man också beskriva olika åtgärder för att bryta händelsekedjan.

I Figur 10 visas dessa två metoder:

- Händelsetråd
- Bow-tie diagram

5.4 Skattning av sannolikheter

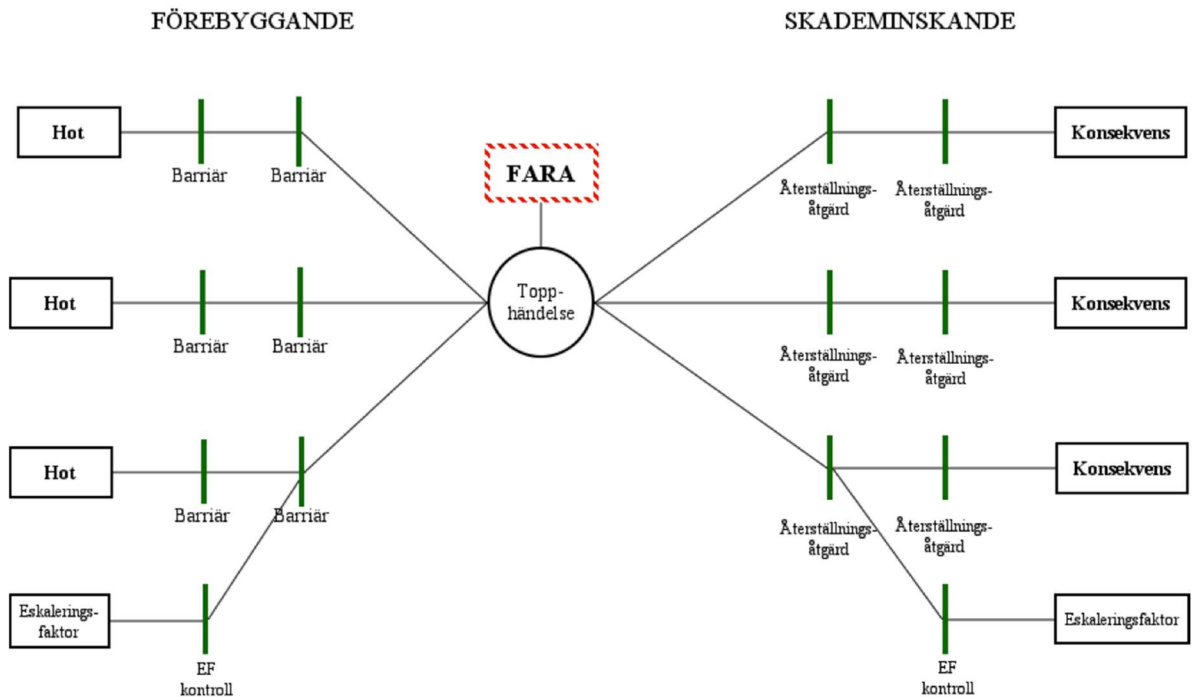
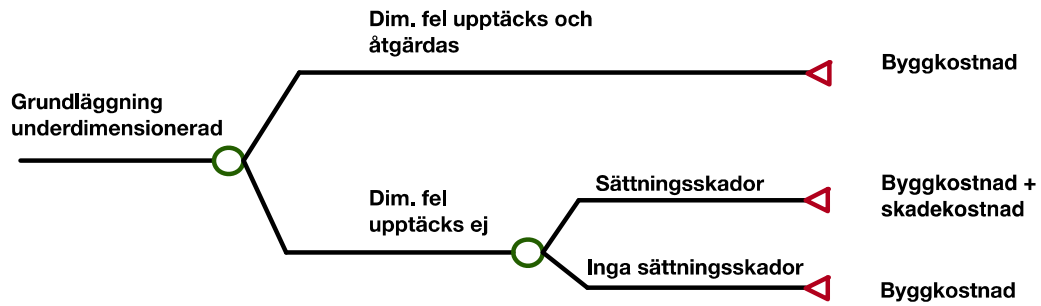
En viktig del i riskanalysen är att ange hur troligt det är att någonting inträffar, exempelvis den initierande händelsen. Det finns flera sätt att göra detta på, men i grunden är de (eller borde de vara) kopplade till sannolikheter.

5.4.1 Sätt att beskriva sannolikheter

- Trolighetsklasser
- Frekvens (antal gånger av 1000 möjliga upprepningar av scenariot)
- Sannolikhet (i spannet 0-1)

5.4.2 Metoder att skatta sannolikheter

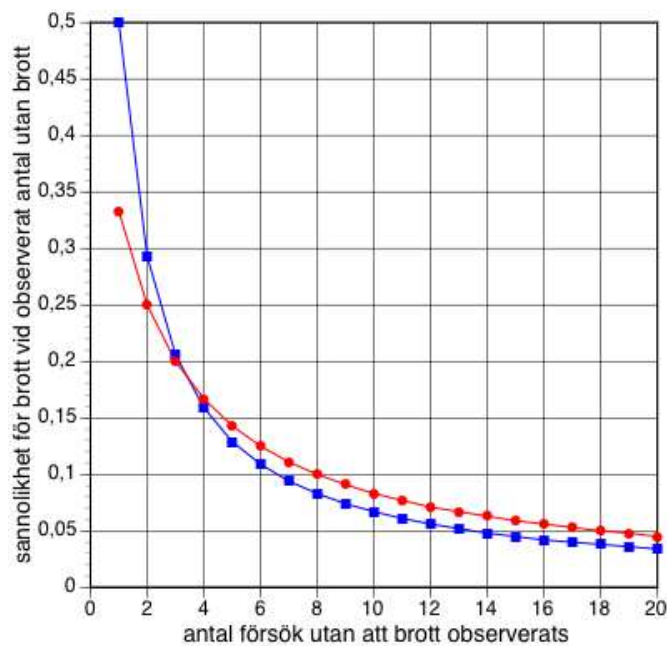
I princip är det två olika typer av sannolikheter som man vill skatta: de som gäller kontinuerliga spanns såsom osäkerheter i materialegenskaper och de som gäller enskilda händelser. De sannolikheter som man arbetar med är i realiteten subjektiva och baseras på skattningar, se t.ex. Roberds (1990), Olsson (2000), O'Hagan et al (2006), Ayyub (2001a, 2001b), Vick (2002).



Figur 10 Händelseträd och bow-tiediagram

Att sannolikheterna är subjektiva betyder inte att de är sämre än sådana som baseras enbart på ”hårda data”. De subjektiva sannolikheterna kräver nämligen att man beaktar både hårda data och övrig tillgänglig information, t.ex. ingenjörskunskap om ett område.

Även historiska data ska tas med vid sannolikhetsskattningen (all bakgrundsinformation ska användas). Då bör man komma ihåg att även om man ännu aldrig observerat ett fenomen, betyder det inte att sannolikheten för fenomenet är mycket liten, se Bailey (1997). I Figur 11 visas den troliga sannolikheten som en funktion av antalet observationer (försök) där man inte sett ett visst fenomen, t.ex. brott.



Figur 11 Brottssannolikhet om man inte observerat brott vid ett antal försök

Erfarenhetsdata kan användas vid sannolikhetsskattningen. Om man har lång erfarenhet av en konstruktionstyp, där man verifierar konstruktionens tillförlitlighet med t.ex. säkerhetsfaktorer, kan detta vara ett stöd vid sannolikhetsskattningen. I ett pågående SGF-projekt kommer skattningsmetodernas användning och deras felkällor att beskrivas.

5.4.3 Sannolikheter vid upprepade arbeten

I vissa fall gör man en riskanalys för en aktivitet som kommer att upprepas ett antal gånger under delprojektet. Ett exempel är slagning av pålar enligt något stoppslagningskriterium, där det finns en viss sannolikhet att man slår sönder pålen. Hur man kan beräkna sådana sannolikheter avses behandlas i ett pågående SGF-projekt (se denna rapport's förord).

5.5 Bedömning av konsekvenser

I bedömningen av konsekvensernas storlek behöver man beakta identifierade konsekvenser i samtliga kategorier (avsnitt 4.4).

5.6 Redovisning av risker

5.6.1 Riskscenariot

Identifierade och analyserade risker måste redovisas, så att man i nästa steg kan göra en riskutvärdering för att fatta beslut om vad som skall göras med risken. Man måste tänka på att risken inte bör beskrivas enbart med sannolikhet och konsekvens, utan beskrivningen bör också innehålla en redovisning av orsakande aktivitet och möjliga händelsekedjor.

Det är viktigt att man hela tiden kommer ihåg att det handlar om

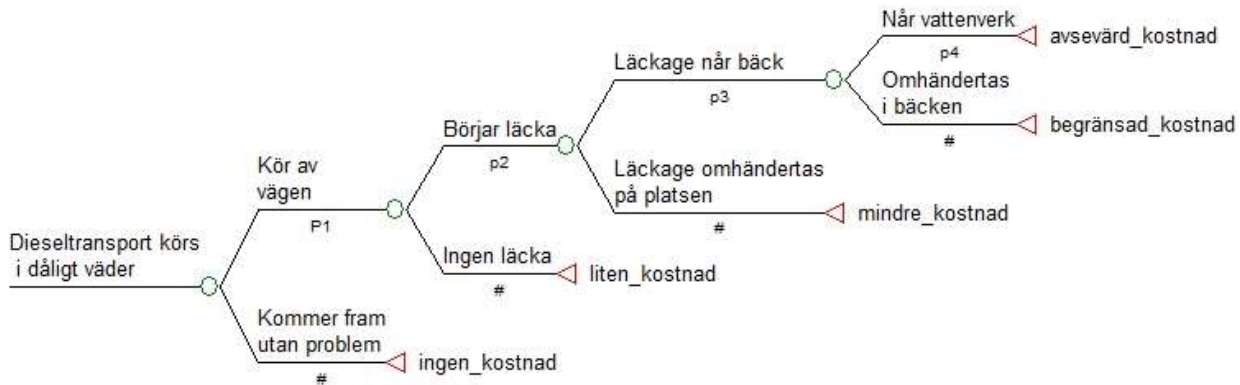
- att se de ofta komplexa sambanden
- att ha skaffat sig en systemförståelse
- att ha förståelse för riskens komponenter och hur den är uppbyggd

Ett illustrerande exempel på hur man kan tänka sig en händelsekedja som leder till konsekvenser:

Till en pågående schaktentreprenad behövs det brådskande en leverans av diesel till entreprenadmaskinerna. En lastbil skickas iväg trots att vädret är uselt med kraftigt regn och mycket nedsatt sikt. I en kurva kör bilen av vägen, välter och börjar kraftigt läcka diesel, med skador på bilen men utan personskador. Dieseln rinner ner i en närbelägen bäck och flyter med den ner till en liten sjö som är vattentäkt och hamnar sedan i vattenverket. Följden blir att vattenverket måste stoppas och saneras innan dricksvatten kan levereras igen. Vilken är risken i beskrivningen ovan?

Om vi tittar på Avsnitt 5.3 och Figur 9, händelsekedjor och användningen av händelsesträd kan vi få en tydligare bild av händelsekedjan och risken.

- Vi har en initierande händelse: Beställning av transport av drivmedel till arbetsplatsen
- Vi har hot som riktar sig mot naturen och mot arbetets utförande i tid
- Hoten uppkommer ur organisationen (brådskande beställning), kontraktet (tidsaspekten) och naturen (dåligt väder)
- Vi har en händelsekedja som visas som ett händelsesträd i Figur 12.
- Vi har varningsklockor, t.ex. prognos för mycket dåligt väder
- Vi har en värsta förutsebar skada, men den kan begränsas



Figur 12 Händelseträd dieseltransport

I Tabell 3 visas tänkbara risker i scenariot. Om man vill beskriva risken med en trolighet (t.ex. trolighetsklass) och en konsekvens (t.ex. konsekvensklass), något som är det vanliga i till exempel riskmatriser, vilken risk av de listade riskerna i Tabell 3 skall man då ange?

Ofta sägs att man skall använda maximal trolig (eng. maximum credible) konsekvens (med tillhörande sannolikhet). Det motsvarar den största konsekvens som man anser *rimligen* kan inträffa. Här skall man enligt vår uppfattning använda sig av den kunskap man har om systemet. I vårt exempel är kunskapen ens uppfattning om vägen och trafiken, om hur snabbt saneringsinsatser kan komma igång (är de förberedda?) och så vidare. En svårighet i att bestämma maximal trolig konsekvens ligger i att olika personer tolkar begreppet "maximal trolig" på olika sätt.

Tabell 3 Beskrivning av risker kopplade till händelseträdet i Figur 12.

Händelser i kedjan	Konsekvens	Sannolikhet
Kommer fram	Ingen kostnad	1-p1
Kör av vägen; ingen läcka	Liten kostnad	p1 x (1-p2)
Kör av vägen; börjar läcka; läckage omhändertas på plats	Mindre kostnad	p1 x p2 x (1-p3)
Kör av vägen; börjar läcka; läckage når bäck; omhändertas i bäcken	Begränsad kostnad	p1 x p2 x p3x (1-p4)
Kör av vägen; börjar läcka; läckage når bäck; når vattenverk	Avsevärd kostnad	p1 x p2 x p3x p4

Ett sätt att underlätta riskbeskrivningen är att man för projektet bestämmer att sannolikheten för en viss konsekvens måste överskrida ett angivet värde för att konsekvensen skall anses ”trolig”. När man sätter detta gränsvärde för vad ”trolig” innebär, bör man ta hänsyn också till konsekvensens storlek, så att den förväntade kostnaden (sannolikheten * konsekvensen) ändå kan accepteras.

5.6.2 Konsekvensklasser och sannolikhetsklasser: Riskmatris

Ett vanligt sätt att ange konsekvenser och sannolikheter är att använda konsekvens- och trolighetsklasser. Detta sätt är det vanliga när man använder riskmatriser.

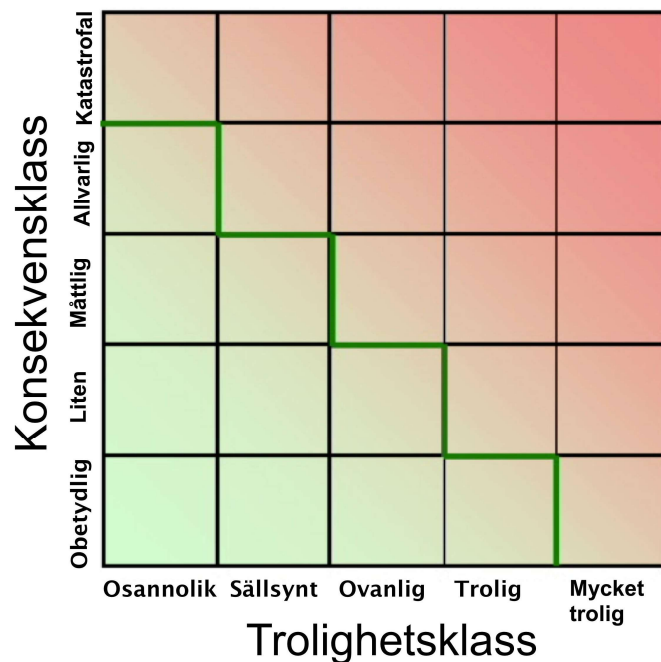
Trolighetsklasser och konsekvensklasser kan anges enligt nedan. Givetvis måste dessa klasser vara definierade, både vad gäller trolighet och konsekvensens storlek, för de olika konsekvenskategorierna.

Trolighetsklasser

- Osannolik
- Sällsynt
- Ovanlig
- Trolig
- Mycket trolig

Konsekvensklasser

- Obetydlig
- Liten
- Måttlig
- Allvarlig
- Katastrofal



Figur 13 Riskmatris med trolighets- och konsekvensklasser

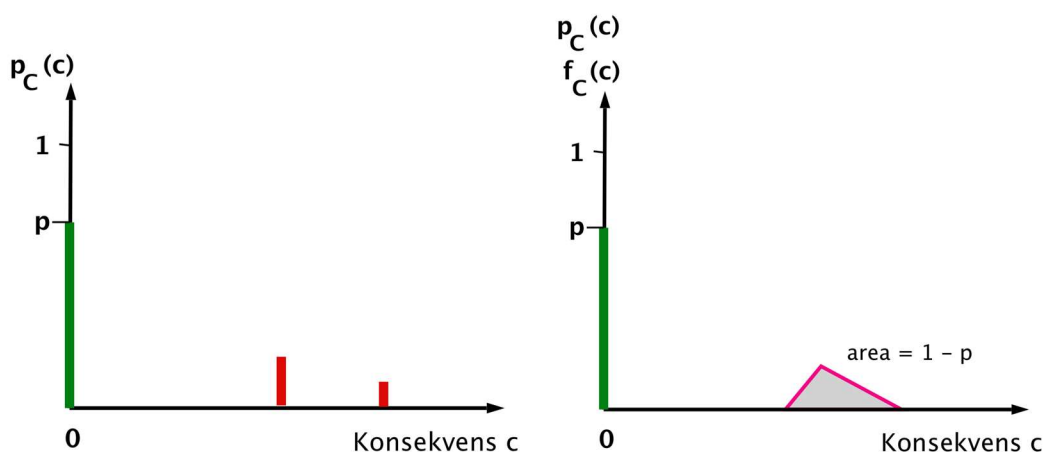
5.6.3 Riskpoäng

När man använder riskmatriser presenterar man ofta risken genom att multiplicera konsekvensklass och trolighetsklass, där båda identifieras med heltal. Det tal – riskpoängen ("score") – som man får fram, används då som beslutsunderlag. Två risker, med mycket stor skillnad i förväntad konsekvens (kanske 100 gånger), kan nämligen få samma riskpoäng. Denna metod har alltså betydande svagheter och bör undvikas, eftersom beslutsunderlaget för riskutvärderingen blir snedvridet. Vår rekommendation är därför att endera klassen inte anges med siffror utan med bokstäver, så att kombinationerna får beteckningar som 4B (istället för $4 \cdot 2 = 8$ riskpoäng) eller 2D (som också skulle få $2 \cdot 4 = 8$ riskpoäng). Det viktiga är att fattar sina beslut baserat på placeringen i tvådimensionella matrisen och inte på den framräknade riskpoängen. Se Hubbard & Evans (2010) för vidare diskussion av problem med riskpoäng.

5.6.4 Konsekvens och sannolikhet i siffror

Ett mer avancerat sätt att redovisa risker är att ange deras komponenter, sannolikhet och konsekvenser i siffror, eventuellt som statistiska fördelningar. Detta är mer entydigt än att använda klasser, men kräver en del statistiskt kunnande.

I Figur 14 visas hur en risk kan beskrivas som fördelningar. Den vänstra figuren visar fallet där man är villig att beskriva de två möjliga negativa utfallen som diskreta värden med varsin sannolikhet, den högra figuren visar fallet där man anser att konsekvensen ligger inom ett spann och beskrivs med en triangelfördelning. Med konsekvens menar vi här avvikelser från det förväntade värdet. Det finns alltså i båda fallen en (stor) sannolikhet att konsekvensen = 0 (grönt i figuren), det vill säga att risken inte faller ut, utan resultatet blir som vi förväntade.



Figur 14 Sannolikheter för olika utfall. Vänster: Konsekvens som diskreta utfall. Höger: Konsekvensen beskriven med en täthetsfördelning.

Del III

Exempel

I dessa exempel visar vi hur verktygen för strukturerad riskhantering, som introducerats i tidigare kapitel, kan användas i vanliga typer av byggprojekt. Särskilt fokus ligger på hur man skaffar sig en bra systemförståelse som grund för riskhanteringen och utifrån denna förståelse sedan strukturerat arbetar med de risker som finns i systemet, med hjälp av de tillgängliga verktygen.

I det första exemplet illustrerar vi hur en Entreprenör strukturerat kan hantera risker under anbudsskedet vid grundläggningen av en byggnad, i enlighet med vägledningen i Kapitel 3 för man skapar sig en systemförståelse. Underlaget för detta exempel är hämtat från vår tidigare rapport (Spross m.fl. 2015). Denna tidigare rapport behandlar grunderna för riskhantering och rekommenderas varmt för den som saknar dessa. Tillsammans skapar exemplen i de två rapporterna en god bild av hur en strukturerad riskhantering kan gå till.

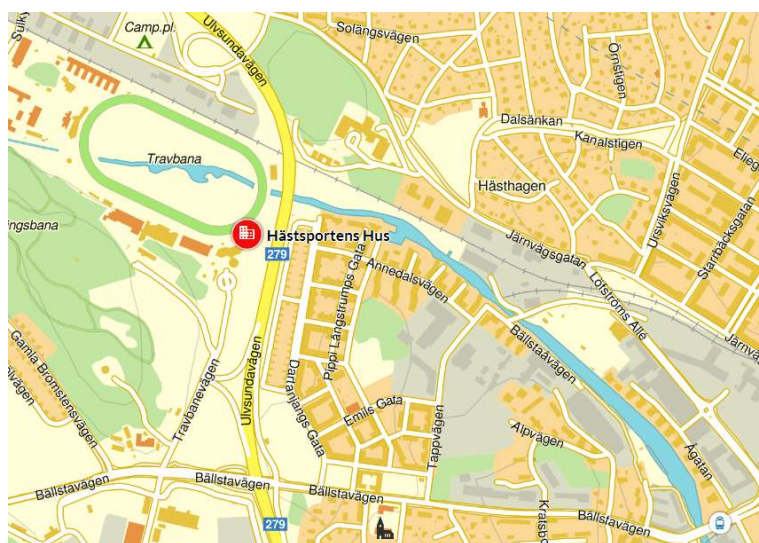
I det andra exemplet illustrerar vi istället hur en Beställare kan tillämpa samma strukturerade metodik för att hantera risker vid en upphandling av ett konsultuppdrag.

Exempel I

6 Grundläggningen av Hästsportens hus: riskhantering i anbudsskedet

6.1 Bakgrundsbeskrivning

Byggherren AB Trav och Galopp planerar att bygga ut Hästsportens hus vid Solvalla för att bättre kunna utföra sin verksamhet. Byggherren gör därför en upphandling under konkurrens avseende mark- och grundläggningsarbeten i form av en totalentreprenad. I entreprenaden ingår även, med avvikelse från ABT06 § 11, att upprätta bygglovshandlingar. Entreprenaden omfattar en tillbyggnad av befintliga hus med ett nytt kontorshus med fem våningar och en källare. I det befintliga huset finns en vibrationskänslig serverhall för spelverksamheten. Detta innebär att schaktning och spontning behöver utföras mycket nära både den befintliga travbanan och den befintliga byggnaden se Figur 15 och Figur 16. I detta läge har Byggherren tillsammans med sin konsult, en arkitektbyrå, sökt och fått ett positivt förhandsbesked för bygglov.



Figur 15 Platsen för Hästsportens hus, Solvalla, Sundbyberg. Publicerat med tillstånd av hitta.se



Figur 16. Utbyggnaden av Hästsportens hus idag. Arbetet med schaktning och spontning kom att utföras bara några meter från travbanan. Foto: Johan Spross.

6.2 Förfrågningsunderlag

Ett förfrågningsunderlag skickas ut med förhoppning om anbud från entreprenadföretag. Underlaget sammanfattas i det följande med särskilt fokus på de geotekniska förhållandena och möjligheterna att genomföra grundläggningsarbetena.

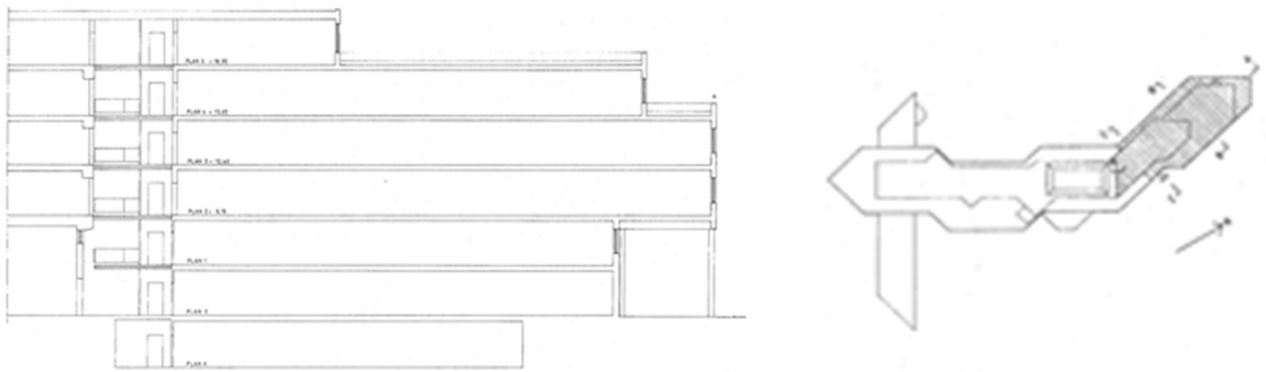
Förfrågningsunderlaget innehåller:

- Funktionskrav och beskrivning av byggnaden i form av bland annat arkitekturritningar. Se Figur 17
- Geoteknisk undersökning och utlåtande utförd av en geoteknisk konsult på uppdrag av Byggherren. Resultatet av undersökningen sammanfattas nedan.
- Resultat från fackmässig undersökning enligt ABT06 §6 i form av tidigare utlåtande gällande geoteknisk undersökning för närliggande hus.
- Redogörelse för av Beställaren identifierade risker. Detta inskränker sig till:
 - Verksamheten runt byggarbetsplatsen får inte påverkas, vilket inkluderar att själva travbanan förblir plan och jämn; hästar kan an-

nars skada sig ifall oväntade markrörelser har uppstått. Särskilt kritiskt är genomförandet av tävlingen Elitloppet i maj månad, då många mycket värdefulla hästar kommer att vistas på banan.

- Grundläggningen (pålning) för befintligt hus får inte skadas.
- Befintligt hus ska kontrolleras vad gäller sättningar och vibrationer (riktvärden anges dock inte)
- Krav på en av Entreprenören gjord riskbedömning för vald schaktmetod och grundläggning, vilken skall godkännas av Byggherren före utförandet.
- I anbudet skall redovisas en översiktlig riskbedömning för entreprenaden

Utlåtandet anger att acceptabla tekniska lösningar är att byggnaden grundläggs med stödpålar eller grävpålar till ”fast botten”, samt att källaren utförs i vattentät konstruktion, där det för upptryck beaktas att vattenytan i Ballstaån kan stiga till nivå +1,2 m.



Figur 17 Förslagsritning sektion och plan på tillbyggnad (skrafferat i plan).

6.3 Introduktion till exemplets riskhantering

Riskhantering i anbudsskedet avser arbetet som anbudsgivaren (d.v.s. entreprenadföretaget) gör för att ta fram ett konkurrenskraftigt anbud som skickas till Byggherren. För att kunna ta fram en lämplig design och utförandemetod och en därtill konkurrenskraftig prissättning, så krävs att tillhörande risker är identifierade och bedömda. För att kunna göra en bedömning av riskerna måste anbudsgivaren ha en god förståelse av hur de geotekniska förutsättningarna och omgivningen i övrigt påverkar möjligheterna att framgångsrikt utföra entreprenaden. Detta kapitel illustrerar hur man som anbudsgivare kan skaffa sig en sådan förståelse genom en strukturerad analys av förutsättningarna (avsnitt 6.5 och 6.6). Därutöver visar vi

hur identifierade risker (avsnitt 6.7) kan analyseras genom bedömningar av trolighet och konsekvenser för respektive risk och därefter redovisas på ett systematiskt och rättvisande sätt (avsnitt 6.8).

Den här typen av analyser görs naturligtvis i dag redan på ett eller annat sätt i alla anbudsfordaranden, men vi vill i denna rapport peka på hur man med enkla metoder kan strukturera upp analysen och därmed höja dess kvalitet.

6.4 Organisering av riskhanteringen i anbudsskedet

Som en del av arbetet med att ta fram anbudet etablerar Anbudsgivaren riskhantering i sin organisation. Detta görs genom att den som är ansvarig för hela anbudet ser till att man vid ett tidigt möte om anbudet diskuterar övergripande riskhänsyn, klarar ut kommunikationsvägar, bestämmer riskägare och riskhanteringsklass. Man bestämmer också vilka acceptanskriterier som skall gälla i detta projekt.

Följande kompetenser är särskilt betydelsefulla vad gäller den geotekniska riskhanteringen:

- Anbudsansvarig för geoteknisk del av anbudet (d.v.s. den som denna del i anbudet)
- Ansvarig kalkylator för grundläggning
- Geoteknisk konsult
- Anbudsansvarig för byggteknisk del av arbetet (för samordning)

Man bestämmer också tid för ett möte där man stämmer av riskidentifieringen och sammanställer en förteckning över risker som måste hanteras i anbudet och lämpliga sätt att göra det. Följande punkter bör behandlas:

- 1) Omfattning och avgränsning av riskhanteringen: Uppgiften är att arbeta med georisker som är förknippade med schakt, grundläggning och masshantering.
- 2) Identifiering av riskägare: I skedet för anbudet är anbudsansvarig för delprojektet riskägare och för det slutliga anbudet är företagets ombud riskägare.
- 3) Bedömning av riskhanteringsklass: Eftersom man insett att det kan finnas besvärliga geotekniska risker och att både grundkonstruktionen och den temporära konstruktionen för schakt blir tekniskt komplicerade, så väljer

riskägaren i detta skede att ansätta riskhanteringsklass 2 (se Bilaga E i SGF 2017). (Om det i senare skede visar sig vara ännu mer komplicerat, kan riskhanteringsklassen behöva revideras till klass 3, vilket gör att en expertkunskap tillförs till projektet.)

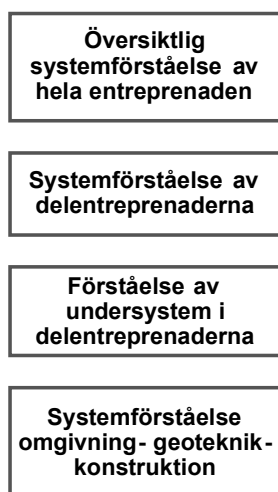
- 4) Resurstilldelning: Riskägaren (anbudsansvarig) ser till att riskhanteringen ryms inom anbudsarbetet och ger vid behov tillstånd att anlita extern expertis.
- 5) Kommunikationsvägar: riskhanteringen av georisker ska i skäligen omfattning dokumenteras och delges:
 - a. Anbudsansvarig för delanbud hus
 - b. Ansvarig för hela anbudet
- 6) Riktlinjer för acceptans av risker: endast geotekniska risker som kan medföra konsekvenser som kan innebära ekonomiska förluster eller annan skada större än vad som företagets riskpolicy anger.

6.5 Systemförståelse av entreprenaden

6.5.1 Introduktion

I anbudsskedet skaffar sig Anbudsgivaren en systemförståelse för att klargöra vilka krav som ställs på entreprenaden. Man identifierar ingående funktioner och bedömer vilka som är kritiska om man får entreprenaden och hur de kan behandlas (tekniskt och entreprenadjuridiskt).

För att få ett strukturerat arbetssätt och för att lättare kunna kommunicera väljs att göra systemskisser i olika nivåer i en hierarki. Den visas i Figur 18.



Figur 18 Hierarki för systemskisser

6.5.2 Översiktlig systemförståelse av hela entreprenaden

I Figur 19 visas de funktioner som Anbudsgivaren ser som nödvändiga för att en erhållen entreprenad skall kunna genomföras på ett godtagbart sätt. Vi fokuserar på geo-problemen i denna rapport. Systemskisserna görs som blockdiagram (Reliability Block Diagrams) se Avsnitt 3.1.4. Blockdiagrammet för systemet Hela entreprenaden visas i Figur 19. I figuren visar blocken de viktiga delmoment i entreprenaden som man identifierat som nödvändiga för att entreprenaden skall lyckas om man vinner den. Eftersom alla dessa delmoment måste fungera är det frågan om ett seriesystem. Observera att i denna typ av struktur redovisar man de funktioner som måste finnas för att systemet i sin helhet skall fungera inte någon arbetsordning eller dylikt. Funktionerna i diagrammet är därför inte ritade i någon kronologisk ordning.



Figur 19 Systemskiss över hela entreprenaden

De ingående delarna kommenteras nedan.

- Bygglov
 - I entreprenaden igår i detta fall att ta fram fullständiga bygglovs-handlingar. Detta gäller både arkitektur och konstruktioner. Resurser måste finnas för detta så att bygglovet fås i tid, annars blir entreprenaden i sin helhet försenad. Man har visserligen ett positivt förhandsbesked, men både framtagandet av handlingar och myndighetsbehandlingen kan ta tid.
- Tidplan
 - Tidplanen för utförandet är snäv, med hänsyn bland annat till byggherrens verksamhet.
- Delentreprenad schakt och grundläggning
 - Påverkar övriga delentreprenader, efter dessa inte kan påbörjas innan grundkonstruktionen är klar.
- Delentreprenad hus
 - Gäller källarvåning och huskropp över mark. Det finns ett tydligt beroende av Delentreprenad schakt och grundläggning och av att

bygglov erhålls i tid. Viktigt att man har ett fungerande designsamarbete mellan delentreprenaderna

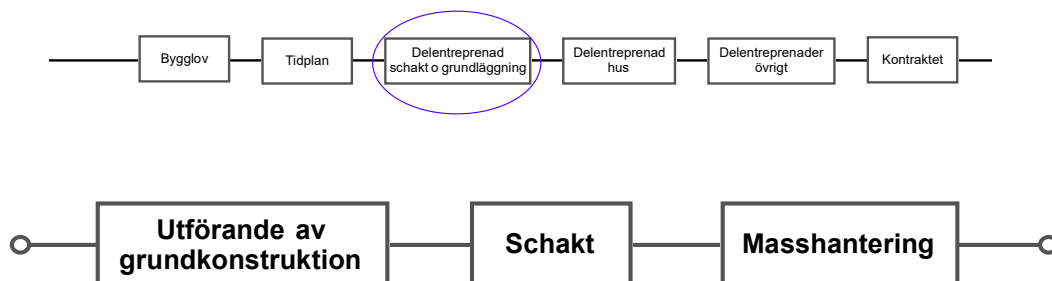
- Delentreprenader övrigt
 - Detta avser omkringliggande markarbeten, installationer, ledningar och liknande som ingår i entreprenaden.
- Kontraktet
 - För att entreprenaden skall bli lyckad måste Kontraktet fungera ur Entreprenörens synvinkel så att osäkerheter är acceptabla och placerade hos rätt part. (Anbudsformuleringarna måste beakta sådana osäkerheter.)

Anbudsgivaren gör erfarenhetsmässigt bedömningen att Delentreprenad schakt och grundläggning är förknippad med påtagliga geotekniska och andra osäkerheter och måste analyseras på en detaljerad nivå. Den analys som görs redovisas nedan. (Givetvis analyseras också de andra delarna i lämplig omfattning, men i exemplet visar vi bara den delentreprenaden.)

6.5.3 Beskrivning av delentreprenaden schakt och grundläggning

Man börjar med att titta på det system som utgörs av schakt och grundläggning, först översiktligt, sedan mer detaljerat. Systemets huvudfunktioner visas i Figur 20. I figuren har för tydlighetens skull "Grundläggning" ersatts med "Utförande av grundkonstruktion". "Schakt" omfattar både erforderliga stödkonstruktioner för schaktningens utförande och själva schaktningen. "Masshantering" avser omhändertagande och borttransport av schaktmassorna.

De olika delarna kan i sin tur delas upp i sina nödvändiga funktioner. De beskrivs nedan som undersystem till delarna i systemet i Figur 20.



Figur 20 Översiktlig systemskiss schakt och grundläggning

6.5.3.1 Beskrivning av undersystemet Utförande av grundkonstruktion

Utförandet av grundkonstruktionen som skall utföras innehåller ett antal nödvändiga funktioner, som man behöver definiera i ett första steg (Figur 21). Dessa funktioner påverkas av bakomliggande faktorer, såsom vald huskonstruktion och befintliga förhållanden hos byggplatsen och omgivningen, vilket i sig inkluderar geotekniska förhållanden, grundkonstruktionen för befintligt hus, valt utförande av schakt och masshanteringen. Kopplingen mellan dessa faktorer och funktionerna styrs av hur omgivningen, geotekniken och den valda konstruktionen samverkar. Detta beskrivs i avsnitt 6.6. De väsentliga funktionerna är i huvudsak ett seriesystem eftersom de antingen är absolut nödvändiga eller mycket önskvärda. Därför bör eller måste alla uppfyllas.



Figur 21 Undersystemet Utförande av grundkonstruktion.

Kommentarer till några av funktionerna:

Funktionen: I FU accepterad teknisk lösning

Det är ju så att det i FU anges accepterade tekniska lösningar, men det kan vara möjligt att hitta för Entreprenören fördelaktigare tekniska lösningar som kan godtas. De blir då ett parallellsystem till de i FU accepterade lösningarna eftersom endera lösningen kan användas i anbudet.

Funktionen: Anpassning till schaktmetod

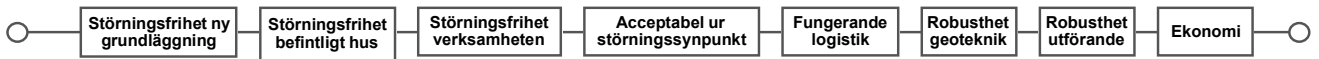
Utförandet av grundkonstruktionen påverkar och påverkas av vald schaktmetod, inklusive ev. stabiliserande åtgärder som spont. Detta gäller utrymmesmässigt, inklusive transporter, tidsmässigt och påverkan på förhållanden som är viktiga för schakten, t.ex. störning av jorden.

Funktionen: Robusthet

Vi vill välja en metod för utförande av grundkonstruktionen som är robust i betydelsen att små skador inte får stora konsekvenser. Metoden bör t.ex. tåla avvikelser i indata utan att det leder till att en helt annan metod måste väljas. Den bör också vara robust vad gäller antagna belastningar så att det finns viss flexibilitet i konstruktionen av huset.

6.5.3.2 Beskrivning av undersystemet Schakt

På samma sätt som för undersystemet Utförandet av grundkonstruktionen, arbetar man med att definiera funktioner, samt identifiera påverkande bakomliggande faktorer och tillhörande osäkerheter, avseende undersystem Schakt. Exempel på nödvändiga eller önskvärda funktioner hos Schakten visas i Figur 22.



Figur 22 Undersystemet Schakt. Funktionskrav

Kommentarer till några av funktionerna:

Funktion: Störningsfrihet befintligt hus

Det befintliga huset är grundlagt på pålar. Schakten skall därför utföras så att pålarna inte skadas.

Funktion: Störningsfrihet verksamheten

Eftersom verksamheten bedrivs både i befintligt hus och på travbanan, måste schakten göras så att störningar inte uppkommer. Det kan gälla både buller och vibrationer, men också rörelser i jorden som påverkar banan.

Funktion: Störningsfrihet ny grundläggning

Det nya huset grundläggs på pålar som troligen installeras innan schakten. Funktionen hos dessa pålar får inte störas av schakten (rubbning ur läge etc.)

Funktion: Robusthet geoteknik och utförande

Robusthet innebär att störningar inte skall ge oproportionerliga följder. Man bör inte basera anbudet på en stödkonstruktion och schaktmetod som är onödigt känsliga och som kan ge problem. För geotekniken kan det gälla att välja en metod som kan hantera avvikelser t.ex. vad gäller lerans skjuvhållfasthet. För utförandet bör kravet vara att schaktmetoden skall vara robust när det gäller ingående komponenter, t.ex. att bortfall av strävor eller stag inte får mycket stora konsekvenser.

6.5.3.3 Beskrivning av undersystemet Masshantering

På samma sätt kan man också beskriva undersystem Masshantering (Figur 23).



Figur 23 Undersystemet Masshantering. Funktionskrav

Kommentarer till några av funktionerna:

Funktion: Störningsfrihet schakt

Masshanteringen måste vara utformad så att den inte stör schakten, utrymmes-
mässigt och arbetsmässigt

Funktion: Störningsfrihet omgivning

Masshanteringen skall inte störa omgivningen på ett oacceptabelt sätt, genom ex-
empelvis buller eller vibrationer. Här skall man också beakta störningar på trafiken
i området.

6.6 Systemförståelse av omgivning–åtgärd–organisation

6.6.1 Arbetssätt

För att förstå hur entreprenadens funktioner och bakomliggande faktorer är kopp-
lade, behövs en tydlig beskrivning av detta. Denna beskrivning kallar vi ”systemet
omgivning–geoteknik–konstruktion”. Det krävs en systemförståelse för hur om-
givningen står i relation till funktionerna och till möjliga konstruktionsutform-
ningar. Skapandet av systemförståelsen är en iterativ process, eftersom omgiv-
ningen påverkar möjliga lösningar samtidigt som olika lösningar kan kräva förstå-
else av olika aspekter på omgivningen. Syftet med detta arbete är att fundera över
alla aspekter som kan påverka valet av konstruktion.

6.6.2 Skapande av förståelse av omgivningen och byggplatsen

6.6.2.1 Miljö allmänt

Den planerade tillbyggnaden ligger på ett plant område nära travbanan och Bäll-
staån.

6.6.2.2 Bebyggelse

Befintlig bebyggelse som kan påverkas är dels Hästsportens hus dels travbanan.
Hästsportens hus är det hus som skall byggas till. Det är enligt uppgift grundlagt
på slagna stödpålar och har ingen källarvåning. Travbanan ligger som närmast 8–
10 m från den kommande tillbyggnadens källardel.

Någon tidigare, nu riven bebyggelse är inte angiven i FU. Vid platsbesök erhöles dock muntliga uppgifter om att det i området tidigare funnits en uppfyllnad på vilken en träläktare var placerad. Efter förfrågan till Beställaren bekräftades detta och Anbudsgivaren sammanställde den bild som visas i Figur 17. Denna information visar sig vara av avgörande betydelse för att förstå det geotekniska sammanhanget (sektion 3.4).

6.6.2.3 Anordningar under mark

Anordningar under mark som kan ha inverkan på anbudet gäller:

- Befintliga och slojade ledningar och brunnar
- Befintliga och slojade kablar
- Undermarksanläggningar

I FU nämns förekomsten av VA-ledningar inom området i det geotekniska utlåtandet, men vid Anbudsgivarens platsbesök kunde inga brunnar eller ledningsmarkeringar observeras. Några elkablar eller övriga anordningar finns inte upptaget i FU.

6.6.2.4 Verksamheter

Pågående verksamhet är dels hästsport (träning och tävling) på banan, dels spelverksamhet. Vid tävling besöks travbanan av ett stort antal åskådare. I FU ställs kravet på störningsfrihet, särskilt vid prestigefyllda tävlingar (Elitloppet).

6.6.2.5 Möjliga föroreningar

Inga kända föroreningar angivna i FU, inte heller någon känd tidigare verksamhet som kan ha förorenat. Vid Entreprenörens platsbesök observerades inget som kan peka på föroreningar

6.6.2.6 Infrastruktur

Ligger intill Ulvsundavägen (väg 279) som nås via en mindre väg.

6.6.2.7 Flora och fauna

Inget särskilt angivet i FU.

6.6.2.8 Kulturmiljö

Inga kulturhistoriska byggnader etc. finns kända.

6.6.3 Skapande av förståelse av geotekniskt sammanhang

6.6.3.1 Geologi

Jorden utgörs av morän på berg i den södra och sydvästra delen. I övrigt utgörs jorden av fyllning på postglacial lera på morän på berg. Jorddjupet skattas till 5 à

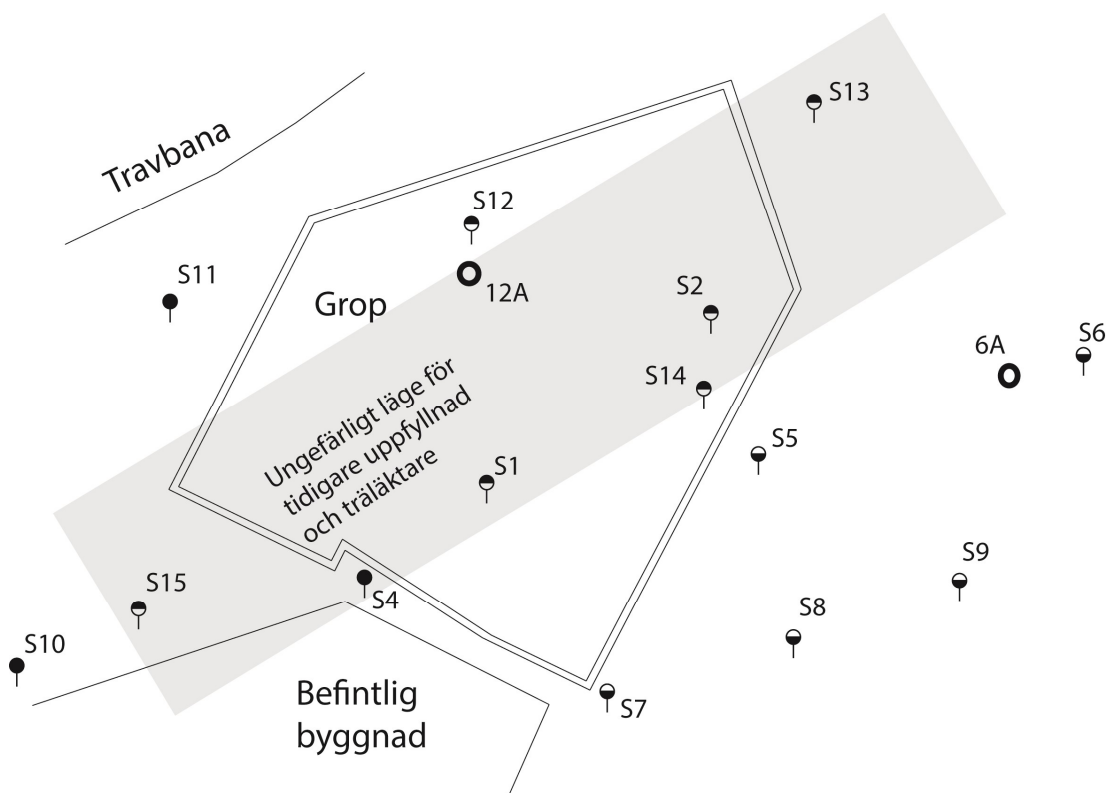
10 m. Där själva travbanan ligger anges jorden som gyttjelera eller lergyttja. Bällstaån har meandrat och gör att området är geologiskt inhomogent.

6.6.3.2 Grundvatten

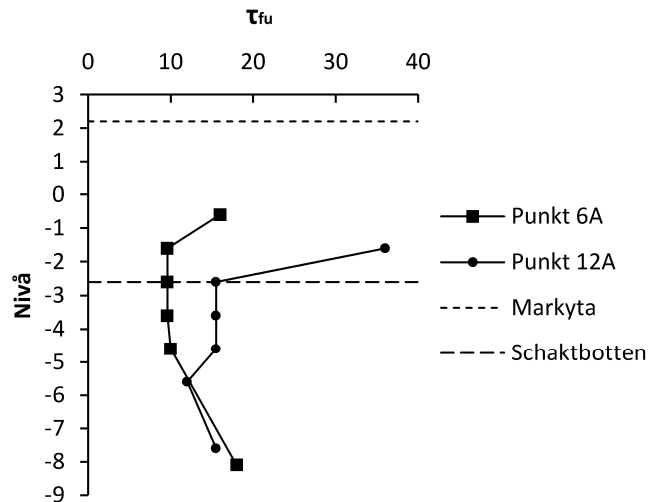
Enligt FU gäller att grundvattenytan har uppmätts variera mellan nivå +1,1 m och +0,8 m och byggnaden ligger cirka 80 m från vattendraget Bällstaån. Man kan räkna med att det finns ett hydrauliskt samband mellan Bällstaån och byggnadsområdet via befintliga ledningssystem och utfyllnader med permeabel friktionsjord.

6.6.3.3 Geoteknik

I Byggherrens konsults utlåtande framgår att undersökningar har utförts med vikt- och hejarsondering samt kolvprovtagare i två punkter. Utöver rutinanalyser har proverna analyserats med enaxliga tryckförsök på kalkinblandad lera för att ge förutsättningarna för kalkpelarförstärkta slänter. Sonderings- och provtagningspunkterna visas i Figur 24. Skjuvhållfastheten mot djupet redovisas för de två provtagningspunkterna i Figur 25.



Figur 24 Schaktens ungefärliga läge i plan, samt sonderings- och provtagningspunkter. Gropen kommer vara belägen nära både travbanan och befintlig del av Hästsportens hus.



Figur 25 Den uppmätta skjuvhållfastheten (oreducerad) i leran skiljer sig signifikant mellan de två punkterna. Punkternas läge ses i Figur 24.

När det gäller de geotekniska förhållandena anges att marknivån ligger inom den planerade byggnaden runt +2,2 m. Det översta jordlagret utgörs där av fyllning med varierande sammansättning och mäktighet, 1,0–3,5 m (främst grusig sand och sandigt grus, men även krossmaterial). Under fyllningen följer gytig lera till 3–4 meters djup och därunder lera som mot djupet blir varvig. Lerdjupet inom byggnadsytan varierar mellan 16–19 m. Stopp vid hejarsondering har erhållits på djup mellan 17–22 m. Leran har hög vattenkvot och låg skjuvhållfasthet, 9,6–16 kPa, undantaget en nivå med 36 kPa.

Entreprenören har även från ett äldre geotekniskt utlåtande fått kännedom om att det i området tidigare har funnits en högre uppfyllnad i form av en vall, på vilken en träläktare fanns uppställd. Det ungefärliga området som kan vara påverkat om den tidigare uppfyllnaden har markerats i grått i Figur 24. Det äldre utlåtandet anger också mycket låga skjuvhållfastheter (vingsond 9 kPa, konförsök 11 kPa) samt att sättningar pågår i området, orsakade av utbredda uppfyllningar. Leran bedömdes då som mycket kompressibel, men att sättningarna utbildas långsamt.

6.6.4 Tolkning av geotekniskt sammanhang

Utifrån tillgängligt material skapas en konceptuell modell som beskriver vad man har att förvänta sig i området (jfr. avsnitt 3.4). I arbetet med detta inser man att skjuvhållfastheten i leran varierar kraftigt inom området (Figur 25): de två provtagningpunkterna skiljer sig åt kraftigt. Även viktsonderingarnas resultat indikerar

hållfasthetsvariation inom området. Därför kan det inte uteslutas att skjuvhållfastheten till och med underskrider det lägre redovisade värdet åtminstone i någon del av området. Informationen om den tidigare uppfyllnaden för träläktaren kan dessutom vara förklaringen till den i punkt 12A uppmätta högre skjuvhållfastheten, som alltså kan ha uppstått genom konsolidering på grund av den tidigare överlasten.

6.6.5 Möjliga konstruktioner utifrån omgivning och geoteknik

6.6.5.1 Kondensat av väsentligheter i omgivning och geotekniskt sammanhang

Inför preliminärt val av konstruktionstyp för schakten, som man kan utgå ifrån vid riskidentifieringen, sammanfattas och värderas den tillgängliga informationen. Schakten har en storlek på ca 26 x 36 m². Schaktbotten ligger i lera, ungefär 4,8 m under markytan. Lerans skjuvhållfasthet är mycket låg och ligger troligen runt 10 kPa. Sättningar är att förvänta från de planerade byggnadsarbetena på grund av den kompressibla leran. En komplicerande faktor är kravet på att inte störa verksamheten på travbanan som ligger alldeles intill byggarbetsplatsen.

Anmärkning: här finns möjlighet för Anbudsgivaren att beakta entreprenadjuridiska aspekter vid val av indata. Dessa möjligheter diskuteras inte ytterligare här.

6.6.5.2 Alternativ för schakten

För stabilisering av schakten kan man överväga flera olika metoder. Huvudgrupperna är

- Schakt med slänt
- Jordförstärkning och schakt med brantare slänt
- Spontning för schakten

Nedan diskuteras översiktligt möjligheterna att använda några olika alternativ.

Schakt med slänt

En överslagsberäkning som görs visar på en låg säkerhetsfaktor även om man gör en avschaktning på släntkrön. Förslaget lämnas därhän.

Jordförstärkning och schakt med brantare slänt

Beräkningar pekar på att man troligen kan uppnå acceptabel stabilitet, men andra faktorer som tid, fyllningslagret, temporär hållfasthetsnedsättning, möjliga störningar av omgivningen mm är negativa.

Spontning för schakten

Sponten måste fylla flera krav, se avsnitt 6.5.3.2. Viktigast bedöms kraven vara på att inte störa verksamheten och att inte skada befintlig grundläggning eller orsaka otillåtna rörelser. Ett närliggande krav gäller robusthet, d.v.s. att en skada på spontsystemet inte får leda till oproportionerliga följdskador.

Bakåtförankrad spont

En bakåtförankrad spont bedöms möjlig, men kräver troligen flera hammarband och speciella åtgärder vid schakten. Stagsättning in under befintligt hus, vilket är pålat, kan bli aktuell.

Strävad spont

En strävad spont kan vara möjlig, om den kombineras med särskilda säkerhetshöjande schaktningsåtgärder, som stegvis schaktning i långa remsor och ifyllning med grovbetong som mothållande tyngd och för att ge mothåll åt strävorna.

Spont kombinerad med jordförstärkning

En jordförstärkning kombinerad med spont minskar stabilitetsproblemen, men har nackdelar, t.ex. genom att förstärkning och spontslagning måste ske med tidsmässig anpassning.

Sammantaget bedöms en strävad spont med särskilda schaktningsåtgärder utgöra det bästa alternativet att gå vidare med. Dock måste samverkan mellan spont och grundläggning beaktas innan man kan välja första ansats till teknisk lösning att gå vidare med.

6.6.5.3 Grundläggning

Grundläggningen av huset kan göras på olika sätt. I Förfrågningsunderlaget är stödpålar eller grävpålar till ”fast botten” en accepterad teknisk lösning. I anbudsarbetet begränsar man sig därför till dessa metoder även om andra metoder t.ex. jordförstärkning skulle kunna vara ett alternativ.

Vid val av grundläggningsmetod skall man också ta hänsyn till grundvattnet, angiven högsta nivå är +1,2 m. Hänsyn skall tas till kraven på en vattentät källare och att huset kan motstå lyftande krafter.

Man överväger följande alternativ:

- Slagna spetsbärande pålar
 - Slagna från markytan
 - Slagna från schaktbotten
- Grävpålar

6.6.6 Vald konstruktion inför riskidentifieringen

Utifrån ovan diskuterade möjligheter väljs alternativet med strävad spont kombinerat med särskilda schaktningsåtgärder och grundläggning med pålar slagna från en avschaktad markyta. Detta utgör huvudalternativet för anbudet i den kommande riskbedömningsprocessen, där geoteknikern utifrån tidigare bestämda funktionskrav och den egen förståelse av ”systemet” och omgivningen skall identifiera hot och konsekvenser för konstruktionen. Detta beslut föregås av en överslagsmässig bedömning av riskerna och kostnaderna för andra konstruktionsalternativ. Detta redovisas dock inte i den här rapporten.

6.6.7 Beskrivning av valt system för schakt–grundläggning

6.6.7.1 Teknisk beskrivning av arbetsgången

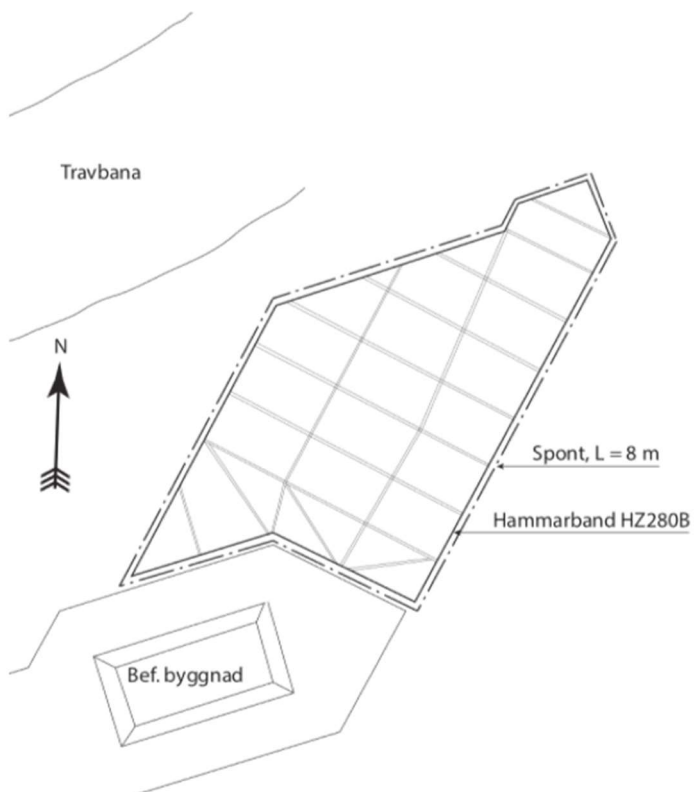
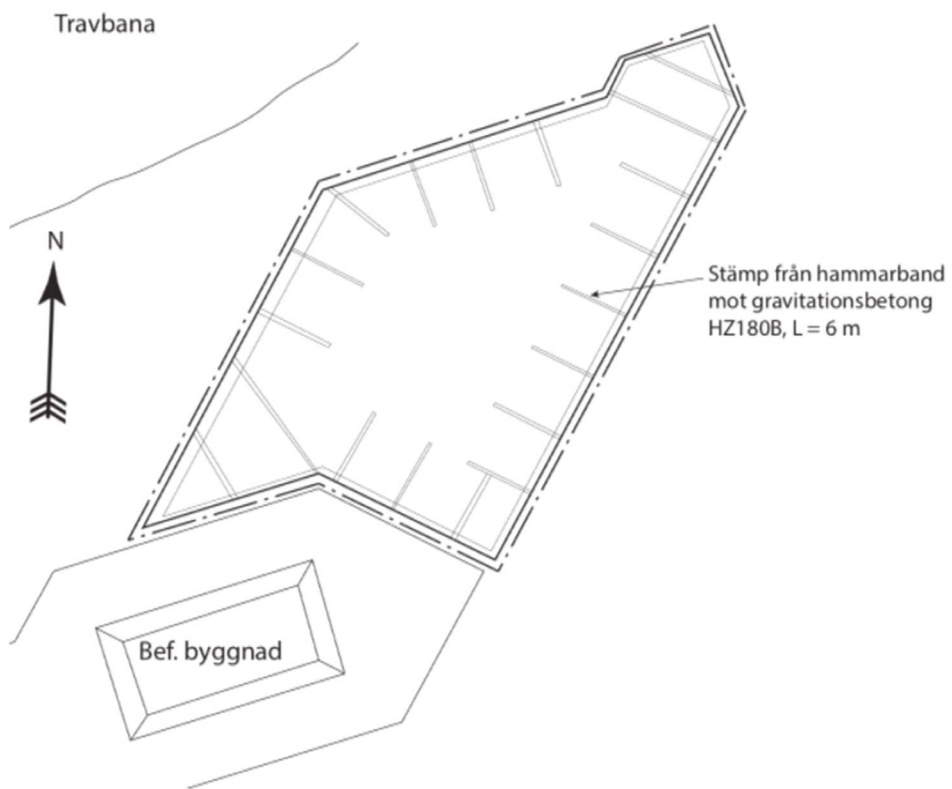
Inför riskidentifieringen görs en första ansats till att beskriva arbetsgången för det valda konstruktionsalternativet. Entreprenören inser att den låga skjuvhållfastheten gör konstruktionen komplicerad.

Ett förslag på arbetsgång som beaktar de komplexa förutsättningarna ges i det följande. En erfaren extern expert har tagit fram den tekniska lösningen och bedömer att konstruktionen är genomförbar, trots låga säkerhetsfaktorer. Det finns dock flera risker med lösningen, vilka beaktas i kommande riskhanteringsarbete. Notera att det är riskägaren som har ansvaret och tar besluten och konsekvenserna av besluten. Den föreslagna preliminära arbetsgången för den tekniska lösningen ges nedan och illustreras i Figur 26 och Figur 27.

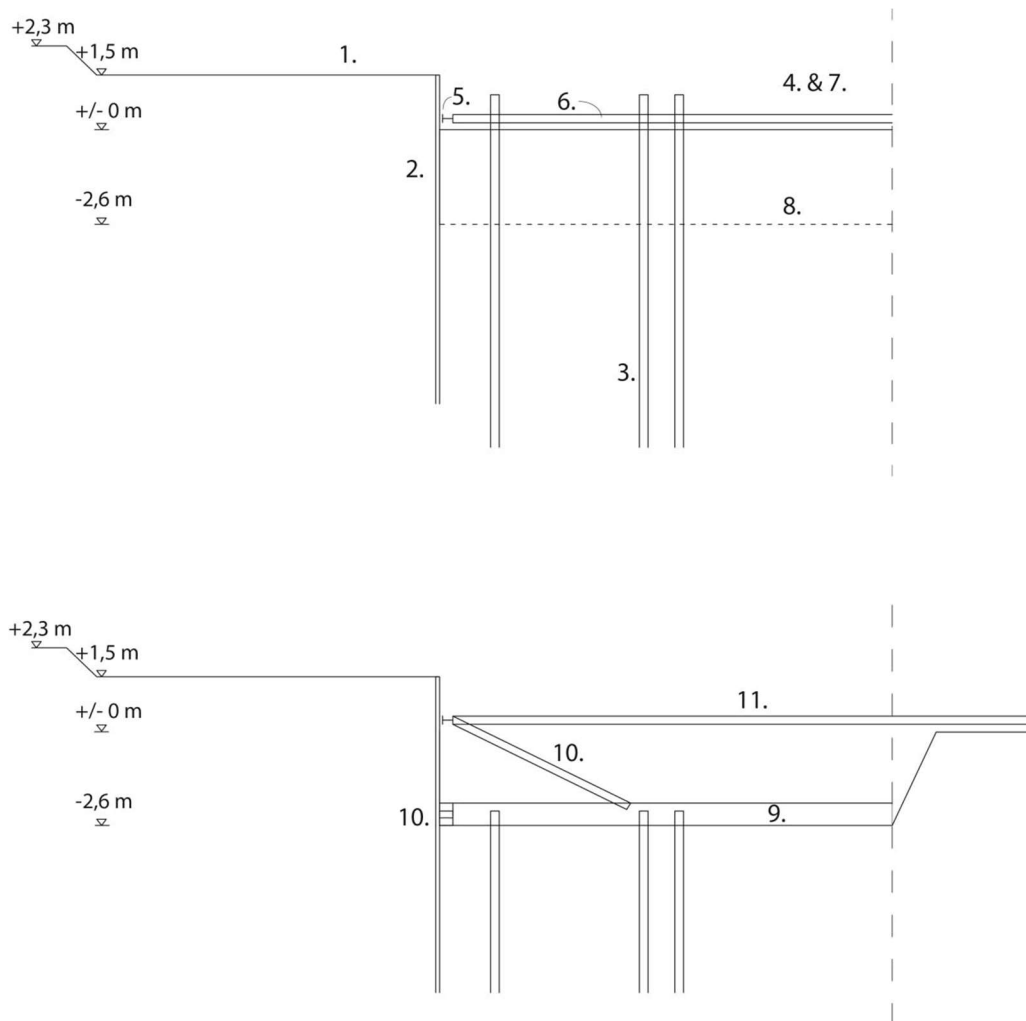
Numreringen avser arbetsgången i listan.

Föreslagen arbetsgång:

1. Avschaktning till nivån +1,5 m både inom schakten och ut till 8 m från schakten.
2. Spontning av hela gropen.
3. Pålning med betongpålar.
4. Schaktning i gravar till nivån +/- 0 m.
5. Montering av hammarband.
6. Montering av provisorisk stämp tvärs över hela gropen.
7. Avschaktning till +/- 0 m inom hela gropen.
8. Försiktig schaktning i etapper till nivå -2,6 m (bredd: 13 m, längd: 5 m), så att pålarna inte skadas.
9. Gjutning av grovbetong.
10. Stämpning mot plattan på 2 nivåer efter två utförda schaktetapper.
11. Demontering av provisorisk stämp.



Figur 26 Strävad spont. Plan



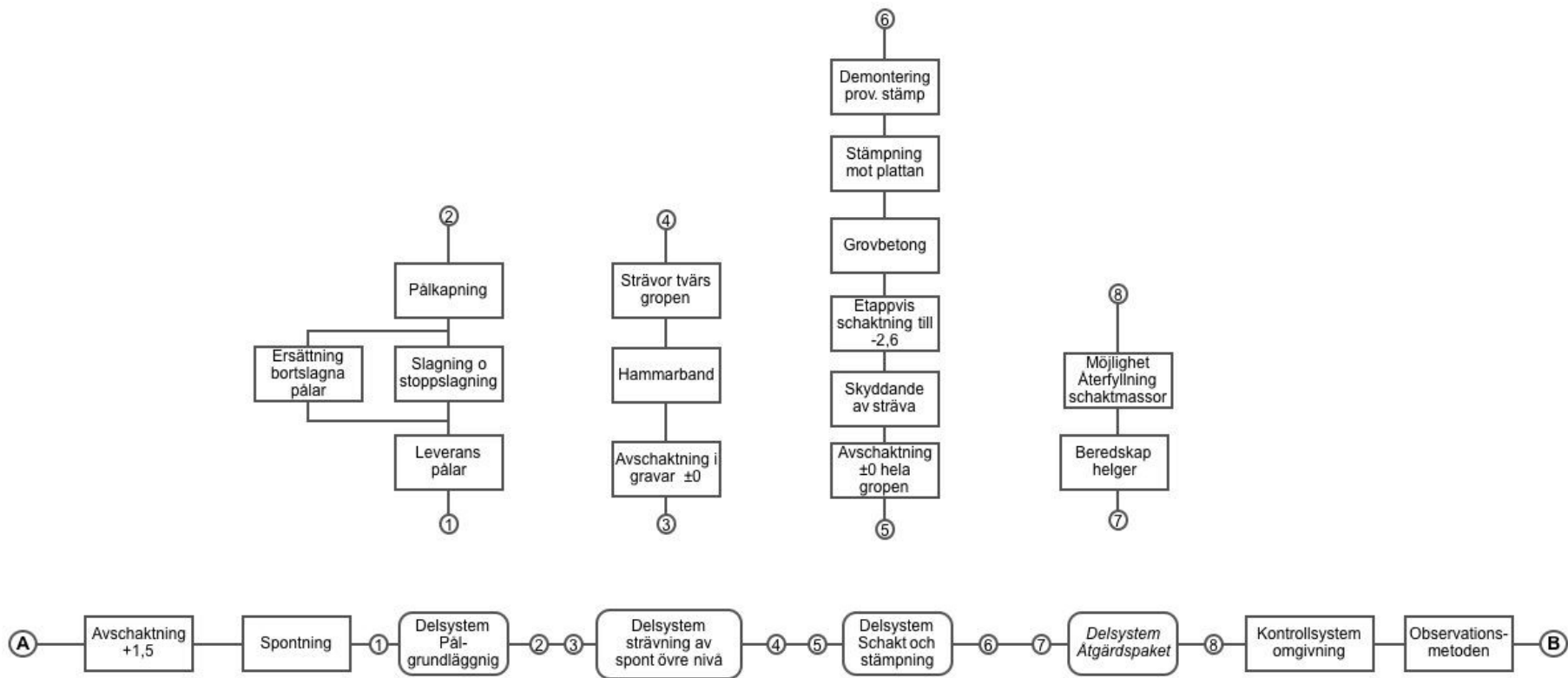
Figur 27 Skiss över arbetsgången för sponten

6.6.7.2 Funktionskrav på komponenterna i valt system för schakt–grundläggning

De övergripande kraven på de delsystem som ingår har beskrivits i Avsnitten 6.5.3.1- 6.5.3.3 och har legat till grund för valet av system för schakt–grundläggning. Här analyseras de krav som ställs på de ingående delarna (komponenterna), så att man kan identifiera de hot som kan göra att de inte uppfyller funktionskraven. Viktiga funktionskrav visas som ett blockdiagram i Figur 28. Eftersom systemet är komplext har vi valt att slå samman några funktioner till delsystem.

Funktionen: Slagning och stoppslagning

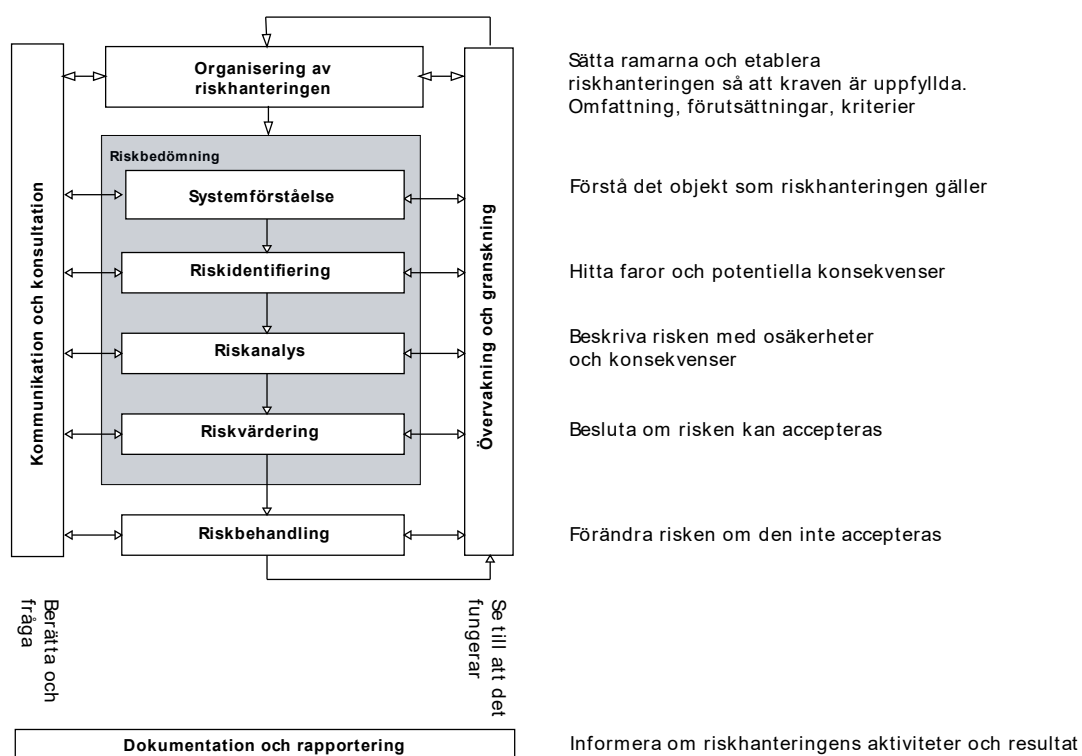
Systemet är i huvudsak ett seriesystem, men en parallellfunktion finns när det gäller påslagning, nämligen funktionen ”Ersättning av bortslagna pålar.



Figur 28 Funktionskrav för det valda systemet schakt–grundläggning

6.7 Riskidentifiering

Stegen som följer är de ”vanliga” i Figur 1, som upprepas här nedan. För att kunna börja med riskidentifieringen behöver vi en systemförståelse för systemet schakt-grundläggning



Figur 1 Stegen i strukturerad riskbehandling.

6.7.1 Identifiering av risker i systemet schakt-grundläggning

Vid identifieringen av risker tar Entreprenören hjälp av den riskstruktur som visas i avsnitt 4.5. Man koncentrerar sig på sådana risker som bedöms vara direkt kopplade till schakt- och grundläggningsentreprenaden i anbudsskedet, men utnyttjar hela strukturen för att få stöd och undvika missar. I FU finns ju krav på att Entreprenören ska göra en riskbedömning för vald schaktmetod och grundläggning, vilken skall godkännas av Byggherren före utförandet. Man markerar redan i detta skede de identifierade risker som bör tas upp i den av Beställaren efterfrågade riskbedömningen, om man får entreprenaden. Redan i anbudet skall man enligt FU redovisa en översiktlig riskbedömning för entreprenaden, varför man markerar sådana risker som bedöms ingå.

6.7.2 Användning av riskstruktureringsverktyget

Riskstruktureringsverktyget (RBS:en) är ju inte en checklista, utan bara till för att vara ett stöd när man identifierar de risker som påverkar projektet. Arbetsgången beskrivs i Avsnitt 4.5.3.

Anbudsgivaren använder riskstruktureringsverktyget och identifierar ett antal risker som dokumenteras på lämpligt sätt. I exemplet används en Excel-arbetsbok. Som illustration till hur verktyget kan användas visas här exempel ur två av huvudgrupperna.

6.7.2.1 Illustrerande exempel: Upphandlings- och kontraktsrisker

Huvudgruppen *Upphandlings- och kontraktsrisker* innehåller som standard i RBS:en följande risktyper:

- Bristande kännedom om kontraktsformer
- Otydlighet, oklar omfattning
- Oklarhet i handlingar (BIM)
- Ställda krav på entreprenaden
- Beställarens styrning i kontrakt
- Vald entreprenadgräns
- Riskdelning med entreprenör
- Korta ledtider för anbud
- Partnerskap
- Försäkringar
- Fel, brister och reservationer i anbud
- Överklaganden från ej antagen anbudsgivare
- Fel och brister i förfrågan
- Grunder för utvärdering (LOU)
- Inget anbud
- Oacceptabla anbud
- Fördröjd upphandling

När Entreprenören går igenom listan och de tillhörande riskbeskrivningarna gör denne bedömningen att det för det aktuella projektet finns risker förknippade dels med hur risker skall delas med en eventuell underentreprenör för den komplexa schakten, dels med fel och brister i FU, eftersom redovisade data om jorden verkar oklara. För dessa risker gör Entreprenören en kort beskrivning som gäller det aktuella projektet, se Tabell 4.

6.7.2.2 Illustrerande exempel: Tekniska risker

På motsvarande sätt gör Entreprenören en genomgång av riskerna i huvudnivån Tekniska risker. Denna huvudgrupp gäller den valda konstruktionstekniken, inte designen eller utförandet. Huvudnivån innehåller risktyperna:

- Obekant teknologi (för utförare och eller designer)
- Omogen teknologi
- Gränser för teknologin
- Spröd konstruktion
- Komplexitet, beroenden
- Fel och brister i riskhantering
- Fel tillämpning av Observationsmetoden

En strävad spont där jordens hållfasthet är hårt utnyttjad, bör anses som spröd, eftersom ett strävbrott snabbt kan leda till skador. Arbetet med schakten är komplext och innehåller många inbördes beroenden mellan systemets komponenter. Om Beställaren väljer att inte upphandla Observationsmetoden, så innebär det att stora osäkerheter om spontens beteende finns. Beskrivningar av de projektspecifika tekniska riskerna finns även de i Tabell 4. För varje risk i tabellen kan man kryssa för om risken kan accepteras direkt utan åtgärd, åtgärdas omedelbart eller analyseras före beslut om åtgärd.

6.8 Riskanalys

I riskanalysen gör man en beskrivning av identifierade risker så att de är så entydigt beskrivna att andra uppfattar dem på samma sätt som den som beskrivit dem. Dessutom anger man för varje risk hur troligt det är att den inträffar och vad konsekvenserna i så fall blir.

6.8.1 Bedömning av troligheter och konsekvenser

Eftersom det i detta fall (vilket också är vanligast) främst förekommer risker som inte enkelt kan beräknas, krävs att man gör subjektiva bedömningar av trolighet och konsekvensernas storlek. I enstaka fall kan man dock stödja sina bedömningar på konventionellt beräknad säkerhetsfaktor (t.ex. troligheten att sponten är instabil, se Spross m.fl. 2015a).

Med hänsyn till spridning i indata anges bedömningarna i detta skede som trolighetsklasser, baserade på bedömda spann av sannolikheter. En beskrivning av metoder för skattning av sannolikheter behandlas i ett pågående SGF-projekt. Det diskuteras därför inte vidare här. Händelseträd kan användas både till att illustrera händelsekedjor och till att klargöra konsekvenser. Användning av grafiska metoder som händelseträd och felträd beskrivs behandlas även det i ett pågående SGF-projekt. I Figur 29 visas förenklat möjlig händelseutveckling i form av ett sådant träd för händelsen att sponten börjar röra sig.

Tabell 4 Exempel på identifierade risker utifrån RBS:en.

Huvudgrupp	RBS riskgrupp	Risker i projektet		Acceptoras	Åtgärdas	Analyseras	Till anbudet	Till entreprenaden
		Hotbild / scenario	Möjliga konsekvenser					
Management-risker/interna	Organisation	För långsamma beslutsvägar om problem uppstår som kräver snabba beslut	Observationsmetoden sätts ur spel med möjliga svåra konsekvenser för konstruktionens säkerhet					X
Management-risker/Externa	Konkurrenssituationen på marknaden	Bristande tillgång på underentreprenörer, maskiner, etc. påverkar framdriften i projektet med vald arbetsmetod	Oacceptabla tidsfördröjningar					
Upphandlings- och kontrakt-risker	Riskdelning med entreprenör	Oklarheter om hur risker med schakten skall delas med underentreprenör för schakt	Huvudentreprenör tvingas ta oproportionerligt stor del av risken, i händelse av problem				X	X
	Fel och brister i förfrågan	Oklarheter i FU gällande jordens egenskaper	Ekonomiska konsekvenser om ÄTA ej godkänns				X	
Externa risker	Naturbetingade risker	Extremt högt grundvatten	Schaktsvårigheter bottenstabilitet					
	Skadegörelse, stöld, sabotage, terrorism	Stöld av byggmaterial och maskiner	Ekonomiska konsekvenser och förseningar					
Legala risker	Tillståndsprocessen	Lång tid för bygglov (ingår i Entreprenaden). Positivt förhandsbesked finns men Beställaren kanske vill ändra utformning?	Tidsfördröjning, möjliga kostnader				X	X
Tekniska risker	Spröd konstruktion	Vald konstruktion känslig och ej robust	Strävbrott kan leda till omfattande skador			X	X	X
	Komplexitet, beroenden	Krav på samordning av schakt, betonggjutning. Brist på resurser. Underentreprenörer samordnar inte	Spontrörelser				X	X
	Tillämpning av Observationsmetoden /	Observationsmetoden tillämpas inte fast den är lämpligaste sätt för verifiering av gränstillstånd i detta fall	Oekonomisk konstruktion					
Omgivningen	Geoteknik	Osäkerheter i givna data	Ekonomisk förlust (p.g.a. felaktig delning av risker med beställare) Skador av spontrörelse/kollaps			X	X	X

Huvudgrupp	RBS riskgrupp	Risker i projektet		Acceptoras	Åtgärddas	Analyseras	Till anbuddet	Till entreprenaden
		Hotbild / scenario	Möjliga konsekvenser					
	Möjliga transportvägar	Travverksamheten inskränker tillgänglighet till lokal väg	Fördröjning					
	Omgivningens känslighet för "traditionell" påverkan	Buller etc leder till protester från omgivningen, särskilt vad gäller travverksamheten	Spända relationer Inskränkning i tillåten arbetstid					
Designrisker	Designmetoden lämpligast	Anbudsdesignen visar sig ha otillåtet hög brottsannolikhet vid detaljdesign i Entreprenadskedet.	Annan metod krävs med ekonomiska förluster			X	X	X
	Osäkerheter i indata	Stor variation i geotekniska data	Ekonomisk skada om annan design krävs och ÄTA ej godkänns				X	X
	Oerfaren ansvarig designer	Svår design i entreprenadskedet, som den oerfarna hanterar	Felaktig design med följskador					
	Brister i informationen framåt	För följande skeden missas väsentlig information	Felaktigheter i design och utförande					
	Fel och brister i Geotechnical Baseline Report	Geotechnical Baseline Report saknas	Tvister med risk för ekonomisk förlust			X	X	X
Utföranderisker								
	Bristande fackkunskap om risker och problem för utförandet	Underentreprenör för schakt och grundläggning är inte tillräckligt erfaren	I värsta fall spontrörelser			X		
	Riskkultur	Underentreprenör alltför riskvillig	I värsta fall spontrörelser			X	X	X
	Spröd konstruktion	Strävor skadas, t.ex. av schaktmaskin	I värsta fall spontrörelser			X	X	X
	Oerfaren ledning	Utförandet kräver erfarenhet och ledningsförmåga	I värsta fall spontrörelser					
	Resursbrist	Kapacitet för gjutning grovbetong etc är inte tillräcklig	Schakt kan behöva återfyllas med massor				X	X
	Ingen beredskap för oväntat beteende	Åtgärder vid oväntade händelser är inte planerade i förväg	I värsta fall spontrörelse			X		

Huvudgrupp	RBS riskgrupp	Risker i projektet		Accep- teras	Åt- gär- das	Analy- seras	Till an- bu- det	Till entre- pre- na- den
		Hotbild / scenario	Möjliga konsekvenser					
	Fel i användning av Observationsmetoden / fel i övervakning och mätning	Erforderliga kontrollmätningar utförs inte och/ eller rapporteras inte i tid	I värsta fall spontrörelse			X	X	X
Brukarrisker	Avveckling	Relationshandlingar upprättas inte	Viss ekonomisk skada					X



Figur 29 Händelsetråd över händelsekedjor med start i spontrörelse

Efter bedömning av troligheter och konsekvenser kan man klassa risker såsom visas i Tabell 5. Observera att trolighets- och konsekvensklasser ska vara definierade med sannolikhetsspänn respektive skadeomfattning i de olika skadekategorier som är aktuella i analysen. Exempel på skadekategorier är liv och hälsa, miljö, ekonomi, goodwill. Hur man fastställer sådana definitioner behandlas dock inte i denna rapport.

I FU anges att anbudet skall innehålla en översiktlig riskbedömning. Vissa av de identifierade riskerna i Tabell 4 skall därför redovisas i anbudshandlingarna. Dessa har markerats med kryss i tabellen.

Tabell 5 Exempel på resultat från riskanalysen med åsatta klasser

Riskscenario för analyserad risk	Trolighetsklass	Konsekvensklass
Stor variation i geotekniska data ger stabilitetsproblem under utförandet	Måttlig	Allvarlig
Erforderliga kontrollmätningar utförs inte och/eller rapporteras inte i tid	Ovanlig	Allvarlig
Tillgänglig underentreprenör alltför riskvillig	Trolig	Allvarlig

6.9 Riskutvärdering och riskbehandling

Entreprenören ser risker i schakten och grundläggningen och väljer utifrån de identifierade riskerna att anlita underentreprenör på löpande räkning och att själv ha noggrann kontroll.

Eftersom riskanalysen visade på en relativt stor risk kopplad till variationen i geotekniska data, utförandet av kontrollmätningar, samt den tillgängliga underentreprenörens riskvillighet (Tabell 5), väljer Entreprenören att utöka omfattningen på kontroll, analys och styrning under arbetets gång, det vill säga tillämpning av observationsmetoden i Eurokod 7 (CEN, 2004). Då bör arbetena utföras i etapper med början i den ur skadesynpunkt minst känsliga delen av schakten, för att möjliggöra observation av konstruktionens beteende, samtidigt som man minimerar risken för skador på omgivningen.

Observationsmetodens ramverk erbjuder ett stringent sätt att hantera osäkerheter i komplexa byggprojekt. Kortfattat innebär metoden att man övervakar konstruktionens beteende i relation till den eller de brottmoder som anses mest troliga. Mätprogram och analysverktyg, samt tydliga gränser för vilket beteende som kan accepteras sätts upp innan konstruktionen påbörjas. Därutöver förbereds de åtgärder som ska vidtas, ifall gränserna för acceptabelt beteende överskrids, och det fastställs att åtgärderna är möjliga att sättas in, innan brott inträffar. I detta fall innebär tillämpning av observationsmetoden att rörelser i sponten och marken observeras där rörelserna förväntas bli mest kritiska under schaktningen, att en maximal tillåten deformation definieras för respektive schaktdjup, och att åtgärder förbereds, som kan vidtas om denna deformation överskrids. I Spross (2016) ges en fördjupad diskussion om hur och när observationsmetoden kan användas, samt referenser till ytterligare fördjupning.

Som ett steg i riskbehandlingen av anbudet väljer Anbudsgivaren att ange att observationsmetoden kommer att tillämpas.

Efter utförd riskbehandling ska man alltid klargöra att man inte infört nya risker som har sin grund i riskbehandlingen. Det krävs alltså en förnyad riskidentifiering av den riskbehandlade anbudshandlingen. Eventuella nya risker ska förstås sedan analyseras och utvärderas som vanligt.

Exempel II

7 Riskhantering av förfrågningsunderlag för konsultupphandling

7.1 Introduktion

Syftet med detta exempel är att visa på riskhanteringsmetodikens möjligheter till bredare användning inom andra delar inom ett byggprojekt än det direkt tekniska. Många risker som kan skapa problem i byggprojekt är nämligen inte nödvändigtvis geotekniska svårigheter eller produktionsmässiga misstag. I detta exempel diskuterar vi därför hur en Beställares upphandling av ett konsultuppdrag kan ses ur ett riskhanteringsperspektiv. Konsulten som ska upphandlas ska sedan inom sitt uppdrag ta fram ett förfrågningsunderlag för ett kommande byggprojekt. Omfattningen beskrivs i avsnitt 7.3.

Riskhanteringen i exemplet är likadant uppbyggd som det tidigare exemplet, i syfte att möjliggöra jämförelser. Ofta förekommande problem har visat sig vara exempelvis:

- Bristande kvalitet i Beställarens förfrågningsunderlag för konsultupphandlingen
- Oenighet om hur konsultens uppdrag ska tolkas
- Bristande kvalitet i konsultens utredning av alternativa tekniska lösningar
- Bristande intern samordning hos konsulten
- Förlust av viktig information från tidigare skeden
- Svårigheter att hinna se och reflektera över helhetsbilden

Vi menar att man genom att arbeta aktivt med riskhantering även i upphandlingsskeden kan förbättra kvalitén också framgent i byggprojektet och därmed få bättre värde av investerade medel. I detta exempel illustrerar vi hur man med den utvecklade riskhanteringsmetodiken kan arbeta med de ovan listade problemen och svårigheterna.

7.2 Bakgrundsbeskrivning till projektet

Enligt en nyupprättad vägplan ska den fiktiva riksväg 10 mellan Göteborg och Örebro rustas upp i syfte att öka kapaciteten på den befintliga vägen, som dessutom har en del ojämna sättningar. Projektet har från början utgått från Beställarens fyrstegsprincip att

1. Tänka om och utreda ifall åtgärden verkligen behövs,
2. Optimera dagens lösning
3. Bygga om dagens lösning
4. Bygga nytt.

Man har på basis av dessa principer beslutat att öka kapaciteten genom att vägen byggs om, där den nya vägen får samma sträckning men högre standard och en vägplan för detta har upprättats och vunnit laga kraft. Projektet är ett av många pågående anläggningsprojekt, vilket gör marknadsläget ansträngt för konsultbolagen och entreprenadföretagen.

7.3 Exemplets omfattning

Vi förutsätter att beställaren har låtit ta fram nödvändiga underlag för den kommande projekteringen av ombyggnaden. Vårt exempel omfattar riskhanteringen som Beställaren utför avseende upphandlingen av ett konsultbolag som ska ta fram de förfrågningsunderlag som ska gå ut dels till anbudsgivande entreprenadföretag, dels till konsult som skall sköta byggplatsuppföljningen. I verkligheten hade man eventuellt upphandlat detta i samma konsultuppdrag som framtagandet av vägplanen, men detta behandlar vi inte i exemplet. Samma principer är dock tillämpliga även där.

7.4 Tillgängligt bakgrundsmaterial

Inför riskhanteringen för Beställarens konsultupphandling finns följande befintliga bakgrundsmaterial tillgängligt:

- Åtgärdsvalsstudie (förstudie)
- Vägplan med tillhörande bakgrundsmaterial
- Områdesbeskrivning

Detta material använder Beställaren för att skapa sig en systemförståelse.

7.5 Organisering av riskhanteringen i konsultupphandlingen

Hos Beställaren finns en enhet för upphandling. I detta exempel förutsätts att denna enhet rutinmässigt bedömer de risker som upphandlingen av förfrågningsunderlaget kan medföra. Enheten kommer att rapportera resultatet av sin riskbedömning till den som är ansvarig för upphandlingen hos Beställaren, så att riskerna kan beaktas i utformningen av förfrågningsunderlaget, som ska användas vid konsultupphandlingen. Man arbetar i detta steg i riskhanteringscykeln med de uppgifter som framgår i avsnitt 2.4:

- 1) Omfattning och avgränsning av riskhanteringen: Uppgiften är att arbeta med risker som är förknippade med konsultupphandlingen.
- 2) Identifiering av riskägare: I denna upphandling är det projektledaren hos Beställaren som är riskägare, eftersom projektledaren fattar beslutet om hur upphandlingen ska genomföras.
- 3) Bedömning av riskhanteringsklass: Vid ansättandet av riskhanteringsklass för upphandling påverkar inte nödvändigtvis projektets tekniska komplexitet riskhanteringsklassen, utan andra faktorer. Osäkerheten ligger i detta fall i att få rätt konsultkompetens till rättvist och konkurrenskraftigt pris. Detta är dock ett standardförfarande som görs enligt fastställda rutiner hos Beställaren. Därför väljs riskhanteringsklass 1 som utgångspunkt.
- 4) Resurstilldelning: riskägaren ger mandat att prioritera riskhanteringsarbetet.
- 5) Kommunikationsvägar: riskhanteringen av konsultupphandlingen ska i skälig omfattning dokumenteras och delges ansvarig chef (riskägaren).
- 6) Riktlinjer för acceptans av risker: sådana riktlinjer framgår av Beställarens riktlinjer för konsultupphandling.

7.6 Systemförståelse av konsultupphandlingen

7.6.1 Arbetssätt

Arbetssättet vid åtgärden konsultupphandling följer de riktlinjer som finns i Kapitel 3–5 och i föregående exempel.

7.6.2 Översiktlig systemförståelse av konsultupphandlingen

De väsentliga funktioner som ingår i förfrågningsunderlaget för konsultupphandlingen visas i blockdiagrammet i Figur 30. För att göra en framgångsrik upphandling måste samtliga uppfylla de mål som man vill uppnå med respektive funktion. Därför är det ett seriesystem.



Figur 30 Systemskiss över hela åtgärden konsultupphandling: FU och byggplatsuppföljning

Kommentarer till några av funktionerna

Funktion: LOU

Lagkrav i LOU skall vara uppfyllda. Bästa form för upphandlingen skall väljas, exempelvis öppet eller selektivt förfarande. Regler för tilldelning av kontrakt skall följas.

Funktion: Ersättningsform

En ersättningsform skall väljas. Ersättningsformen är viktig, eftersom den kan påverka hur konsulten väljer att arbeta i projektet. Därmed kan valet av ersättningsform påverka hur kostnadseffektivt arbetet sker och även kvaliteten på resultatet.

Funktion: Krav på konsulten

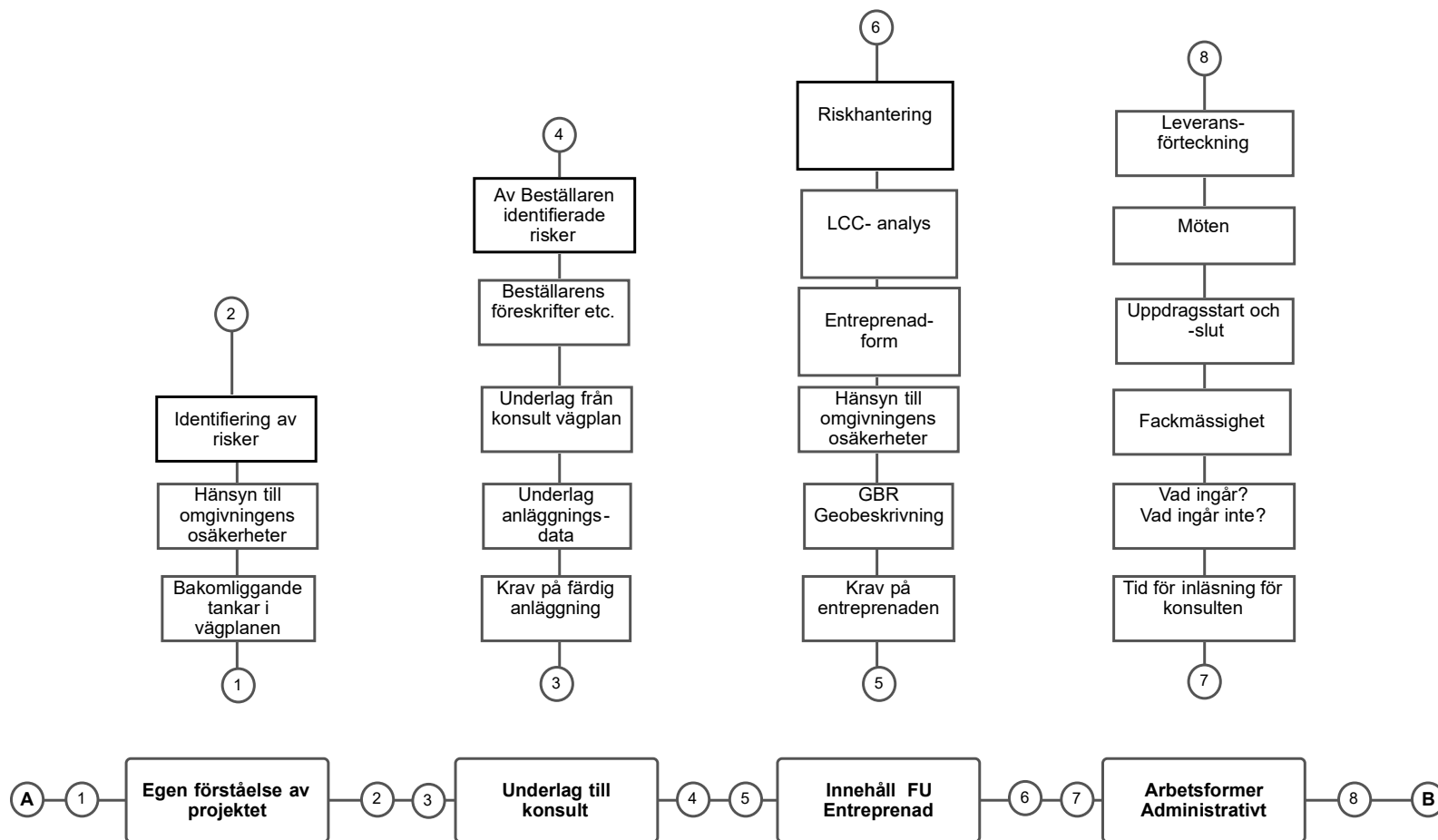
Rätt krav skall ställas på konsulten i upphandlingen så att personer med rätt kompetens utför uppdraget och konsulten förmår leverera produkten i tid. Konsulten ska även ha kunskap i riskhantering, så att detta tillämpas i konsultens dagliga arbete med projektet.

7.6.3 Exempel på beskrivning av undersystem

I Figur 31 visas ett blockdiagram som beskriver de nödvändiga och önskvärda funktionerna i undersystemet ”Upphandling av förfrågningsunderlag för entreprenaden”. För överblickens skull har vi samlat funktionerna i fyra kategorier av funktioner, men egentligen skulle de lika gärna kunna placeras på en enda lång rad. Eftersom detta är ett seriesystem så ser man tydligt att det är stora krav på upphandlingens alla delar fungerar.

7.7 Systemförståelse av ”omgivning”-åtgärd-organisation

”Omgivningen” ska i detta sammanhang tolkas som de faktorer som kan påverka upphandlingen genom att bidra med osäkerheter.



Figur 31 Blockdiagram: fyra kategorier av nödvändiga och önskvärda funktioner i undersystemet ”Upphandling av förfrågningsunderlag för entreprenaden”. Varje kategori är uppdelad i ett eget seriesystem.

7.7.1 Arbetssätt

För att förstå hur upphandlingens funktioner och bakomliggande faktorer är kopplade, behövs en tydlig beskrivning av detta. Denna beskrivning kallar vi ”systemet omgivning–åtgärd–organisation”. Det krävs helt enkelt en systemförståelse för hur de påverkande faktorerna står i relation till funktionerna och till möjliga upphandlingsalternativ och kravställningar i kontraktet.

7.7.2 Omgivningsfaktorer

7.7.2.1 Marknadsläge

Eftersom marknadsläget är ansträngt, så kan det förväntas att de anbud som inkommer är få och eventuellt inte helt genomarbetade.

7.7.2.2 Lagar och förordningar

I detta fall gäller lagen om offentlig upphandling (LOU). De som skriver förfrågningsunderlaget behöver därför kunna bland annat vilka kriterier som får användas vid tilldelning av kontrakt.

7.7.2.3 Intressegruppers inställning

Efter arbetet med vägplanen vet Beställaren att det inte finns några negativt inställda intressegrupper.

7.7.2.4 Kompetensnivå i branschen kontra teknisk utvecklingsnivå

Även om detta är en relativ vanlig typ av upphandling, så krävs att den upphandlade konsulten kan utföra avancerat utredningsarbete. Detta ställer krav på både entreprenadjuridiskt och geotekniskt kunnande hos uppdragstagaren.

7.7.2.5 Organisationens funktionalitet

Marknadsläget gör att arbetsbelastningen hos Beställaren för närvarande är hög. Det kan ha negativ inverkan på den upphandlande organisationens möjlighet att skapa sig en tillräckligt god projektförståelse, för att kunna utforma ett bra förfrågningsunderlag.

7.7.2.6 Tillgängligt bakgrundsmaterials kvalitet

Sedan tidigare finns en vägplan framtagen med därtill hörande förarbeten. Dessa visar de tekniska överväganden som tidigare inhyrd teknisk konsult gjort i det aktuella projektet. Den tidigare anlitate konsulten har en viss konkurrensfördel i föreliggande upphandling genom att redan vara inläst på projektet.

7.7.3 Skapande av förståelse av sammanhang

Genom att analysera upphandlingens funktioner och relevanta bakgrundsfaktorer, så bildar sig de som arbetar med upphandlingen en förståelse av hur omgivningen hänger ihop med kvaliteten på konsultupphandlingen som ska utföras.

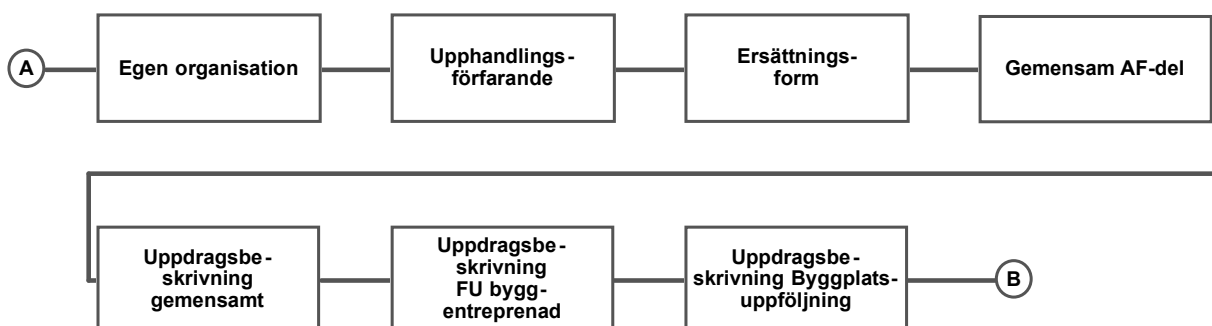
7.8 Alternativ för konsultupphandlingen

Man kan tänka sig, som ett nollalternativ, att Beställaren inte upphandlar någon konsult utan själv gör hela den kommande upphandlingen av entreprenad och byggplatsuppföljning. Detta alternativ förkastas dock på grund av bristande resurser. För alternativet att Beställaren ändå upphandlar en konsult för att utforma den kommande upphandlingen, måste man fastställa:

- Egen organisation och insats inom konsultupphandlingen
- Upphandlingsförfarande
- Ersättningsform
- Konsultuppdragets omfattning
- Kravspecifikation för utförandet av konsultuppdraget

7.8.1 Beskrivning av vald konsultupphandling

Den valda konsultupphandlingen visas som ett blockdiagram i Figur 32. I figuren visas bara övergripande kategorier av funktioner, som kommenteras kortfattat nedan.



Figur 32 Blockdiagram för vald upphandling av konsulttjänst.

7.8.2 Kommentarer till huvudkomponenterna i vald upphandling

7.8.2.1 Egen organisation

Projektledaren väljer att använda den egna organisationen för upphandlingen av konsulten. Dessa personer skall utforma förfrågningsunderlaget för konsultuppdraget och administrera själva upphandlingen. På de som arbetar med konsultupphandlingen ställs krav både vad gäller deras kompetens och att de ges nödvändiga resurser.

7.8.2.2 Upphandlingsförfarande

Upphandlingen görs enligt LOU, som upphandling av tjänst (1 kap. 9 § LOU). För upphandlingen väljs öppet förfarande. Eftersom en av de möjliga konsulterna deltog i arbetet med vägplanen, utreds om så kallat konsultjäv kan föreligga, eftersom konsulten i sådana fall kan behöva uteslutas.

Utvärderingskriterier (t.ex. bästa förhållande mellan pris och kvalitet) och kriterier för antagande av leverantör (tilldelningskriterier) väljs i samband med utformning av anbudet. Projektledaren kan överväga möjligheten att som tilldelningskriterium använda föreslagen organisation hos konsulten, samt personalens kvalifikationer och erfarenheter.

7.8.2.3 Ersättningsform

Ersättningsform väljs i samband med utformning av förfrågningsunderlaget för konsultupphandlingen. Valet står mellan fast pris och ”löpande räkning”.

7.8.2.4 Gemensam AF-del

För de båda delarna i förfrågan, Förfrågningsunderlag för entreprenaden, respektive Byggplatsuppföljning, görs en gemensam AF-del (Administrativa föreskrifter). Möjligheten att lämna anbud på endast en av delarna kan eventuellt övervägas.

7.8.2.5 Uppdragsbeskrivning gemensam del

För de båda delarna görs en gemensam del av uppdragsbeskrivningen, där sådana funktionskrav som berör bägge delarna i förfrågan utreds, så att en heltäckande beskrivning fås. Syftet med att ha en gemensam del är att undvika att införa motsägelser i handlingarna, ifall något beskrivs olika på två ställen.

7.8.2.6 Uppdragsbeskrivning FU byggentreprenad

Denna funktion omfattar beskrivning av vad som ska ingå i den färdiga produkt (FU byggentreprenad), som konsulten ska ta fram. I uppdragsbeskrivningen finns till exempel angivet hur konsulten ska hantera frågan om entreprenadform, eventuella krav på LCC-analys, krav på utformning av geobeskrivning (GBR, se avsnitt

3.1.8), samt krav på hur Entreprenören ska utföra riskhantering. Se även Figur 31, där undersystemen visas.

7.8.2.7 Uppdragsbeskrivning Byggplatsuppföljning

Funktionskrav som behöver behandlas och sedan beskrivas i Uppdragsbeskrivningen är bland annat omfattningen (t.ex. antal möten), kompetenskrav och riskhantering.

7.9 Riskidentifiering

Beställaren har skapat sig en förståelse av systemet omgivning–åtgärd–organisation, se avsnitt 7.6. Vid den efterföljande riskidentifieringen tar Beställaren hjälp av det riskstruktureringsverktyg som visas i avsnitt 4.5. Beställaren använder sig av den arbetsgång som beskrivs i avsnitt 4.5.3. Genom att följa den proceduren steg för steg, identifierar Beställaren risker med konsultupphandlingen. Några exempel ges i Tabell 6.

7.10 Riskanalys

7.10.1 Bedömning av troligheter och konsekvenser

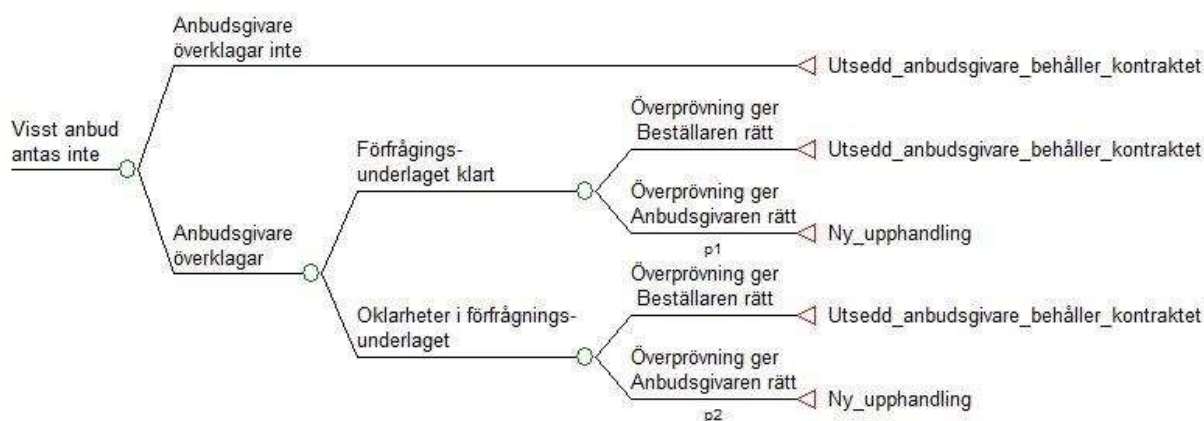
Man kan använda händelseträd för att illustrera händelsekedjor som leder fram till konsekvenser. Ett sådant visas i Figur 33, för det enskilda exemplet att någon anbudsgivares anbud inte blir antaget och vilka konsekvenser som detta kan leda till. Observera att även om man kan få samma utfall (konsekvens) i olika kedjor, så är kedjorna i sig olika sannolika. I trädet är sannolikheten p_2 större än p_1 , eftersom oklarheter i förfrågningsunderlaget gör det sannolikare att en överprövning ger den klagande rätt. Man bör därför i en eventuell riskbehandling säkerställa ett tydligt förfrågningsunderlag, så att det blir mindre sannolikt att händelsekedjan följer den understa grenen. Riskbehandlingen kan innebära att Beställaren ser till att den egna organisationen har erforderlig kompetens och resurser för att kunna ta fram fullödigt förfrågningsunderlag.

7.10.2 Redovisning av risker

Genom subjektiva skattningar av troligheter och konsekvensernas storlek i olika kategorier analyseras de identifierade riskerna. Ett urval visas i Tabell 7.

Tabell 6 Exempel på identifierade risker i upphandling av konsult

Huvudgrupp	RBS riskgrupp	Risker i upphandlingen		Acceptoras	Åtgärdas	Analyseras
		Hotbild / scenario	Möjliga konsekvenser			
Management-risker/interna	Organisation	Den egna organisationen för upphandlingen saknar resurser och/ eller kompetens	Brister i FU ger dåliga anbud och ökar sannolikhet för överklagande (tidsfördröjning)			
Management-risker/Externa	Konkurrenssituation på marknaden	Överhettad marknad gör att endast mindre kompetenta konsulter lämnar anbud	Dåliga anbud. Brister i slutprodukten			
Upphandlings- och kontrakts-risker	Inget anbud	Inget anbud lämnas	Förnyad upphandling i annan form. Tidsfördröjning.			
	Oacceptabla anbud	Anbud kan inte antas på formella grunder	Minskad konkurrens mellan övriga anbud. Högre pris			
	Fel, brister och reservationer i anbud	Anbud förkastas	Kan leda till överklaganden och fördröjning. Minskad konkurrens mellan övriga anbudsgivare			
	Fördröjd upphandling	Egna organisationen hinner inte ta fram FU enligt tidplan	Tidsfördröjning			
	Fel och brister i förfrågan	Eget FU har för dålig kvalitet	Inkompetent konsult eller "listig" konsult – ÄTA			
	Överklaganden från ej antagen anbudsgivare	Anbudsgivare överklagar tilldelning. Överprövning måste göras	Ev. förnyad upphandling och tidsfördröjning			
	Ställda krav på produkten	Krav för lågt ställda, otydliga, dåligt specificerade	Dålig produkt med senare följd-kostnader			
	Otydlighet, oklar omfattning	Bakgrundsmaterialet otillräckligt eller utnyttjas inte av konsulten	Dålig produkt med senare följd-kostnader			
Omgivningen	Geoteknik – egenskaper för byggbarhet	Det geotekniska underlaget är otillräckligt för FU byggtreprenad	Komplettering krävs. Ökade kostnader och tidsfördröjning			
Designrisker	Brister i projekteringsprocessen	Krav på anbudsgivares organisation och personal ställs inte i FU i tillräcklig omfattning.	Mindre kompetent anbudsgivare (konsult) blir antagen			



Figur 33 Händelseträd: anbud antas inte

Tabell 7 Exempel på resultat från riskanalysen med åsatta klasser

Riskscenario för analyserad risk	Trolighetsklass	Konsekvensklass
Inget anbud lämnas	Ovanlig	Måttlig
Krav genomgående för lågt ställda, otydliga, dåligt specificerade	Sällsynt	Allvarlig
Överhettad marknad gör att endast mindre kompetenta konsulter lämnar anbud	Ovanlig	Allvarlig

7.11 Riskutvärdering och riskbehandling

I riskutvärderingen inser man att den överhettade marknaden gör att den största utmaningen i konsultupphandlingen ligger i att utforma konsultupphandlingen, så att mindre kompetenta konsulter kan undvikas. Som riskbehandling beslutar man sig därför för att i kriterierna för tilldelning av kontrakt lägga större vikt vid kompetenskraven än vid priset.

För att minska risken kopplad till otydlighet i förfrågningsunderlaget i konsultupphandlingen (se Figur 33), behandlas denna risk genom att internt göra en extra genomgång av dokumentet.

Risken för att inget anbud lämnas, accepteras i brist på möjligt sätt till riskbehandling.

För varje riskbehandling ska man alltid klargöra att man inte infört nya risker som har sin grund i riskbehandlingen. Det krävs alltså en förnyad riskidentifiering av det riskbehandlade förfrågningsunderlaget. Eventuella nya risker ska förstås sedan analyseras och utvärderas som vanligt, tills alla kvarvarande risker har accepterats.

8 Avslutande kommentarer

Syftet med denna rapport är att ge den verksamma ingenjören praktiska verktyg i sitt dagliga arbete med riskhantering. Det ligger på ingenjören att beakta och strukturerat hantera de risker som han eller hon ställs inför i sitt dagliga arbete - det är nämligen ingen annan som kan göra det bättre än den ingenjör som är mest insatt i den aktuella frågan. Som vi ser det, är det därför centralt att ingenjören har en god förståelse av det tekniska system - den situation - som arbetet avser, om det så gäller dimensionering av en geoteknisk konstruktion eller upphandling av konsulttjänster till ett geotekniskt projekt. Vi har därför i denna rapport tagit fram en vägledning för hur man som ingenjör kan strukturera upp ett tekniskt problem och utifrån detta skapa sig en god systemförståelse. Viktiga nyckelkoncept i detta arbete är att identifiera dels vilka funktioner som den färdiga åtgärden ska ha, dels vilka yttre faktorer i omgivningen som kan tänkas påverka möjligheten att framgångsrikt uppfylla funktionerna. Sådana yttre faktorer är normalt sett behäftade med osäkerheter. Genom att se uppfyllandet av funktionerna som målet med åtgärden, ser man tydligt kopplingen till riskbegreppet: ”Osäkerhetens effekt på mål”, där ingenjörens arbete blir att identifiera, analysera och utvärdera hur och i vilken omfattning som de yttre faktorerna påverkar möjligheten att nå målet - att uppfylla de kvalitetskrav som ställs på funktionerna. God riskhantering innebär att göra detta arbete på ett strukturerat sätt, så att samtliga risker beaktas i det dagliga arbetet. Vi menar att detta i det långa loppet borgar för god kvalitet i det egna ingenjörsarbetet.

I arbetet med denna rapport har vi också tagit fram ett stödverktyg att använda vid identifiering av risker, baserat på en så kallad Risk Breakdown Structure (RBS). Detta verktyg ger stöd för att hitta de typer av risker som man kan behöva beakta i det egna projektet. Ett viktigt påpekande är dock att alla byggprojekt är unika och den framtagna riskstrukturen kan aldrig bli heltäckande. Verktuget ska därför absolut inte användas som en checklista, utan ses som inspiration - ett sätt att komma i gång med riskidentifieringsarbetet, där man till syvende och sist ändå måste tänka själv kring vilka risker som kan tänkas påverka det egna projektet.

En viktig del av de risker som finns i geotekniska projekt rör kontraktsfrågor. Sådana risker kräver alltid noggrann riskhantering, eftersom risken ofta delas mellan två eller flera parter. Den otydlighet i kontakt som ibland uppträder är en vanlig källa till konflikter och tvister mellan projektets parter. För att kunna undvika detta är det av största vikt att båda sidor på varsitt håll bedömt de risker som kan tänkas påverka den ekonomiska situationen.

För att särskilt belysa dessa frågeställningar har vi i denna rapport illustrerat den framtagna vägledningen i två praktiska exempel. I Exempel I hanterar ett entreprenadbolag de risker som man står inför som anbudsgivare för ett geotekniskt byggprojekt. I Exempel II hanterar en beställare de risker som man står inför som upphandlare av en konsulttjänst. Arbetsgången innebär följande steg:

- Beskriva funktionskrav ("målet")
- Identifiera inverkan osäkerheter
- Skaffa systemförståelse
- Riskidentifiering
- Riskanalys
- Riskbehandling

Med exemplen visar vi i praktiken hur den föreslagna arbetsgången är tillämpbar på så vitt skilda frågeställningar som såväl de geotekniska aspekterna vid anbudsgivning som de mer abstrakta problemen vid upphandling. Avslutningsvis hoppas vi att vi med denna rapport har gett inspiration att se ingenjörsarbetet utifrån ett riskbaserat perspektiv och att detta nya perspektiv ska ge ytterligare intressanta dimensioner i det dagliga arbetet.

Del IV

Referenser och bilagor

9 Referenser

- Aven, T., 2008. *Risk Analysis. Assessing Uncertainties Beyond Expected Values and Probabilities*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, England.
- Aven, T., 2012. The risk concept—historical and recent development trends. *Reliability Engineering and System Safety* 99, 33-44.
- Aven, T. & Krohn, B., (2014). A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. *Reliability Engineering and System Safety* 121, 1-10.
- Ayyub, B.M. 2001a. *A Practical Guide on Conducting Expert-Opinion Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities*. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources. IWR Report 01-R-01
- Ayyub, B.M. 2001b. *Elicitation of Expert Opinions for Uncertainty and Risks*. CRC Press; Boca Raton.
- Bailey, R.T., 1997. Estimation from Zero-Failure Data. *Risk Analysis* 17(3), 375-380.
- CEN. 2004. *Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 1: Allmänna regler. SS-EN 1997-1*. CEN, Bryssel.
- der Kiureghian, A. & Ditlevsen, O. 2009. Aleatory or Epistemic? Does it matter? *Structural Safety* 31, 105-112.
- ECRI. 2010. *Risk Breakdown Structure*. Document number: ECRI-RQ-004. Engineering & Construction Risk Institute.
- Essex, R. J., 1996. Means of avoiding and resolving disputes during construction. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 11(1), 27-31.
- Hubbard, D. Evans, D., 2010. Problems with scoring methods and ordinal scales in risk assessment. *IBM Journal of Research and Development*, 54(3), 2:1-2:10.
- ISO, 2009. *ISO 31000:2009. Riskhantering – Principer och riktlinjer*.
- ISO, 2009a. *ISO 13824:2009. Bases for design of structures—General principles of risk assessment of systems involving structures*.
- ISO. 2009b. *Risk management—vocabulary. Guide73:2009*.

- ISO, 2018. *ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*
- Hall, D. & Hulett, D. (2002). *The Universal Risk Project Final Report*. INCOSE PMI.
- Hatem, J., 1998. Geotechnical Baselines: Professional Liability Implications. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 13(2), 143-150.
- Hillson, D., 2002. Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks. *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*.
- O'Hagan, A., et al. (2006). *Uncertain Judgments: Eliciting Expert Probabilities*. Wiley: Chichester.
- Olsson, L., Sturk, R. Johansson, J., Hansson, T., 2007. *Att bestämma den totala risk-exponeringen i större infrastrukturprojekt – Metodutveckling*. Slutrapport SBUF-projekt 11800.
- Peterson, M., 2017. *An Introduction to Decision Theory*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Roberds, W.J., 1990. Methods for Developing Defensible Subjective Probability Assessments. *Transportation Research Record* 1288, 183-190.
- Sahlström, P. O. & Stille, H., 1979. *Förankrade sponter*. BFR T 30:1979
- SGF. 2017. *Hantering av geotekniska risker i projekt – krav. Metodbeskrivning. 2:a utgåvan*. Linköping.
- Spross, J. 2016. *Toward a reliability framework for the observational method*. Doktorsavhandling. KTH, Stockholm
- Spross, J., Olsson, L., Hintze, S. & Stille, H. 2015. *Hantering av geotekniska risker i byggprojekt: Ett praktiskt tillämpningsexempel*. SBUF-rapport, projekt 13009. SBUF.
- Statens geotekniska institut, 2013. *Effektivare markbyggande. Förslag till handlingsplan 2013-2016*. SGI, Linköping
- Stille, H., 2017. *Geological Uncertainties in Tunnelling – Risk Assessment and Quality Assurance*. Sir Muir Wood lecture 2017. ITA, Paris.
- Sturk, R., 1998. *Engineering geological information: its value and impact on tunnelling*. Doktorsavhandling. KTH, Stockholm
- van Staveren, M. & Knoeff, J., 2004. The Geotechnical Baseline Report as Risk Allocation Tool. *Engineering Geology for Infrastructure Planning in Europe, Lecture Notes in Earth Sciences* 104, 777-785, Springer.
- Vick, St., 2002. *Degrees of Belief. Subjective Probability and Engineering Judgment*. ASCE Press, Reston, Virginia, USA

10 Bilaga: Riskstruktureringsverktyg för georisker

I projektet har vi utvecklat ett hjälpmedel i form av ett riskstruktureringsverktyg avsett att ge stöd vid identifiering av georisker i olika geoprojekt. Verktöget och dess användning beskrivs i Avsnitt 4.5 och användningen visas i exemplen i Avsnitt 6.7 och Avsnitt 7.9.

Verktöget är uppbyggt hierarkiskt i en struktur som grupperar risker i huvudnivåer och undergrupper och ger översiktliga och allmänt hållna beskrivningar till riskerna i undergrupperna. Utarbetandet av dessa beskrivningar har gjorts av ett antal geotekniker och vi tackar dem för deras insatser.

Eftersom denna del av projektet är dynamiskt och under utveckling redovisas i detta dokument bara huvudnivåer. Verktöget redovisas i ett särskilt dokument.

Vi vill återigen påpeka att verktöget inte är en checklista utan skall vara ett stöd när man, för de krav på målet som skall uppnås och för de faktorer som kan inverka, skall kunna *Hitta risker förknippade med...* Detta bygger naturligtvis på att man har skaffat sig en systemförståelse för systemet geoteknik- åtgärd- organisation. Följande huvudnivåer har använts:

- Managementrisker/Interna risker
- Managementrisker/Externa risker
- Upphandlings- och kontaktrisker
- Externa risker
- Legala risker
- Området och omgivningen
- Tekniska risker
- Designrisker (i designprocessen)
- Utföranderisker
- Brukarrisker

11 Bilaga: Riskbegreppet

Begreppet *risk* är inte entydigt definierat och har utvecklats över tiden. En historisk sammanställning finns i Aven (2012), där olika exempel på användning av ordet risk diskuteras både i vardagligt och tekniskt språkbruk. Aven kan faktiskt belägga att risk i olika sammanhang har använts synonymt med nästan alla begrepp som man skulle associera till när man nämner ordet. Några exempel är: *möjlig förlust*, *förväntad förlust*, *sannolikhet* (för en oönskad händelse), mätbar *osäkerhet*, en osäker *konsekvens* och en *kombination av faror* (som kan inträffa med olika sannolikheter). På grund av denna förvirring är det av största vikt att man vid riskhantering bestämmer sig för en definition av begreppet risk och håller sig till den. Vi rekommenderar att man använder standardiseringsorganisationen ISO:s definition, som vi fördjupar oss i nedan.

11.1 Risk definierad enligt ISO 31000 (2009)

11.1.1 Begrepp och terminologi

I ISO 31000 (2009) definieras risk som:

Risk:

osäkerhetens effekt på mål

ANM. 1 En effekt är en avvikelse från det förväntade – positiv och/ eller negativ.

ANM. 2 Mål kan ha olika aspekter (såsom ekonomi, hälsa och säkerhet eller miljömål) och kan gälla på olika nivåer (såsom strategisk-, organisatorisk-, projekt-, produkt- eller processnivå).

ANM. 3 Risker karakteriseras ofta genom hänvisning till potentiella händelser och konsekvenser, eller genom en kombination av dessa.

ANM. 4 Risker uttrycks ofta i termer av en kombination av en händelses konsekvenser (inklusive ändrade omständigheter) och därtill relaterad sannolikhet för förekomst.

ANM. 5 Osäkerhet är det tillstånd, även partiellt, av bristande information som relaterar till förståelse för eller kunskap om en händelse, dess konsekvenser eller sannolikhet.

ISO:s tämligen abstrakta definition av risk kan brytas ner i följande delar, vilket underlättar förståelsen.

- Vi överväger en aktivitet (som kan vara att behålla status quo, d.v.s att inte göra något).
- Vi är *osäkra* på vad konsekvenserna av aktiviteten kan bli.
- Konsekvenserna av aktiviteten kan, på grund av osäkerheten, medföra avvikelser från ett förväntat värde – som är värdet av att uppnå *målet*.
- Osäkerheten kan gälla oönskade händelser, som ger upphov till konsekvenser (som påverkar målet).

Risker kan delas upp i två grupper: dels sådana risker som uppkommer av plötsliga oönskade händelser (kan kallas aleatoriska risker, eftersom de inte går att förutse), dels sådana risker som kan kopplas till avvikelser från antagna förhållanden (kan kallas epistemiska risker, eftersom de relaterar till brist på kunskap). Den fundamentala skillnaden mellan dessa två grupper är att osäkerheten som kopplas till epistemiska risker kan minskas genom att man skaffar sig ytterligare kunskap, vilket inte är möjligt för aleatoriska osäkerheter. Se vidare der Kiureghian och Ditlevsen (2009) för vidare diskussion av aleatoriska och epistemiska osäkerheter.

Ett exempel på en aleatorisk risk är osäkerhet om extrema väderhändelser under byggtiden, vilka skulle kunna påverka en Beställares mål att färdigställa en konstruktion inom given budget och tidplan. Risken kan då med ISO:s riskdefinition tolkas som *den effekt på budget och tidplan som extrema väderhändelser kan ge upphov till*. Aleatoriska risker lämpar sig att beskriva med händelsekedjor.

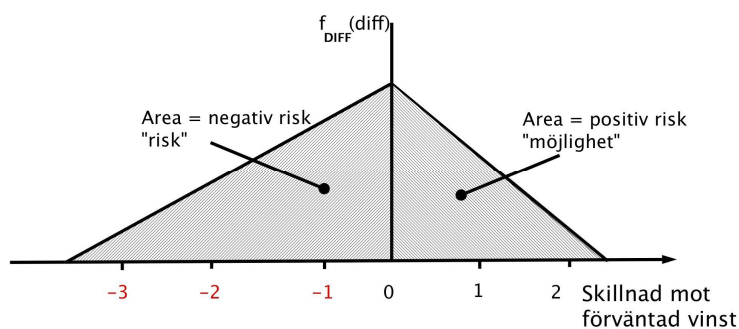
Ett exempel på en epistemisk risk är osäkerhet om de verkliga geotekniska förhållandena i marken, vilka påverkar en Beställares mål att färdigställa en konstruktion inom given budget och tidplan. Risken kan då med ISO:s riskdefinition tolkas som *den effekt på budget och tidplan som de geotekniska osäkerheterna kan ge upphov till*.

11.1.2 Illustrerande exempel på epistemisk risk

I en grundläggningsentreprenad ingår stödpålar slagna till berg. Utgående från den geotekniska undersökningen förväntar man sig ett djup till pålstopp där c:a hälften av pålarna måste skarvas. Det är en fastprisentreprenad och med det lämnade anbudet, som baseras på ett förväntat värde att 50 % av pålarna skarvas, får man en acceptabel vinst (vilket är vårt mål).

Det finns en osäkerhet om bergdjupet, som kan ha en effekt på målet (vinsten). Om bergdjupet är sådant att det krävs fler skarvade pålar än 50% är det en negativ avvikelse (mindre vinst), om det krävs färre är det en positiv avvikelse (större vinst).

För att beskriva risken måste vi måttsätta osäkerheten och uttrycka den i samma måtetal som målet, d.v.s. i ekonomiska termer. Här kommer också osäkerheten i kostnadsskillnaden för slagning av skarvad och oskarvad påle in; kostnadsskillnaden kan dessutom vara beroende av antalet pålar av respektive typ. I princip kan man beskriva risken som i Figur 34. I figuren ses att det troligaste utfallet är att kalkylen stämmer, men att den förväntade konsekvensen är negativ, eftersom den bygger på medelvärdet (tyngdpunkten för hela triangeln). Detta visar på ett sätt att angripa så kallade gråzonrisker, se avsnitt 3.1.7.



Figur 34 Positiv och negativ risk vid påslagning.

11.2 Risk som förväntad konsekvens

ISO:s definition av risk inrymmer den annars vanliga definitionen *sannolikheten för en oönskad händelse multiplicerad med dess konsekvens (t.ex. medförda värdeförlust)*. Ett sätt att beräkna den förväntade avvikelser från budgeten i exemplet ovan är nämligen att bedöma sannolikheten för olika möjliga geotekniska förhållanden och multiplicera dessa med de kostnader som de olika scenarierna skulle medföra. Sammanvägningen av kostnaderna med avseende på respektive sannolikhet – väntevärdet – kan sedan jämföras med den givna budgeten. Detta kräver dock att man kan beskriva både sannolikhet och konsekvens i numeriska termer, så att multiplikationen blir möjlig. Ett sådant mått på risk kan dock användas som beslutsunderlag och ger då ett så kallat *rationellt* beslut, se exempelvis Peterson (2017). Notera dock att beskrivning av risker för beslutsfattare oftast görs bättre med osäkerhet (trolighet) och konsekvens beskrivna separat, se vidare avsnitt 11.3.

Ett ytterligare och vidare perspektiv på beskrivning av risk ges i Aven & Krohn (2014), där man även tar med styrkan av den kunskap (eng. knowledge) som man baserar bedömningarna på.

11.3 Risk redovisad med osäkerhet och konsekvens separerade

Vissa risker ska man undvika att beskriva som en förväntad konsekvens. Det kan exempelvis vara konsekvenser som är så stora att de kan medföra företagets konkurs, mycket stora effekter för tredje man eller miljön, eller andra fullständigt oacceptabla effekter. Sådana risker har ofta en mycket låg sannolikhet, vilket gör att en beräknad förväntad konsekvens blir helt missvisande.

Man bör därför beskriva risken uppdelad i de två komponenterna osäkerhet (trolighet) och konsekvens som redovisas separat. Så görs i princip i riskmatriser, fast man där ofta grupperat värden på trolighet respektive konsekvens i klasser.

12 Bilaga: Kortversion av rapporten (GD 2019)

FRAMTIDENS RISKHANTERING – nu med systemförståelse

Lars Olsson, Johan Spross, Staffan Hintze, Håkan Stille, Olle Båtelsson

SAMMANFATTNING

Geoteknikern hanterar i sin vardag många och ofta stora risker. Men trots att kostnaden för negativa utfall av geotekniska risker årligen bedöms ligga på flera miljarder kronor, används tillgängliga verktyg för strukturerad riskhantering sparsamt. I ett SBUF-projekt har vi tagit fram en vägledning för hur sådana verktyg kan användas i praktiken. Vi har i denna vägledning särskilt fokuserat på den för riskhanteringen så viktiga systemförståelsen av det geotekniska sammanhanget som man verkar i. Denna artikel är en sammanfattande kortversion av den slutrapport som författarna skrivit inom ramen för SBUF-projektet.

SUMMARY

Geotechnical engineers manage many – and often large – risks in their everyday work. But even though the annual cost for negative outcomes of geotechnical risks can be estimated in billions of SEK, available tools for structured risk management is sparsely used. In a recent project funded by the Development Fund of the Swedish Construction Industry (SBUF), we have developed guidelines for how such tools can be used in practice. The guidelines focus mainly on how to develop a system understanding of the relevant geotechnical context of the construction project. This article summarizes the main concepts of the final report of the SBUF project.

FÖRORD

Denna artikel är en sammanfattande kortversion av den slutrapport som författarna skrivit inom ramen för projektet ”Utveckling av verktyg för hantering av geotekniska risker” (Olsson et al. 2019). Projektet är finansierat av SBUF och Trafikverket. I föreliggande artikel tar vi upp de mest centrala principerna för riskhantering, men den intresserade läsaren kan med fördel ladda ner projektets slutrapport på www.sbuf.se.

1. INLEDNING

Inom svensk byggindustrin orsakar utfall av negativa geotekniska risker höga kostnader varje år. Statens geotekniska institut (2013) har uppskattat summan till storleksordningen 9 miljarder kronor per år – kostnader som i många fall kunde ha minskats eller helt undvikits, ifall strukturerade metoder för riskhantering hade använts. Samtidigt är riskhantering inget nytt för geoteknikerna. Man har alltid varit medveten om att man har stora osäkerheter att hantera. Vi ser i dag att det finns tillgängliga verktyg för att minska utfallet av negativa risker i geotekniska byggprojekt, men en strukturerad metodik används sällan fullt ut.

Svenska geotekniska föreningens (SGF) riskkommitté har under många år arbetat för att främja och stärka användandet av effektiva metoder för riskhantering i geotekniska projekt. Exempelvis har man tagit fram en metodbeskrivning för en strukturerad riskhantering, som krävs för en lyckad riskhantering (SGF rapport 1:2014, som uppdaterades i en ny utgåva och samtidigt översattes till engelska 2017). För att underlätta tillämpning av metodbeskrivningen har även ett omfattande praktiskt tillämpningsexempel tagits fram i ett tidigare projekt som finansierades av SBUF. Exemplet presenterades tillsammans med grunderna i riskhantering i en slutrapport (Spross et al. 2015a) med en engelsk kortversion i form av en konferensartikel (Spross et al. 2015b). För den som saknar grunderna i riskhantering rekommenderar vi därför att man börjar med att läsa den rapporten.

I det projekt som beskrivs i denna artikel har vi byggt vidare på den riskhanteringsmetodik som vi tagit fram och diskuterat i ovan nämnda rapporter. I detta senaste projekt har vi tagit fram vägledningar för:

1. hur man som geotekniker kan skaffa sig nödvändig förståelse av målet med projektet och hur yttre faktorer kan påverka möjligheterna att uppnå detta,
2. hur man kan arbeta strukturerat med riskidentifiering med ett riskstruktureringsverktyg,
3. hur man använder olika verktyg för att analysera de identifierade riskerna.

Syftet med dessa vägledningar är att stödja den som är ovan att arbeta enligt SGF:s metodbeskrivning för riskhantering, samt att förbättra möjligheterna att kvalitetssäkra den utförda riskhanteringen i geotekniska projekt. Vi hoppas kunna erbjuda den praktiserande geoteknikern verktyg för att hantera risker på ett systematiskt sätt, så att riskhanteringen sker integrerat i det vardagliga arbetet. I SBUF-rapporten (Olsson et

al. 2019) visar vi med tydliga exempel hur man går till väga. Därför begränsar vi oss i denna artikel till principerna för hur man skapar systemförståelse och hur väsentlig den är i riskhanteringen.

2. RISKHANTERINGSSTRUKTUR ENLIGT ISO 31000

2.1. Definitionen av risk

Som utgångspunkt för vår riskhanteringsmetodik har vi tagit den generella metodik som beskrivs i riskhanteringsstandarden ISO 31000 (2009). Risk definieras där som:

Risk = osäkerhetens effekt på mål

Denna något abstrakta definition kan konkretiseras och exemplifieras för en geotekniker på följande sätt. Ett *mål* kan vara att leverera en geoteknisk konstruktion av hög kvalitet till beställaren inom tidplan och givna budgetramar. På vägen mot detta mål finns ett stort antal *osäkra* faktorer som kan påverka vår möjlighet att uppnå målet. Osäkerheten kring måluppfyllnaden ger då upphov till möjliga konsekvenser (*effekter*) med olika sannolikheter. Eller kort och gott: Geoteknisk risk är geotekniska osäkerheters effekt på målet med den tänkta eller pågående aktiviteten eller verksamheten. Riskhanteringsens roll är att begränsa utfallet av sådana konsekvenser ner till en acceptabel nivå.

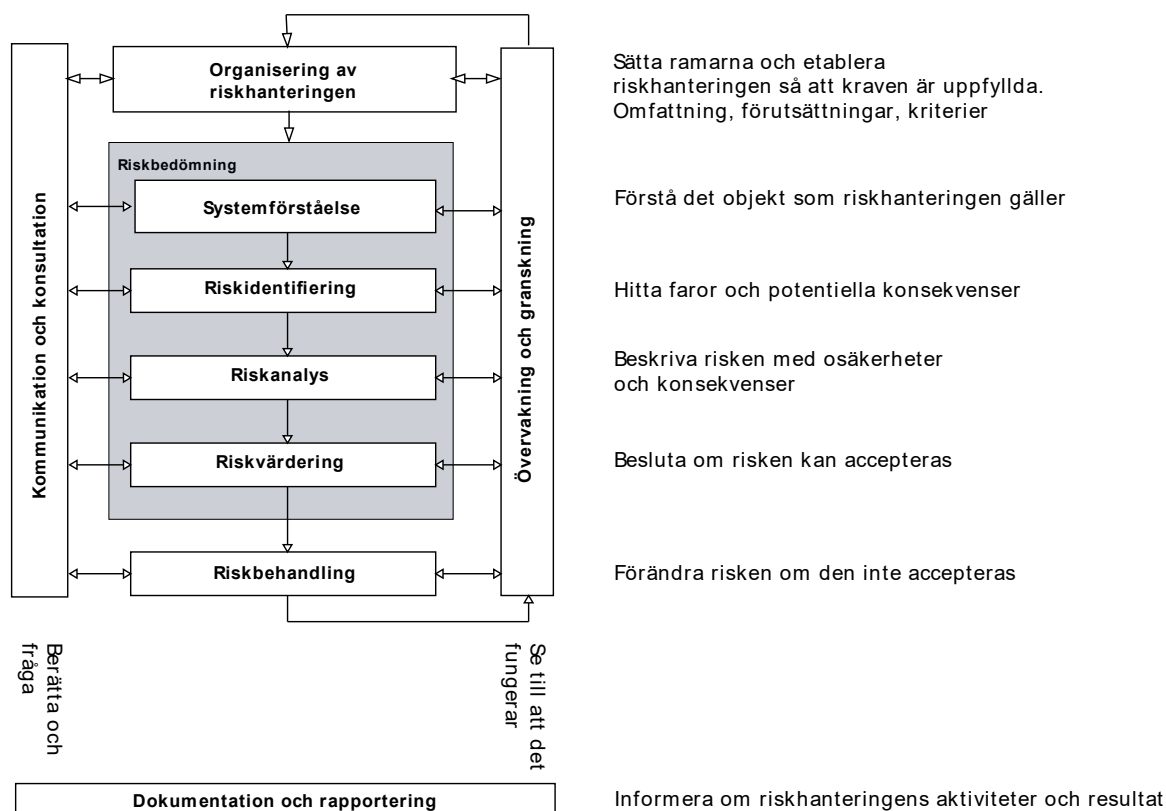
2.2. Stegen i den systematiska riskhanteringen

ISO 31000 anger de steg som bör följas för en framgångsrik riskhantering (Figur 35). I denna artikel diskuterar vi särskilt den för riskbedömningen så viktiga systemförståelsen, samt hur man baserat på denna förståelse arbetar med riskidentifieringen. Detaljer kring övriga steg ges av Spross et al. (2015a).

2.3. Vem ska hantera riskerna och vilka kunskaper ska hen ha?

Utgångspunkten i all geoteknisk riskhantering anser vi ska vara att denna ska utföras av den som bär resultatansvaret för det aktuella arbetet ifråga. Det innebär att det normalt ska vara geoteknikern som har att hantera de risker som är förknippade med det arbete som man utför. Det finns nämligen ingen annan än geoteknikern i projektet som bäst förstår de geotekniska frågeställningarna. Därför har denna person bäst förutsättningar att lyckas med riskhanteringen. Det betyder att den som hanterar risker i geotekniska byggprojekt behöver goda ämneskunskaper inom geoteknik. Dessutom behöver man i projektet uppfylla de grundläggande baskraven inom riskhantering (SGF 2017):

1. riskhanteringsens objekt och syfte skall ha angivits,
2. den som bestämmer skall ha en risksyn,
3. varje ingenjör som har ett ansvar skall ha nödvändiga kunskaper om riskhantering,
4. det skall finnas system för kommunikation och informationsöverföring.



Figur 35. Stegen i en strukturerad riskhantering (Olsson et al. 2019, med tillstånd).

3. SYSTEMFÖRSTÅELSE – VAD ÄR DET GEOTEKNISKA SAMMANHANGET?

3.1. Översiktlig arbetsgång

För att framgångsrikt kunna identifiera risker behöver man ha god förståelse av både mål och det *sammanhang* som man verkar i. Sammanhanget kan sägas vara kombinationen av alla de yttre faktorer som kan påverka möjligheten att uppnå målet i projektet.

För att bygga upp sin förståelse av det tekniska sammanhanget rekommenderar vi följande arbetsgång, som vi beskriver mer detaljerat i följande avsnitt.

1. Definiera målet som ska uppfyllas (projektets funktioner)
2. Inventera omgivningen (de yttre faktorerna)
3. Förstå systemet (kopplingen mellan funktioner och faktorer)
4. Identifiera osäkerheter som kan störa vägen till målet (hur mycket påverkar faktorerna de olika funktionerna?)

3.2. Att beskriva system

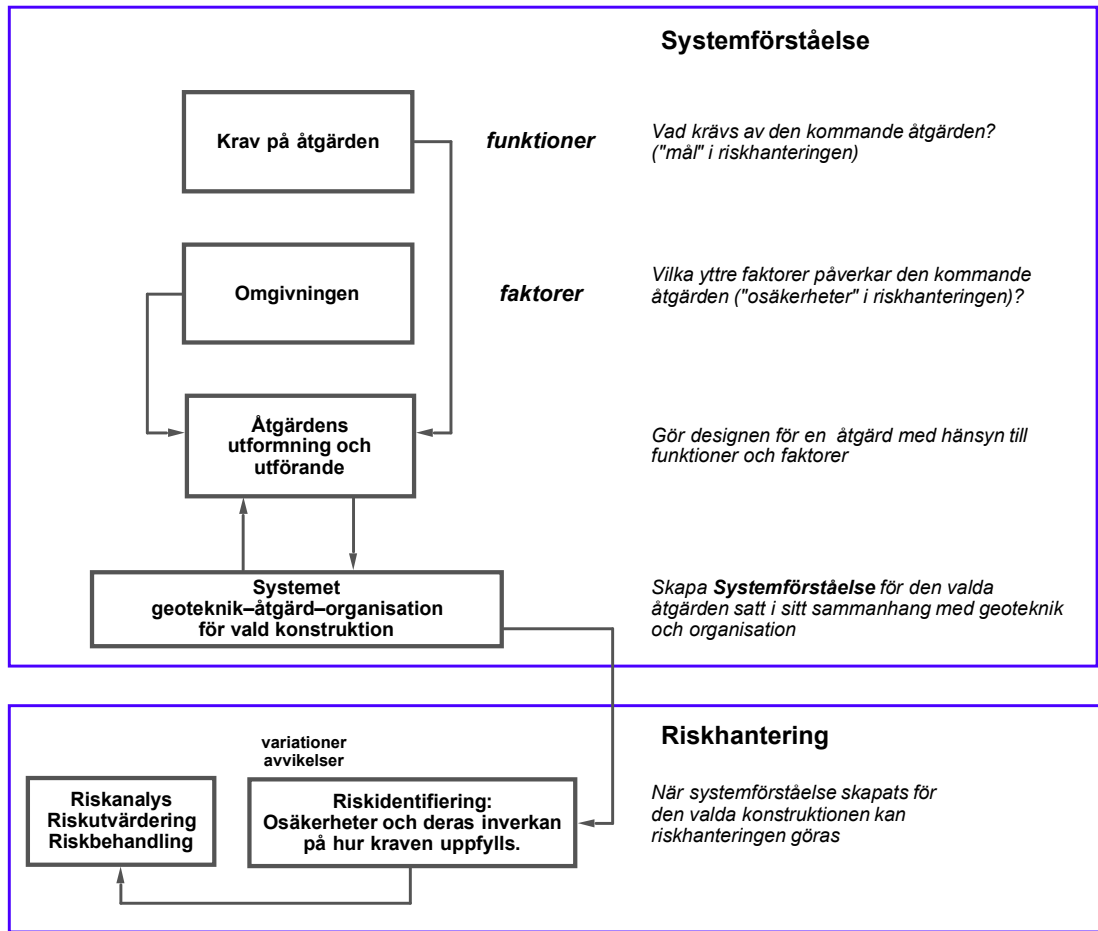
De två grundtyperna av system är seriesystem och parallellsystem. Seriesystem är av typen ”svagaste länken”: så snart någon länk inte håller så slutar systemet att fungera. Parallellsystem är så uppbyggda att om någon komponent brister (inte uppfyller sin funktion) så kan någon annan ta över tills alla komponenter slutat fungera. Elementen (delarna) i ett system behöver inte vara fysiska, utan de kan även utgöras av organisatoriska procedurer, lagar, m.m. System kan visualiseras grafiskt som blockdiagram, vilket exemplifieras i följande avsnitt. SGF driver för närvarande ett projekt där vägledning ska tas fram för hur man använder sådana (och andra) grafiska metoder.

3.3. Nödvändiga och önskvärda funktioner

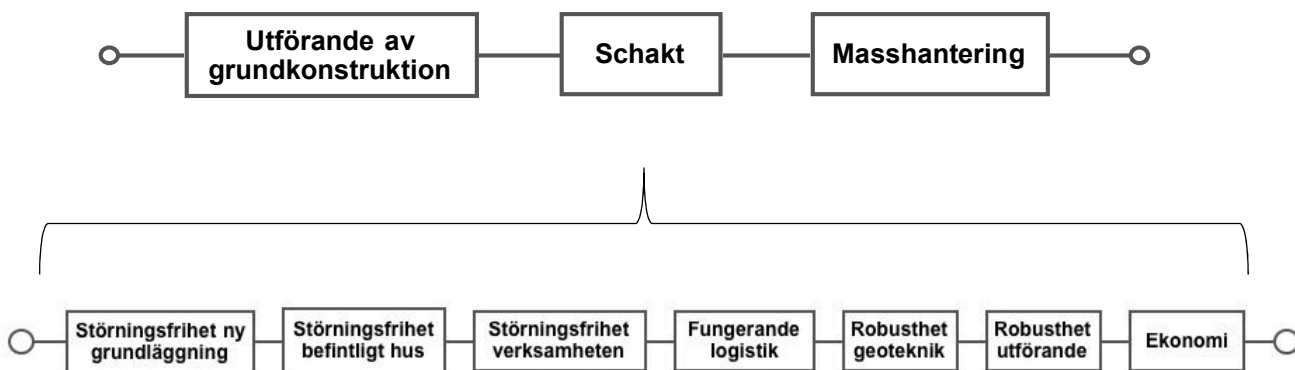
För att bygga upp den egna förståelsen av det tekniska sammanhanget behöver man dels tydliggöra målet, dels reda ut vilka yttre faktorer som kan påverka möjligheterna att nå målet. Ett bra sätt att tydliggöra målet är att dela upp målet i de nödvändiga eller önskvärda *funktioner* som man vill ge den färdiga åtgärden (t.ex. konstruktionen eller förfrågningsunderlaget som man ska färdigställa). Kopplingen mellan dessa funktioner och bakomliggande (och osäkra, potentiellt hotande) yttre faktorer är lämplig att beskriva i form av ett system i olika nivåer, där nivåerna länkas samman i en gemensam hierarki. Poängen med detta är att få en komplett bild av projektet genom att dela upp det i mindre delar, där alla delar tillsammans bildar en helhet (”systemet”). Hur alla dessa begrepp hänger samman visas i Figur 36.

För att ge ett exempel: funktioner som är nödvändiga vid grundläggning av en byggnad med källare visas i Figur 37. Just dessa funktioner utgör ett seriesystem, eftersom samtliga funktioner måste fungera för att projektet ska bli lyckat. Ingen funktion som upphört fungera kan ersättas av någon annan (som i ett parallellsystem) – man kan ju inte kompensera en kollapsad schakt med en bra masshantering. Däremot utgör olika möjligheter till masstransport med båt respektive lastbil ett exempel på parallellsystem inom funktionen masshantering.

Beskrivningen av det som ska uppnås som ett system kan framhäva viktiga tekniska, organisatoriska och kontraktuella aspekter. För den tekniska biten vill vi särskilt nämna vikten av att sträva efter *resiliens* (”förmåga att motstå störningar”) och *robusthet*. Hög resiliens betyder att projektet klarar även oväntade och extrema händelser utan att konsekvenserna blir alltför stora. Ett exempel på hög resiliens på omkringliggande infrastruktur är om det finns flera vägar fram till byggarbetsplatsen, så att byggmaterial kan transporteras dit även om någon väg skulle bli avstängd. Hög robusthet innebär att ifall något negativt inträffar, så ska inte skadan som uppstår vara oproportionerligt stor i jämförelse med den ursprungliga orsaken till skadan. Ett exempel är att en felmonterad mindre konstruktionsdel inte ska kunna få en hel byggnad att kollapsa.



Figur 36. Kopplingen mellan systemförståelse och riskidentifiering.



Figur 37. Tre kategorier av funktioner för ett framgångsrikt geotekniskt arbete vid byggandet av en byggnad med källare, med exempel på nödvändiga funktioner avseende schakten. Funktionerna ligger i ett seriekopplat system, eftersom en fungerande logistik t.ex. inte är en ersättning för skador på befintligt hus.

Avseende organisationens funktioner behöver man utforma organisationen, så att beslutsfattare och beslutsvägar är klargjorda i förväg, och att man har inbyggda kontroller mot mänskliga fel. Det kan till exempel vara i form av intern och extern granskning av handlingar och kontroller av utförda arbeten under byggtiden.

Avseende kontakten mellan de inblandade parterna kan dessa i sig medföra risker, ifall de är otydligt formulerade eller om väsentliga delar inte täcks av kontraktet. För att framgångsrikt hantera sådana risker är det centralt att man har en god systemförståelse, så att man kan klarlägga vilka risker som den egna organisationen är (ekonomiskt) ansvarig för. En utmaning ligger särskilt i bedömningen av tvetydigheter i kontraktet, så att man har att hantera *risker att en viss risk är det egna ansvaret*. Vi vill särskilt lyfta fram möjligheterna i ett kontraktuellt verktyg, såsom *Geotechnical Baseline Report*, där man anger vad som ska gälla vid regleringar av ersättning när de verkliga geotekniska förhållandena blivit kända.

3.4. Osäkra bakomliggande yttre faktorer

När man har skapat sig en bild av vilka funktioner som man eftersträvar i projektet behöver man förstå och beskriva hur de bakomliggande, yttre faktorerna påverkar möjligheten att uppnå de funktioner som man vill ha. Det är detta som lite abstrakt kan kallas systemförståelsen av omgivning–åtgärd–organisation. Det vill säga, hur relaterar omgivningen och det vi vill genomföra till den organisation som vi har? Skapandet av denna förståelse är en iterativ process, eftersom omgivningen påverkar möjliga lösningar samtidigt som olika lösningar kan kräva förståelse av olika aspekter på omgivningen. Syftet med detta arbete är att fundera över alla aspekter som kan påverka valet av konstruktion.

I SBUF-projektets slutrapport beskriver vi ett antal yttre faktorer som kan bidra med osäkerhet till om målet kan uppfyllas. Vi har valt att dela in faktorerna i tre kategorier: fysiska faktorer; geotekniska faktorer; samt faktorer avseende ekonomi, organisation och juridik (Tabell 8). Den stora spridningen hos dessa faktorer karaktär visar på utmaningen i riskhantering i geotekniska byggprojekt. Om geotekniken bedöms särskilt komplicerad behöver detta exempelvis kommuniceras till den som gör eventuell upphandling av konsulter eller entreprenadbolag, så att relevanta kompetenskrav kan ställas.

3.5. Att tolka det geotekniska sammanhanget

Vi vill här särskilt framhäva vikten av att förstå de bakomliggande geotekniska faktorerna. Det är nämligen dessa som geoteknikern behöver analysera för att korrekt kunna skapa en konceptuell modell över vad som man kan komma att förvänta sig i området avseende geotekniken, när den tänkta konstruktionen byggs. Detta kallar vi ”Tolkning av geotekniskt sammanhang” (I den pågående revideringen av Eurokod 7 föreslås att resultatet av detta tolkningsarbete ska kallas ”Ground model”).

En viktig aspekt när geoteknikern beskriver de geotekniska faktorerna och, baserat på dessa, tolkar det geotekniska sammanhanget, är att göra detta utifrån vad

Tabell 8. Exempel på yttre faktorer som kan påverka möjligheten att uppnå byggprojektets mål.

<u>Fysiska faktorer</u>	<u>Faktorer avseende ekonomi, organisation och juridik</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Yttre miljö (geografiska förutsättningar) • Befintlig bebyggelse • Befintliga verksamheter • Föreningar • Befintlig infrastruktur • Flora och fauna • Kulturmiljö 	<ul style="list-style-type: none"> • Marknadsläge • Lagar och förordningar • Intressegruppers inställning • Kompetensnivå i branschen kontra teknisk utvecklingsnivå • Organisationens funktionalitet • Kvalitet hos tillgängligt bakgrundsmaterial
<u>Geotekniska faktorer</u> <ul style="list-style-type: none"> • Geologi och grundvatten • Geoteknik 	

tolkningen kommer att användas till. Om ett viktigt (kostsamt) beslut är känsligt för vad tolkningen säger (d.v.s. om underlaget inte är robust), så kan man behöva ett mer omfattande underlag än annars. Tolkningsarbetets omfattning ska heller inte vara oberoende av de geologiska förhållandena på platsen, utan när förhållandena är mer komplicerade, så bör man som geotekniker göra en utförligare analys av de bakomliggande faktorerna.


I tolkningsarbetet ingår exempelvis att bedöma rådande geotekniska osäkerheter, både avseende graden av kännedom om de geologiska förhållandena på platsen (osäkerhet i geomodell) och avseende rumslig geoteknisk variation efter att man samlat data om de geotekniska egenskaperna. (I revideringen av Eurokod 7 kommer detta troligen beaktas i åsättandet av en *Geotechnical Complexity Class*). I tolkningen av det geotekniska sammanhanget ingår också vanligtvis bedömningar av karakteristiska värden för de parametrar som används vid beräkningar.

4. IDENTIFIERING OCH ANALYS AV RISKER

4.1. Riskidentifiering

Riskidentifieringen är ett kritiskt moment, eftersom risker som inte identifierats inte heller kommer att hanteras vidare. För att stödja i arbetet vi utvecklat ett hjälpmedel i form av ett riskstruktureringsverktyg. Det är en hierarkisk struktur som grupperar risker i huvudnivåer och undergrupper och ger översiktliga och allmänt hållna beskrivningar till riskerna i undergrupperna (Figur 38). Verkyget ska ge hjälp när man



<p>Huvudnivå: Området och omgivningen</p> <p><i>Hitta risker förknippade med:</i></p> <p>Geologi - bildningsprocesser etc.</p> <p>Geoteknik- egenskaper för byggbarhet</p> <p>Hydrogeologi Grundvatten Vatten</p> <p>Miljö- vegetation, fauna, klimatzon, nederbörd</p> <p>Pågående eller tidigare verksamheter</p> <p>Befintliga föroreningar</p> <p>Kulturmiljö och Fornlämningar</p> <p>Befintliga och rivna byggnader</p> <p>Befintliga och slojade ledningar och brunnar</p> <p>Undermarksanläggningar</p> <p>Möjliga transportvägar för bygget</p> <p>Erforderlig försörjning för bygget</p> <p>Relation till kringboende</p> <p>Andra begränsningar</p> <p>Brandfarlig omgivning</p> <p>Omgivningens känslighet för "traditionell" omgivningspåverkan från byggande</p> <p>Omgivningens tålighet för påverkan</p>	<p> Varning: det som står här är inte en beskrivning att direkt kopiera och klistra in i ett riskhanteringsdokument! Det är i stället tänkt som en hjälp när du beskriver riskerna som gäller ditt projekt med din alldeles specifika kontext</p> <p>Området och omgivningen</p> <p>Geoteknik- egenskaper för byggbarhet</p> <p>FÖRTYDLIGANDE BESKRIVNING: Risker förknippade med att den geotekniska kontexten inte är tillräckligt utredd eller förstådd eller att dess inverkan inte har beaktats tillräckligt. Detta ger en osäker eller i värsta fall felaktig jordmodell</p> <p>EXEMPEL: Den geotekniska frågeställningen är otydlig och undersökningar inriktas på fel frågeställningar Undersökning som är otillräcklig för en korrekt bedömning av variationer i jordens egenskaper. Bristande hänsyn till geologiska förhållanden och till erfarenhetsdata om aktuell jord</p> <p>VANLIGA KONTEXTER "Svåra" geotekniska förhållanden. Liten tidigare erfarenhet från området Tids- och kostnadspress i projekteringen</p> <p>VANLIGA KOMBINATIONER MED ANDRA RISKER Området och omgivningen: <i>Geologi; Hydrogeologi</i> Designrisker: <i>Bristar i projekteringsprocess; Överfaren designer</i></p> <p>VANLIG INITIERANDE HÄNDELSE Projekteringstiden sätts för kort Ändringar i läge eller utformning av den konstruktion som skall utföras utan ytterligare geotekniska överväganden</p> <p>TÄNKBARA HÄNDELSEKEDJOR, EXEMPEL Arbete med förfrågningsunderlag påbörjas, tid och kostnader begränsar arbetet med geomodellen vilket leder till brister i upphandlingen.</p> <p>VARNINGSKLOCKOR (NÅGOT HÅLLER PÅ ATT HÄNDA) Många frågor kring geomodellen från designen.</p> <p>MÖJLIGA KONSEKVENSER Osäkra eller felaktiga uppgifter fortsätter genom byggprocessen och kan ge oplanerade kostnader, t.ex. förtydligad konstruktion, fördröjningar och eventuellt även skador.</p> <p>TÄNKBARA ÅTGÄRDER Riskhantering för det specifika fallet</p> <p>KOMMENTARER</p>
--	---

Figur 38 Nivåer i riskstruktureringsverktyget. Överst: Huvudnivåer. Väns- ter: Undergrupper till huvudnivån Området och omgivningen. Höger: Risk- beskrivning till Geoteknik – egenskaper för byggbarhet

vill hitta och beskriva risker i det egna projektet. Men verktyget kan aldrig ersätta den kreativa process, som krävs för att identifiera vilka risker som är aktuella i det egna projektet.

Varje översiktlig riskbeskrivning i verktyget ger dels förtydliganden med exempel på olika risker av denna typ, dels relevanta aspekter såsom initierande händelser, händelsekedjor, varningsklockor, möjliga konsekvenser i olika kategorier och tänkbara åtgärder.

4.2. Riskanalys

Riskanalysen ska ge en beskrivning av risken i termer av beskrivning (scenario), möj- liga konsekvenser och trolighet att risken faller ut.

4.2.1. Beskrivning av risken, scenariot och händelsekedjor

Identifierade och analyserade risker måste redovisas, så att man i nästa steg kan göra en riskutvärdering för att fatta beslut om vad som ska göras med risken. Man måste tänka på att risken inte bör beskrivas enbart med sannolikhet och konsekvens, utan beskrivningen bör också innehålla en redovisning av orsakande aktivitet och möjliga händelsekedjor. Det är viktigt att man hela tiden kommer ihåg att det handlar om:

- att basera analysen på den egna systemförståelsen
- att se de ofta komplexa sambanden
- att förstå riskens komponenter och hur den är uppbyggd

Från det att ett hot utlösts genom någon initierande händelse är det vanligt att det behövs ett antal delhändelser i en händelsekedja för att det skall leda till en skada. Det finns därför ofta ett tidsspann när man kan sätta in åtgärder och bryta händelsekedjan. Vissa grafiska metoder, t.ex. händelseträd kan vara till hjälp när det gäller att förstå händelsekedjor. Vägledningar för detta håller vi på att ta fram i ett pågående SGF-projekt.

4.2.2. Bedömning av konsekvenser

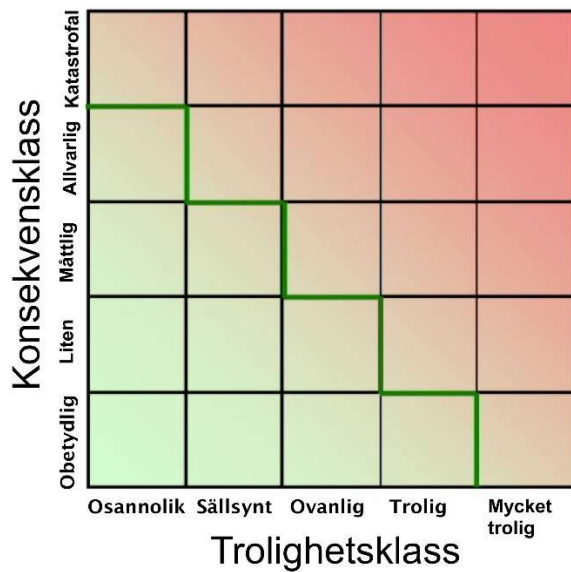
I bedömningen av konsekvenserna och deras storlek behöver man beakta samtliga konsekvenskategorier: Liv och hälsa; Miljö (både naturvärden och störningar); Ekonomi; Tidsfördröjning; och Goodwill.

4.2.3. Bedömning av trolighet

En viktig del i riskanalysen är att ange hur troligt det är att någonting inträffar, exempelvis den initierande händelsen. Det finns flera sätt att göra detta på, men i grunden är de (eller borde de vara) kopplade till sannolikheter. De sannolikheter som man arbetar med är i realiteten subjektiva och baseras på skattningar. Att sannolikheterna är subjektiva betyder inte att de är sämre än sådana som baseras enbart på ”hårda data”. De subjektiva sannolikheterna kräver nämligen att man beaktar både hårda data och övrig tillgänglig information, t.ex. ingenjörskunskap om ett område. Vägledningar för hur man skall bedöma sannolikheter håller vi på att ta fram i ett pågående SGF-projekt.

4.2.4. Redovisning av riskanalysen

För att visa risken och dess delar behövs, förutom scenariot, att man beskriver konsekvensernas storlek och troligheten. Ett vanligt sätt att ange konsekvenser och sannolikheter är att använda konsekvens- och trolighetsklasser. Detta sätt är det vanliga när man använder riskmatriser, som ger en god överblick över båda dessa delar av risken (Figur 39).



Figur 39. Exempel på riskmatris.

Ett sätt att redovisa risker som förekommer är att man presenterar risken genom att multiplicera konsekvensklass och trolighetsklass, där båda identifieras med heltal. Det tal – riskpoängen (”score”) – som man får fram, används då som beslutsunderlag. En stor nackdel är att två risker, med mycket stor skillnad i förväntad konsekvens (kanske 100 gånger), kan få samma riskpoäng. Metoden med sammanräkning i riskpoäng bör enligt vår uppfattning därför användas med stor försiktighet.

5. RISKUTVÄRDERING OCH RISKBEHANDLING

I riskutvärderingen ska beslutsfattaren ta ställning till om de analyserade riskerna är acceptabla eller inte, baserat på de uppsatta beslutskriterier som man i förväg fastställt. Om någon risk är alltför stor, ska den behandlas. Det innebär att man genomför någon åtgärd för att minska risken. Det kan till exempel röra sig om att utföra ytterligare geotekniska undersökningar för att minska osäkerheten kring förhållandena i marken eller att byta till en mer robust konstruktionslösning. Efter att en riskbehandling har utförts, ska man utföra förnyad riskidentifiering och riskanalys, för att se om den utförda åtgärden medför andra risker.

6. SLUTORD

Syftet med vår presentation på GD är att visa den verksamma ingenjören praktiska verktyg som man kan ha nytta av i sitt dagliga arbete med riskhantering. Det ligger ju faktiskt på ingenjören att beakta och strukturerat hantera de risker som hen ställs inför i sitt dagliga arbete – det är nämligen ingen annan som kan göra det bättre än den ingenjör som är mest insatt i den aktuella frågan. Som vi ser det, är det därför

centralt att ingenjören har en god förståelse av det tekniska system – den situation – som arbetet avser, om det så gäller dimensionering av en geoteknisk konstruktion eller upphandling av konsulttjänster till ett geotekniskt projekt. Vi tror och hoppas att vägledningarna som finns i vår nyligen publicerade SBUF-rapport (Olsson et al. 2019) kan vara ett stöd i detta arbete.

FÖRFATTARNAS TACK

Författarna vill tacka både finansörerna SBUF och Trafikverket för deras stöd av projektet och de geotekniker som bidragit med sina expertkunskaper vid framtagandet av riskstruktureringsverktyget.

REFERENSER

ISO, 2009. *ISO 31000:2009. Riskhantering – Principer och riktlinjer*. ISO, Geneve.

Olsson, L., Spross, J., Hintze, H., Stille, H. & Båtelsson, O. (2019). *Utveckling av verktyg för hantering av geotekniska risker*. SBUF-projekt 13417. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond. www.sbuf.se.

SGF. 2017. *Hantering av geotekniska risker i projekt – krav: Metodbeskrivning*. SGF, Linköping. <http://www.sgf.net/web/page.aspx?refid=4530>

Spross, J., Olsson, L., Hintze, S. & Stille, H. (2015). *Hantering av geotekniska risker i byggprojekt: Ett praktiskt tillämpningsexempel*. SBUF-projekt 13009. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond. www.sbuf.se.

Spross, J., Olsson, L., Hintze, S. & Stille, H. (2015). Would risk management have helped? – A case study. In: T. Schweckendiek, A.F. van Tol, D. Pereboom, M.Th. van Staveren, P.M.C.B.M. Cools (eds.), *Proceedings of 5th International Symposium on Geotechnical Safety and Risk (ISGSR)*, Rotterdam, 13-16 October 2015. Amsterdam: IOS Press, 745-751. DOI: 10.3233/978-1-61499-580-7-745.

Statens geotekniska institut, 2013. *Effektivare markbyggande. Förslag till handlingsplan 2013-2016*. SGI, Linköping.